

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
BACHARELADO EM QUÍMICA

GIOVANNA LOISA THEODORO

TECNOLOGIA DE ELETRODEPOSIÇÃO CATIÔNICA (KTL) E A AÇÃO DO
INTEMPERISMO ACELERADO

Santo André, 2014.

GIOVANNA LOISA THEODORO

TECNOLOGIA DE ELETRODEPOSIÇÃO CATIÔNICA (KTL) E A AÇÃO DO
INTEMPERISMO ACELERADO

Trabalho de conclusão de curso junto à
Universidade Federal do ABC como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau de
Bacharel em Química. Sob orientação do Professor
Dr. Alexandre Zatkovskis Carvalho.

Santo André, 2014.

GIOVANNA LOISA THEODORO

TECNOLOGIA DE ELETRODEPOSIÇÃO CATIÔNICA (KTL) E A AÇÃO DO
INTEMPERISMO ACELERADO

Trabalho de conclusão de curso junto à
Universidade Federal do ABC como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau de
Bacharel em Química. Sob orientação do Professor
Dr. Alexandre Zatkovskis Carvalho.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vani Xavier de Oliveira Junior

Prof. Dr. Alexandre Zatkovskis Carvalho

Prof. Dr. Hugo Barbosa Suffredini

Supervisor(a) do Estágio

Santo André, 2014.

RESUMO

Atualmente, tintas, corantes e pigmentos constituem um ramo da química de suma importância econômica no mundo. No Brasil, somente a tinta automotiva representou 4% deste setor em 2013, segundo dados da ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas). A tinta automotiva confere proteção e durabilidade às superfícies, revestindo e protegendo-as contra a corrosão, além de agregar valor à estética do produto final.

KTL é um tipo de tinta de eletrodeposição catódica utilizado em conjunto com procedimentos modernos de pré-tratamento de substratos, com a finalidade de garantir maior durabilidade aos materiais, no que se diz respeito à corrosão. No laboratório de intemperismo acelerado, testes são desenvolvidos a fim de reproduzir a ação da natureza nos materiais de maneira acelerada e agressiva. Visando este conceito, a amostra é testada em uma câmara de *salt spray*, responsável por fornecer um ambiente corrosivo.

Neste trabalho de conclusão de curso é descrita a metodologia de aplicação do KTL em uma linha de pintura automotiva e a forma como este produto é testado dentro da indústria química.

Palavras-chave: tinta automotiva, KTL, corrosão, intemperismo acelerado.

ABSTRACT

Currently, paints, dyes and pigments are a branch of chemistry of great economic importance in the world. In Brazil, automotive paint accounted for 4% of this sector in 2013, according to ABRAFATI (Brazilian Association of Paint Manufacturers). The automotive paint provides protection and durability to surfaces by coating and protecting them from corrosion, as well as adding value to the aesthetics of the final product.

KTL is a type of cathodic electrodeposition paint used in conjunction with modern procedures for pretreatment of substrates in order to ensure greater durability to the materials against corrosion. Accelerated weathering lab tests are developed as a simulation of the action of nature in an accelerated and aggressive way to the tested materials. Targeting this concept the sample is tested in a salt spray chamber, simulating a corrosive environment.

In this work is described the methodology for KLT application in an automotive line paint and how this product is tested within the chemical industry.

Keywords: automotive paint, KTL, corrosion, accelerated weathering.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVO E MÉTODOS	14
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
CONCLUSÃO	19
BIBLIOGRAFIA	20

LISTA DE IMAGENS

- Figura 1: Volume (a) e faturamento (b) da indústria de tintas no Brasil, segundo dados de 2013 da ABRAFATI.2
- Figura 2: Fluxograma do Pré-tratamento realizado na linha de pintura automotiva. A etapa inicial do processo é ilustrada pelo Desengraxe, posteriormente a carroceria do carro é levada para etapa de Fosfatização, em seguida para Passivação finalizando com o Banho de KTL...4
- Figura 3: Modelo de aplicação KTL. A carroceria do carro é imersa no banho de KTL atuando como cátodo durante o fenômeno de eletroforese.6
- Figura 4: Reações do processo eletroforético da pintura.(a) eletrólise da água que ocorre no catodo; (b) eletrólise da água que ocorre no ânodo; (c) coagulação da pintura, processo no qual há formação do filme de tinta sobre a peça metálica; (d) Neutralização do ácido acético e (e) formação dos íons a partir do grupo nitrogenado da resina e do ácido presente na reação.....8
- Figura 5: Fluxograma simplificado da pintura KTL ilustrando o funcionamento do sistema anólito e célula de diálise. A célula de diálise aprisiona os íon H^+ gerados durante o processo de pintura, em contra partida, o sistema anólito é responsável por remover estes íons da solução.10
- Figura 6: Representação do teste de corrosão cíclica. Ciclo de névoa salina (a), ciclo de humidade (b) e ciclo seco (c).13
- Figura 7: Foto das chapas após 48 horas de teste de Salt Spray. (1) chapa isenta de pré tratamento e filme de tinta, (2) chapa fosfatizada.16
- Figura 8: Fotos das chapas após 48 horas de teste de Salt Spray. (3) chapa fosfatizada e aplicado o KTL, (4) chapa fosfatizada e aplicado o KTL com corte.17
- Figura 9: Equações da formação da ferrugem. (a) Reação de oxidação, (b) Reação de redução, (c) Formação do hidróxido ferroso, (d) Transformação do hidróxido ferroso em ferrugem (coloração preta), (e) e (f) Transformação do hidróxido ferroso em ferrugem (coloração alaranjada / avermelhada).18

