

Corrosão & Proteção

Revista da Associação Brasileira de Corrosão • ISSN 0100-1485 • Ciência e Tecnologia em Corrosão

Ano 17 | nº 71 | abr/mai/jun/ago 2020

A CORROSÃO NÃO PAROU

Preservar equipamentos e instalações é fundamental para a retomada da economia e a ABRACO segue firme em sua missão, se reinventando a cada dia para se adequar às exigências do momento atual

A **Revista Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968.

ISSN 0100-1485

DIRETORIA EXECUTIVA ABRACO
Biênio 2017/2018

Presidente

Olga Baptista Ferraz - INT

Vice-presidente

Zehbour Panossian - IPT

Diretores

Danilo Natalio Sanches - ZINCOLIGAS

Eduardo Torres Serra - INDIVIDUAL

Adauto Carlos Colussi Riva - RENNER COATING

Carlos Roberto Patrício - BBOSCH

Diego Gonzalo Hita - HITA

José Rocha Andrade da Silva - ELÉTRON QUÍMICA

Conselho Editorial

Dra. Célia Aparecida Lino dos Santos

Dra. Olga Baptista Ferraz

Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO

Caroline Sousa - ABRACO

Laerce de Paula Nunes - IEC

REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

Revisão Técnica

Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO

Jornalista Responsável

Luis Monteiro (Mtb 17055/RJ)

Redação e Publicidade

ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão

Fotografias

Arquivo ABRACO, arquivos pessoais, Can Stock Photo, Depositphotos, Dollar Photo, Fotos Públicas, Pexels, Shutterstock e Stock Unlimited.

A **Revista Corrosão & Proteção** é um veículo eletrônico concebido, desenvolvido e editado pela ABRACO. O periódico é publicado trimestralmente no site da Associação (www.abraco.org.br/revistas). A ABRACO não se responsabiliza, nem de forma individual, nem de forma solidária, pelas opiniões, ideias e conceitos emitidos nos textos, por serem de inteira responsabilidade de seus autores.

- 03** Editorial
- 04** GRANDES NOMES DA CORROSÃO
Pesquisador Neusvaldo Lira de Almeida
- 06** OPINIÃO ASSOCIADO
Segunda edição do livro "Sistemas de Proteção Catódica" da IEC
- 07** ARTIGO TÉCNICO
Evolução da ciência e da tecnologia da corrosão no Brasil
Aldo Cordeiro Dutra; Laerce de Paula Nunes
- 13** ARTIGO TÉCNICO
Proteção Contra a corrosão de cabos pós-tensionados em pontes e estruturas de concreto
Luiz Paulo Gomes
- 19** ARTIGO TÉCNICO
Elaboração de procedimento para determinação do sólido por volume de tintas base de solvente pelo método extensor de 100 µm
Ricardo Menegotto; Alana Neto Zoch
- 34** ARTIGO CIENTÍFICO
Grounding electrode corrosion diagnosing - signal analysis
Clebson L. do Nascimento, Alysson N. Diógenes, Haroldo A. Ponte
- 43** ARTIGO CIENTÍFICO
Revestimento Epóxi Novolac de Alto Desempenho à Corrosão para Aplicação em Superfícies Ferrosas Preparadas por Meio de Ferramentas Mecânicas, nos Serviços de Manutenção Industrial
Eder Dirceu Dela Justina; Thiago Elias Bastos
- 52** Notícias ABRACO
- 62** Empresas associadas

ABRACO 2020: vamos retomar com fé e a certeza de um futuro promissor

Hoje fazemos muitas perguntas, como será o futuro? Como se comportará a economia? Como ficará o mundo após esta paralisação.

Na verdade, não temos respostas claras, no entanto temos algumas certezas:

A primeira delas é que a corrosão não parou, e que este é o momento de preservar os ativos para que na retomada da economia não haja falhas devido a deterioração dos equipamentos e instalações devido à corrosão.

Uma outra certeza que temos é que a ABRACO está consciente da sua missão, de se reinventar a cada dia, para se abrir em parcerias eficazes, para se adequar às exigências do mundo moderno e das dificuldades que passamos, na era do conhecimento, em um mundo globalizado, onde as relações de trabalho se modificam intensa e constantemente, onde o preparo das pessoas para solução de problemas e para enfrentar estes desafios será fundamental.

O nosso futuro certamente será promissor, não obstante, os empecilhos que teremos que transpor, mas nos seus mais de cinquenta anos a Associação aprendeu a superar desafios e a transformá-los em oportunidades de crescimento.

Vamos retomar com fé e com a coragem que nunca nos faltou nos momentos difíceis da nossa caminhada e para isto contamos com a colaboração e o prestígio de toda a comunidade da corrosão.

Boa sorte para todos nós.

Laerce de Paula Nunes

Presidente do Conselho
Deliberativo da ABRACO



Olga Baptista Ferraz

Presidente da ABRACO



GRANDES NOMES DA CORROSÃO

Pesquisador Neusvaldo Lira de Almeida

Por Laerce de Paula Nunes e Aldo Cordeiro Dutra

Expoente do ensino e pesquisa na área de corrosão

O Pesquisador Neusvaldo Lira de Almeida nasceu em Feira Grande no estado de Alagoas no dia 20/12/1955. Fez seus estudos fundamentais em Maceió, AL, na Escola Técnica Floriano Peixoto no ano de 1973, concluído o curso técnico, deslocou-se para S. Paulo tendo iniciado suas atividades no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, em 1974.

O Pesquisador Neusvaldo tornou-se Bacharel em Física, pelo Instituto de Física – Universidade de São Paulo em 1998 e em 2002 concluiu o seu Mestrado em Metalúrgica e Matérias pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Desde 2012 ocupa o cargo de Chefe do Laboratório de Corrosão e Proteção do IPT e de 2015 até hoje ocupa o cargo de Diretor Financeiro da FIPT – Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

O Neusvaldo produziu extenso material escrito de grande utilidade para a comunidade de corrosão e para o País, dentre os quais podemos citar:

Livros publicados

ALMEIDA, N. L.; PANOSSIAN, Z. . Corrosão atmosférica - 17 anos. São Paulo: Stampato Gráfica e Fotolito, 1999. v. 1. 130p .

ALMEIDA, N. L.; PANOSSIAN, Z. ; SIQUEIRA, F. J. S. . Corrosão Atmosférica de Metais no Estado de São Paulo. São Paulo: Gráfica do IPT, 1991. 86p .

Capítulos de livros publicados

ALMEIDA, N. L.. Revestimento anticorrosivo para navios tanque. In: Mirian Cruxên Barros de Oliveira. (Org.). Histórias de inovação: 40 estudos do IPT em Serviços Públicos, Indústria, Petróleo e Gás, Meio Ambiente, Engenharia, Saúde e Administração. 1Ed.São Paulo: IPT, 2018, v. , p. 96-98.

PANOSSIAN, Z. ; ALMEIDA, N. L. . Aços Inoxidáveis. In: Zehbour Panossian; Neusvaldo L. Almeida; Marli Ohba. (Org.). Corrosão e Proteção contra Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas. 1Ed.São Paulo: Graphium Publicidade e Editora Ltda, 1993, v. II, p. 387-393.

ALMEIDA, N. L.. Cobre e suas ligas. In: Zehbour Panossian; Neusvaldo L. Almeida; Marli Ohba. (Org.). Corrosão e Proteção contra Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas. 1Ed.São Paulo: Graphium Publicidade e Editora Ltda, 1993, v. II, p. 483-516.

ALMEIDA, N. L.. Chumbo e suas ligas. In: Zehbour Panossian; Neusvaldo L. Almeida; Marli Ohba. (Org.). Corrosão e Proteção contra Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas. 1Ed.São Paulo: Graphium Publicidade e Editora Ltda, 1993, v. II, p. 517-532.

Trabalhos publicados

Possui mais 100 trabalhos publicados em revistas especializadas e em anais de congressos.

A entrada do Pesquisador Neusvaldo na pesquisa foi como ele mesmo relata, para nossa inteira sorte, absolutamente acidental:

“A minha iniciação em corrosão foi uma daquelas coisas que acontecem por acaso. As necessidades vão de certa forma direcionando, e você acaba escolhendo de acordo com algumas circunstâncias: vim de Alagoas fazer vestibular para geologia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A opção pela UFRRJ foi porque lá havia moradia estudantil. Não passei e daí decidí vir pra São Paulo procurar emprego e estudar. Logo que cheguei, surgiu um concurso para técnico no Laboratório de Corrosão do IPT. Entrei nesse concurso e o desejo de fazer geologia foi ficando de lado, porque o curso era diurno e eu precisava de um emprego. Sempre gostei das disciplinas mais técnicas: matemática, física e química. Naquela época, os cursos noturnos na USP eram Matemática e Física; optei por Física, mas já estava trabalhando no Laboratório de Corrosão. Depois fiz mestrado em Metalurgia e Materiais na Escola Politécnica da USP. Foi assim que começou e fui cada vez mais me envolvendo e gostando de trabalhar com corrosão. Nesses anos coordenei ou participei de algumas dezenas de projetos de pesquisas e participei de várias transformações do, hoje, Laboratório de Corrosão e Proteção do IPT.”

O entusiasmo do Neusvaldo pela pesquisa só se fez crescer ao longo do tempo vejamos o que



afirma numa reflexão para a Revista Corrosão e Proteção:

“Em geral, a gente conhece bem uma parte do caminho; a outra se constrói enquanto caminha. Naturalmente, isso não se aplica a todas as atividades profissionais, mas com certeza, no campo da pesquisa sim. Se aproximadamente um terço da vida vamos passar trabalhando, é importante transformar essa atividade em algo que dê satisfação. E trabalhar com pesquisa proporciona isso. Quando você inicia em uma área de pesquisa e se dedica muito a um determinado assunto, passa a vibrar com os seus resultados e dos seus colegas também.

A sensação de desenvolver coisas é muito legal. Depois, os contatos com os colegas corrosionistas para trocar experiências, falar do que se está fazendo, fazer projetos juntos, organizar congressos, tudo isso é muito enriquecedor. Quando nos encontramos nos congressos aqui no Brasil ou lá fora, é sempre uma grande alegria.”

É justamente nesta última fala do Pesquisador Neusvaldo que a ABRACO e o Brasil têm muito a se honrarem e agradecer por toda a contribuição que ele deu à ciência e à tecnologia da corrosão.

Por tudo isto o Pesquisador Neusvaldo é um grande exemplo para todos nós.



Segunda edição do livro “Sistemas de Proteção Catódica” da IEC

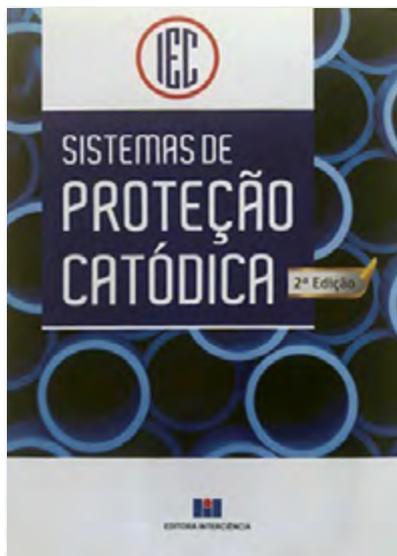
No momento em que comemora 50 anos de atividades, a IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão está apresentando a nova edição do seu livro *Sistemas de Proteção Catódica*, editado pela Editora Interciência.

Essa publicação, remodelada e atualizada, foi preparada especialmente para os estudantes, técnicos, engenheiros, professores e estudiosos do assunto, mediante abordagem prática e objetiva de temas importantes relacionados com a segurança, a durabilidade e a integridade de instalações metálicas enterradas, submersas ou embutidas no concreto.

Nela estão abordados, de forma clara e objetiva, os avanços tecnológicos mais importantes observados nos últimos anos em alguns temas relevantes, como os instrumentos de medição, as técnicas de inspeção, os materiais utilizados nos revestimentos anticorrosivos de dutos e o desenvolvimento dos modernos anodos de proteção catódica para as armaduras de aço das estruturas de concreto.

A IEC, mediante participação ativa em congressos e eventos técnicos no Brasil e no exterior e com a publicação permanente de artigos técnicos em revistas e periódicos especializados, tem procurado difundir e colocar à disposição dos seus clientes as mais modernas técnicas utilizadas nos estudos de corrosão e na proteção de ativos importantes, especialmente os construídos em aço.

A empresa tem se dedicado bastante e trabalhado permanentemente no treinamento e aperfeiçoamento dos seus técnicos e engenheiros, estendendo esse benefício aos profissionais de outras empresas, mediante apresentação de cursos, palestras e práticas de campo e nesses 50 anos de atividades teve a oportunidade de preparar para o mercado muitos profissionais competentes.



“Somos também uma importante escola de proteção catódica e temos orgulho disso”, afirma o seu diretor, Luiz Paulo Gomes, que complementa “confiamos e desejamos que esse livro continue sendo atualizado e publicado durante os próximos 50 anos pelos técnicos e engenheiros que nos sucederão, contribuindo cada vez mais para a formação dos profissionais de proteção catódica do Brasil, o que consideramos ser, na realidade, a nossa mais importante missão.

EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA DA CORROSÃO NO BRASIL

Aldo Cordeiro Dutra

Engenheiro Mecânico – Consultor da ABRACO

Laerce de Paula Nunes

IEC Engenharia

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia relacionadas com a corrosão tiveram sua divulgação intensificada no Brasil com nossa tecnologia do petróleo, particularmente com suas refinarias e com sua exploração e produção, na década de 1950, tendo significativa contribuição de especialistas americanos. Merece destaque a atuação de um idealista Engenheiro Químico Antonio Seabra Moggi que, como servidor do Conselho Nacional do Petróleo (CNP), promoveu a realização de cursos especializados, inicialmente em refinação, no Rio de Janeiro, e de exploração e produção, na Bahia e, mais tarde, curso de manutenção de equipamentos de refinarias, realizado em São Paulo, junto à Refinaria de Cubatão, da Petrobras. Todos eles tiveram professores americanos que eram especialistas.

Foi neste curso que, pela primeira vez, segundo o nosso conhecimento, foi ministrado um curso de corrosão no País - obviamente não considerado o programa interno do ITA. Este trabalho descreve brevemente como se deu esta evolução, incluindo a criação da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO) que, há 50 anos, vem ministrando cursos de corrosão e de várias técnicas de proteção anticorrosiva, inclusive proteção catódica. Outras entidades, além do IBP e da ABRACO, também contribuíram significativamente para o desenvolvimento da corrosão, entre elas a Petrobras como um todo, os centros de pesquisas e as universidades brasileiras.

Palavras-chave: Corrosão, Controle de Corrosão, Proteção Anticorrosiva, Ciência, Tecnologia.

The development of science and technology related to corrosion, in Brazil, had its intensified divulgation with our oil industry, particularly its refineries and its exploration and production, in the years of 1950, having a significant contribution of American specialists. A special reference is made to the actions of the idealist Chemical Engineer Antonio Seabra Moggi who, as an employee of the then Oil National Council (CNP) promoted specialized courses on refining, in Rio de Janeiro, exploration and production, in Bahia, and later, a course on maintenance of refinery equipment in São Paulo, inside the Petrobras Cubatão Refinery. All of them having specialized American teachers.

It was in this last course that, by de first time, as we know, we had in Brazil a course on corrosion. This paper relates briefly as this evolution occurred, including the foundation of the Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO which, in the last 50 years, has offered courses on various techniques of corrosion protection and control, including cathodic protection. Other entities, in addition to IBP and ABRACO, also contributed significantly to the development of corrosion, among them Petrobras as a whole, research centers and Brazilian universities.

Keywords: Corrosion, Corrosion Control, Anticorrosive Protection, Science, Technology

1. Introdução

O objetivo do presente trabalho é deixar registrado um conjunto de fatos e ações relacionadas com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia associadas à vasta área da corrosão, seu controle e da proteção anticorrosiva, na esfera brasileira. O conhecimento da corrosão no Brasil começou a ser mais considerado e divulgado com o desenvolvimento da nossa indústria do petróleo, especialmente com a instalação das nossas refinarias, iniciada com a Refinaria Landulpho Alves - RLAM, de Mataripe (BA), inaugurada em 17/09/1950, sob a gestão do então Conselho Nacional do Petróleo CNP e depois a Refinaria Presidente Bernardes - RPBC, de Cubatão (SP), inaugurada no dia 16/04/1955, já na vigência da Petrobras. Os fatos são relatados e mencionadas as pessoas que tiveram papel chave nesse processo, demonstrando uma visão estratégica privilegiada para o País com idealismo, entusiasmo e perseverança nos seus objetivos e metas.

2. Desenvolvimento dos Fatos

O Eng. Químico Antonio Seabra Moggi cuja foto apresentamos na figura 01, era Coordenador do Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisa do Petróleo (CENAP) criado na Petrobras em 1954, e já havia criado o Setor de Supervisão e Aperfeiçoamento Técnico (SSAT), em 1952, quando ele ainda era servidor do Conselho Nacional do Petróleo (CNP), para promover curso de refinação de petróleo, no Rio de Janeiro e curso de geologia e exploração do petróleo, na Bahia. Em 1957 ele ficou conscientizado de que era hora de preparar também engenheiros para a manutenção de equipamentos, criando o curso de manutenção de equipamentos de refinarias, para o qual contratou um coordenador, especialista americano com experiência no assunto, o Eng. Albert Francis Hollowell.

Eu, Aldo Dutra, fui aluno do terceiro curso de manutenção em 1960 e, tanto quanto me lembro, Mr. Hollowell falava que tinha trabalhado na refinaria de Delaware, nos Estados Unidos, uma refinaria que processava 210,000 barris de petróleo por dia, e sabia que a corrosão é a



Fig. 01 - Dr. Antônio Seabra Moggi

principal causa de deterioração de equipamentos e materiais. Em vista disso, minha suposição é que ele tenha enfatizado a necessidade de incluir aulas de corrosão nesse curso.

Ciente da importância da corrosão para o curso e tratando-se de uma matéria nova, pois não era tratada com a devida importância nas escolas de engenharia e de química no Brasil, o Dr. Moggi (como era conhecido) recorreu ao ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, instituição de alto conceito, em busca de apoio para o novo curso. Foi bem atendido e firmado acordo de cooperação entre o ITA e a Petrobras pelo qual o curso foi realizado totalmente dentro do Instituto, em São José dos Campos. Foi lá que se realizou o primeiro curso de corrosão para a Petrobras, ministrado pelo Prof. Marco Antonio G. Cecchini, consagrando-se como o primeiro pioneiro do estudo da corrosão no Brasil.

O curso alcançou o seu objetivo e novos cursos foram realizados nos anos seguintes. Com a experiência ganha no ITA, estes novos cursos

passaram a ser sediados nas dependências da Refinaria Presidente Bernardes - RPBC, em Cubatão - SP. Desse modo as aulas de corrosão continuaram a cargo do Prof. Cecchini que, no mês de julho - ocasião das férias do ITA - dava suas aulas de corrosão, demonstrando profundo conhecimento da matéria e grande habilidade em transmitir o seu conhecimento.

Quando terminei o curso de manutenção do CENAP, em 1960, fui localizado na Divisão de Inspeção de Equipamentos da Refinaria de Cubatão, o local ideal para lidar também com a corrosão, dando-me numa preciosa experiência no ramo.

Em 1962, num contato com Mr. Hollowell, ele pediu meu apoio para conseguir um novo coordenador para o curso de manutenção, em vista de estar ansioso para voltar para os Estados Unidos. Nessa ocasião lembrei-me do Prof. Candido Toledo, que também era do ITA e foi nosso professor de termodinâmica, dando-nos suas aulas no mesmo dia das aulas de corrosão. Porém nesse ano o Prof. Toledo não estava mais no ITA e sim, na Universidade Federal do Ceará. Mr. Hollowell gostou da sugestão e pediu-me que o contactasse nesse sentido. Mandeí uma carta para ele e a resposta foi positiva: aceitou imediatamente o convite e assumiu a coordenação dos cursos seguintes.ollowell

Considerando que a Refinaria Duque de Caxias (REDUC), inaugurada em 09/09/1961, já estava em plena operação, o Prof. Toledo transferiu o curso de 1963 para o Rio de Janeiro, com mais facilidades de acesso do que em Cubatão. Ao fazer contato com o Prof. Cecchini para trazê-lo ao Rio, ele informou da impossibilidade de ministrar esse curso aqui, por ser muito longe de sua residência em São José dos Campos. Este foi um sério problema para o Prof. Toledo.

Tendo conhecido recentemente o Prof. Rafael de Barros, consultor da Petrobras para assuntos de tratamento de água industrial, o Prof. Toledo pediu a ele sugestão de um professor para dar aulas de corrosão no curso de manutenção em causa. O Prof. Rafael sugeriu o Professor Vicente, da Escola de Química da UFRJ, onde ensina química inorgânica e é

bem conceituado, dando o endereço dele ao Prof. Toledo.

Procurado, o Prof. Vicente Gentil foi acessível à ideia de dar o nosso curso de corrosão, mas teria que preparar-se adequadamente para assumir essa responsabilidade. Fez uma primeira visita ao Prof. Cecchini, recebendo dele todo o apoio e orientações, que lhe foram muito úteis. A missão foi cumprida com o sucesso de suas aulas ministradas com sua extraordinária pedagogia.

Após três anos de experiência no curso de manutenção da Petrobras, e atendendo a insistente sugestão de Aldo Maestrelli, seu amigo, que não achava justo toda aquela experiência restrita apenas a um curso da Petrobras e sim, levar seus conhecimentos em corrosão para a sociedade, especialmente para o setor produtivo. Em várias visitas a diferentes indústrias, inclusive à FIESP, Maestrelli constatou que o conhecimento da corrosão era praticamente nulo, enquanto os efeitos dela eram evidentes.

Diante desse fato, o Prof. Gentil, aceitou o desafio e deu seu primeiro curso público em agosto de 1966, durante uma semana, à noite, nas dependências da Escola de Química da UFRJ, situada na Praia Vermelha, do Rio de Janeiro. Foi realmente um autêntico sucesso. Seu segundo curso foi realizado no mesmo local, no início de dezembro desse mesmo ano. Participei desse curso e fiquei encantado com a capacidade do Prof. Gentil transmitir os seus conhecimentos, com facilidade e inigualável clareza, agradando a todos. Esse curso contava também com a colaboração de especialistas que foram os seguintes: Prof. Walter Mannheimer, da UFRJ, especialista em corrosão sob tensão fraturante; Sr. Aldo Maestrelli, da Indústria Brasileira de Pigmentos, falando sobre a importância dos pigmentos nas tintas; Comandante Hugo Lima, da Marinha do Brasil, com aula de tratamento de superfície, revestimentos inorgânicos e proteção catódica e o Professor Sabetai Demajorovic, da PUC, com revestimentos orgânicos.

