

PROJETO Nº 22/76

TÍTULO:- Rede de efeitos sobre materiais - Projeto, Implantação e Análises dos dados.

PRAZO DE EXECUÇÃO:- Março a Agosto de 1 976.

EXECUTADO PELA:- Divisão de Modelos e Interpretação de Dados.

São Paulo, 02 de Junho de 1 976.

ARQUIVO TECNICO

- CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

AV. PROF. FREDERICO WERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS

SÃO PAULO - BRASIL



Engº Eduardo A. Licco
Chefe de Divisão

85
L616r(RCET)
007753



12993
007753

2

85
L616r (RCET)
007753

7753

INDICE

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

- Sumário.

-

Parte A

- Introdução.
- Fatores de maior Influência na Corrosão Atmosférica.
- Princípios para Testes de Corrosão.
- Local do Teste.
- Montagem dos Corpos de Prova.
- Número, Dimensões e Preparação dos Corpos de Prova.
- Posicionamento da Amostra no "Rack".
- Tempo de Exposição.
- Proposição I - Local das Estações.
- Proposição II - Montagem dos Corpos de Prova.
- Proposição III - Número, Dimensões e Preparação dos Corpos de Prova.
- Proposição IV - Posicionamento das Amostras no Rack.
- Proposição V - Tempo de Exposição.
- Proposição VI - Método de Avaliação Estatística.
- Proposição VII - Cálculo da Taxa de Corrosão.

Parte B

- Avaliação da Descoloração de Tecidos sujeitos a Diferentes Atmosferas.
- Painéis para Tecidos Tingidos.

Parte C

- Medida da Deteriorização da Borracha Quando Exposta a Atmosferas Agressivas.

SUMÁRIO

Alguns anos atrás, a então SUSAM - Superintendência de Saneamento Ambiental desenvolveu um projeto para determinar os efeitos degradantes da poluição do ar em vários materiais.

Reestudando-se este projeto decidiu-se que a melhor forma de se reencarar o problema seria dividindo os vários tipos de materiais em grupos, estudando-se então os grupos mais ou menos independentemente.

Os grupos selecionados foram:

- metais
- textéis
- elastomeros
- tintas.

Nesta primeira fase de proposição de um projeto de estudos sobre o assunto, nós trataremos com a corrosão atmosférica em metais, mais precisamente em AÇO, com a descoloração de tecidos e com o craqueamento da borracha.

Em todos os nossos estudos o objetivo primário é o de explorar a relação entre o grau de dano ao material exposto e a correspondente qualidade do ar ambiente.

INTRODUÇÃO

A corrosão atmosférica é realmente um dos maiores senão o maior problema de corrosão. Telas para insetos, grades, portões, pregos, parafusos e outros objetos caseiros metálicos estão sempre sendo corroídos e necessitando de reposição. Pontes, trens, tanques de gás e outros equipamentos industriais expostos ao meio ambiente requerem por sua vez constantemente pintura e proteção contra a corrosão.

O custo devido à corrosão e à sua proteção é enorme. Estima-se que o custo devido à aplicação de tintas, vernizes e lacas aos metais para proteção, mais o custo do material de reposição girou em 1975, ao redor de 5 bilhões de dolares, nos EUA.

É evidente que existe um grande potencial preventivo no campo da corrosão atmosférica. Devido a isto, um considerável esforço tem sido despendido no estudo da corrosão atmosférica e na aplicação de testes de avaliação. Existe um grande volume da literatura publicada descrevendo testes de corrosão em vários países e em todo o mundo.

A despeito disto é sempre desejável desenvolver testes adicionais sobre o assunto. É o propósito deste projeto aplicar praticamente o que se tem aprendido sobre corrosão atmosférica, no desenvolvimento de uma sequência de análises e na interpretação dos testes de corrosão que se procederem.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

FATORES DE MAIOR INFLUÊNCIA
NA CORROSÃO ATMOSFÉRICA

Os testes de corrosão atmosférica podem perfazer duas importantes funções de engenharia:

- a) Determinar a corrosividade relativa de uma atmosfera para um certo número de materiais estruturais.
- b) Determinar a performance relativa destes materiais.