INTRODUÇÃO

Em novembro de 1891, o primeiro carro chegou ao Brasil importado de Portugal e, 30 anos mais tarde, as montadoras FORD e GM abriram suas fábricas no Estado de São Paulo. Mas foi em janeiro de 1956, quando o então presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira formalizou a criação do GEIA (Grupo Executivo da Indústria Automobilística) a fim de estimular a fabricação local, e não somente a montagem de veículos no Brasil, que o setor automotivo se tornou destaque na economia brasileira. A revolução automotiva da década de 1950 trouxe ao Estado paulista tecnologia de ponta, empregos, desenvolvimento industrial e uma nova relação de capital-trabalho, com o crescimento e fortalecimento dos sindicatos de classes (PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

A história da tinta faz parte dos primórdios da civilização. Desde o surgimento e o desenvolvimento da espécie humana, o homem vem buscando inovações na pintura. Na pré-história eram utilizadas em pinturas rupestres, que são estudadas até os dias de hoje.

O Brasil é um dos cinco maiores mercados mundiais de tintas. Em 2013, o setor alcançou o faturamento líquido de US\$ 4,183 bilhões, com um volume produzido de 1,426 bilhão de litros, o que representa um crescimento de 2,0% em relação ao ano anterior (ABRAFATI, 2014). Este ramo se divide em 4 diferentes segmentos, conforme ilustrado na figura 1.

- Tinta imobiliária: 80% do volume total e 64% do faturamento;
- Tinta automotiva: 4% do volume total e 6,5% do faturamento;
- Tinta para repintura automotiva: 4% do volume total e 8,5% do faturamento;

- Tinta para indústrias em geral (eletrodomésticos, móveis, autopeças, naval, aeronáutica, tintas de manutenção, etc.): 12% do volume total e 21% do faturamento.