No fim da última aula, lá pelas 22 horas, os professores estavam apresentando suas despedidas quando o aluno General Iremar de Figueiredo Ferreira Pinto questionou, em voz alta: "amigos,

depois de tanta coisa boa, se faz uma despedida e vamos todos embora? Perde-se tudo? O que fazer? Foi quando o Eng^o Aldo Dutra pediu a palavra e sugeriu que se criasse no Brasil uma associação nos moldes da National Association of Corrosion Engineers - NACE, dos Estados Unidos, para congregar as pessoas interessadas no assunto. Na realidade, foi naquela ocasião que nasceu a ABRACO.

O Prof. Gentil gostou muito da ideia e nos ajudou bastante em todos aqueles preparativos iniciais para a fundação da nova associação, onde o General Iremar cuidou do estatuto e do regimento interno, usado pela ABRACO durante muitos anos. Mas o importante nessa primeira etapa foi que o Prof. Gentil aceitou a presidência e foi muito importante para a implantação e desenvolvimento da ABRACO, nessa época abrigada numa das salas do Instituto Brasileiro do Petróleo (IBP). Com a criação da ABRACO, os cursos dele foram intensificados, dando-lhe também uma ampla divulgação dos seus conhecimentos sobre a corrosão, possibilitando ajudar na solução de muitos problemas dos vários segmentos do nosso setor produtivo. Essa foi sua etapa mais produtiva que o manteve em atividade pelo resto de sua vida. E, para manter seu nome sempre lembrado a ABRACO criou o Prêmio Vicente Gentil que é usado sempre no nosso Congresso Brasileiro de Corrosão.

Em paralelo com os acontecimentos acima, vale ressaltar a importância do Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP), criado no final de 1957, inspirado no *American Petroleum Institute* (API), tendo em vista a forte contribuição dos Estados Unidos na nossa tecnologia do petróleo. Assim, uma das primeiras tarefas do Instituto foi a criação de comissões técnicas, destacando-se a Comissão de Refinação, voltada para a tecnologia de nossas refinarias já em uso no País. Acontece que a corrosão é a principal causa de deterioração de equipamentos e materiais sendo essa uma das principais atividades atribuídas à tecnologia da inspeção de equipamentos, indispensável em qualquer refinaria de petróleo. Considerando que as refinarias mais antigas (Mataripe e Cubatão) iniciaram sua



Fig.02 - Foto do Plenário do I Seminário de Corrosão

operação com técnicos americanos, surgindo, portanto o modesto início da atividade de inspeção de equipamentos, principalmente tendo em mente que a corrosão é a principal causa de deterioração de equipamentos e materiais metálicos, de amplo uso nas refinarias de petróleo.

Em face dessas considerações, os especialistas em operação criaram a Subcomissão de Inspeção de Equipamentos, no âmbito da Comissão de Refinação, para ganhar tempo, melhorando e aprimorando essa atividade nas refinarias brasileiras. Nessa Subcomissão vários especialistas, tanto em operação como em manutenção, deram integral apoio, dentre eles os Engenheiros Hans Westphalen (Refinaria de Capuava), Pedro da Cunha Carvalho (Mataripe) e Albary Eckman Peniche (Refinaria de Cubatão) que contribuíram para a organização do primeiro Seminário de Corrosão, como primeira atividade pública do IBP, o que ocorreu no período de 7 a 11 de agosto de 1961, usando um auditório improvisado no recém inaugurado Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro. Evento este sob a efetiva gestão do então Presidente do IBP, Dr. Plínio Cantanhede. Foi um autêntico sucesso, registrando-se a presença de cerca de 130 pessoas ligadas às diversas atividades relacionadas com a corrosão e a proteção anticorrosiva. No plenário, mostrado na foto da figura 02, encontram-se vários engenheiros de inspeção, engenheiros de manutenção,



Fig.03 - Foto do momento em que Aldo Dutra, Aldo Maestrelli e General Irimar de Figueiredo redigiam a ata da fundação da ABRACO

inspetores de equipamentos e técnicos de manutenção, dentre outros, atuantes à época.

Considerado o promissor resultado desse Seminário, o IBP realizou, nos anos seguintes, o 2º Seminário, sobre Manutenção (em São Paulo), o 3º Seminário, sobre Planejamento (no Rio de Janeiro) e o 4º Seminário, sobre Utilidades (também em São Paulo), todos com pleno sucesso, o que nos estimulou a propor, em 1968, a realização do 5º Seminário agora novamente sobre a Corrosão, o que aconteceu no auditório do Hotel Gloria, do Rio de Janeiro, nos dias 15 a 18 de outubro de 1968, ocasião em que formalizamos a criação da nossa Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO, o que pode ser visto na foto da figura 03.

Vale ressaltar a importância da Petrobras no desenvolvimento da corrosão e da proteção anticorrosiva no Brasil. A partir de suas ações evoluiu de forma significativa o nosso mercado de produtos e serviços nesta área, estando hoje o Brasil no mesmo nível dos países mais desenvolvidos. Algumas empresas desta área como a

IEC Engenharia e a Sacor Siderotécnica, apenas para exemplificar, têm atuação por mais de meio século. Por outro lado, é muito importante que se reconheça a contribuição dada pelos grupos de pesquisas e desenvolvimento em importantes entidades científicas e tecnológicas, como o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), o INT (Instituto Nacional de Tecnologia) e o CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), dentre outras e ainda os grupos de ensino e pesquisa das universidades como, por exemplo, USP, UFRJ e UFF, para citar apenas alguns.

As entidades citadas e todo o corpo técnico brasileiro, existente na indústria, participaram ativamente na ABRACO, nos últimos cinquenta anos, das atividades de cursos, seminários, congressos, palestras técnicas e produção de literatura técnica, contribuindo para uma expressiva competência no campo da corrosão.

3. Conclusões

Do que foi exposto podemos concluir que as atuações do Dr. Antônio Seabra Moggi e da Petrobrás, com significativa participação do IBP, foram fundamentais para a evolução da ciência e da tecnologia da corrosão no Brasil, com menção especial ao trabalho do Prof. Vicente Gentil e do co-autor deste artigo. A ABRACO tem um papel relevante na difusão do conhecimento na área de corrosão e de proteção anticorrosiva, com o apoio das universidades, centros de pesquisas e de toda a indústria.

Referências

Boletim técnico No. 9 - do IBP, de 1962

Jorge Novaes Caldas - Uma História de Sucesso - 50 anos de desenvolvimento de recursos humanos - 1. Ed. - Rio de Janeiro - RJ PETROBRAS - 2005.

Acervo da ABRACO e dos autores.

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DE CABOS PÓS-TENSIONADOS EM PONTES E ESTRUTURAS DE CONCRETO

Luiz Paulo Gomes

IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão

Resumo

Os técnicos e engenheiros responsáveis pela manutenção de pontes e estruturas de concreto enfrentam sérios problemas de corrosão nos cabos de aço pós-tensionados, que são, como se sabe, elementos de extrema importância para a robustez dessas obras. Com o passar do tempo os fios de aço dos cabos protendidos, devido a defeitos na argamassa de enchimento, segregação e espaços vazios, podem apresentar problemas severos de corrosão causados pela absorção de água, sais, cloretos, CO₂, oxigênio, ácidos e poluentes de um modo geral. Nesses casos, devido à falta de espaço para a instalação dos anodos, os sistemas de proteção catódica não podem ser utilizados para a proteção contra a corrosão dos cabos no interior das bainhas. O presente artigo apresenta os resultados práticos de uma importante técnica para solucionar esses problemas, já disponível aqui no Brasil, mediante injeção e impregnação sob pressão de uma resina anticorrosiva, de baixa viscosidade e alta fluidez, que inunda os espaços intersticiais entre os fios dos cabos de protensão, expulsa a umidade e elimina os problemas de corrosão.

1. Introdução

Os cabos tensionados para a construção de pontes e estruturas de concreto protendido podem ser, como se sabe, pré-tensionados ou pós-tensionados.

Os cabos pré-tensionados são instalados durante a pré-moldagem das peças, em canteiro especializado e os cabos pós-tensionados são instalados na própria obra, em bainhas metálicas ou não metálicas, após a concretagem.

Esses cabos, tanto os pré-tensionados quanto os pós-tensionados, podem apresentar, com o passar do tempo, problemas sérios de corrosão causados pela absorção de água, sais, cloretos, CO₂, oxigênio, ácidos e outros poluentes, devido a defeitos na argamassa de preenchimento, segregação e espaços vazios.

Para o caso dos cabos pré-tensionados, instalados sem a utilização de bainhas, os problemas de corrosão podem ser resolvidos com facilidade, mediante instalação de anodos galvânicos de proteção catódica, largamente utilizados para a proteção contra a corrosão de armaduras de aço embutidas no concreto.



Figura 1: Instalação de Anodo de Proteção Catódica para a Proteção Contra a Corrosão de Armadura de Aço de Estrutura de Concreto ou Cabos Pré-Tensionados

Os anodos galvânicos podem ser instalados durante a construção da estrutura, durante os serviços de recuperação do concreto ou nos casos onde a corrosão ainda não aflorou, mas já está em atividade. Esses locais onde a corrosão ainda não aflorou mas já começou a corroer a ferragem podem ser levantados com facilidade mediante medições dos potenciais das armaduras em relação ao concreto e mapeamento completo dos pontos de corrosão.



Figura 2: Anodos de Proteção Catódica em Fase de Instalação em uma Ponte

Para o caso dos cabos pós-tensionados, entretanto, devido à falta de espaço para a instalação no interior das bainhas, os anodos de proteção catódica não podem ser utilizados e a proteção contra a corrosão dos cabos precisa ser feita de outra maneira.



Figura 3: Cabos Pós-Tensionados com Problemas Sérios de Corrosão, Situação Comum de ser Encontrada e Pontes e Estruturas em Operação.

Observações de campo mostram que a durabilidade a longo prazo dos cabos pós-tensionados aderentes depende sempre das características da nata de cimento que os envolve. Na maioria das vezes a durabilidade dos cabos pode ser comprometida por problemas nessa argamassa, tais como a entrada de água e poluentes, vazios de preenchimento, contaminação por cloretos e utilização de diferentes materiais de preenchimento.

Para resolver esses problemas de proteção contra a corrosão dos cabos pós-tensionados,

em estruturas novas ou em operação, técnicos especializados da empresa canadense Vector-Corrosion Technologies desenvolveram uma importante tecnologia, já disponível aqui no Brasil, que consiste na injeção e impregnação sob pressão de uma resina anticorrosiva de baixa viscosidade e alta fluidez, que inunda os espaços intersticiais entre os fios dos cabos de protensão, eliminando ou reduzindo drasticamente os problemas de corrosão.

2. Descrição

O sistema de impregnação foi desenvolvido especificamente para resolver os problemas de corrosão em cabos pós-tensionados aderentes em pontes e estruturas de concreto protendido. O fluido anticorrosivo de impregnação é aplicado sob pressão e injetado ao longo do comprimento dos fios para eliminar a corrosão em cabos com problemas de segregação, vazios e contaminação de água, cloretos e outros poluentes.

A impregnação do fluido protetor, uma resina polimérica de silicone de hidrocarbonetos de baixa viscosidade, é feita através dos espaços intersticiais que existem naturalmente nos cabos de aço tensionados de alta resistência. A injeção da resina, feita sob pressão, desloca a

umidade da superfície do aço, inunda os espaços vazios da nata de cimento no interior das bainhas e forma uma importante barreira protetora contra a corrosão.



Figura 4: A Injeção da Resina Polimérica é Feita nos Interstícios dos Cabos de Protensão

O processo de impregnação pode ser aplicado a partir da ancoragem final ou em locais intermediários ao longo do comprimento do cabo de protensão. Experiências e aplicações práticas mostraram que o material de impregnação pode fluir através dos espaços intersticiais ao longo do comprimento de um cabo a pelo menos 75m de distância, a partir de um único ponto de injeção.

Figura 5: Esquema de Impregnação Através da Ancoragem Final do Cabo Pós-Tensionado

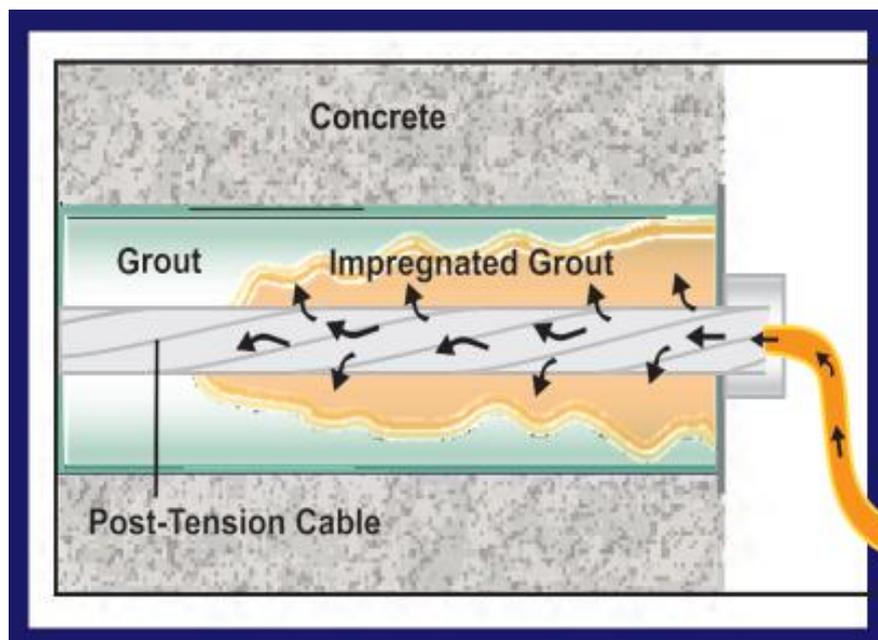


Figura 6: Esquema de Impregnação Através de um Local Intermediário do Cabo Pós-Tensionado

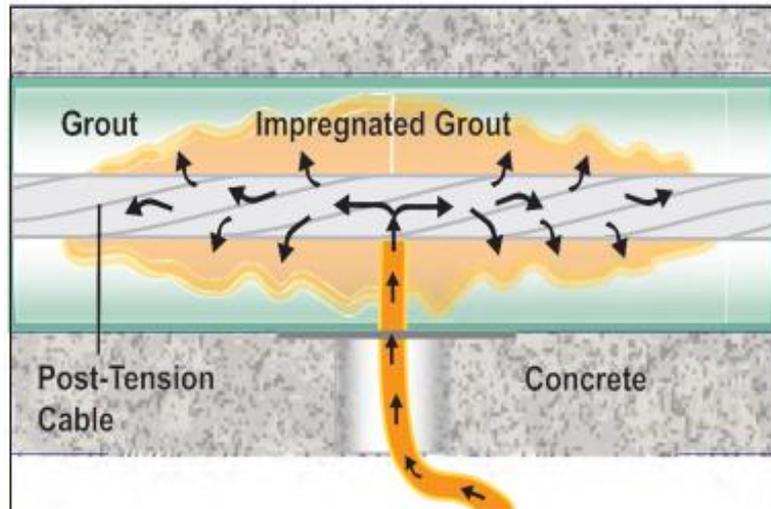
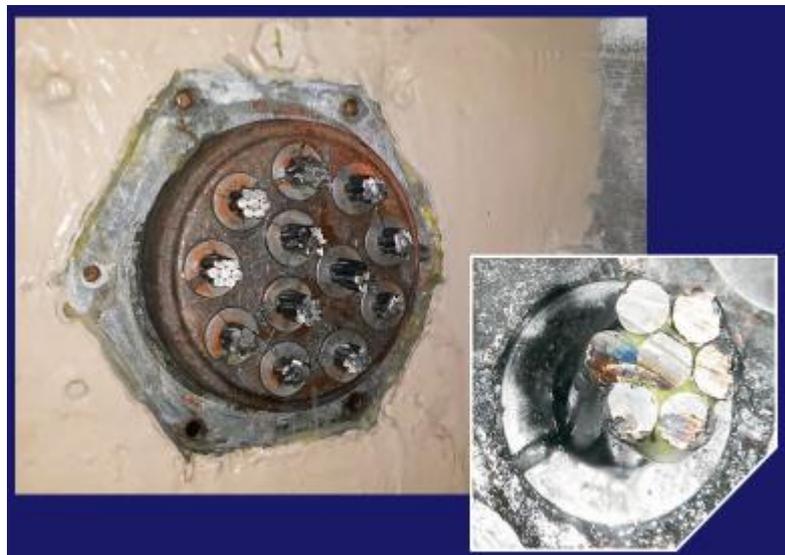


Figura 7: Impregnação Sendo Feito na Extremidade do Cabo Pós-Tensionado

Figura 8: Fluido de Impregnação Saindo na Extremidade Oposta do Cabo Pós-Tensionado



3. Verificação de Desempenho

O sistema de impregnação foi submetido a testes extremos para verificar sua capacidade de eliminar a corrosão e prolongar a vida útil das estruturas pós-tensionadas.

O primeiro foi o Teste de Pulverização de Sal. Esse teste utilizou amostras de cabo de protensão tratadas e não tratadas com o material usado na impregnação, utilizando uma solução de cloreto de sódio a 5% e sulfato de sódio a 5%, simulando a água do mar. Os ensaios mostraram que os fios de aço tratados são altamente resistentes à corrosão.



Figura 9: Amostras de Cabo Não Tratadas e Tratadas com o Material de Impregnação



Figura 10: Teste Potenciostático de Corrosão para Comprovar a Eficiência do Fluido de Impregnação dos Cabos Pós-Tensionados

O segundo ensaio de laboratório realizado foi Teste Potenciostático de Corrosão. As amostras de cabo não tratadas e tratadas com o fluido de impregnação foram submetidas a um teste de injeção e medições dos potenciais de corrosão, com a duração de uma hora. Os resultados mostraram que as peças tratadas necessitaram de uma quantidade de corrente muito menor que as peças não tratadas, mostrando que, mais uma vez, adquiriram uma significativa resistência à corrosão.

4. Procedimento

O procedimento utilizado para a execução dessa tecnologia de impregnação de fluido para a proteção contra a corrosão de cabos pós-tensionados é a seguinte:

Primeira Etapa:

Inspeção geral da estrutura metálica e ensaios para identificar os cabos e diagnosticar os problemas de corrosão.

Segunda Etapa:

Elaboração do projeto de impregnação e planejamento dos serviços.

Terceira Etapa:

Execução dos trabalhos de impregnação e emissão de laudo técnico comprovando a eficiência dos serviços executados.

5. Conclusões

- 1) Os cabos de protensão, tanto os pré-tensionados quanto os pós-tensionados, podem apresentar, com o passar do tempo, problemas sérios de corrosão causados pela absorção de água, sais, cloretos, CO₂, oxigênio, ácidos e outros poluentes, devido a defeitos na argamassa de preenchimento, segregação e espaços vazios.
- 2) Para o caso dos cabos pré-tensionados, sem a utilização de bainha, os problemas de corrosão podem ser resolvidos com facilidade, mediante instalação de anodos galvânicos de proteção catódica, largamente utilizados

para a proteção contra a corrosão de armaduras de aço embutidas no concreto.

- 3) Para os cabos pós-tensionados, entretanto, devido à falta de espaço para a instalação no interior das bainhas, os anodos de proteção catódica não podem ser utilizados e a proteção contra a corrosão precisa ser feita de outra maneira.
- 4) Para resolver esses problemas de proteção contra a corrosão dos cabos pós-tensionados, em estruturas novas ou em operação, técnicos especializados da empresa canadense Vector-Corrosion Technologies desenvolveram uma importante tecnologia, já disponível aqui no Brasil, que consiste na injeção e impregnação de uma resina anticorrosiva de baixa viscosidade e alta fluidez, que inunda os espaços intersticiais entre os fios dos cabos de protensão, deslocando a umidade, inundando os espaços vazios da nata de cimento no interior das bainhas, formando uma barreira protetora e eliminando ou reduzindo drasticamente os problemas de corrosão.

Referências

IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão. Livro Sistemas de Proteção Catódica, 2ª. Edição. Editora Interciência, 2020

GOMES, Luiz Paulo. How to Preserve Concrete Structures With Galvanic Anodes for Cathodic Protection. Revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 27, October 2018.

GOMES, Luiz Paulo. Preservare Le Strutture in Cemento Con Gli Anodi Galvanici Di Protezione Catodica. Revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 27, October 2018, Edição Italiana.

GOMES, Luiz Paulo. Cómo Mantener las Estructuras de Hormigón Con Ánodos Galvánicos de Protection Catódica. Revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 11, Agosto 2018, Edição para a América Latina.

GOMES, Luiz Paulo. The Importance for Cathodic Protection for the Modern World. Revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 28, December 2018.

GOMES, Luiz Paulo. L'importanza Della Protezione Catodica Per Il Mondo Moderno. Revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 28, December 2018, Edição Italiana.

GOMES, Luiz Paulo. Protecting Underground Pipelines Against Corrosion and Electrical Interference. Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 26, June 2018.

GOMES, Luiz Paulo. La Protezione Delle Condotte Interrate Dalla Corrosione e Dalle Interferenze Elettriche. Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 26, June 2018, Edição Italiana.

Norma ISO12696:2016 (Cathodic Protection of Steel in Concrete).