Estes testes e a corrosão atmosférica em geral, são influenciados por fatores atmosféricos naturais, mensuráveis, que incluem:

- unidade do meio
- temperatura
- velocidade e direção dos ventos
- "Dew point"
- frequência e quantidade das chuvas,

e por fatores artificiais controláveis tais como:

- Concentração de poluentes
- tipo do material exposto
- colocação do material
- dimensões
- posicionamento quanto ao sol
- posicionamento quanto ao solo
- tempo de exposição.

PRINCÍPIOS PARA TESTES DE CORROSÃO

Existe pouca diferença entre os princípios envolvidos nos testes de corrosão atmosférica e aqueles envolvendo outras formas de corrosão.

Os testes de corrosão podem ser desenvolvidos por várias razões. Se o objetivo é desenvolver teorias e mecanismos ou mesmo uma sistemática de informações quantitativas, então testes de laboratório, onde os fatores unitários podem ser controlados e estudados, são os mais indicados. Se o objetivo é controlar a "performance" e a qualidade de algum material ou produto, então testes acelerados ou testes padronizados serão mais interessantes.

Mais frequentemente, os testes de corrosão são dirigidos para a avaliação de materiais sob a influência de algum tipo de atmosfera ambiental específica e neste caso nem testes de laboratório, nem testes acelerados se aplicam. Sob este aspecto, os testes mais confiáveis que podem ser feitos são aqueles sob condições normais de serviço. Contudo, estes tipos de testes são altamente custosos e demorados além de somente algumas espécies de materiais poderem ser testados, e mesmo assim havendo possibilidade de interferências.

Estes aspectos levam os testes de campo a serem os mais difundidos e provavelmente os melhores meios de se obter informações. Porém, para se obter resultados realmente úteis é necessário muita atenção para alguns detalhes tais como: onde o teste é feito, como os espécimes são projetados e montados, quanto tempo às testes levaram e como os resultados serão avaliados.

LOCAL DO TESTE

No planejamento dos testes de corrosão atmosférica o primeiro problema é o de onde se conduzir tais testes pois existem vários tipos de atmosferas. O primeiro passo então seria a classificação destas atmosferas. Assim, teríamos atmosfera:

- industrial
- marinha
- rural
- urbana
- suburbana
- tropical, etc.

Como se pode prever, o potencial de corrosividade destes diferentes tipos de atmosferas varia enormemente.

No projeto desta rede de efeitos sobre materiais nós adotaremos locais cujas atmosferas os caracterizam como:

- residencial
- comercial
- industrial
- rural
- remota.

O fator caracterizante destes locais será o poluente atmosférico de maior concentração esperada. Assim, nós teríamos em uma área residencial fontes insignificantes de poluentes tais como: SO_x , HC, NO_x , mas talvez pontos com significativo índice de Material Particulado devido à desagregação de solos, construção civil, etc.

Neste caso então teremos um fator preponderante, associado com parâmetros climatológicos, que formam um sistema bem caracterizado quanto à corrosão dos corpos de prova.

Em zonas comerciais, devido ao grande número de automóveis nós poderíamos esperar concentrações significantes de NO_x , CO, HC. Assim estes parâmetros mais os climatológicos formariam um segundo sistema característico esperado de corrosão.

Zonas industriais contém concentrações significantes'

de todos os poluentes porém com predominância em SOx. Assim se caracteriza o terceiro sistema.

Zonas rurais não deveriam apresentar concentrações significantes de qualquer tipo de poluentes, somente níveis mínimos devidos à proximidade de núcleos habitacionais. Quarto sistema.

Zona remota - nível de poluição background. Quinto sistema.

MONTAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Após os locais de teste terem sido selecionados e escolhidos o próximo problema é de como montar os espécimes. Logicamente existe uma infinidade de maneiras de se fazer isto. A tendência maior é a de se utilizar o tipo de "RACK" sugerido pela ASTM.

Neste projeto utilizar-se-a um "RACK" baseado naquele sugerido pela ASTM porem com características um pouco diferentes e mais afeitas às nossas condições.

CETESB - CM. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

NÚMERO, DIMENSÕES E PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.

O tipo de teste a ser empregado determina a natureza do espécime, bem como a variedade de metais depende do propósito da investigação.

Os materiais disponíveis para muitas aplicações são numerosos mas a prática de outros pesquisadores e sobretudo considerações de ordem econômica estreitam o campo das possibilidades.