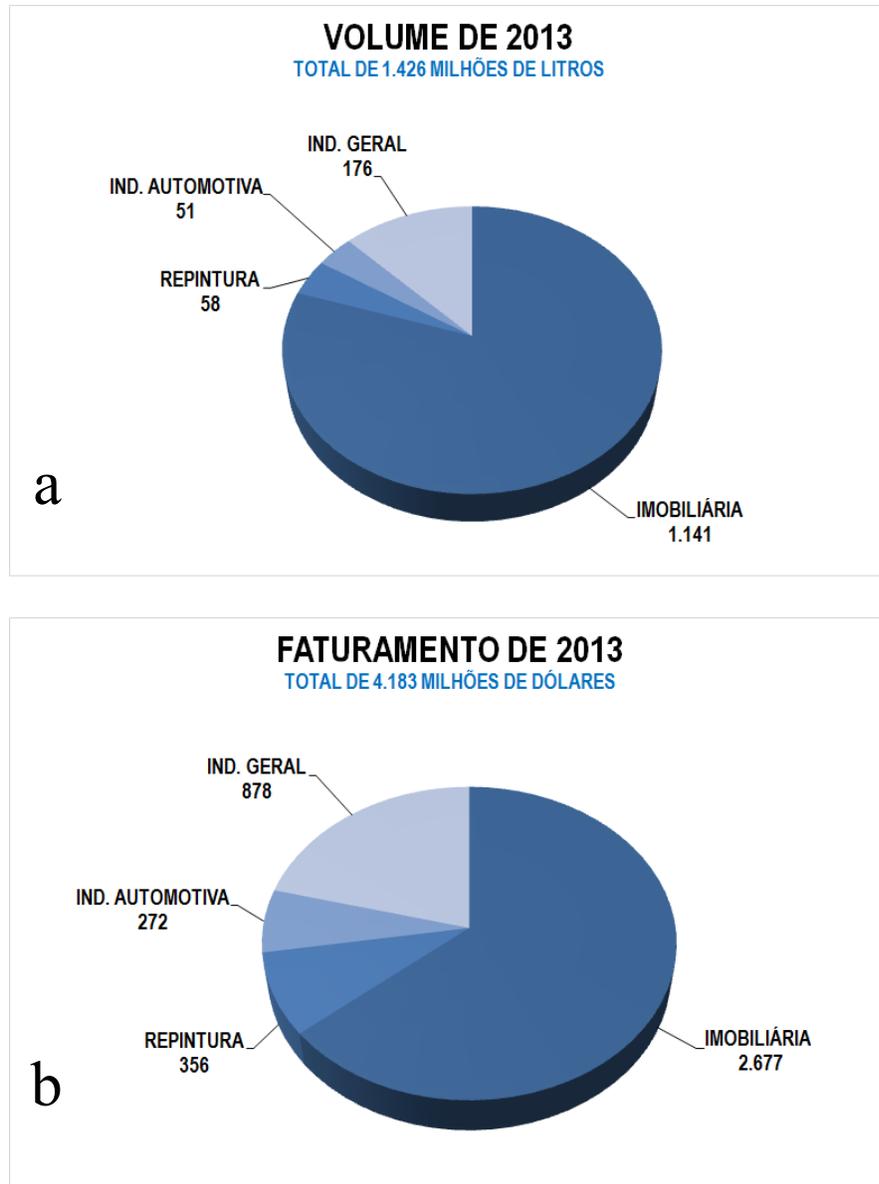


Figura 1: Volume (a) e faturamento (b) da indústria de tintas no Brasil, segundo dados de 2013 da ABRAFATI.

A tinta automotiva define a proteção e durabilidade das superfícies, revestindo e protegendo-as da corrosão, além de agregar valor à estética do produto final. É formada por solventes orgânicos e/ou água (parte volátil) e por pigmentos, cargas, aditivos e resinas (parte

sólida). Este processo é denominado passivação, pois inibe a reatividade normalmente apresentada pelo metal em contato com substâncias oxidantes, principalmente o oxigênio do ar.

Na formação da película responsável pela proteção do carro há cinco camadas básicas, conforme apresentado na figura 2.

I. Pré-tratamento - tem a finalidade de melhorar a aderência da tinta e tornar a superfície mais resistente à corrosão. É dividido em 5 etapas:

- Desengraxe: operação realizada para remoção de graxas, óleos, lubrificantes, poeiras e resíduos. A carroceira do carro é imersa em um banho alcalino (soda cáustica) para dissolver as gorduras, que são eliminadas com um enxague de água;
- Decapagem: remoção da camada de óxido formada no metal. Os decapantes geralmente são ácidos como o clorídrico e o sulfúrico, que reagem com os óxidos, produzindo sais solúveis e sendo removidos em meio aquoso por lavagem. O ácido remove os óxidos, mas também pode atacar severamente o metal. Por isso, é necessário adicionar um inibidor de corrosão ao banho, que podem ser aminas ou aldeídos;
- Fosfatização: tem como objetivo depositar uma camada de cristais pequenos e insolúveis sobre a superfície metálica. Além de melhorar a aderência da tinta, converte a superfície metálica corrosível em uma superfície não metálica de fosfatos do metal, adquirindo, assim, maior resistência à corrosão;
- Passivação: os poros deixados na camada de fosfato são selados. As soluções apassivantes são constituídas por ácido crômico ou ácido crômico/fosfórico;
- Secagem: as peças passam por fornos de ar quente a temperaturas entre 100 e 150°C.