Figura 11: Serviços de Investigação dos Problemas de Corrosão em Cabos Pós-Tensionados



ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO SÓLIDO POR VOLUME DE TINTAS BASE DE SOLVENTE PELO MÉTODO EXTENSOR DE 100 μm

Ricardo Menegotto

Acadêmico do curso de química bacharel na Universidade de Passo Fundo

Alana Neto Zoch

Orientadora Profa. da Universidade de Passo Fundo

A proteção anticorrosiva por meio da pintura industrial tem sido ao longo dos anos uma das melhores e mais vantajosas formas de se alcançar uma durabilidade elevada em equipamentos de bens de consumo, embarcações, torres eólicas etc. O cálculo do consumo de tintas em uma determinada obra considera a área a ser pintada, os dados de sólido por volume e a camada seca aplicada. Em obras de grande porte, o consumo de tintas chega na casa de milhões de reais. O teor de sólidos por volume em uma determinada tinta é diretamente responsável pelo seu rendimento, influenciando, proporcionalmente, o custo final de um revestimento por esquema de pintura. Atualmente, a determinação de sólido por volume é feita apenas nos laboratórios dos fabricantes ou de terceiros, seguindo as normas ABNT-11617 ou ISO 3233. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um método de determinação de sólido por volume que possa ser facilmente aplicado em campo. Por meio da utilização da fórmula de determinação do filme seco a partir de um filme úmido, com valor conhecido e exato, identificando variações maiores que 5 micrometros no valor previsto para o filme seco. Possibilitando ao responsável pelo recebimento verificar o valor de sólidos por volume do lote fornecido antes de iniciar a pintura do projeto, otimizando a previsão do consumo e do custo efetivo do revestimento utilizado. Além disso, poderá realizar comparações entre produtos, otimizar o estoque e a logística de compra. Neste trabalho, foram considerados os revestimentos alquídico, epóxis e poliuretanos. A pesquisa é de natureza experimental; os testes foram realizados em quintuplicata. Os resultados com o método proposto foram comparados com os valores obtidos via métodos tradicionais, como forma de validação. Ele pode ser executado por qualquer profissional, desde uma indústria metalúrgica até um canteiro de obras. Sua execução leva menos de 10 minutos e, dependendo do tipo de produto a ser avaliado, as leituras podem ser feitas em menos de 4 horas. Os ensaios mostraram que o método proposto tem uma margem de erro relativo global de 6,38% e, quando analisado em micrometros, o erro absoluto foi de 3,25 micrometros. Quando consideradas apenas as amostras bi componentes, o erro relativo global foi de 4,02% e o erro absoluto foi de 2,22 micrometros, quando comparado ao método atualmente utilizado conforme ABNT NBR 11617 e ISO 3233.

Palavras-chave: sólidos por volume, tintas, pintura.

Abstract

Corrosion protection through industrial painting has been over the years one of the best and most advantageous ways to achieve high durability in consumer goods equipment, boats, wind towers, etc. The calculation of paint consumption in a given work considers the area to be painted, the solid data by volume and the dry layer applied. In large works, the consumption of paints reaches millions of reais. The solid content by volume in a given paint is directly responsible for its performance, proportionally influencing the final cost of a coating per painting scheme. Currently, the determination of solids by volume is done only in the laboratories of manufacturers or third parties, following the ABNT-11617 or ISO 3233 standards. The objective of this work was to develop a method of solid determination by volume that can be easily applied in the field. By using the formula to determine the dry film from a wet film, with known and exact value, identifying variations greater than 5 micrometers in the expected value for the dry film. Enabling the person in charge of receiving to verify the value of solids per volume of the batch supplied before starting the painting of the project, optimizing the forecast of consumption and the effective cost of the coating used. In addition, you can make comparisons between products, optimize stock and purchase logistics. In this work, alkyd, epoxy and polyurethane coatings were considered. The research is of an experimental nature; the tests were performed in quintuplicate. The results with the proposed method were compared with the values obtained via traditional methods as a form of validation. It can be performed by any professional, from a metallurgical industry to a construction site. Its execution takes less than 10 minutes and, depending on the type of product to be evaluated, readings can be done in less than 4 hours. The tests showed that the proposed method has an overall relative error margin of 6.38% and, when analyzed in micrometers, the absolute error was 3.25 micrometers. When only the bi-component samples were considered, the overall relative error was 4.02% and the absolute error was 2.22 micrometers when compared to the method currently used according to ABNT NBR 11617 and ISO 3233.

Keywords: solids per volume, coating, paint.

Introdução

Conforme aponta a Abrafati (Associação Brasileira dos fabricantes de tintas), o mercado Brasileiro fechou o ano de 2018 registrando a marca de 1,28 bilhão de litros de tinta produzidos. Destes, aproximadamente 10% (166 milhões de litros) correspondem a tintas base de solvente utilizadas em estruturas metálicas de plantas industriais, embarcações, tanques de armazenamento entre outros diversos equipamentos de uso industrial. Revestimentos orgânicos base solvente, de acordo com Nunes e Lobo (2007), são largamente utilizados para o controle e prevenção da corrosão, sendo a pintura industrial o modelo com melhor custo benefício para garantir proteção anticorrosiva, fornecendo assim, vida útil prolongada à equipamentos de bens de capital e estruturas metálicas nas indústrias dos mais variados segmentos. Considerando, especificamente, as indústrias de energia, naval e óleo e gás, é comum a utilização de tintas normalizadas, sendo as normas Petrobras as que mais são utilizadas como referência na qualidade de tintas para proteção anticorrosiva. Estas normas definem os padrões mínimos a serem atendidos por produtos que devem ser utilizados em diferentes ambientes agressivos. O teor de sólidos por volume em uma determinada tinta é diretamente responsável pelo seu rendimento, influenciando proporcionalmente o custo final de um revestimento por esquema de pintura, e sua determinação é hoje realizada utilizando o método disco de aço, conforme ABTN-11617 ou ISO 3233-1998. Por meio da determinação do rendimento da tinta em m^2/L , pode-se prever o custo efetivo do revestimento utilizado, identificar vantagens, realizar comparações entre produtos, otimizar o estoque e a logística de compra, prever o melhor método de aplicação etc. Para Fragata (2016), o rendimento teórico é influenciado diretamente por dois fatores: sólido por volume e espessura do filme seco especificado (Adaptado, p.205). Um mesmo revestimento pode ter diferentes rendimentos de acordo com a camada a ser utilizada. Este fator é determinado pelo projeto e é influenciado diretamente pelo método

de aplicação e habilidade do aplicador. Já o sólido por volume é a principal característica de um produto em relação ao seu rendimento. Usando como exemplo, um revestimento com 50% de sólidos por volume terá menor rendimento do que um com 60%. Este, por sua vez, terá menor rendimento do que um com 70%. Ainda conforme a Abrafati, “a determinação dos sólidos por volume é um dos mais importantes ensaios do laboratório de tintas” (1993, p. 1126). Segundo Nunes e Lobo, “este ensaio visa determinar o valor em volume de matéria não volátil da tinta, ou seja, o volume de material que não se evapora após a secagem do solvente” (2007, p. 107).

Quando se considera um projeto de grande porte, onde são necessários grandes volumes de tintas, tomando como exemplo hipotético um projeto de fabricação de torres eólicas no interior do estado da Bahia, onde foram usados aproximadamente 500 mil litros de tinta, com um custo total próximo a R\$ 20 milhões, uma variação de apenas 15% em sólidos por volume abaixo do previsto, causaria um custo extra de R\$ 3 milhões. A variação de sólidos por volume é imperceptível a olho nu em uma tinta, sendo seu controle realizado apenas nos laboratórios dos fabricantes ou em laboratórios terceirizados. Sendo assim, este trabalho visou elaborar um procedimento para identificação do percentual em sólidos por volume de tintas epóxis, poliuretanas e alquídicas, que possa ser efetuado em campo, ou seja, para que se tenha a determinação deste valor no momento do recebimento do lote pelo cliente final. O método desenvolvido teve como objetivos identificar variações maiores que 5 μm no filme seco esperado, em relação ao informado em boletim técnico pelo fabricante. De forma que possa ser manipulado facilmente por qualquer profissional responsável pelo recebimento de tintas em obra ou em sites de indústrias. Agregando, assim, maior confiabilidade ao produto, eliminando contratempos e desperdício de verba durante um projeto ou processo e funcionando como teste inicial aos métodos de determinação de sólidos por volume já utilizados em laboratório.

Conceito de sólido por volume

O percentual de sólidos por volume de uma determinada tinta é a característica mais importante do produto. Sendo, a parte em volume de sólidos em relação ao volume total de tinta, ou seja, a parte de tinta que fica efetivamente depositada no substrato após a cura e evaporação de compostos voláteis, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. Representação da relação dos sólidos por volume em uma tinta (Fonte: GNECCO, 2013).

Após aplicada, a película da tinta inicia-se o processo de polimerização da resina para formação do filme sólido. Neste processo, a parte volátil evapora completamente, restando na superfície os pigmentos, a resina e os aditivos não voláteis. A unidade do sólido por volume é expressa em porcentagem, ou seja, quanto por cento de um determinado volume de tinta é aproveitável.

Segundo Gnecco, o cálculo de rendimento teórico de uma tinta é obtido de acordo com a fórmula $RT = (SV \times 10) \div EPS$, onde RT corresponde ao rendimento teórico, SV são os sólidos por volume, e EPS é a espessura da película seca (2003, p.53). Logo, quanto maior o valor de sólido por volume do produto, maior será seu rendimento. Com o cálculo do rendimento teórico de uma tinta, é possível prever o consumo total de tinta de um projeto, otimizando a logística de compra, evitando desperdícios, proporcionando ao cliente que possa comparar entre vários concorrentes o custo do metro quadrado mais viável de um esquema de pintura.

O percentual em sólidos por volume também é diretamente responsável pela espessura seca de uma tinta após aplicada. Para Fragata, este dado

pode ser obtido através da fórmula $EPS = (EPU \times SV) \div 100$. Onde EPS é a espessura da película seca e EPU é a espessura da película úmida (Adaptado, 2016, p. 194). Este cálculo é de extrema importância pois, é através da espessura do revestimento que são dadas as estimativas de durabilidade de um esquema de pintura e, conseqüentemente, suas garantias ao cliente final.

A fim de garantir que os produtos fornecidos possuam o rendimento e espessuras previstos, além de outras qualidades, a Petrobras, principal consumidora de revestimento anticorrosivos no Brasil, iniciou, nas últimas décadas, a elaboração de normas de qualidade de tintas anticorrosivas. Dois exemplos destas normas são: a) N-2630 - Tinta de Fundo Epóxi de Alta Espessura (Produto utilizado em diversos equipamentos da Petrobras. Esta norma determina que o percentual de sólidos por volume mínimo seja de 80%). b) N-2912 - Tinta Epóxi "Novolac". (Produto utilizado como revestimento interno de tanques de produtos químicos como Biodiesel B100, hexanos, soda cáustica etc. Já neste caso, o sólido por volume mínimo determinado pela norma é de 95%).

A utilização de tintas anticorrosivas, que atendem as normas Petrobras acabou sendo adotada por várias empresas particulares dos segmentos de energia renovável, naval, papel e celulose, óleo e gás entre outras. Porém, o atendimento a estas normas tem a tendência de elevar o custo dos produtos, limitando assim o uso e levando a opção de produtos que não tenham, dentre outros requisitos, o teor de sólidos por volume validado em laboratórios acreditados.

Um exemplo prático da importância dos sólidos por volume na aquisição de tintas pode ser feito como, por exemplo, na obra do novo aeroporto de Florianópolis/SC. Nesta obra foram revestidos 640.000 metros quadrados que correspondem a 3700 toneladas de estruturas metálicas (BATTISTELA, 2019). A especificação de pintura desta obra previa uma camada seca de 250 micrometros.

Supondo que o concorrente A ofereceu um produto de 82 % de sólidos por volume, com o custo de R\$17,00 por litro, enquanto o concorrente

Fornecedor	Sólido por Volume	Valor do Litro (R\$)	Rendimento m ³ /L	R\$/m ³	Área de pintura (m ²)	Total R\$	Economia (R\$)
A	82%	17,00	3,28	5,18	640,000	3.317.073,17	384.419,37
B	67%	15,50	2,68	5,78	640,000	3.701.492,54	

Quadro 1. Comparações entre produtos com diferentes valores de sólido por volume (Fonte: Arquivo pessoal).

B ofereceu um produto de 67% de sólidos por volume com um custo de R\$ 15,50 por litro, é possível calcular vantagens ou desvantagens em se adquirir de A ou B. As comparações são feitas no Quadro 1.

A comparação entre o fabricante A e o fabricante B no quadro 1, mostra que ao adquirir o produto A, 10% mais caro que o produto B, a empresa obteve uma economia de R\$ 384.419,37. Este exemplo fictício mostra em números a importância do controle de sólidos por volume de tintas.

Determinação do volume de sólidos por meio do disco de aço (método tradicional)

A determinação de sólidos por volume é realizada em laboratório por método analítico. A norma mais utilizada no Brasil é a NBR 11617 - Tintas – Determinação do volume dos sólidos por meio do disco de aço (ABNT, 2016). Esta norma é uma adaptação da norma americana ASTM D 2697 Standard Test Method for Volume Non volatile Matter in Clear or Pigmented Coatings, e, da britânica ISO 3233 - Paints and varnishes – Determination of percentage volume of non-volatile matter by measuring the density of a dried coating.

O procedimento analítico da norma NBR 11617 (ABNT, 2016) para determinar o volume de sólidos através do método de disco de aço pode ser descrito resumidamente conforme a Figura 2.

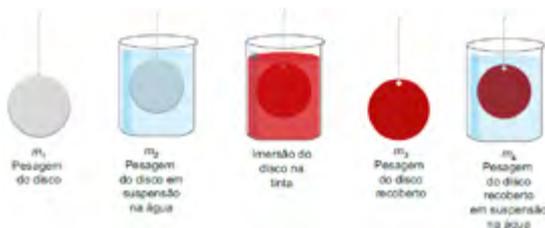


Figura 2. Representação simplificada do método disco de aço (Fonte: ABNT 11617, 2016, p.4).

A utilização deste método prevê também o uso da ABNT NBR 15315 - Tintas para construção civil - Método de ensaio de tintas para edificações não industriais - Determinação do teor de sólidos, onde usa-se o cálculo de sólidos por massa e a ABNT NBR 15382 - Tintas para construção civil - Determinação da massa específica de tintas para edificações não industriais, onde usa-se o cálculo para massa específica da amostra.

Metodologia

O presente estudo foi iniciado através da concepção lógica de que, se o percentual de sólidos por volume em uma determinada tinta representa a porção física depositada sobre um substrato após a evaporação completa de seus componentes voláteis, é possível identificar a relação de sólidos por volume de um produto a partir de um filme úmido com espessura exata e conhecida. Ou seja, se uma determinada tinta contém 80% de sólidos por volume, ao aplicar uma camada úmida de 100 µm, após a cura desta tinta, sua camada teoricamente será de 80 µm.

Esta lógica pode ser explicada matematicamente utilizando a fórmula já mencionada para cálculo da espessura seca ($EPS = (EPU \times SV) \div 100$), a seguir um exemplo desta sistemática.

- Amostra de tinta com 78% (± 2) de sólidos por volume informado em boletim técnico.

Aplica-se uma camada úmida com exatamente 100 µm de tinta em uma superfície lisa. Então aguarda-se o tempo de cura descrito pelo fabricante. Após mede-se a espessura da camada seca da tinta. Obtendo-se na leitura da espessura o valor de 78 µm, logo:

$$EPS = (EPU \times S.V.) \div 100$$

$$EPS = (100 \times 78) \div 100$$

$$EPS = 7800 \div 100$$

$$EPS = 78 \mu m$$

$$78 \mu m = 78\%$$

Com este dado conclui-se que a amostra está de acordo com o informado em boletim técnico.

Desta maneira, por meio da hipótese descrita, desenvolveu-se o método a ser descrito.

Determinação dos sólidos por volume de uma tinta a partir de uma espessura úmida conhecida.

Inicialmente realizou-se o desenvolvimento de um equipamento (Figura 3) o qual possibilitasse realizar a aplicação de um filme úmido com espessura conhecida sobre uma superfície lisa.

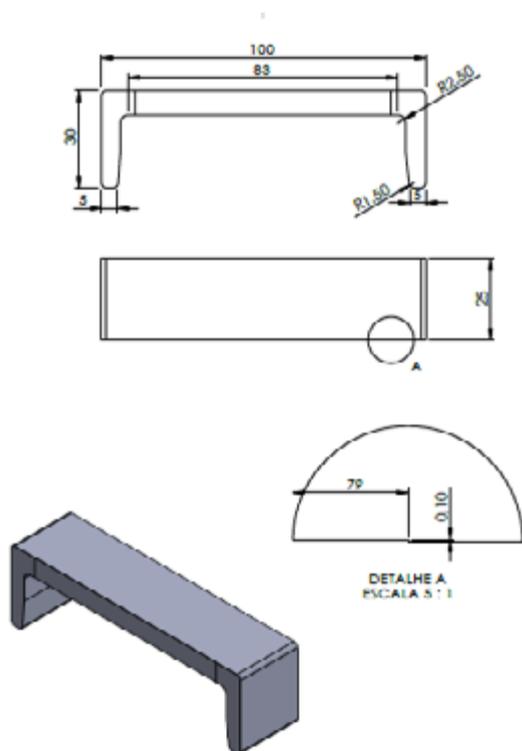


Figura 3. Representação do projeto do equipamento extensor de 100 µm (Fonte: Arquivo pessoal).

O protótipo do equipamento foi confeccionado em aço inox, em uma matrizaria na cidade de Marau/RS. A opção pela espessura do filme úmido de 100 µm que o equipamento permitirá obter, se deu em função da simplificação da interpretação do resultado final e por ser uma camada que não prejudica os mecanismos de secagem por oxidação da resina de tintas alquídicas e também não compromete os mecanismos de secagem das tintas epóxis e poliuretanas. Na

seqüência foi elaborado um procedimento envolvendo os seguintes materiais:

1. Rugosímetro do tipo digital com margem de erro menor que 5 µm, da marca Defelsko, modelo Positector SPG. Este aparelho é usado para medir a espessura do filme seco de tinta aplicada sobre o vidro. Esse é constituído de uma agulha a qual, para se proceder a obtenção dos dados, é colocada em contato com a amostra e os dados aparecem na tela do equipamento. Os valores obtidos são fornecidos em micrometros (µm). O aparelho deve ter certificado de calibração válido, emitido por laboratório de metrologia acreditado, e em dia;
2. Vidro do tipo temperado com dimensões de 150 x 100 mm, o qual foi utilizado como superfície onde será aplicada a amostra;
3. Equipamento extensor de 100 µm conforme Figura 3;
4. Adesivo resistente a solventes orgânicos. Desenvolvido em uma gráfica na cidade de Marau/RS. O adesivo tem espessura de 80 µm e dimensões de 115 x 30mm, com estampa padrão xadrez em preto e branco. A estampa xadrez foi recuada 2 mm da borda afim de evitar que a tinta flexográfica compromettesse o adesivo levantando as bordas e, em consequência, causasse erro na espessura do filme úmido da amostra;
5. Balança semi-analítica da marca Marte Científica, para as medidas de massa das amostras necessárias para misturar o componente A com o componente B de tintas bicomponentes.

Preparo das amostras

Foi solicitado a um fabricante de tintas anticorrosivas de Curitiba/PR que selecionasse amostras variadas de produtos mono e bi componentes, distribuídas aleatoriamente entre alquídica, epóxi amina, epóxi amida e poliuretano. As amostras foram enviadas contendo apenas informações necessárias para seu preparo. Das 11 amostras, 5 foram enviadas contendo a informação do volume de sólidos determinado em

laboratório e em 6 amostras esta informação foi ocultada. As amostras foram identificadas na fábrica conforme o Quadro 2.

Para amostras mono componentes, a homogeneização deve ser feita, obrigatoriamente, dentro da embalagem original, por meio de agitador giroscópico ou por meio de agitador mecânico, elétrico ou pneumático, por no mínimo 7 minutos. Após realizada a homogeneização, não devem ser observados depósitos aglomerados de sólidos presentes no fundo da embalagem, ou dispersos, nem veios com cores diferentes no produto. Caso houver, o procedimento de homogeneização deverá ser realizado novamente. Não deve ser utilizado solvente ou qualquer tipo de aditivos no produto a ser testado, pois isso pode influenciar no resultado.

Para amostras bi componentes, os componentes A - Tinta, e B - Agente de cura, devem ser obrigatoriamente homogeneizados, separadamente, dentro da embalagem original, por meio de agitador giroscópico ou por meio de agitador mecânico, elétrico ou pneumático, por no mínimo 7 minutos. Após realizada a homogeneização, não deve ser observado depósitos aglomerados de sólidos presentes no fundo da embalagem, nem devem ser observados veios com cores diferentes no produto. Caso houver, o procedimento de homogeneização deverá ser realizado novamente.

A mistura dos componentes A e B deve ser realizada na proporção indicada segundo a orientação do respectivo boletim técnico, fornecido pelo fabricante do produto. A mistura dos componentes pode ser realizada em copo béquer ou similar. Nesta etapa, deve ser utilizada, obrigatoriamente, régua de catálise, ou balança semi analítica.

Realizar homogeneização da mistura pronta (Componente A + Componente B), por meio de agitador giroscópico ou por meio de agitador mecânico, elétrico ou pneumático, por no mínimo 7 minutos. Após realizada a homogeneização deve ser respeitado o tempo de indução (tempo necessário para ocorrer a reação química do componente A com o componente B de forma homogênea na mistura) previsto no respectivo boletim técnico.

Toda e qualquer orientação prevista no boletim técnico, em relação a preparação para uso do produto a ser testado, deve ser obrigatoriamente respeitada nesta etapa. Em hipótese alguma devem ser utilizados solventes ou qualquer tipo de aditivos no produto a ser testado.

Execução do teste

Para a execução dos testes deve-se proceder, previamente, a ambientação do vidro e do extensor de 100 µm. O procedimento para a

Identificação da Amostra	Identificação do comp. B	Relação de mistura (%)	Sólidos por volume
1-A	1	15	47
1-B		15	
1-C		15	52,5
2-A	2	22	
2-B		22	62,5
3-A	3	14	
4-A	4	21	
5-A	5	14	58
6-A	6	97	
7-A	7	112	78,6
8-A	8	Mono.	

Quadro 2. Identificação das amostras (Fonte: Arquivo pessoal).



Figura 4. Aplicação de amostra em placa de vidro (Fonte: Arquivo pessoal).

ambientação de cada um deles foi realizado da seguinte maneira:

Ambientação do vidro: O vidro a ser utilizado deve ser limpo com álcool etílico 70°GL ou 98° GL, com guardanapos de papel no momento da utilização. Não deve ser observado nenhum tipo de contaminante sob a superfície onde será depositado o produto. Devem ser realizadas 5 medições da rugosidade do vidro, com o rugosímetro, sendo 1 ponto no centro e 4 pontos nas extremidades. A média aritmética dos 5 pontos não deve ser maior que 5 μm . Em caso onde a média for maior, realizar três novas medições. Persistindo, o vidro deve ser descartado.