O número de duplicatas de cada espécime a ser usado depende, se eles serão retirados a intervalos de tempo pré-estabelecidos. Para inspeção visual por exemplo, duas amostras são suficientes. Contudo para testes de perda de peso, a acuridade desejada e os tipos de informações são os fatores preponderantes.

Quanto ao tamanho dos corpos de prova algumas considerações também devem ser tecidas. O corpo de prova não deve ser muito pequeno devido ao perigo de erro que existe devido à não uniformidade e à intensidade dos efeitos de bordas. Espécimes muito grandes além de requererem um espaço enorme tornam o teste proibitivo devido à custos, manuseio, pesagem e análises químicas.

No sentido de que o efeito da composição do metal na corrosão, não seja mascarado por outras variáveis, e para que se tenha resultados iniciais comparáveis é desejável que se utilize superfícies limpas. Estas podem ser limpas quimicamente ou mecanicamente.

Meios adequados de identificação dos espécimes também deverão ser usados.

POSICIONAMENTO DA AMOSTRA NO RACK

O Comitê A-5 da ASTM iniciou em 1926 um teste (que continua até hoje) no qual os espécimes eram colocados "back to back" em "RACKS" inclinados de 30° com a horizontal dirigidos para Leste e para Oeste. Larrabee indicou que nenhuma diferença marcante existia entre os espécimes assim dispostos 18 anos após.

Outro teste foi projetado para determinar os desempenhos dos espécimes em planos verticais e em planos inclinados 30° com a horizontal, em um mesmo local. Todos os espécimes colocados verticalmente perderam mais peso do que aqueles expostos em ângulo de 30°.

Os espécimes segundo LaQue corroem-se 25 a 40 % mais quando verticais do que quando inclinados 30°-H. A escolha do ângulo de inclinação às vezes é relacionada com a latitude do local.

Larrabee estudou a perda de peso dos corpos de prova com relação às faces que ficam dirigidas ao céu e as que ficam dirigidas ao solo. A superfície dos espécimes que se dirige ao chão (face inferior) mostraram um ataque maior devido à umidade condensada que permanecia por um período de tempo maior do que aquela da superfície superior. Além disso os contaminantes atmosféricos no lado superior podiam ser lavados pela chuva.

Outro fato reconhecido é o da influência da direção de exposição. Corpos de prova dirigidos Leste, Oeste, Norte ou Sul apresentaram diferentes corrosões em um mesmo local em um mesmo período de tempo. (Os metais são afetados pelo efeito termico do sol ao invés das radiações de compostos de ondas curtas que afetam tintas e plásticos.)

TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Este fator varia dependendo do tipo de teste.

Inspeções visuais semi-anuais são feitas nos testes de exposição do subcomite 14 da ASTM.

Nas determinações de perda de peso do Comitê A-5 para aços planos em atmosferas severas ou marinhas, segue-se sequências de exposição de 1, 2, 4, 8 e 16 anos. Devido à forma parabólica da curva de tempo X corrosão, sugere-se que se façam as remoções das amostras após 0,5 - 1,5 - 3,5 - 7,5 - 15,5 anos.

Em atmosferas altamente poluídas exposições de 0,5 ano indicarão maiores diferenças nas taxas de corrosão relativa. Após 3,5 anos conclusões a partir dos dados obtidos serão considerados tentativa.

Resultados mais longos então são necessários para Con-
clusões.

PROPOSIÇÃO I - LOCAL DAS ESTAÇÕES

Classificação das Estações

Para auxiliar na interpretação dos dados, os locais onde estarão locadas as unidades da Rede de Amostragem de Efeitos, serão divididos em cinco grupos:

- Residencial
- Comercial
- Industrial
- Rural
- Remoto.

Tipos de Estações

Embora as estações da R.A.E. já tenham sua classificação definida pelos cinco tipos de locais, nós definiremos tipos de estações conforme a proximidade de fontes fornecedoras de dados qualitativos e quantitativos do ar e do clima.

<u>ESTAÇÃO TIPO</u>	<u>CARACTERÍSTICA</u>
A	Junto a uma das estações da rede telemétrica.
B	Junto a uma das estações OPS/OMS.
C	Junto a uma das estações menores.

Residencial	Moema/B
Comercial	Campos Eliseos/B
Industrial	Capuava Industrial/B
Rural	Alpes da Cantareira/C
Remoto	

PROPOSIÇÃO II - MONTAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova serão montados em bandejas com 6 espécimes, fixados à esta por meio dos elementos de fixação.