No vidro já ambientado deve ser colocado o adesivo. O adesivo deve ser colado de forma que a área circular fique posicionada próxima ao centro do vidro. O adesivo deve avançar aproximadamente 10 mm além da extremidade do vidro.

O equipamento extensor de 100 μm a ser utilizado, deve ser limpo com álcool etílico e guardanapos de papel no momento da utilização. Não deve ser observado nenhum tipo de contaminante na superfície do equipamento.

O procedimento para a determinação do volume de sólidos foi realizado da seguinte maneira: Aproximadamente 50 g da amostra foi vertida, cuidadosamente, na posição inicial do vidro (extremidade próxima a parte circular do adesivo), de forma que preencha toda o comprimento do extensor de 100 μm , já posicionado na extremidade superior do vidro. A lâmina foi puxada, com movimento lento e uniforme, com velocidade em torno de 20 cm/s, na direção extensor - operador, de forma que não se observou descontinuidade no filme úmido aplicado. Os testes

foram realizados em quintuplicata, sendo anotada a média aritmética de 5 leituras, o desvio padrão e a porcentagem de erro de cada uma das 5 réplicas das amostras.

A amostra 6-A foi descartada pois a embalagem apresentou avaria no transporte.

Um cuidado que foi observado é o de não posicionar, em hipótese alguma, o vidro verticalmente, ou mesmo em ângulo antes da cura do produto, pois poderá vazar a amostra (o produto) o que acarretará erro na determinação. O vidro com a amostra foi resguardado em local coberto e ventilado, livre da incidência direta de sol.

O adesivo foi retirado, apenas após a película da tinta estar seca a pressão, tomando o cuidado para que não se danifique as áreas vizinhas ao filme seco (Figura 5).

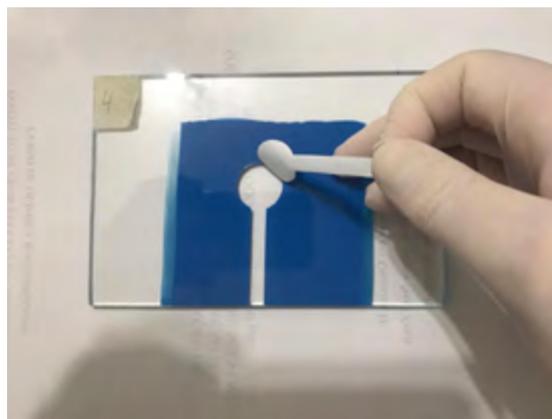


Figura 5. Retirada do adesivo da película da tinta (Fonte: Arquivo pessoal).

Aguardou-se tempo de secagem completa da amostra, conforme informado no respectivo boletim técnico. Após a secagem foi realizada a leitura com o auxílio do rugosímetro digital. Inicialmente o rugosímetro deve ser zerado na

superfície do vidro (Figura 6). Após, a leitura é feita posicionando o rugosímetro no centro do local onde foi removido o adesivo, de forma que a agulha tenha contato direto com a superfície do vidro (Figura 7). Foram realizadas 5 leituras ao centro da área com o vidro exposto e considerada a média aritmética destas leituras.

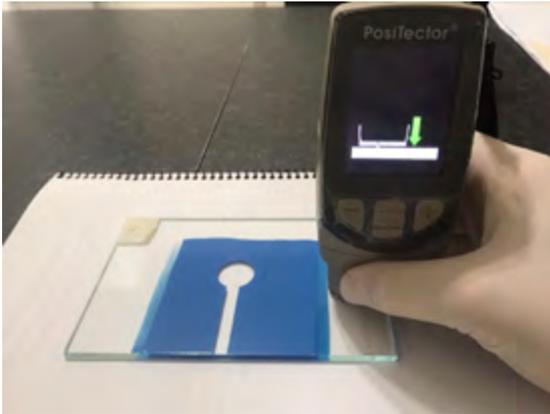


Figura 6. Rugosímetro sendo zerado na superfície do vidro (Fonte: Arquivo pessoal).

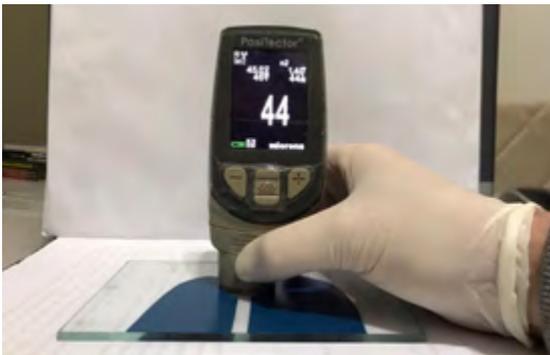


Figura 7. Leitura da espessura da amostra (Fonte: Arquivo pessoal).

A fim de eliminar os desvios de leitura do rugosímetro, devem ser refeitas as 5 leituras quando a amplitude for maior ou igual a 10, ou o desvio padrão for maior ou igual a 5, já que o equipamento prevê que o resultado apresentado pode ter uma variação de até 5 μm .

Para determinar o desvio padrão de cada réplica foi utilizada a fórmula estatística:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

S é o desvio padrão, X_i é o valor obtido na leitura, \bar{X} é a média aritmética das 5 leituras e n é o número de leituras.

Para determinar a amplitude das leituras foi utilizada a fórmula estatística:

$$A_T = X_{max} - X_{min}$$

Onde:

At é a amplitude total, X_{max} é a leitura com maior valor encontrado e X_{min} é a leitura com menor valor encontrado.

Após determinada a média aritmética das leituras de cada réplica determinou-se também o erro relativo, conforme a fórmula a seguir:

$$Er = \left| \frac{\bar{X}_1 - VR}{VR} \times 100 \right|$$

Onde:

Er é o erro relativo, \bar{X}_1 é a média aritmética das 5 leituras e VR é o valor real informado pelo fabricante.

Todos os testes foram realizados em ambiente fabril, fora de ambiente de laboratório, em sites de indústrias metalúrgicas da região serrana do Rio Grande do Sul. As amostras, conforme descritas no quadro 3, foram enviadas em embalagens de 250 mL, contendo em cada uma, apenas o rótulo com identificação (Quadro 2), para uso do respectivo componente B. Propositamente, a única informação enviada foi a relação de mistura em percentagem de peso do componente B em relação a massa medida do componente A. A opção de realizar a mistura componente A e componente B por percentagem de peso foi tomada para eliminar a possibilidade de identificação da amostra por meio de boletins técnicos, evitando assim influência na discussão de resultados.

Identificação da Amostra	Viscosidade	Cor	Massa Comp. A (g)	Massa Comp. B (g)	Massa total (g)
1-A	Baixa	Azul escuro	30	4,5	34,5
1-B	Baixa	Laranja	45	6,75	51,75
1-C	Baixa	Azul Claro	42	6,3	48,3
2-A	Média	Bege Claro	41	9,02	50,02
2-B	Média	Preto	39	8,58	47,58
3-A	Alta	Cinza Grafite	44	6,16	50,16
4-A	Média	Azul	47	9,87	56,87
5-A	Média	Cinza Claro	45	6,3	51,3
6-A	Descartado				
7-A	Alta	Verde	31	34,72	65,72
8-A	Baixa	Azul	53	0	53

Quadro 3. Características das amostras (Fonte: Arquivo próprio).

Foram enviadas amostras de baixa, média e alta viscosidade, a fim de também avaliar se viscosidade das amostra interfere nos resultados. As massas medidas de cada amostra estão descritas no quadro 3. A massa total informada no quadro foi suficiente para realizar a aplicação nas 5 replicadas de cada amostra.

Resultados e discussão

Nos Quadros 4 a 13 estão apresentados os resultados obtidos para cada amostra testada. Para cada amostra também foram plotados em gráficos os dados comparativos entre os valores de SV obtidos pelo método proposto e os obtidos pelo laboratório credenciado e se encontram nas figuras 7 a 16 como forma de visualizar melhor os resultados.

Amostra 1-A

A amostra 1-A apresentou leituras bem próximas a referência determinada em laboratório (Quadro 4). O erro relativo variou de 3,4 a 0,43 %, tendo uma média geral de 1,57%. A média geral das leituras foi de 46,26 μm , sendo o esperado 47 μm , fornecendo uma diferença de 0,74 μm . Na figura 8 está delineado o gráfico com a comparação dos dados.

Amostra 1 - B

A amostra 1-B apresentou leituras com uma variação de 5,4 μm em relação as leituras das réplicas (Quadro 5). O erro relativo variou de 13,24 a 0,91%, tendo uma média geral de 7,03% e 3,08 μm de diferença na espessura. A média geral das leituras foi de 40,72 μm , sendo o esperado 43,8 μm . Na Figura 9 estão os dados comparativos.

Amostra 1 - C

A amostra 1-C apresentou 4 das 5 leituras das réplicas com valores superiores a referência determinada em laboratório. O erro relativo variou de 7,43 a 1,33 %, tendo uma média geral de 4,15%. A média geral das leituras foi de 54,40 μm , sendo o esperado 52,15 μm , apenas 1,9 μm de diferença em espessura. Na figura 10 está delineado o gráfico com a comparação dos dados.

Amostra 2 - A

A amostra 2-A apresentou leituras com variação de 3,6 μm em relação as leituras das réplicas. O erro relativo variou de 6,91 a 0,99%, tendo uma média geral de 3,68%. A média geral das leituras foi de 58,56 μm , sendo o esperado 60,8 μm , diferença de 2,24 μm (Quadro 7).

Amostra	SV Extensor de 100 µm (µm)	Desvio Padrão (µm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
1-A	45,4	2,3	47,00	3,40%
1-A	46,2	1,6	47,00	1,70%
1-A	46,2	2,2	47,00	1,70%
1-A	46,7	2,1	47,00	0,64%
1-A	46,8	3,1	47,00	0,43%

Quadro 4. Resultados da amostra 1-A (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 µm (µm)	Desvio Padrão (µm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
1-B	38	1,2	43,8	13,24%
1-B	40,4	1,7	43,8	7,76%
1-B	40,4	1,7	43,8	7,76%
1-B	41,4	1,1	43,8	5,48%
1-B	43,4	1,5	43,8	0,91%

Quadro 5. Resultados da amostra 1-B (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 µm (µm)	Desvio Padrão (µm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
1-C	56,4	2,1	52,5	7,43%
1-C	55,4	2,1	52,5	5,52%
1-C	54,4	2,6	52,5	3,62%
1-C	54	1,2	52,5	2,86%
1-C	51,8	0,8	52,5	1,33%

Quadro 6. Resultados da amostra 1-C (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 µm (µm)	Desvio Padrão (µm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
2-A	56,6	2,4	60,8	6,91%
2-A	58,2	1,3	60,8	4,28%
2-A	58,6	1,7	60,8	3,62%
2-A	59,6	1,6	60,8	2,63%
2-A	60,2	1,9	60,8	0,99%

Quadro 7. Resultados da amostra 2-A (Fonte: Arquivo pessoal).

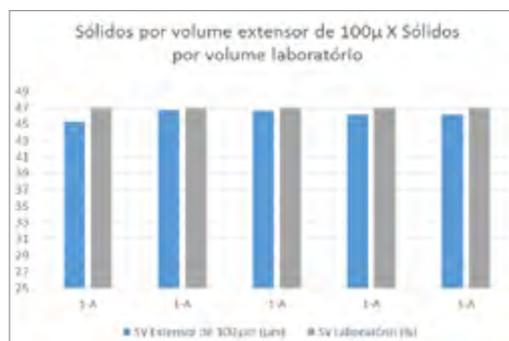


Figura 8. Comparação dos valores de SV para a amostra 1-A (Fonte: Arquivo pessoal).

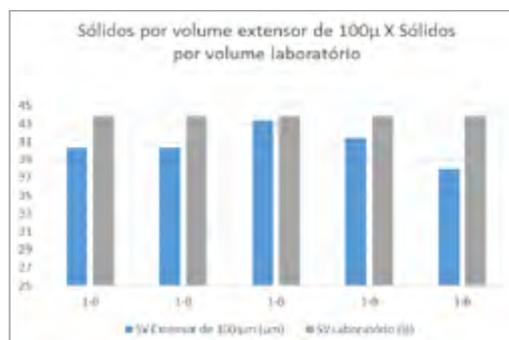


Figura 9. Comparação dos valores de SV para a amostra 1-B (Fonte: Arquivo pessoal).

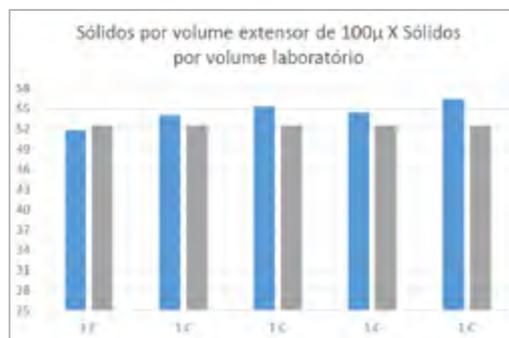


Figura 10. Comparação dos valores de SV para a amostra 1-C (Fonte: Arquivo pessoal).

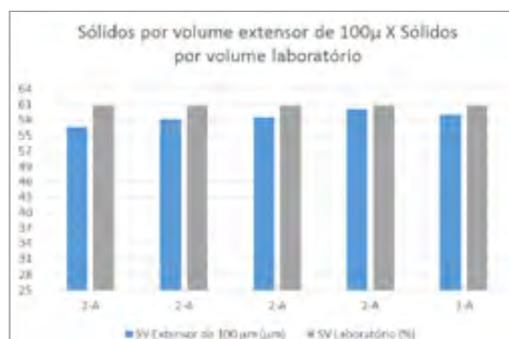


Figura 11. Comparação dos valores de SV para a amostra 2-A (Fonte: Arquivo pessoal).

Na Figura 11 estão delineados os dados comparativos entre os valores de SV para o método proposto e os do laboratório.

Amostra 2 - B

A amostra 2-B apresentou leituras com variação de 2 µm em relação as leituras das réplicas. O erro relativo variou de 2,4 a 0,16%, tendo uma média geral de 1,25%. A média geral das leituras foi de 61,92 µm, sendo o esperado 62,5 µm, diferença de 2,16 µm (Quadro 8). Na Figura 11 estão os dados comparativos.

Amostra 3 - A

A amostra 3-A apresentou leituras com variação de 7,6 µm em relação as leituras das réplicas. O erro relativo variou de 11,77 a 1,94%, tendo uma média geral de 4,48%. A média geral das leituras foi de 73,84 µm, sendo o esperado 77,3 µm. (Quadro 9). Na Figura 12 estão os dados comparativos.

Amostra 4 - A

A amostra 4-A apresentou leituras com variação de 2,2 µm em relação as leituras das réplicas. O erro relativo variou de 5,81 a 2,26%, tendo uma média geral de 4,71%. A média geral das leituras foi de 64,92 µm, sendo o esperado 62 µm, diferença 2,92 µm (Quadro 10). Na Figura 13 estão os dados comparativos.

Amostra 5 - A

A amostra 5-A apresentou leituras com variação de 7 µm em relação as leituras das réplicas. O erro relativo variou de 6,55 a 3,45%, tendo uma média geral de 4,97%. A média geral das leituras foi de 56,4 µm, sendo o esperado 58 µm, diferença de 1,6 µm (Quadro 11, Figura 14).

Amostra 7-A

A amostra 7-A apresentou leituras com variação de 5,2 µm em relação as leituras das réplicas. O erro relativo variou de 7,89 a 1,27%,

Amostra	SV Extensor de 100 µm (µm)	Desvio Padrão (µm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
2-B	61	2,1	62,5	2,40%
2-B	61,6	3,8	62,5	1,44%
2-B	61,6	1,1	62,5	1,44%
2-B	63	2	62,5	0,80%
2-B	62,4	1,8	62,5	0,16%

Quadro 8. Resultados da amostra 2-B (Fonte: Arquivo pessoal).

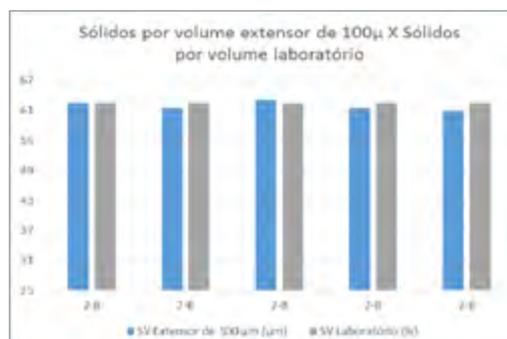


Figura 12. Comparação dos valores de SV para a amostra 2-B (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 µm (µm)	Desvio Padrão (µm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
3-A	75,8	1,6	77,3	1,94%
3-A	68,2	2,4	77,3	11,77%
3-A	75,8	1,6	77,3	1,94%
3-A	74,4	1,1	77,3	3,75%
3-A	75	1	77,3	2,98%

Quadro 9. Resultados da amostra 3-A (Fonte: Arquivo pessoal).

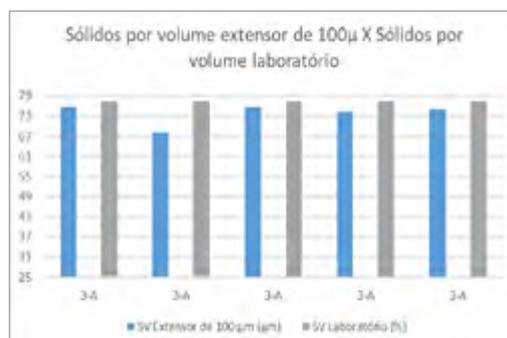


Figura 13. Comparação dos valores de SV para a amostra 3-A (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 μm	Desvio Padrão (μm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
4-A	65,6	0,9	62	5,81%
4-A	65,4	2,1	62	5,48%
4-A	65,4	0,5	62	5,48%
4-A	64,8	1,6	62	4,52%
4-A	63,4	1,8	62	2,26%

Quadro 10. Resultados da amostra 4-A (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 μm	Desvio Padrão (μm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
5-A	54,2	2	58	6,55%
5-A	54,6	1,1	58	5,8%
5-A	61,2	0,8	58	5,52%
5-A	56	0,7	58	3,45%
5-A	56	1,9	58	3,45%

Quadro 11. Resultados da amostra 5-A (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 μm	Desvio Padrão (μm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
7-A	72,4	1,1	78,6	7,89%
7-A	73,6	1,7	78,6	6,36%
7-A	75	2,8	78,6	4,58%
7-A	77,2	1,3	78,6	1,78%
7-A	77,6	1,8	78,6	1,27%

Quadro 12. Resultados da amostra 7-A (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Extensor de 100 μm	Desvio Padrão (μm)	SV Laboratório (%)	% Erro (%)
8-A	31,8	1,5	45,6	30,26%
8-A	32,4	0,9	45,6	28,95%
8-A	32,6	1,1	45,6	28,51%
8-A	33	0,7	45,6	27,63%
8-A	35,4	1,7	45,6	22,37%

Quadro 13. Resultados da amostra 8-A (Fonte: Arquivo pessoal).

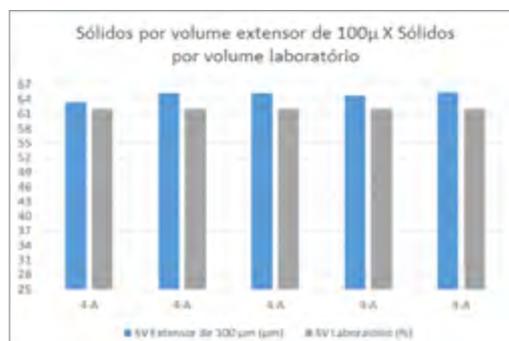


Figura 14. Comparação dos valores de SV para a amostra 4-A (Fonte: Arquivo pessoal).

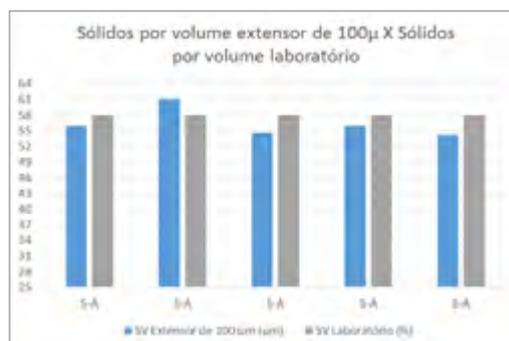


Figura 15. Comparação dos valores de SV para a amostra 5-A (Fonte: Arquivo pessoal).

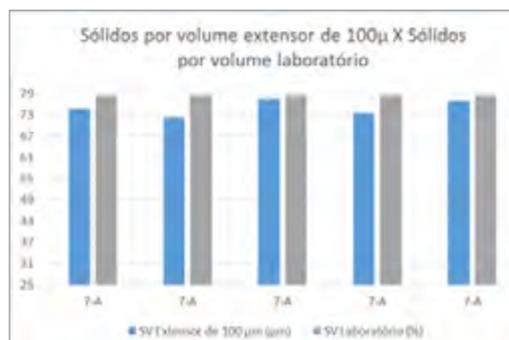


Figura 16. Comparação dos valores de SV para a amostra 7-A (Fonte: Arquivo pessoal).

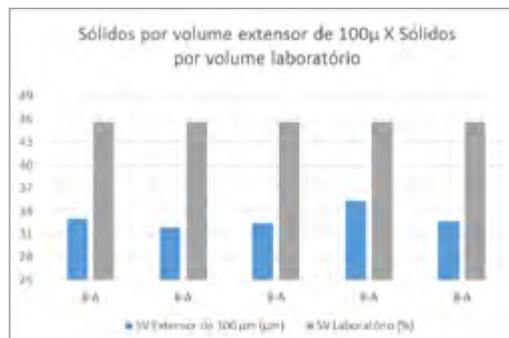


Figura 17. Comparação dos valores de SV para a amostra 8-A (Fonte: Arquivo pessoal).

tendo uma média geral de 4,38%. A média geral das leituras foi de 75,16 μm , sendo o esperado 78,6 μm , diferença de 3,44 μm (Quadro 12).

Na figura 16 estão plotados os valores comparativos dos valores de SV nas réplicas, para os diferentes métodos.

A amostra 8-A foi a única amostra monocomponente enviada. O erro relativo em relação ao valor fornecido pelo fabricante foi muito superior as demais amostras. As leituras apresentaram variação de apenas 3,6 μm , porém, quando comparado a referência determinada em laboratório, o erro relativo variou de 30,28 a 22,37%, tendo uma média geral de 27,54%. A média geral das leituras foi de 33,04 μm , sendo o esperado 45,6 μm . Diferença de 12,56 μm (Quadro 13, Figura 16). A amostra 8 foi também a amostra com menor desvio padrão, com desvio padrão médio de 1,18 μm .

Considerações finais

Sobre o método proposto destaca-se que ele pode ser executado por qualquer profissional, desde uma indústria metalúrgica até um canteiro de obras. Sua execução leva menos de 10 minutos para ser realizada e, dependendo do tipo de produto a ser avaliado, as leituras

podem ser feitas em menos de 4 horas, quando as amostras forem expostas a estufas para cura forçada. Os ensaios iniciais mostraram que o método proposto tem um erro relativo global de 6,38% quando analisado em porcentagem, quando analisado em micrometros, o erro absoluto foi de 3,25 micrometros, conforme quadro 14.

Quando consideradas apenas as amostras bi componentes, de acordo com o quadro 15, o erro relativo global foi de 4,02% e o erro absoluto global foi de 2,22 micrometros.

Considerando o objetivo inicial para o desenvolvimento do método, de identificação de possíveis desvios maiores que 5 micrometros em tintas entregues ao cliente final, observou-se que apenas a amostra monocomponente apresentou valores não exatos, já os demais apresentaram erro absoluto de 0,58 a 3,46 micrometros.

O método não substitui as práticas utilizadas atualmente em laboratório, porém pode servir como um primeiro teste em situações onde o solido por volume de uma tinta que já está no cliente final está em questionamento. É perfeitamente utilizável em comparações de produtos além de poder ser utilizado em análises de

Amostra	SV Laboratório (%)	Média Geral (μm)	Erro Relativo da amostra (μm)	Erro médio geral (%)
1-A	47,0	46,26	0,74	1,57%
1-B	43,8	40,72	3,08	7,03%
1-C	52,5	54,4	1,90	4,15%
2-A	60,8	58,56	2,24	3,68%
2-B	62,5	61,92	0,58	1,25%
3-A	77,3	73,84	3,46	4,48%
4-A	62	64,92	2,92	4,71%
5-A	58	56,4	1,60	4,97%
7-A	78,6	75,16	3,44	4,38%
8-A	45,6	33,04	12,56	27,54%
Erro absoluto global (μm)				3,25
Erro relativo global (%)				6,38%

Quadro 14. Erro absoluto e erro relativo global (Fonte: Arquivo pessoal).

Amostra	SV Laboratório (%)	Média Geral (μm)	Erro Relativo da amostra (μm)	Erro médio geral (%)
1-A	47,0	46,26	0,74	1,57%
1-B	43,8	40,72	3,08	7,03%
1-C	52,5	54,4	1,90	4,15%
2-A	60,8	58,56	2,24	3,68%
2-B	62,5	61,92	0,58	1,25%
3-A	77,3	73,84	3,46	4,48%
4-A	62	64,92	2,92	4,71%
5-A	58	56,4	1,60	4,97%
7-A	78,6	75,16	3,44	4,38%
Erro absoluto global (μm) (apenas bi componentes)				2,22
Erro relativo global (%) (apenas bi componentes)				4,02%

Quadro 15. Erro absoluto e erro relativo tintas bicomponentes (Fonte: Arquivo pessoal).

tempo de secagem e poder de cobertura. Novos testes serão realizados com diferentes amostras para posterior validação do método.

Referências bibliográficas

ABRAFATI. O setor de Tintas no Brasil. 1993. Disponível em: <http://www.abrafati.com.br/o-setor-de-tintas-no-brasil/>. Último acesso em 26/10/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11617:2016 - Tintas- Determinação do volume dos sólidos por meio do disco de aço. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15315: Tintas para construção civil - Método de ensaio de tintas para edificações não industriais - Determinação do teor de sólidos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15382: Tintas para construção civil - Determinação da massa específica de tintas para edificações não industriais.

ASTMD. Standard Test Method for Volume Nonvolatile Matter in Clear or Pigmented Coatings. Disponível em: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D2697-03.htm>. Acesso em 03/12/2019.

BATTISTELLA, C. Aeroporto de Florianópolis: Os números da obra e da estrutura do novo terminal. 2019. Disponível em: www.nsctotal.com.br/noticias/aeroporto-de-florianopolis-os-numeros-da-obra-e-da-estrutura-do-novo-terminal. Último acesso em 10/11/2019.

FAZENDA, Jorge M.R. (Org.) Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Textonovo, v.1 e v.2, 1993.

FRAGATA, Fernando de L. Pintura Anticorrosiva: Falhas e Alterações nos Revestimentos. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2016.

FRAGATA, Fernando de L. Qualificação para Inspetor de Pintura Industrial Nível 1- Módulo I: A Pintura como técnica de Proteção Anticorrosiva. Rio de Janeiro: Editora Publit, 2009.

GNECCO, Celso; MARIANO, Roberto; FERNANDES, Fernando. 2013. Tratamento de Superfície e Pintura. Rio de Janeiro: IBS/ SBCA, 2003.

GNECCO, Celso. Tintas, por que sólidos por volume? Revista JP - Jateamento & Pintura - MARÇO/ABRIL 2013, Edição 1. Disponível em: <https://issuu.com/jateamentoepintura/docs/revista.jp>. Último acesso em 02/11/2019.

INTERNATIONAL STANDARD. Paints and vernishes- Determination of percentage volume of non-volatile matter by measuring the density of a dried coating. Disponível em: <https://www.sis.se/api/document/preview/611405/>. Acesso em 03/12/2019.

NUNES, Laerce de Paula; LOBO, Alfredo C. O. Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

PETROBRAS. Tinta Epóxi "Novolac". Rio de Janeiro, 2011. PDF.

PETROBRAS. Tinta de Fundo Epóxi de alta Espessura. Rio de Janeiro, 2017. PDF.

Grounding electrode corrosion diagnosing – signal analysis

Cleber L. do Nascimento^a, Alysson N. Diógenes^b, Haroldo A. Ponte^c

^a Mestre, Engenheiro Eletricista - UFPR

^b Dr, Engenheiro Eletricista - Universidade Positivo

^c Dr, Engenheiro Mecânico - UFPR

Abstract: The reliability of a power system depends on the perfect functioning of the electrical grounding materials. In this context, the reliability of a grounding coppered electrode is the time period that elapses from the actual installation in the ground until the corrosion of its coating layer, which will provide an electrical discontinuity and a consequent increase in electrode ohmic resistance. This resistance, on the other hand, increases due to surface accumulation of both corrosion products and carbonates deposition. Its value, however, is difficult to be determined both due to the buried and energized electrodes. During this research it was evaluated the electrical parameters of copper in different surface states: polished (active) and oxidized (passivated) aiming to model their equivalent electrical circuit design at the different states using the electrochemical impedance technique. At this research it was analyzed the electrochemical impedance signal. The results indicate the possibility to build a sensor that can be used to measure low alterations at the ohmic resistance with the electrode still connected to the ground and energized, exposing only a small portion of it, which only had to be partially cleaned, but required no further preparation. This procedure is adequate to field applications.

Keywords: Grounding electrode, electrochemical impedance, corrosion monitoring, electrochemical techniques.

Introduction

During the 2000s, there were several technological innovations arising from power electronics, microelectronics and telecommunications. Even before, but even more so, after these innovations, electrical grounding plays a key role in the protection, reliability, and quality of electrical systems, whether residential, commercial or industrial, given their importance in the safety of people and lives-more. It is spoken about buildings and smart cities [1].

By definition, in the technical context, grounding is an intentional connection with low impedance to ground. This grounding circuit provides a suitable way of current circulation, which is necessary to ensure the best performance of the electrical installation. Since the connection is buried and its visual inspection is difficult, grounding systems tend to be overlooked and only noticed when problems arise due to increased ground resistance. These problems can damage equipment, cause unexpected electrical shock, failures of control operation and failures of protective devices, etc.

The increase in the grounding resistance tends to happen due to corrosion, more specifically due to carbonate deposition at the grounding electrode surface. Corrosion refers to the natural process wherein a metal has to return to its original state, meaning its gradual destruction over time and the degradation of metal properties to the action of environment [2]. In this context a functional electrical grounding system must have, as an essential parameter of functionality, a low ohmic resistance value. This resistance, otherwise, increases due to surface accumulation of corrosive products and have its value difficult to be determined due to be buried electrodes [3].

It has been tried to avoid corrosion in a number of ways, such as increasing the number of conductors and modifying their arrangement [4], which, according to Nahman and Salamon [5], can cause great risks, if these modifications are not well planned. It has also been attempted to replace the grounding of metallic materials

by alternative materials, such as carbon fiber doped concrete [6]. On the other hand, the monitoring of grounding electrodes connected to the network is still little studied.

Aiming to investigate this phenomenon, it was analyzed characteristics electrical parameters related to different surface states of the copper electrode by applying oscillating electrical signal [7] as shown in the block diagram shown in figure 1. In order to model the carbonate deposition it was generated an oxide with controlled conditions. After this, it was designed a system in which the electrochemical boundary conditions were well established by applying traditional electrochemical techniques such as linear sweep voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy - EIS [7].

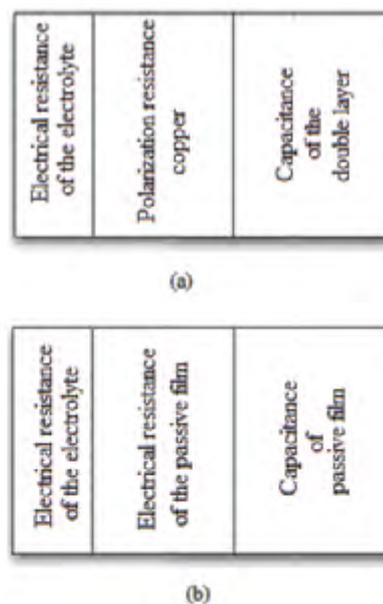


Figure 1 Block diagram of the electrical parameters for the electrochemical system proposed: (a) copper electrode polished state and (b) copper electrode on passivation film

The results indicate that the technique can be applied to measure a system's resistance variation without disconnecting the electrode from the power system or unburying it.

Methodology

The electrochemical system assembled for this study was composed by an electrochemistry

cell consisting of three stationary electrodes and an electrolyte to provide the passivation of the copper electrode, Cu_2O or CuO . The experiment was held at a temperature of 21°C and relative humidity set at around 50%. The pH of the electrolyte was maintained constant during all the experiment. The electrolyte was a sodium bicarbonate solution - NaHCO_3 , with a pH 8.3. That was designed according to the Pourbaix diagram for the copper [10], in deionized water with a concentration of 84.01 g/L or 1M. All the potential results were related to a saturated Calomel (SCE) reference electrode. The Working electrode was a copper rod with purity $\geq 99,96\%$, and a diameter of 4 mm embedded epoxy resin with an exposed surface area of $0,1256 \text{ cm}^2$. The Auxiliary electrode was a platinum wire.

In order to characterize the electrical parameters they were used the following traditional electrochemical techniques [11-13]:

- Linear potential voltammetry: It was used a potentiostat/galvanostat Automation system from Microquimica Ltd. , model MQPG - 01 coupled to an interface and an application software MQI12/8PC-C MQPG - EXE
- Electrochemical impedance spectroscopy (EIS): It was used a potentiostat/galvanostat and ZRA (Zero Resistance Ammeter) from

Gamry Instruments , Reference Model 600 with the PC via USB interface coupled to ESA software application 410.

- Signal generator ICEL 2005. It was used to emulate the power network.

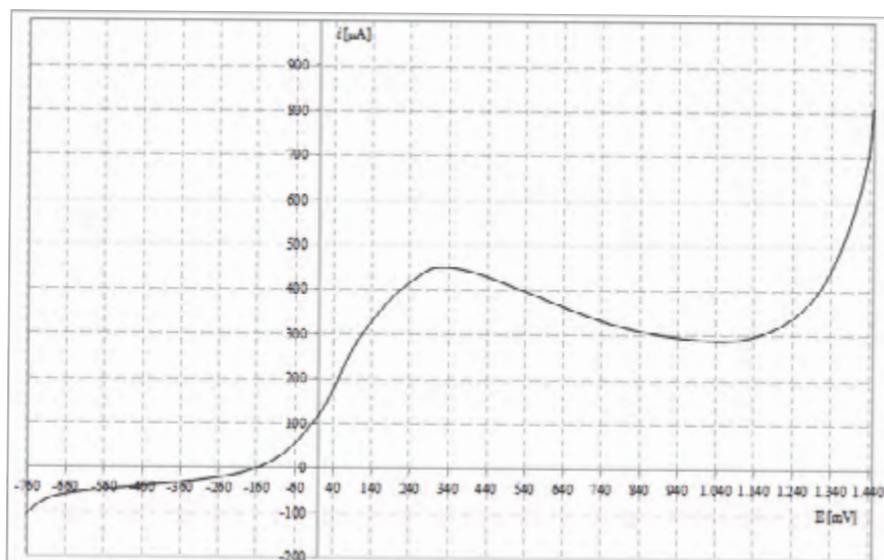
Results and discussion

The first part of the experiment was to determine the open circuit potential (OCP) for a previously polished copper electrode in a 1,0 M sodium bicarbonate solution. The obtained OCP was -179 mV after 15 minutes. The second experimental step was a linear sweep voltammetry ranging from -1.0 V to 1.2 V with scanning rate of 50 mV/s . This procedure was performed in accordance to [13]. The adopted equipment is exposed in Figure 2.



Figure 2 Electrochemical system considered for modeling

Figure 3 Potentiodynamic voltammogram of copper electrode in aqueous 1M sodium bicarbonate with potential sweep rate of 50 mV/s . E vs SCE



The voltammogram presented in Figure 3 defines the transition between the cathodic and anodic behavior for copper at -179 mV. It is observed a passivation step, that could be held until 1.220 mV, been followed by a transpassivity process. During the passivation process it is formed a very adherent oxide film at the copper surface.

The use of the technique of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) [5, 14] requires determining the resistance and reactive elements for modeling circuits proposed by the block diagram in Figure 1.

To study the behavior of the polished copper electrode a frequency sweep potential was performed at the open circuit potential (OCP) of -179 mV. This potential was use as off-set potential during scanning frequencies in the range of 0.01 Hz to 10000 Hz.

The impedance and phase displacement results obtained during the test are presented as a Bode diagram in Figure 4, in which it can be obtained the circuit parameters. At this point of the experiment, a signal generator was attached to the system and a sinusoidal function in the frequency of 60Hz and 220V of amplitude was inserted in the experiment.

Through the Bode plot of the impedance scanning frequency magnitude it is observed that the value of the electrolyte ohmic resistance of $27 \Omega \cdot \text{cm}^2$ is obtained at very high frequencies of 10000 Hz. The phase displacement presents a bow with more pronounced peak at higher frequencies indicating a capacitive behavior.

Its value is given by the mathematical expression shown below for the maximum point.

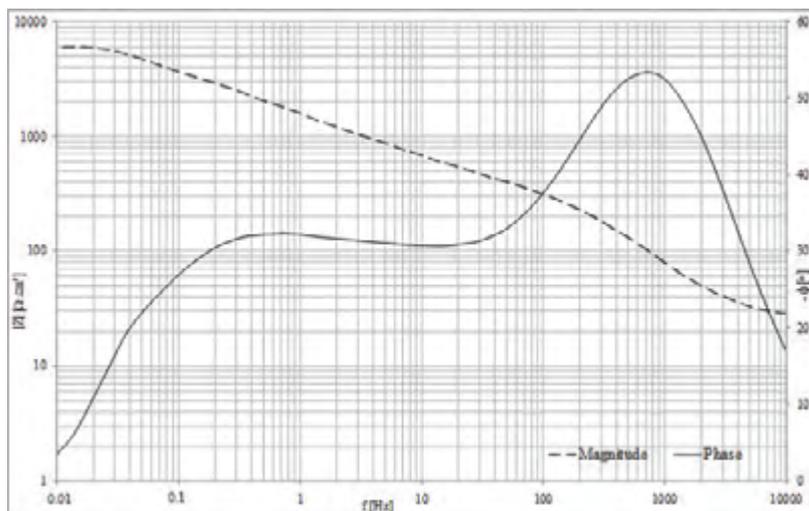
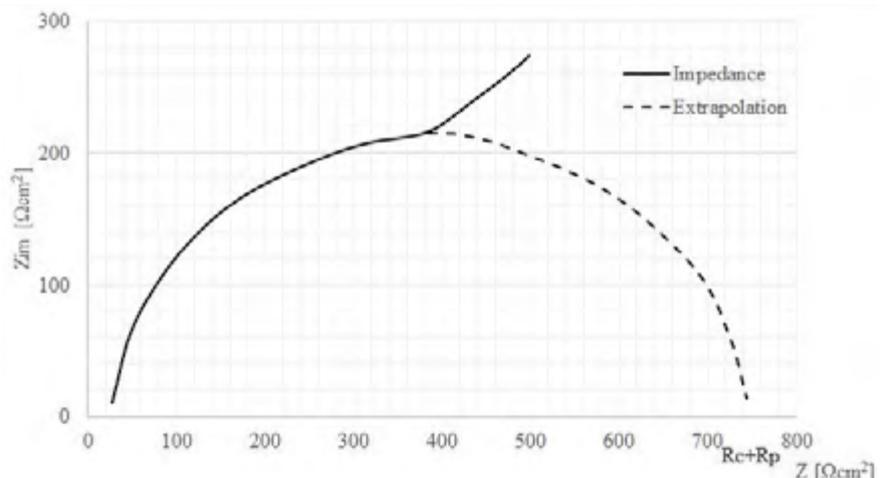


Figure 4 Bode plot of impedance magnitude and phase displacement versus frequency for active copper electrode in aqueous 1M sodium bicarbonate

Figure 5 Nyquist diagram extrapolated for active copper electrode in 1M aqueous sodium bicarbonate



$$Z_i = \frac{1}{\omega_{\max} \cdot C_{dc}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{\max} \cdot C_{dc}}$$

$$C_{dc} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 725 \cdot 80,97} \cong 2,71 \mu\text{F} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Analyzing the Nyquist diagram exposed in Figure 5, it is obtained an ohmic resistance of $780 \Omega \cdot \text{cm}^2$ by extrapolating the semicircle of the first maximum point. The polarization resistance is $754 \Omega \cdot \text{cm}^2$. The considered electrical equivalent circuit for the active copper electrode is shown in Figure 6.

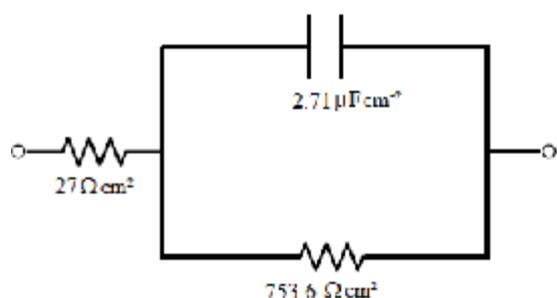


Figure 6 Equivalent circuit for the electrochemical cell with the working electrode surface in active copper

To study the behavior of the copper electrode at the passivation condition it was first polarized the electrode at a potential of 620 mV for 30 minutes. Subsequently, the electrode was held at the open circuit potential (OCP)

for a period of 60 minutes, yielding a value of -171 mV . This OCP value was adopted as a potential off-set during scanning frequencies in the range 0.01 Hz to 10000 Hz . The Bode diagram for this experiment is exposed in Figure 7.

It is remarkable to note that in the range of higher frequencies the impedance magnitude diagram of the scanning frequency gives the value of the ohmic resistance of the electrolyte, which showed values closed to those found during the test with the active copper electrode surface, as shown in Figure 5. The obtained value for the ohmic resistance of the electrolyte was obtained at very high frequencies, in 10.000 Hz , yielding a value close to $27 \Omega \cdot \text{cm}^2$.

Similarly, the capacitive arc at high frequencies presents the capacitance value of film formed, given by the following expression.

$$Z_i = \frac{1}{\omega_{\max} \cdot C_{\text{filme}}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{\max} \cdot C_{\text{film}}}$$

$$C_{\text{film}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1600 \cdot 85,02} \cong 1,17 \mu\text{F} \cdot \text{cm}^{-2}$$

The Nyquist diagram exposed in Figure 8, after the extrapolation of the semicircle, gives a value of $2100 \Omega \cdot \text{cm}^2$, referring to the sum of portions of the ohmic resistance of the

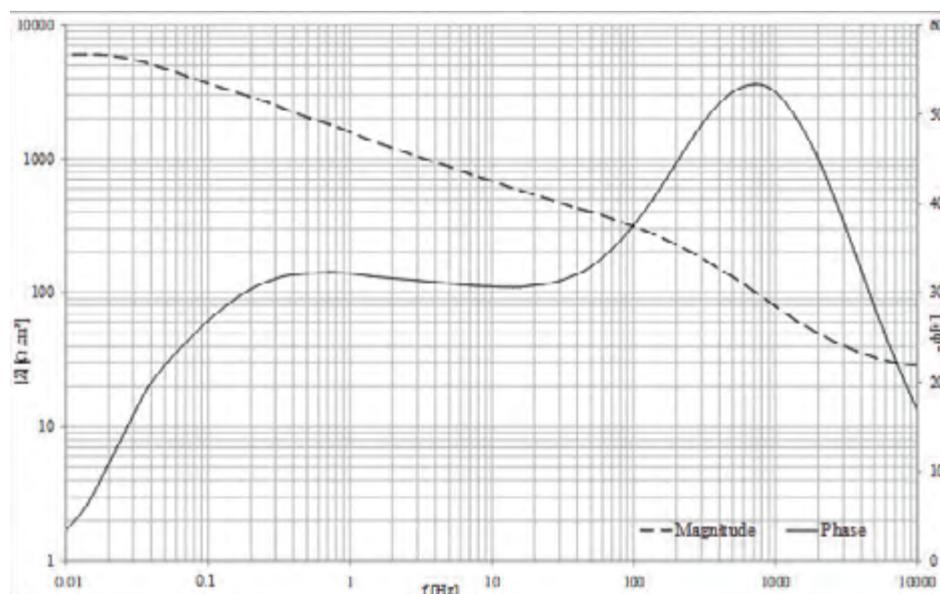


Figure 7 Bode plots of impedance magnitude and phase displacement versus frequency for passivated copper electrode in 1M aqueous sodium bicarbonate

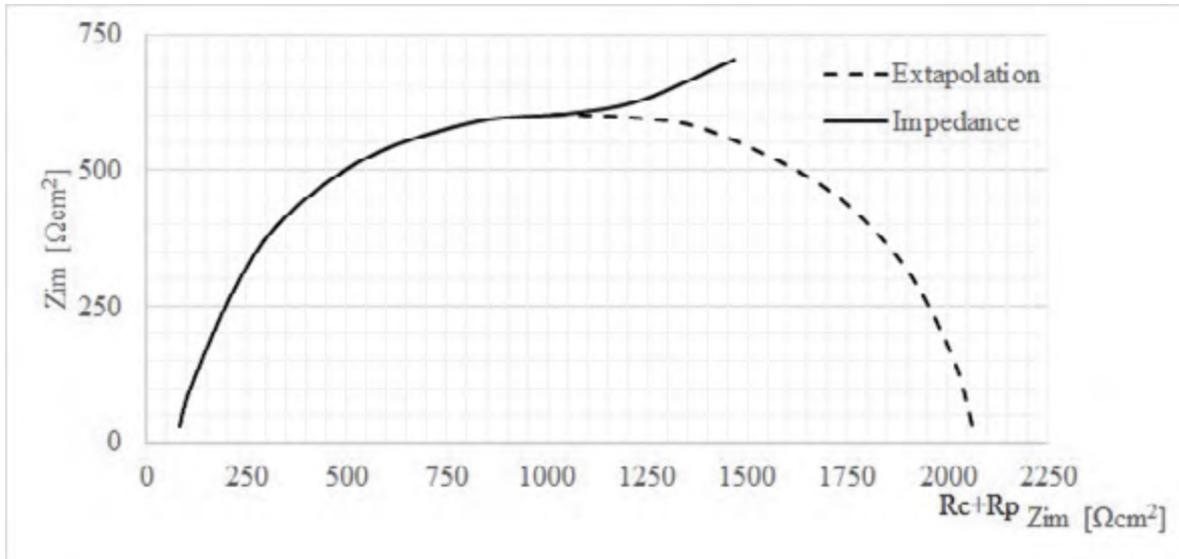


Figure 8 Nyquist diagram extrapolated for the copper electrode passivation film in 1M aqueous sodium bicarbonate

electrolyte and passivated oxide film formed. It is observed, therefore, that the value of the ohmic resistance for the copper with a passive oxide film is $2073 \Omega \cdot \text{cm}^2$. This value is about three times larger in magnitude than the value of ohmic resistance obtained for the active electrode surface.