As bandejas quando carregadas serão dispostas lado a lado no seu apoio sendo fixadas pelo trancamento do feixe de segurança existente no apoio.

O apoio é solidário à estante e suporta um máximo de 6 (seis) bandejas.

CETESB - INSTITUTO DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

Sb_2O_3 20 g

$SnCl_2$ 50 g

temperatura ambiente

tempo superior a 25 minutos.

A solução deve ser vigorosamente agitada ou o espécime deve ser raspado com um implemento de madeira ou borracha.

4.2) Banho em solução de:

H_2SO_4 (sp. gr 1.84) 100 ml

ôxido orgânico 1,5 ml

H_2O 1 l

temperatura 50°C.

4.3) lavagem perfeita e secagem.

4.4) pesagem.

TOTAIS

- Elementos de Fixação	420 + 10 \$	= 462
- Corpos de Prova	180 + 20 \$	= 216
- Bandejas	30 + 20 \$	= 36
- Estantes	5 + 1	= 6

PROPOSIÇÃO IV - POSICIONAMENTO DAS
AMOSTRAS NO RACK

As amostras ficarão fixadas em seus respectivos Racks conforme proposição II, inclinadas com a horizontal de um ângulo de 30°, dirigidas para o NORTE.

Todos os "racks" deverão estar localizados em terrenos semelhantes, e sempre a uma mesma altura do solo. Dever-se-á sempre evitar proximidades de objetos que possam vir causar diferenças entre o comportamento dos diversos "racks" em exposição.

PROPOSIÇÃO V - TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Propõem-se que cada sub-grupo de 6 (seis) espécimes seja retirado, a cada 4 (quatro) meses, o que perfará 24 (vinte e quatro) meses até que o último sub-grupo seja avaliado (Agosto 1 978).

PROPOSIÇÃO VI - MÉTODO DE AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

Após os espécimes serem devidamente tratados, a comparação entre os diversos valores obtidos seguirá a seguinte metodologia estatística:

- a) Comparação entre os valores médios (diferença entre médias).
- b) Método Duncan de comparação de médias.
- c) Regressão e análise de variância.

Com a aplicação do teste "t" verificaremos se as médias serão iguais ou não. Pelo teste de Duncan agruparemos as médias iguais e poderemos também ordená-los, caso sejam de valores diferentes, tudo isto a um nível de significância pré-estabelecido.

Estes cálculos serão feitos após a retirada dos corpos de prova a cada 4 meses.

Terminada a pesquisa, isto é, decorridos 24 meses, calcularemos a equação da curva que melhor se ajuste aos dados de cada estação, seguindo então, a análise de variância que é parte intrínseca da regressão. Também serão calculados os diversos coeficientes de correlação entre as diversas estações.

PROPOSIÇÃO VII - CÁLCULO DA TAXA DE CORROSÃO

Quando qualquer tipo de limpeza é usado, a possibilidade de remoção de metal sólido está presente.

Isto resulta em erros na determinação da taxa de corrosão. Para se constatar o fato, um ou mais espécimes já limpos e pesados podem ser relimpos e repesados pelo mesmo método. A perda devida a este segundo tratamento pode ser usada como uma corrosão aproximada para o primeiro. (ver apêndice 2, ASTM Parte 10, pg 630, 1 975).

A área superficial inicial total do espécime e a massa perdida durante o teste devem ser determinadas. A taxa de corrosão média então, pode ser obtida da seguinte forma:

$$TC = (K.W)/(A.T.D)$$

onde:

K = constante (8,76 . 10⁶mm/ano)

T = tempo de exposição em horas, arredondado para a 0,01 h mais próxima.

A = área em cm² arredondada para o 0,01 cm² mais próximo.

W = perda de peso em g, arredondado para a mg mais próxima.

D = densidade em g/cm³.

AValiação DA DESCOLORAÇÃO DE TECIDOS
SUJEITOS À DIFERENTES ATMOSFERAS

Os efeitos de contaminantes atmosféricos em tecidos tingidos tem sido estudados pela American Association of Textile Chemists e Colorists (AATCC) desde 1938.

A extensão da descoloração ou a destruição de pigmentos tem sido reportados por LaBarthe, que mostrou que a descoloração das tintas por contaminantes atmosféricos pode constituir uma porcentagem significativa das reclamações recebidas pelos vendedores e pelas empresas de lavagem.