The proposed electrical circuit to the oxidized copper electrode surface is presented in Figure 9 and its Bode diagram for this experiment is exposed in Figure 10.

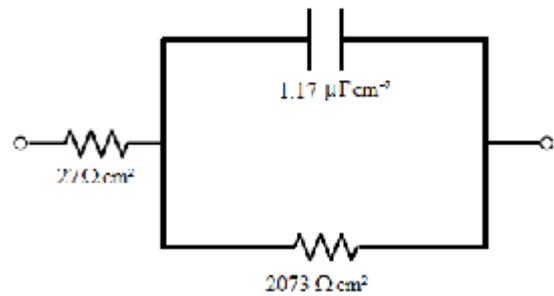


Fig. 9 Equivalent circuit for the electrochemical cell with the working electrode surface in passivated copper

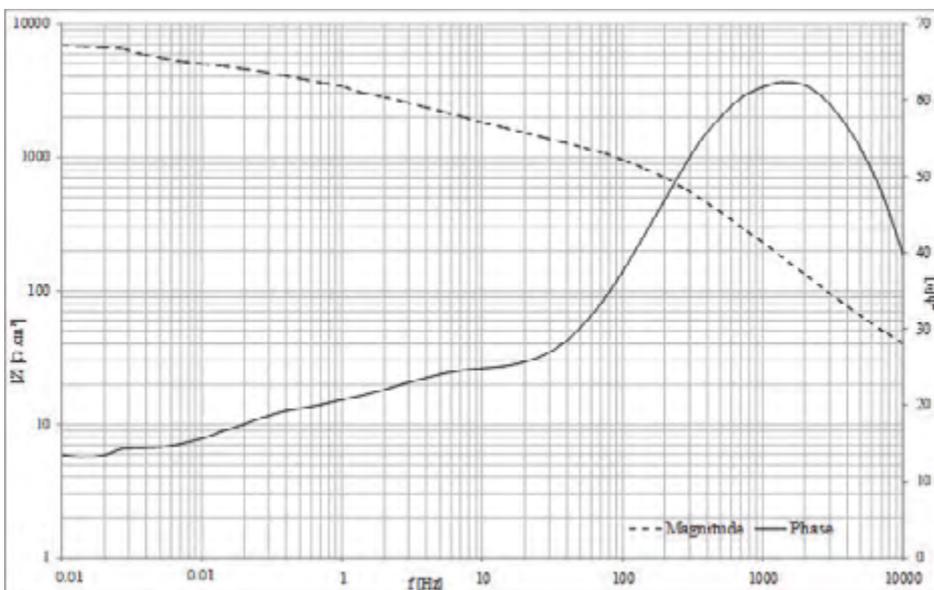


Figure 10 Bode plots of impedance magnitude and phase displacement versus frequency for passivated copper electrode in 1M aqueous sodium bicarbonate

The electrochemical system response to the application signals in oscillating frequency was used in modeling and parameterization of the different copper surface states at the electrochemical system. The system response on pre-established surface conditions was obtained. The applied input sinusoidal signal had a peak potential of 1 V rms and 0.707 V at 50 Hz and 100 Hz frequencies. It was evaluated other frequencies; however the ones with a greater impedance difference were the mentioned.

The obtained values for the current density of different copper surface states are shown in table 1 and at the graphs of the figures 11 and 12.

As observed in the graphs of Figures 11 and 12 it was found that the temporal response in current densities for the three applied frequencies does not present significant differences regarding the phase displacement between

the magnitudes involved. Otherwise, it was observed a significant gain in signal amplitude at current density for the different electrode surface states (active and passivated condition) in the three frequency bands and that the response amplitude of current density presenting the greatest displacement is established in the frequency range of 100 Hz. This result shows an increase in signal amplitude of approximately three times between the different states of the copper electrode surface under study. The phase modification varied less than the magnitude. This was expected, since the copper oxide increases uniformly in both the capacitive and resistive layers.

Considering the principles already described by Ohm's law, it is observed that for a given constant RMS voltage value, it could be obtained a higher current density value to the

Frequency [Hz]	active Cu electrode		passivated Cu electrode	
	Z [$\Omega\text{-cm}^2$]	I [$\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$]	Z [$\Omega\text{-cm}^2$]	I [$\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$]
50	365 \angle -30.80°	1.94 \angle 30.80°	1200 \angle -30.00°	0.59 \angle 30.00°
100	290 \angle -34.60°	2.44 \angle 34.60°	955 \angle -37.40°	0.74 \angle 37.40°

Table 1 - Values of current density for the complex electrochemical system with distinct surface state of copper electrode under excitation voltage 0.707 V_{rms}.

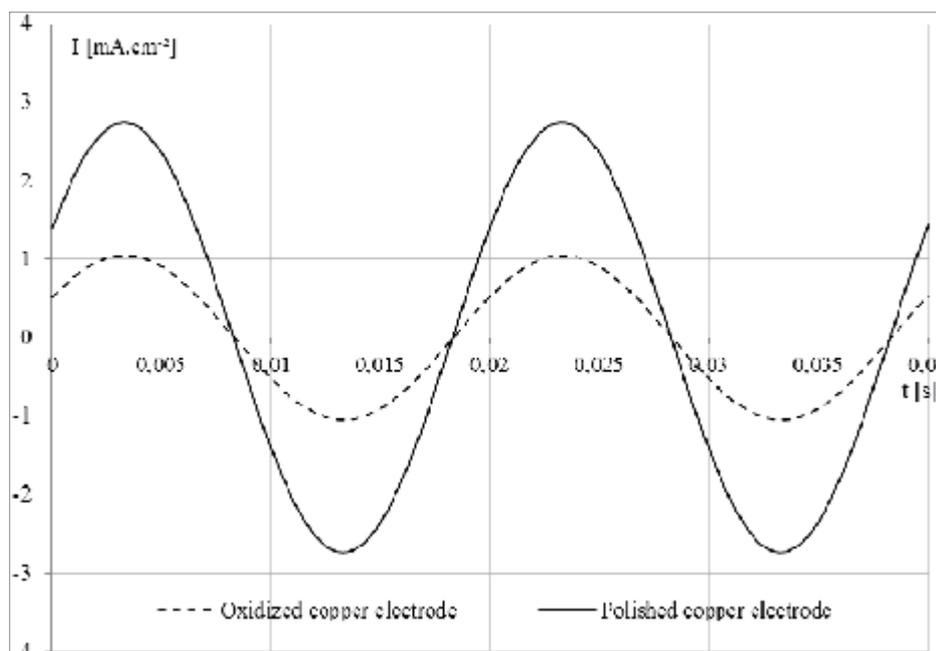


Figure 11 Response current density for the electrochemical system oscillating at a frequency of 50 Hz

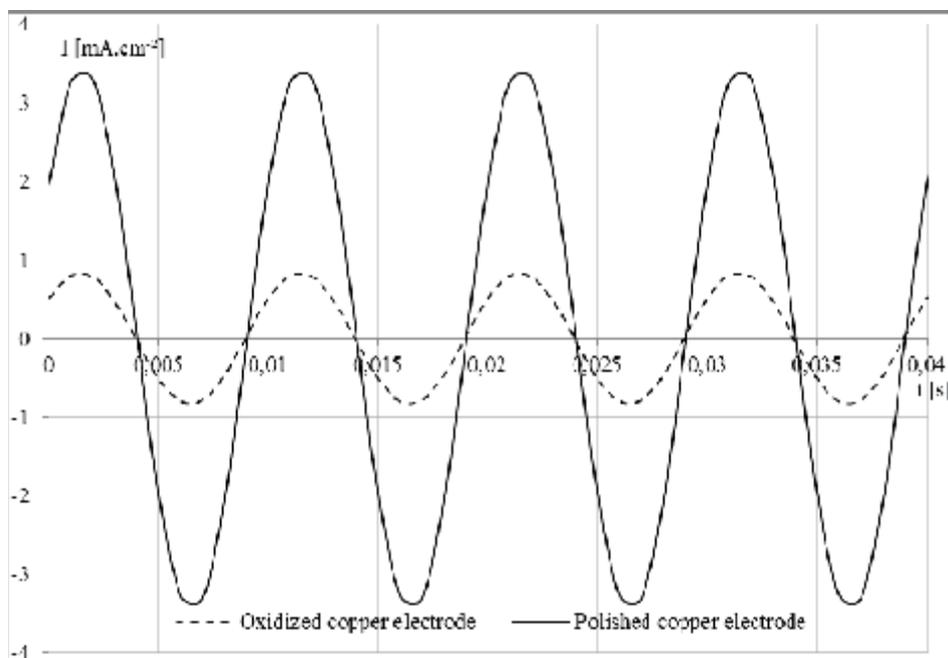


Figure 12 Response current density for the electrochemical system oscillating at a frequency of 100 Hz

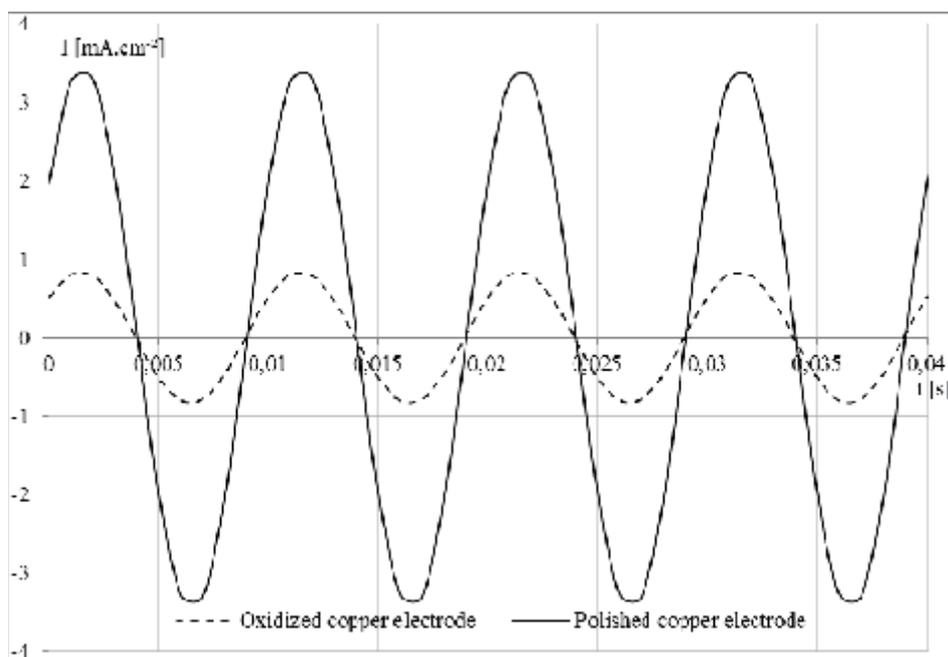


Figure 13 Response current density for the electrochemical system oscillating at a frequency of 100 Hz during a 220V and 60Hz wave application.

active electrode surface than that for the electrode with a passivation film presenting the lowest value of ohmic resistance.

At this point of the experiment, the signal generator was attached to the system. A 220V and 60Hz sinusoidal signal wave was applied and the experiment was repeated. The result can be observed in figure 13.

The 220V wave was purposely omitted in Figure 13, due to the current amplitude caused by the signal generator, which is greater than the electrochemical impedance signal measured. Even so, it was possible to separate the signals and to measure only the 100Hz applied signal.

Since the proposed methodology was able to measure independently the 60Hz and the

100Hz frequencies, the proposed methodology is adequate for field applications.

Conclusion

The value of the ohmic resistance of the electrolyte is sufficiently small compared to surface resistances encountered, namely polarization and passivated film not affecting the processes of electric charge transfer between the anodic and cathodic reactions for both surface states of the copper electrode (polished and passivated).

The oxide model for the carbonate deposition seems to provide an adequate system to measure the electrical resistance in copper electrodes.

In this context it was obtained the basis for the parameterization of the electrical surface condition of copper electrode providing necessary experimental set up for monitoring its ohmic resistance without the need to remove the grounding electrode. This technique makes possible to evaluate the ground operating condition under an energized system.

References

P. KRÄUCHIA, DAHINDEN, D. JURT, V. WOUTERS, U. -P. MENTI, O. STEIGERA. Electricity consumption of building automation. *Energy Procedia*. Vol 122, pps 295-300 (2017)

CAPELLI, A. (2007). *Energia Elétrica para Sistemas Automáticos da Produção*. 1st Ed., Érica Ed. Ltda, São Paulo

GENTIL, V. (2003) *Corrosão*. Livros Técnicos e Científicos, 4th Ed, Rio de Janeiro.

C. E. F. CAETANO, A. B. LIMA, J. O. S. PAULINO, W. C. BOAVENTURA, E. N. CARDOSO. A conductor arrangement that overcomes the effective length issue in transmission line grounding. *Electric Power Systems Research*. In Press. (2017)

J. NAHMAN, D. SALAMON. Mutual interference of neighboring grounding systems and approximate formulation. *Electric Power Systems Research*. Vol 151. Pps 166-173. (2017)

J. ZHANG, L. XU, Q. ZHAO. Investigation of carbon fillers modified electrically conductive concrete as grounding electrodes for transmission towers: Computational model and case study. *Construction and Building Materials*. Vol 145. Pps 347-353. (2017)

KINDERMANN, G. and CAMPAGNOLO, J. M. (1995). *Atterramento Elétrico: 3ª Edição*, Sagra DC Luzzato, Porto Alegre.

STEIGERWALD, J.M., MURARKA, S.P., GUTMANN, R.J., DUQUETTE, D.J. Chemical Processes in the Chemical Mechanical Polishing of Copper. (1995) *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 41. pp. 217-228.

TICIANELLI, E. A. & GONZALEZ, E. R. (2005) *Eletroquímica: Princípios e Aplicações*. 2nd Ed. Edusp. São Paulo.

POURBAIX, M. (1974) *Atlas of Electrochemical of Equilibria in Aqueous Solutions*. Houston: NACE,.

WOLYNEC, S. (2003) *Técnicas Eletroquímicas em Corrosão*, Edusp, São Paulo.

ASTM. *Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements*. G 59 – 97, 1997.

ASTM. *Standard practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*. G 102 – 89, 1989.

HARUYAMA, S. & TSURU, T. (1981) *A Corrosion Monitor Based on Impedance Method*. In: STP 727: Progress in Electro-chemical Corrosion Testing. Pittsburg, ASTM, pp. 167-186.

MANSFELD, F. (1993) Models for the impedance behavior of protective coatings and cases of localized corrosion. *Electrochimica Acta*, v. 38, n. 14, p. 1891 -1897.

ASTM - STP1188 - *Electrochemical impedance - Analysis and interpretation*, 1993.

Revestimento Epóxi Novolac de Alto Desempenho à Corrosão para Aplicação em Superfícies Ferrosas Preparadas por Meio de Ferramentas Mecânicas, nos Serviços de Manutenção Industrial

Eder Dirceu Dela Justina^a; Thiago Elias Bastos^b

^aBacharel em Química - PAUMAR

^bEngenheiro de Materiais - PAUMAR

Resumo: É sabido que o preparo de superfície é um fator muito relevante para o sucesso efetivo no processo de manutenção industrial. Na grande maioria dos casos, o único tratamento de superfície possível de se realizar na manutenção é o preparo de superfície realizado por meio de ferramentas mecânicas. Desta forma, é preciso verificar a eficiência do esquema de pintura, submetendo-o a ensaios de corrosão, exposição a produtos químicos, aderência, dentre outros. O presente trabalho teve por objetivo: a) verificar o desempenho químico e anticorrosivo de um revestimento mastic convencional comparativamente a um epóxi novolac; b) verificar a adesão do revestimento sobre preparo de superfície realizado por meio de ferramentas mecânicas. Neste sentido, apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios realizados os quais permitiram avaliar a resistência química e anticorrosiva expondo o revestimento a produtos ácidos, alcalinos e solventes, além da exposição à névoa salina, sendo o preparo de superfície realizado por meio de ferramentas mecânicas ao padrão St3 (ISO 8501-1).

Palavras-chave: revestimento epóxi, epóxi novolac, preparo de superfície, resistência anticorrosiva, névoa salina, resistência química, aderência, tintas, tolerante a superfície.

Abstract: It is well known that surface treatment is a very relevant factor for effective success in an industrial maintenance process. In the vast majority of cases, the only surface treatment possible at the industrial maintenance is mechanical treatment. In this way, it is necessary to verify the efficiency of the coating system, subjecting them to corrosion tests, exposure to chemicals and pull-off adhesion. This paper is aimed to: a) verify the chemical and anticorrosive performance of a conventional epoxy mastic coating compared to a novolac epoxy; b) check the adhesion of the coatings on mechanical surface treatment.

We present the results of a study, in which chemical and anticorrosive resistance was evaluated by exposing the coating to chemical products such as acids, alkalis and solvents in addition to exposure to salt-spray test, water condensation, using as surface preparation the mechanical treatment standard St3 according standard ISO 8501-1.

Keywords: epoxy paint, novolac epoxy, surface treatment, corrosion resistance, salt-spray, chemical resistance, pull-off, coatings, surface tolerant.

1. Introdução

A corrosão é o maior consumidor de aço no mundo. Cerca de 20% da produção mundial de ferro e aço é perdida com a corrosão. Um estudo da empresa norte-americana CCTechnologies (www.corrosioncost.com) avaliou que entre 1% e 5% do PIB dos países é consumido pela corrosão. No Brasil, o número é de 4%, o equivalente a R\$ 236 bilhões em 2015, conforme, com base neste estudo, aferiu a entidade International Zinc Association (IZA), com apoio da USP-SP (1)

Há várias maneiras de proteger o aço da corrosão. Uma delas é através da pintura, que consiste na criação de uma película de tinta, conhecida como revestimento, que atua de maneira semelhante a uma barreira entre o agente corrosivo e o material. A película de tinta impede que os agentes corrosivos entrem em contato com o metal, evitando a corrosão e preservando-o por muito mais tempo (2).

A aplicação de revestimentos anticorrosivos na proteção de estruturas metálicas, tubulações, tanques de armazenamentos, máquinas e equipamentos é amplamente recomendada em função de sua viabilidade técnica e econômica. As indústrias de um modo geral buscam optar cada vez mais por produtos que prolonguem a proteção anticorrosiva, minimizando assim as manutenções (3).

Contudo, a tinta resulta em uma película semipermeável o qual não impede totalmente a ação dos agentes corrosivos. Há necessidade da manutenção industrial para prolongar a vida útil do aço em questão.

Em se tratando de manutenção industrial, há algumas opções de preparo de superfícies que são utilizados por apresentar viabilidade técnica além do fator econômico envolvido.

Este trabalho tem por objetivo avaliar as propriedades anticorrosivas de esquemas de pintura contendo tinta de fundo epóxi *mastic* convencional comparativamente com um esquema de pintura à base de epóxi novolac, cujos mecanismos de proteção estão baseados no de proteção por barreira, ambos aplicados sobre superfícies de aço carbono preparadas por meio

de ferramentas mecânicas, padrão St3 de acordo com ISO 8501-1 (4). Para tal, foram realizados ensaios acelerados de corrosão em laboratório, a saber: exposição contínua em câmara de névoa salina, 100% umidade saturada, imersão em produtos químicos e aderência a tração.

2. Metodologia

Dois esquemas de pintura comumente utilizados para aplicação em manutenção industrial foram estabelecidos para este estudo, onde o preparo de superfície escolhido foi a limpeza mecânica manual St3 conforme norma ISO 8501-1 (4).

Para a verificação do comportamento anticorrosivo, químico e de adesão sobre este tipo de preparo de superfície, os revestimentos foram submetidos à névoa salina, 100% de umidade, exposição a produtos químicos e aderência à tração.

2.1 Esquemas de pintura

Os esquemas de pintura definidos para este estudo baseiam-se em:

- a) tinta epóxi *mastic* convencional
2 demãos de 125 micrometros seco de epóxi *mastic* alumínio
- b) tinta epóxi novolac
2 demãos de 125 micrometros seco de epóxi novolac alumínio

2.2 Condições de aplicação e de exposição

Os esquemas de pintura foram aplicados sobre painéis de aço carbono AISI-1020, com grau de intemperismo C, de acordo com a norma ISO 8501-1 (4). A preparação de superfície foi feita por meio de ferramentas mecânicas ao grau CSt3 da norma ISO 8501-1 (4). Para o ensaio de aderência a tração também foi utilizado jateamento abrasivo padrão Sa 2½ da norma ISO 8501-1 (4).

O método de aplicação das tintas utilizado para este trabalho foi pulverização através de pistola convencional.

O tempo de cura total dos esquemas para a realização dos ensaios foi de 10 dias. Durante este período os corpos-de-prova ficaram dispostos

em uma sala com temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $55\% \pm 5\%$ de umidade relativa do ar. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

2.3 Ensaios

2.3.1 Aderência à tração

O ensaio de aderência pelo método de resistência à tração foi executado de acordo com a norma ISO 4624 (5). O aparelho utilizado foi o Positest AT-A Automatic, do fornecedor Defelsko, empregando pinos de 20 mm de diâmetro. Para a colagem dos pinos foi utilizado o adesivo Epoxy Adhesive DP-460 Off-White da 3M Scotch-Weld.

Além do valor de ruptura, foi avaliada também a natureza da falha. Segue na Figura 1 uma forma esquemática dos possíveis locais onde a falha de aderência pode ocorrer.

2.3.2 Névoa salina

A norma utilizada para o ensaio de névoa salina neutra foi a ISO 9227 (6) e foi adotado, conforme recomendações contidas na ISO 12944-6 (7), entalhe de 1,0 mm de largura nos painéis.

A duração do ensaio foi de 2300 h.

A migração da corrosão foi efetuada de acordo com a norma ISO 20340 (8) e é dada em milímetros. A avaliação do aspecto da película após a exposição à névoa salina foi conduzida conforme a norma ISO 4628 (9), onde examinou-se a presença de defeitos na película, como formação de bolhas, craqueamento, enferrujamento, destacamento da película.

Aguardou-se 24 h após o término dos ensaios para realizar as análises acima citadas.

2.3.3 100% umidade saturada

A norma utilizada para o ensaio de 100% de umidade saturada foi a ISO 6270 (10) e a avaliação do aspecto da película após a exposição foi conduzida conforme a norma ISO 4628 (9), onde examinou-se a presença de defeitos na película, como formação de bolhas, craqueamento, enferrujamento, destacamento da película.

A duração do ensaio de imersão foi de acordo com a duração da integridade da película de tinta.

2.3.4 Ensaio de imersão em produtos químicos

Com o intuito de avaliar a resistência química, os revestimentos foram expostos nos produtos químicos abaixo listados:

- Hidróxido de sódio à 30 %
- Ácido sulfúrico à 40 %
- Xileno
- Água destilada à 40 °C
- Água salgada 3,5 % à 40 °C

A norma empregada foi a ISO 2812-2 (11) para imersão é água deionizada e a norma ISO 2812-1 (12) para os demais materiais.

Assim como em 100 % de umidade saturada, a duração do ensaio foi de acordo com a duração da integridade da película de tinta.

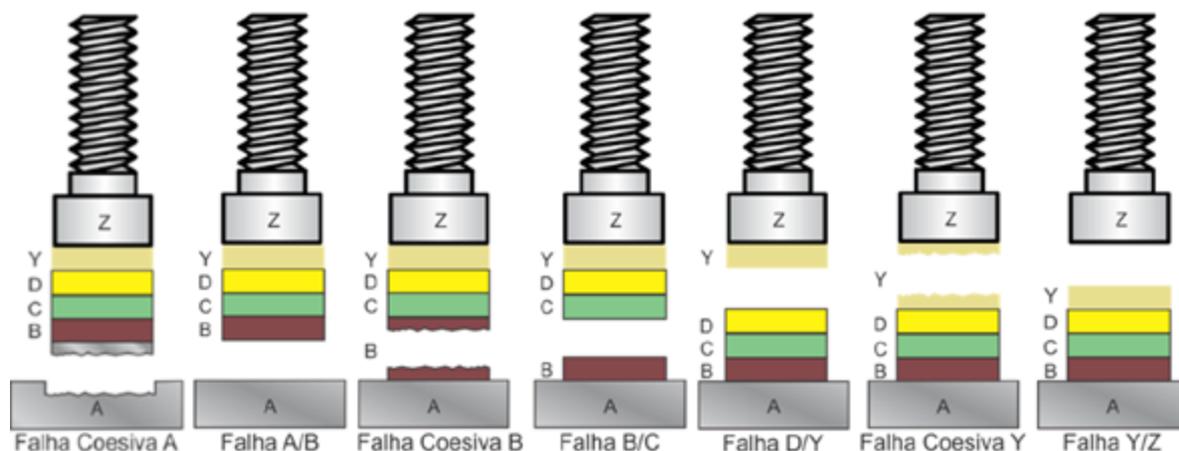


Figura 1 - Desenho esquemático dos tipos de "falha de aderência"

Após o tempo de exposição, avaliou-se a presença de defeitos na película, tais como empolamento, craqueamento, enferrujamento e deslocamento, conforme norma ISO 4628 (9).

3. Resultados e discussão

Na sequência são apresentados os resultados relativos ao ensaio de adesão, envelhecimento e resistência química.

3.1 Aderência à tração

A Tabela 1 informa os resultados de aderência à tração. O resultado pode também ser visualizado na Figura 2.

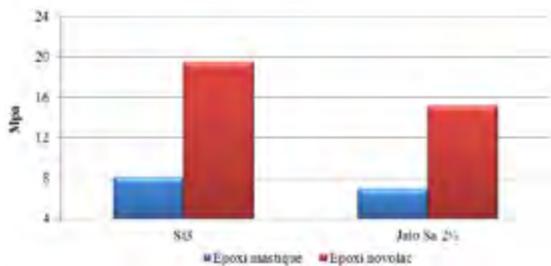


Figura 2 – Resultados do ensaio de aderência à tração

Abaixo se encontram as Figuras 3 e 4 correspondente ao ensaio de aderência a tração, sobre preparo de superfície por meio de ferramentas mecânicas padrão St3 e jateamento abrasivo padrão Sa 2½.

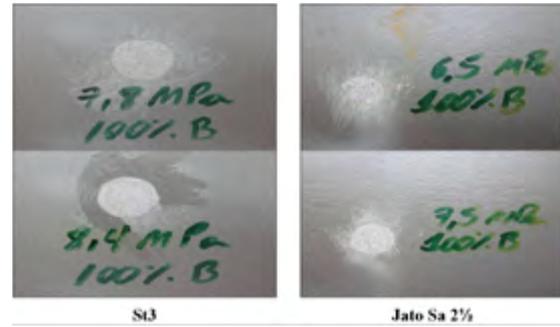


Figura 3 – Aderência à tração epóxi mastic

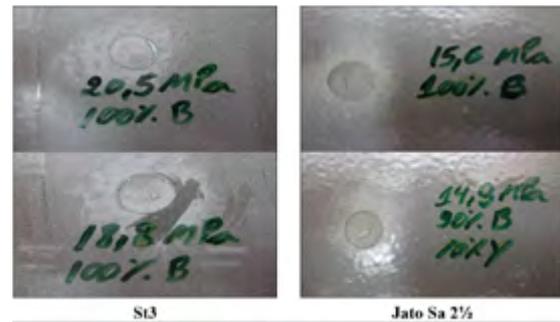


Figura 4 – Aderência à tração epóxi novolac

3.2 Névoa salina

Os resultados do avanço da corrosão sob o revestimento são apresentados na Tabela 2, representados na Figura 5 e pode ser observada na Figura 6.

Tinta	Preparo	Aderência (Mpa)	Média (Mpa)	Tipo de falha
Epoxi mastic	St3	7,8	8,1	100 % falha tipo B
		8,4		100 % falha tipo B
		8,1		100 % falha tipo B
	Jato Sa 2½	6,5	7,0	100 % falha tipo B
		7,5		100 % falha tipo B
		6,9		100 % falha tipo B
Epoxi novolac	St3	20,5	19,5	100 % falha tipo B
		18,8		100 % falha tipo B
		19,3		100 % falha tipo B
	Jato Sa 2½	15,6	15,2	100 % falha tipo B
		14,9		90 % falha tipo B e 10% falha tipo -/Y
		15,2		100 % falha tipo B

Tabela 1 – Aderência à tração após exposição

Tinta	Duração	Medidas da migração da corrosão (mm)			Média (mm)
Epoxi mastic	2300 h	16,4	18,3	18,1	17,6
Epoxi novolac		12,0	12,8	11,7	12,1

Tabela 2 - Resultados de migração de corrosão em névoa salina

Avaliação	Epoxi mastic	Epoxi novolac
Empolamento (ISO 4628-2)	0(S0)	0(S0)
Enferrujamento (ISO 4628-3)	Ri0	Ri0
Craqueamento (ISO 4628-4)	0(S0)	0(S0)
Destacamento (ISO 4628-5)	0(S0)	0(S0)
Delaminação (ISO 4628-6)	Total	15,0mm

Tabela 3 - Resultados de alteração do filme de tinta após névoa salina

A migração da corrosão sob a película do epóxi mastic foi maior comparado aos resultados alcançados com o epóxi novolac. Presume-se que este resultado é devido ao epóxi novolac possuir maior reticulação do filme, apresentando uma adesão mais eficiente ao substrato, assim como uma resistência anticorrosiva superior.

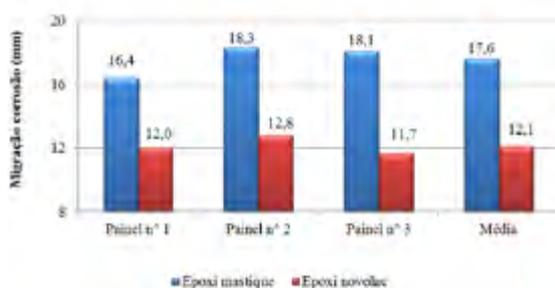


Figura 5 - Resultados da migração da corrosão

A alteração na película está informada na Tabela 3. A delaminação do epóxi mastic foi total, enquanto que para o epóxi novolac a área delaminada foi ao redor do entalhe.

Em relação ao epóxi mastic, a película não apresentou enferrujamento, porém após a delaminação, evidenciou-se corrosão por toda a superfície. O mesmo ocorreu com o epóxi novolac, ao redor do corte, em menor grau.

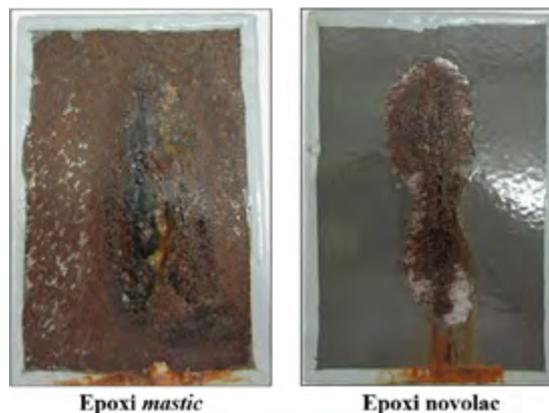


Figura 6 - Migração da corrosão em névoa salina

3.3 100% umidade saturada

Os resultados da exposição a 100 % umidade saturada estão apresentados na Tabela 4.

Avaliação	Epoxi mastic	Epoxi novolac
Duração	1800 h	14000 h
Empolamento (ISO 4628-2)	5(S4)	0(S0)
Enferrujamento (ISO 4628-3)	Ri0	Ri0
Craqueamento (ISO 4628-4)	4(S4)c	0(S0)
Destacamento (ISO 4628-5)	5(S5)b	0(S0)

Tabela 4 - Resultados de alteração do filme de tinta após 100% umidade saturada

A película de epóxi mastic apresentou empolamento e craqueamento e, conseqüentemente, ocorreu destacamento da tinta do substrato, conforme pode ser visualizado na Figura 7.

3.4 Imersão em produtos químicos

Os resultados da exposição dos revestimentos à produtos químicos estão apresentados na Tabela 5 para o epóxi mastic e para o epóxi novolac na Tabela 6.

Houve craqueamento e destacamento do epóxi mastic em água deionizada e hidróxido de sódio

30 %. Em ácido sulfúrico a 40 %, a película formou empolamento e destacamento. Em água salgada exibiu empolamento.

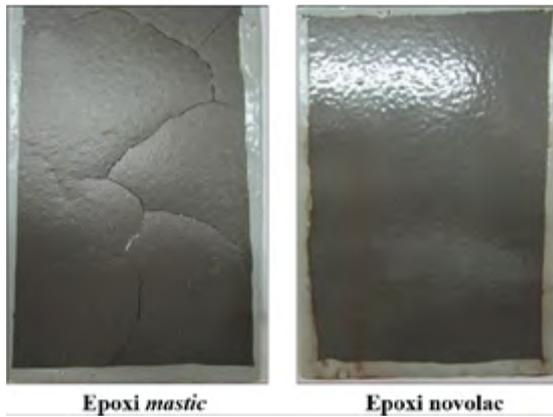


Figura 7 - 100 % de umidade saturada

As Figuras 8 e 9 demonstram a película de tinta epóxi mastic após a exposição aos produtos químicos.

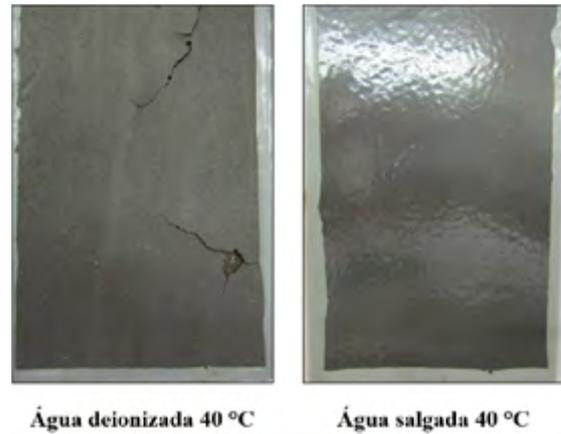
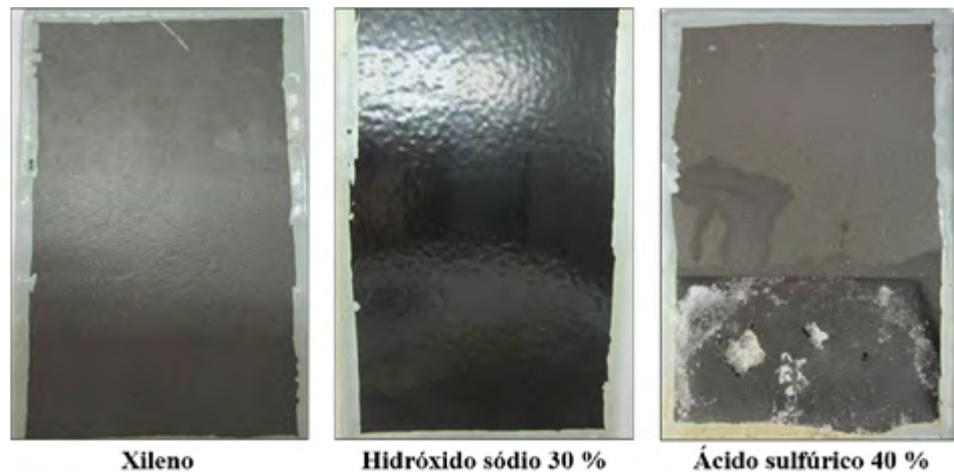


Figura 8 - Epóxi mastic em imersão

Figura 9 - Epoxi mastic em imersão



Avaliação	Água deionizada à 40 °C	Água salgada à 40 °C	Xileno	Hidróxido sódio 30 %	Ácido sulfúrico 40 %
Duração	1800 h	2900 h	20000 h	1000 h	168 h
Empolamento (ISO 4628-2)	0(S0)	4(S3)	0(S0)	0(S0)	5(S5)
Enferrujamento (ISO 4628-3)	Ri0	Ri0	Ri0	Ri0	Ri0
Craqueamento (ISO 4628-4)	3(S4)c	0(S0)	0(S0)	3(S4)c	0(S0)
Destacamento (ISO 4628-5)	5(S5)b	0(S0)	0(S0)	5(S5)b	5(S5)b

Tabela 5 - Resultados de alteração do filme da tinta Epoxi mastic após imersão em produtos químicos

Avaliação	Água deionizada a 40 °C	Água salgada a 40 °C	Xileno	Hidróxido sódio 30 %	Ácido sulfúrico 40 %
Duração	16000 h	16000 h	20000 h	11000 h	5400 h
Empolamento (ISO 4628-2)	0(S0)	0(S0)	0(S0)	0(S0)	0(S0)
Enferrujamento (ISO 4628-3)	Ri0	Ri0	Ri0	Ri0	Ri0
Craqueamento (ISO 4628-4)	0(S0)	0(S0)	0(S0)	0(S0)	0(S0)
Destacamento (ISO 4628-5)	0(S0)	0(S0)	0(S0)	0(S0)	0(S0)

Tabela 6 - Resultados de alteração do filme da tinta Epoxi novolac após imersão em produtos químicos

Não houve alteração da película do revestimento epóxi novolac nos ensaios de imersão em produtos químicos, conforme pode ser visualizado nas Figuras 10 e 11.

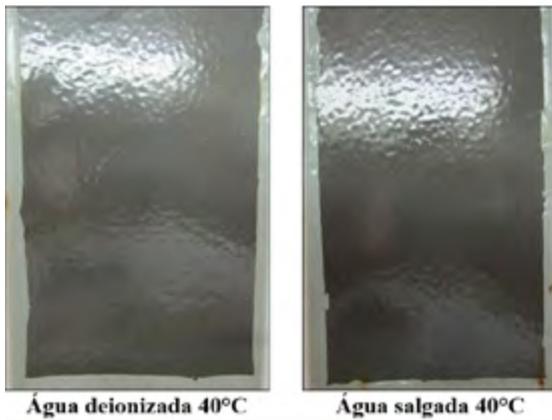


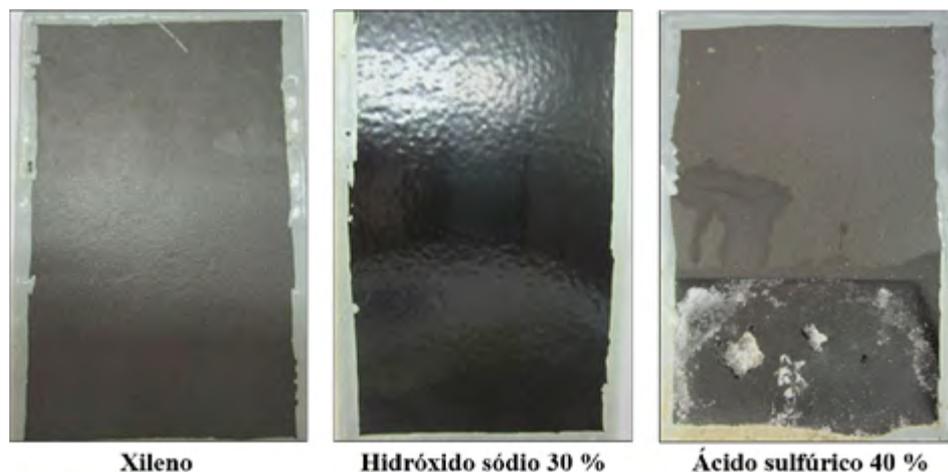
Figura 10 - Epoxi novolac em imersão

5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, a partir da exposição de dois revestimentos epóxi distintos em superfícies de aço preparadas por meio de ferramentas mecânicas ao grau St3, é possível concluir que:

- O epóxi novolac possui maior valor de tensão de ruptura no ensaio de aderência à tração, sobre jateamento abrasivo padrão Sa 2½ e até mesmo sobre preparo de superfície realizado por meio de ferramentas mecânicas ao padrão St3. Este resultado está atrelado ao fato deste revestimento possuir maior reticulação do filme, maior umectação do substrato, resultando em uma aderência química mais efetiva.

Figura 11 - Epoxi novolac em imersão



- b) No que diz respeito à resistência anticorrosiva em névoa salina e 100 % de umidade saturada, o epóxi *mastic* apresentou desempenho inferior ao epóxi novolac. Acredita-se que a adesão mais efetiva do epóxi novolac, atrelado ao filme mais reticulado, não permite a infiltração dos eletrólitos através da película de tinta, resultando em um desempenho anticorrosivo superior.
- c) Assim como em névoa salina, o epoxi *mastic* também apresentou falhas na película quando imerso em produtos químicos. O revestimento falhou em menos tempo de exposição, apresentando defeitos como empolamento, craqueamento e destacamento. Devido ao fato da película do epoxi *mastic* ter craqueado e conseqüentemente ter se destacado do substrato, acredita-se que a película não apresentou adesão apropriada ao substrato preparado mecânicamente ao padrão St3. Em relação ao epoxi novolac, o mesmo não apresentou defeitos na película quando exposto aos produtos químicos.

6. Referências bibliográficas

- (1) Brasil perde 4% do PIB com corrosão, http://www.revista-fatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=334281. Acesso em: 16 de jan. 2018
- (2) GENTIL, VICENTE. **Corrosão**, 6ª ed., Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2012, p. 258 - 259, 275
- (3) NUNES, LAERCE DE PAULA & ALFREDO C.O. LOBO. **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva**, 4ª ed., Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2012, p. 71, 100 - 101.
- (4) ISO 8501 - Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings (2007).
- (5) ISO 4624 - Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion (2003).
- (6) ISO 9227 - Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests (2017).
- (7) ISO 12944 - Paints and varnishes - Corrosion and protection of steel structures by protective paint systems. Part 6: Laboratory performance test methods (1998).
- (8) ISO 20340 - Paints and varnishes - Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures (2009)
- (9) ISO 4628 - "Paints and Varnishes - Evaluation of Degradation of Coatings - Designation of Quantity and Size of Defects, and of Intensity of Uniform Changes in Appearance, 2007.
- (10) ISO 6270 - Paints and varnishes - Determination of resistance to humidity (2005).
- (11) ISO 2812 - Determination of resistance to liquids - Part 2: Water immersion method, 2007
- (12) ISO 2812 - Determination of resistance to liquids - Part 1: Immersion in liquids other than water, 2007

ABRACO promove cursos online durante a pandemia da COVID-19

A ABRACO buscando sempre a qualidade e reconhecimento das atividades que promove, principalmente em seus treinamentos, propôs neste momento de pandemia da COVID-19, uma alternativa, aos profissionais interessados no Curso de Inspetor de Pintura Industrial.