Resultados de um estudo desenvolvido pelo Serviço de Saúde Pública em cooperação com a AATCC indicaram que tecidos tingidos pediam se agrupados de acordo com as tendências de descolorir quando relacionados a certos poluentes atmosféricos.

CAUSAS DA DESCOLORAÇÃO DE TECIDOS TINGIDOS

Algumas das causas de descoloração são:

- luz solar
- lavagens do tecido
- calor e
- umidade

Recentemente, ozona e óxidos de nitrogênio tem sido suspeitos de causarem a perda de cor dos tecidos.

PAINÉIS PARA TECIDOS TINGIDOS

Neste projeto, sugere-se amostras com área exposta de 5 x 5 cm, a serem expostos por períodos de 3 (tres) meses. Cada uma das amostras será colada ou costurada em quadros de papelão ou plástico medindo 7 x 7 cm apresentando um vão interno de 5 x 5 cm.

Após a exposição a aparência de cada amostra será comparada utilizando-se um medidor diferencial de cores. (Variação da cor antes e após a exposição).

TABELA I:- Tipo e Descrição das Amostras

AMOSTRA tipo	DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	
	MATERIAL	CORANTE
A	Algodão	Direto
B	Acetato	Disperso
C	Nylon	Disperso
D	Orlon	Disperso
E	Triacetato	Disperso

Os valores assim obtidos serão estatisticamente tratados, procurando-se determinar se houve ou não variação significativa na descoloração dos tecidos devido à natureza agressiva das atmosferas em estudo.

MEDIDA DA DETERIORAÇÃO DA BORRACHA
QUANDO EXPOSTA A ATMOSFERAS AGRESSIVAS

Oxigênio atmosférico e especialmente ozona, podem causar "CRACKING" em borracha. Elastômeros insaturados são atacados por ozona nas ligações duplas das cadeias carbônicas. Se a cadeia sob tensão quebra, ela deixa suas "vizinhas" sob uma tensão adicional. Borracha sintética, tal como Butadieno-Estireno ou Butadieno-Acrilonitrila, é afetada da mesma maneira. Neoprene embora insaturado, resiste ao ataque da ozona, presumivelmente devido à ligação do cloro adjacente à ligação dupla.

A medida da taxa de "cracking" da borracha fornece informações sobre a vida relativa dos produtos de borracha em diferentes áreas. Esta medida tem sido aceita por alguns investigadores como uma medida direta de ozona. As variáveis mais significativas que afetam o grau de "cracking" são:

- a formulação da borracha
- o total de tensão colocado na borracha
- a quantidade de ozona que contacta com a borracha.

Pelo controle das duas primeiras variáveis, a quantidade relativa de ozona pode ser aproximada.

Tiras cortadas de um corpo de borracha são expostas durante um certo período de tempo, sob uma tensão constante obtível pela massa de um corpo sob a ação da gravidade. As tiras são expostas de forma a não receberem luz solar.

Após a exposição as tiras de borracha são preparadas para exame microscópico. Após seccionarem-nas pela metade (no sentido longitudinal) as tiras são examinadas em lentes de 50 X de forma que os bordos possam ser comparados. A tira deverá estar sob leve distensão para que os "CRACKS" possam ser evidenciados. Somente os "cracks" dentro de uma extensão de 1/2" a partir do centro da tira são medidos, desde que os "cracks" das tiras podem ser inconcipientes nas extremidades. A profundidade de 10 "cracks" consecutivos são medidos pelo uso de equipamentos óticos pré-calibrados. A média dos 10 é calculada e reportada.

O estudo estatístico entre os valores obtidos pelas diversas estações amostradoras fornecerá informações com respeito a potencialidade agressiva das "diversas atmosferas", relacionadas entre si.

Uma prova branca é interessante para correlacionar a deteriorização da borracha simplesmente pelo tempo.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

BIBLIOGRAFIA

- Ailor - Handbook on Corrosion Testing and Evaluating
- Uhlig - Corrosion Handbook
- Speller - Corrosion; Causes and Prevention
- J. H. Cavender, W.M. Cox - Interstate Surveillance Project
Measurement of Air Pollution Using Static Monitors.
- U.S.E.P.A. - Air Quality Criteria For Oxidants.