Atualmente, este curso pode ser realizado no formato online, com aulas no período noturno e conta com a participação de instrutores altamente capacitados e com vasta experiência e reconhecimento no mercado, transformando a tradicional sala de aula, em um espaço aberto para os alunos aprenderem, atualizarem conhecimentos, tirarem suas dúvidas e principalmente promover o “networking”.

Aproveitamos este momento para agradecer todo o corpo docente da ABRACO que nos auxilia a

cumprir a nossa missão, com excelência e diferencial competitivo no mercado, garantindo a qualidade do ensino que é ofertado aos profissionais.

A agenda dos cursos online programados está disponível em nosso site para consulta (www.abraco.org.br/cursos). Havendo dúvidas, envie um e-mail para cursos@abraco.org.br

Sabemos das mudanças e aflições que nos atingem nesse momento de crise, mas, apesar disso, toda crise é um momento de ressurgimento, redescoberta e de aproveitarmos novas oportunidades que surgem.

Seguimos adiante!

Caroline Xavier

Coordenadora de Marketing e Cursos da ABRACO

ABNT/CB-043

Comitê Brasileiro de Corrosão continua suas atividades durante a pandemia de forma online

Os Comitês Brasileiros são órgãos criados por instituições e aprovados pela ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, mediante alguns requisitos, com a finalidade de administrar as atividades de normalização dentro do escopo de atuação pré-estabelecido. O Comitê Brasileiro de Corrosão - ABNT / CB-43 foi proposto pela ABRACO, onde funciona sua Secretaria e aprovado pela ABNT em 2000.

Diante do momento atual, as Comissões de Estudos do CB-43 continuam trabalhando de forma online,

nos projetos de revisão e elaboração de normas, com o apoio técnico, financeiro e administrativo da ABRACO. As comissões de estudo ativas são:

- CE - Pintura Industrial,
- CE - Corrosão Atmosférica
- CE - Proteção Catódica.

Com a facilidade proporcionada pela tecnologia, hoje, contamos com a participação e representatividade de especialistas de diversos estados do Brasil, possibilitando ainda, um aumento na periodicidade e agendamento destas reuniões no formato online.

Para mais informações, entre em contato:
Superintendente: Pedro Paulo Barbosa Leite
Chefe de Secretaria: Ursula Faria
E-mail: cb43@abraco.org.br

Francisco de Assis de Andrade

Iniciei o Curso de Inspetor de Pintura Industrial N1 pela ABRACO em 1997 nas instalações do INT-RJ, ministrado pelos professores e mestres Fernando Fragata, Matsumoto, Pedro Leite e os finados Eduardo de Andrade e o mestre em Corrosão Vicente Gentil. Qualifiquei-me pelo sistema SEQUI/PETROBRAS/ABRACO no ano seguinte, 1998.

No período de 1998 a 2003 participei como Inspetor de Pintura N1 nos empreendimentos C&M do GASBOL-I Trecho X - Estação de Compressão de Araucária - PR, RLAM-BA (U-39 UFCC, U-36, U-46 TQs/Esferas GLP, U-52), Terminal de Cabiúnas/Macaé-RJ (U-206, U-207 e U-208), Gasoduto/MSGAS-Corumbá-MS e UO-BC (P-33, PGP-1).

Em 2003 iniciei o Curso de Inspetor de Pintura Industrial N2 pela ABRACO na sede RJ, me qualificando em 2004 Inspetor de Pintura N2 pelo sistema SEQUI/ PETROBRAS/ ABRACO. No período de 2004 a 2020, atuei nos empreendimentos C&M da P-54 - IERO no Estaleiro Mauá Jurong - RJ, Gasoduto IENOR - Urucu x Coari Trecho A - Amazônia - AM, Ampliação e Modernização da REVAP-SP (U-234, U-235, U-238, U-266-HDNL, U-276-Coque, U-311-Pipe-Rack), C&M no COMPERJ (U-2400-HCC, U-6310 e U-6312 TQs), UO-BC (PCH-1, PCH-2, PNA-1, PNA-2, PPM-1, P-9, P12, P-18, P-19, P-20, P-25, P-26, Flotel UMSJ, UMCP, UMCF) e UO-RIO (PRA-1).

Ao longo desse período foi possível acompanhar a aplicação de pintura industrial em equipamentos, estruturas metálicas, tubulação interna/externa, galvanização, revestimento de dutos enterrados com fita de polietileno, Pintura de piso antiderrapante com epóxi monolítico, Pintura para superfície aquecidas e com condensação permanente, Pintura interna de adutoras e Revestimento interno de tubulações de aço com argamassa, Revestimento Chesterton ARC 855 HT em interno de equipamento Super Duplex, Pintura interna/externa

de Tanques e Esferas para Armazenamento de GLP, Pintura com tintas de Alto Desempenho, Isolamento Térmico, Proteção Catódica de base de tanques atmosféricos, Fiber-Glass interno de equipamento, Metalização com alumínio (TSA), Fire Proofing (proteção passiva com epóxi intumescente), hidrojateamento 40.000psi e jateamento Sponge Jet, Revestimentos Especiais para Off Shore (elastômero a frio, sistema multicamadas de petrolato, fita viscoelástica VCI) e Elaboração e participação de anexos contratuais, EAP, Kick Off Meeting, Gestão da Garantia, Procedimentos, Projeto e Planejamento de Obra.

Neste ano completo 22 anos qualificados como Inspetor de Pintura Industrial, com muito orgulho da minha profissão. Agradeço ao corpo técnico todo conhecimento adquirido através da ABRACO na minha formação profissional. Ao longo desse período pude apreender muito com todos os colegas de profissão que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada e a cada dia continuo absorvendo conhecimento.

Hoje atuo como Supervisor de Controle de Qualidade na Empresa ESTRUTURAL base Macaé-RJ, na área das pinturas convencionais, alto desempenho, revestimentos especiais para Off Shore e proteção contra fogo (epóxi intumescente), nos contratos com a PETROBRAS UO-BC/TQs (P-18, P-31, P-32, P-33, P-35, P-37 e P-47) e UO-ES (P-52, P-54, P55, P-62).

Francisco de Assis de Andrade

Inspetor de Pintura N2 - SNQC-CP n° 042
45 anos, natural de Arraial do Cabo-RJ
faandrade1@hotmail.com



Uma nova ABRACO está surgindo

A pandemia do novo coronavírus trouxe mudanças significativas para profissionais e gestores, antecipando tendências que já vinham sendo gradativamente incorporadas no mundo corporativo, como o trabalho remoto (home office) e o processo seletivo online. Nesse contexto de transformações e desafios, a ABRACO anuncia uma série de melhorias em seus processos, a fim de deixá-los mais modernos, transparentes e preparados para o futuro.

As novidades tornam o processo de certificação nacional de inspetores de pintura industrial mais competitivo. Agora, o treinamento teórico será online, permitindo que o aluno estude à noite, quando tem maior disponibilidade, e possibilitando a participação de profissionais de todo o Brasil. Já a parte prática será realizada de modo presencial, em dois dias.

Além disso, nas etapas de qualificação e certificação, não será mais necessário apresentar cópia autenticada de documentos, e toda a documentação poderá ser enviada por e-mail. Por fim, o aluno poderá fazer os exames de qualificação imediatamente após a parte prática do curso.

Com essas melhorias, todo o processo de certificação de inspetores de pintura industrial foi reduzido de 100 para 30 dias, o que garante mais agilidade na formação de novos profissionais e redução de custos, tanto para o trabalhador quanto para a empresa que investe em sua capacitação.

Os gestores também podem optar pelo treinamento *in company* de pintores industriais oferecido pela ABRACO. O conteúdo programático e a carga horária são adaptados às necessidades da empresa, que, ao final do processo, recebe da Associação um certificado de treinamento.

Um dos motivos para a organização investir em seus colaboradores é a melhoria da produtividade. Quando treinados de maneira correta, os profissionais adquirem ou aperfeiçoam habilidades que são fundamentais para seu trabalho na empresa. Com isso, eles se tornam mais qualificados e geram melhores resultados para a instituição.

Bom para todos

O profissional e o próprio mercado também têm muito a ganhar com uma capacitação *in company*.

Confira, a seguir, alguns dos vários benefícios para ambos.

Para o profissional

- Aprimora-se e ganha um diferencial no mercado de trabalho;
- Recebe certificado da ABRACO com reconhecimento do mercado;
- Tem seu nome incluído na lista de profissionais qualificados disponível para consulta pelas empresas no site da Associação.

Para o mercado:

- Foco na atividade de interesse da empresa;
- Minimização de perdas e retrabalho na atividade do profissional qualificado;
- Redução de custos com deslocamento de pessoal e de tempo para a formação do colaborador;
- Otimização de horário para a realização do treinamento.

21st  ICC Congress

INTERCORR
 **2020**
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

Adiamento do ICC INTERCORR WCO

A comissão organizadora do ICC INTERCORR WCO tem monitorado o controle da Covid-19, com o enorme desafio de enfrentar essa pandemia que mobiliza a todos nós em escala mundial. Entendemos que o momento ainda exige cuidados rigorosos e, diante desse cenário repleto de incertezas, a comissão do evento decide adiar o ICC INTERCORR WCO para os dias 20 a 23 de julho de 2021, no mesmo local: CDI - Centro de Difusão Internacional - USP.

Aproveitamos para reiterar nosso compromisso com todos os participantes: patrocinadores, expositores, congressistas e visitantes em geral. Nosso desejo é realizar um evento de excelência, incluindo a segurança e o bem-estar de todos.

Caso necessite de esclarecimentos adicionais, fique à vontade para entrar em contato conosco: coordenacao.eventos@abraco.org.br

Atenção aos prazos do novo cronograma

Envie seu resumo ou trabalho completo.

Até 16/11/2020

Recebimento de resumo ou resumo estendido.

Até 04/01/2021

Notificação de aceite dos resumos.

Até 08/02/2021

Recebimento do resumo estendido ou trabalho completo (os que tiveram seus resumos estendidos aprovados, não há necessidade de envio de novo documento.)

Até 15/03/2021

Notificação de aceite do trabalho completo.

* Resumos estendidos até 03 páginas. Trabalhos completos até 15 páginas.

Benefícios para patrocinadores

Reconhecidamente, o ICC INTERCORR WCO 2021 é referência para o desenvolvimento do setor industrial, sendo um excelente foro para apresentação de novas tecnologias, difusão de conhecimentos, prospecção de marcas, oportunidade de negócios e ampliação de relacionamentos. Tendo por objetivo incentivar o intercâmbio de informações entre pesquisadores, técnicos, profissionais e empresas de abrangências nacional e global, o

evento contará com uma programação repleta de temas de vanguarda e contará com a participação de especialistas renomados de diversos países.

O evento é uma grande oportunidade para as empresas que queiram patrociná-lo.

São quatro categorias de patrocínio principal: Platina, Ouro, Prata e Bronze. Conheça os valores e respectivos benefícios na tabela abaixo:

COTAS DE PATROCÍNIO	PLATINA	OURO	PRATA	BRONZE
	R\$ 100.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 15.000,00
Espaço para estandes (área livre)	18 m ²	12 m ²	9 m ²	6 m ²
Inscrição para participação do evento	6	4	2	1
Cessão do mailing list dos participantes, após o evento				
Acesso ao mailing list dos participantes no pré-evento				
Menção do patrocinador nas cerimônias de abertura e encerramento do evento				
Aplicação da logomarca do patrocinador no material promocional impresso e digital				
Inclusão da logomarca do patrocinador no website do evento, com link para o site da empresa				
Inclusão da logomarca do patrocinador no website da ABRACO, com link para o site da empresa				
Veiculação de banner, notícia ou anúncio digital do patrocinador no website e redes sociais da ABRACO (Facebook, LinkedIn, Instagram e YouTube)				
Veiculação da logomarca do patrocinador na tela dos auditórios				
Aplicação da logomarca do patrocinador na sinalização dos auditórios e da exposição				
Inserção de material promocional nas pastas a serem distribuídas aos participantes (material fornecido pelo patrocinador)				
Uma palestra técnico-comercial, com até 30 min de duração, durante o intervalo da programação técnica				
Apresentação de vídeo institucional do patrocinador na abertura do evento				
Publicação de anúncio de uma página no Programa Final do evento, com arte fornecida pelo patrocinador				
Publicação de anúncio de ½ página no Programa Final do evento, com arte fornecida pelo patrocinador				
Publicação de um anúncio de ¼ página no Programa Final do evento, com arte fornecida pelo patrocinador				
Anúncio de uma página na Revista Corrosão & Proteção, na edição do período do evento, com arte fornecida pelo patrocinador				
Anúncio de ½ página na Revista Corrosão & Proteção, na edição do período do evento, com arte fornecida pela empresa patrocinadora				
Desconto de 20 % em anúncio na Revista Corrosão & Proteção, com arte fornecida pela empresa patrocinadora				

ISSN ANAIS INTERCORR

É com imensa satisfação que a Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO, informa a toda comunidade técnico-científica que os anais do INTERCORR - International Corrosion Meeting, organizado bienalmente pela ABRACO agora possui um número de **ISSN 2675-2301**.

O que é um ISSN?

É um número padrão composto de oito dígitos, incluindo um dígito verificador e precedido pelo prefixo ISSN, atribuído a uma publicação seriada pela Rede ISSN. O ISSN (International Standard Serial Number) é um número de identificação única, internacionalmente reconhecido para publicações seriadas que, uma vez atribuído, torna-se um atributo individual do título pelo tempo que for editado, sob um determinado título.

Quem atribui o ISSN?

No Brasil, o ISSN é atribuído pelo Centro Brasileiro do ISSN (CBISSN) sob a responsabilidade do Instituto Brasileiro de Ciência e Tecnologia - IBICT.

Quais as vantagens de se ter um ISSN?

Como o sistema do ISSN é internacional e cada ISSN é único, um ISSN pode identificar uma publicação seriada independentemente de seu idioma ou país de origem fazendo a distinção entre publicações seriadas com o mesmo nome ou títulos semelhantes e proporciona um método eficiente e econômico de comunicação entre editores, fornecedores e compradores de publicações seriadas. Proporciona, também, um ponto de acesso útil aos catálogos de editores, diretórios comerciais, inventários automatizados, bibliografias, etc.

Como consultar?

O ISSN poderá ser consultado diretamente no portal internacional do ISSN <https://portal.issn.org/>

Os anais de todas as edições do INTERCORR estão disponíveis para consulta através do portal: <https://intercorr.com.br/>

Participe da próxima edição do INTERCORR

Após o relato desta novidade, convidamos a toda comunidade técnico-científica para participar da próxima edição do INTERCORR que irá ocorrer nos dias 20 a 23 de julho de 2021.

Esta é uma oportunidade singular de participar do maior e mais importante evento de corrosão realizado no Brasil, promovendo o intercâmbio de informações, o compartilhamento de estudos e avanços tecnológicos da corrosão, sendo este evento uma referência para o desenvolvimento do setor industrial e um foro para apresentação de novas tecnologias, divulgações de marcas, oportunidades de negócios e ampliação de relacionamentos e conhecimento.

Contamos com sua presença para garantir o sucesso do ICC INTERCORR WCO em 2021.

Para mais informações, consulte o site do evento: <http://abraco.org.br/icc-congress2021/>

Prevenção e Controle da Corrosão

Paralelamente ao evento, será realizada a 38ª Exposição de Tecnologias para Prevenção e Controle da Corrosão, proporcionando às empresas participantes um excelente espaço para divulgação de suas marcas, produtos e serviços além de networking com toda a comunidade de corrosão que estará presente no evento. Valor do estande de exposição:

- para empresas associadas ICC/ABRACO: R\$ 700,00 por m²
- para empresas não associadas ICC/ABRACO: R\$ 800,00 por m²

Temos disponíveis apenas estandes de 9m². Para escolha do estande, mais informações e opções montagem/desmontagem, consulte o departamento responsável (jessicaalves@ipt.br).



Anuncie na Revista Corrosão & Proteção

Um veículo que leva seu anúncio ao alcance de quem realmente tem interesse na área.

INFORMAÇÕES:
marketing@abraco.org.br



REALIZAÇÃO



APOIO



PATROCINADOR OURO



PATROCINADOR PRATA



PATROCINADOR BRONZE



EXPOSITORES



APOIO INSTITUCIONAL



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

MISSÃO

Difundir e desenvolver o conhecimento da corrosão e da proteção anticorrosiva, congregando empresas, entidades e especialistas e contribuindo para que a sociedade possa garantir a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão.

ATIVIDADES

CURSOS: Ministra cursos em sua própria sede, que conta com modernas instalações. Também são realizados cursos em parceria com importantes instituições nacionais de áreas afins e cursos In Company, sempre com instrutores altamente qualificados.

EVENTOS: Organiza periodicamente diversos eventos como: congressos, seminários, palestras, workshops e fóruns, com o objetivo de promover o intercâmbio de conhecimento e informação, além de compartilhar os principais avanços tecnológicos do setor.

QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO: Mantém um programa de qualificação e certificação de profissionais da área de corrosão e técnicas anticorrosivas, por meio do seu Conselho de Certificação e do Bureau de Certificação.

BIBLIOTECA: Possui uma Biblioteca especializada nos temas corrosão, proteção anticorrosiva e assuntos correlatos. O acervo é composto por livros, periódicos, normas técnicas, trabalhos técnicos, anais de eventos e fotografias da ação corrosiva.

CB-43: Coordena o CB-43 – Comitê Brasileiro de Corrosão, que abrange a corrosão de metais e suas ligas no que concerne à terminologia, requisitos, avaliação, classificação, métodos de ensaio e generalidade. O trabalho é desenvolvido desde 2000, após aprovação da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

COMUNICAÇÃO: Utiliza canais de comunicação para informar ao mercado e à comunidade técnico-empresarial todas as novidades da área, conquistas da Associação, dos filiados e de parceiros, por meio de boletins eletrônicos, site, redes sociais e revista.

ASSOCIE-SE À ABRACO E APROVEITE SEUS BENEFÍCIOS:

Descontos em cursos e eventos técnicos

Descontos significativos nas aquisições de publicações na área de corrosão e proteção anticorrosiva

Descontos em anúncios na Revista Corrosão & Proteção

Recebimento de exemplares da Revista Corrosão & Proteção

Pesquisas bibliográficas gratuitas na Biblioteca da ABRACO

Inserção do perfil da empresa no site institucional da ABRACO

E MUITO MAIS! PARTICIPE DO DESENVOLVIMENTO DA ÁREA!



EMPRESAS ASSOCIADAS

A IDEAL SOLUÇÕES ANTICORROSIVAS EIRELI ME
www.aideal.com.br/site/

ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.
www.advancetintas.com.br

AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS
www.akzonobel.com/international

BBOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.
www.bbosch.com.br

BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.
www.blaspint.com.br

CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA
www.cepel.com.br

CIA. METROPOLITANO SÃO PAULO – METRÔ
www.metro.sp.gov.br

DE NORA DO BRASIL LTDA.
www.denora.com

DEEPWATER DO BRASIL ENGENHARIA LTDA.

EGD ENGENHARIA LTDA.
www.egdengenharia.com.br

ELÉTRON QUÍMICA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.eletronquimica.com.br

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA
www.firstfischer.com.br

FISCHER DO BRASIL
www.helmut-fischer.com.br

FOX TREINAMENTOS E SERVIÇOS ON & OFFSHORE
www.foxtreinamentos.com

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A
www.furnas.com.br

G P NÍQUEL DURO LTDA.
www.grupogp.net

GAIATEC COM. E SERV. AUT SISTEMAS DO BR LTDA.
www.giatecsistemas.com.br

HAPO PINTURAS LTDA – ME
www.grupohapopinturas.com.br

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.hita.com.br

ICM METAIS
<http://site.icm.ind.br/>

IEC INSTALAÇÕES E ENG^a DE CORROSÃO LTDA.
www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT
www.int.gov.br

ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS - ICN
www.icnavais.com

JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.
www.jotun.com

MARINE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE TINTAS LTDA.
www.marinetintas.com.br

MORKEN BRASIL COM. E SERV. DUTOS E INSTAL. LTDA.
www.morkenbrasil.com.br

PAUMAR S.A - INDÚSTRIA E COMÉRCIO (WEG TINTAS LTDA.)
www.weg.net

PETROBRAS S/A - PETRÓLEO BRASILEIRO / CENPES
www.petrobras.com.br

PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO
www.transpetro.com.br

PINTURAS YPIRANGA LTDA.
www.pinturasypiranga.com.br

PRESSERV DO BRASIL LTDA.
www.cortecpresserv.com.br

PRINER SERVIÇOS INDUSTRIAIS S.A.
www.priner.com.br

PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.
www.promarpintura.com.br

RENNER HERRMANN S/A
www.renner.com.br

REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.
bernardi@pinturasbernardi.com.br

SACOR SIDEROTÉCNICA S/A
www.sacor.com.br

SMARTCOAT ENGENHARIA EM REVESTIMENTOS LTDA.
www.smartcoat.com.br

TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA – BRASIL
www.tbg.com.br

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.
www.tsbrasil.srv.br

TECNOFINK LTDA.
tecnofink.com

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.
www.tinocoanticorrosao.com.br

W&S SAURA LTDA.
wsequipamentos.com.br

ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.
www.zerust.com.br

ZINCOLIGAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
www.zincoligas.com.br



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

Av. Venezuela, 27 • Sl. 412/418 • Centro • Rio de Janeiro • CEP 20081-311

(21) 2516-1962 • www.abraco.org.br

Facebook: facebook.com/abraco.oficial

LinkedIn: linkedin.com/in/abraco

Instagram: [@abraco_br](https://instagram.com/abraco_br)

Youtube: Associação Brasileira de Corrosão

SETORES

Associados: secretaria@abraco.org.br

Biblioteca: biblioteca@abraco.org.br

CB-43: cb43@abraco.org.br

Comunicação: marketing@abraco.org.br

Eventos: eventos@abraco.org.br

Financeiro: financeiro@abraco.org.br

Gerência Geral: gerenciageral@abraco.org.br

Presidência: presidencia@abraco.org

Qualificação e Certificação: qualificacao@abraco.org.br

Treinamentos: cursos@abraco.org.br