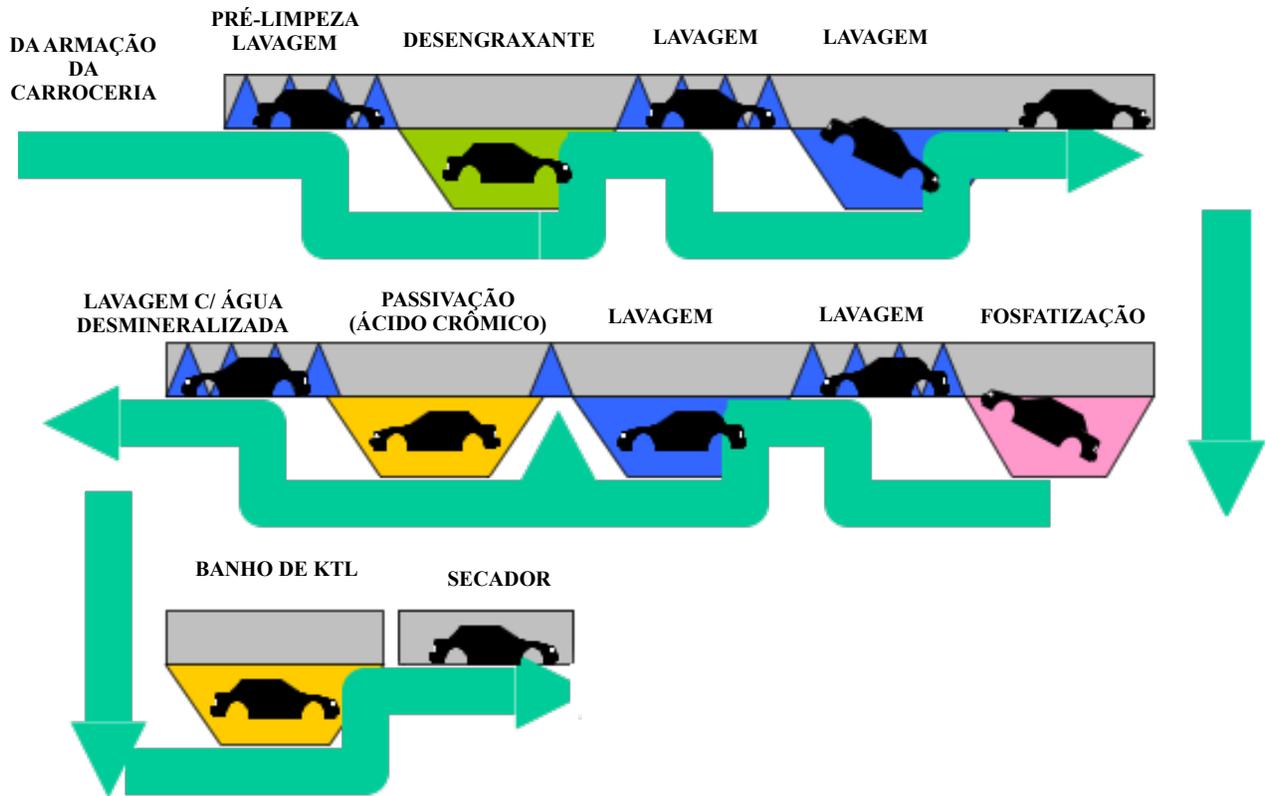


Figura 2: Fluxograma do Pré-tratamento realizado na linha de pintura automotiva. A etapa inicial do processo é ilustrada pelo Desengraxe, posteriormente a carroceria do carro é levada para etapa de Fosfatização, em seguida para Passivação finalizando com o Banho de KTL.

Fonte- BASF-SA

II. Primer - é a primeira camada de tinta aplicada no carro e tem a mesma função anticorrosiva dos demais procedimentos, com um diferencial: o primer deve estar em harmonia com a base que será aplicada posteriormente, pois, se esse critério não for obedecido, pode gerar uma diferença na tonalidade da cor;

III. Base - é a camada mais importante quando se refere a cor do material. Tem a principal finalidade de embelezar o automóvel, já que é através dela que há a variação de cores;

IV. Verniz - é um revestimento transparente aplicado sobre a base, com o objetivo de melhorar o efeito estético e proteger as demais camadas contra as ações de intempéries (sol, chuva, umidade, etc).

O KTL é utilizado em conjunto com procedimentos modernos de pré-tratamento de substratos, a fim de garantir maior durabilidade dos materiais no que se diz respeito à corrosão. É aplicada principalmente em chapas de aço carbono ou aço galvanizado, carrocerias de automóveis e caminhões, autopeças e eletrodomésticos, podendo também ser aplicada em alumínio e ferro fundido.

A eletroforese é a principal ferramenta de aplicação desta tecnologia. Consiste em um fenômeno de eletromigração de partículas carregadas, como as de pigmento, que estão solvatadas pela respectiva resina e demais componentes da tinta em direção a peça a ser pintada.

A proteção anticorrosiva está fundamentada na preparação da chapa, na fosfatização, na eletroforese e no primer automotivo, enquanto a aparência está baseada nas tintas de acabamento (base e verniz), que também devem oferecer características protetoras contra o desgaste e o intemperismo (JURGETZ, 1995).

A tecnologia KTL é um processo de pintura por imersão, totalmente automatizado e baseado no deslocamento de partículas carregadas dentro de um campo elétrico em direção ao polo de carga oposta. Aplica-se unicamente a peças metálicas pela necessidade de condução de corrente elétrica, obtendo uma película de pintura uniforme inclusive no interior das peças, contribuindo, assim, para uma proteção anticorrosiva. O KTL é um tipo de pintura constituída pela dispersão de resinas e pigmentos em meio aquoso, com um teor de solventes orgânicos baixo e três componentes básicos:

- Água Desmineralizada;
- Ligante Catiônico - geralmente uma resina epóxi com grupos nitrogenados protonados com ácido, conforme ilustrado na figura 4 (e);
- Pasta Pigmentada - obtida pela moagem dos pigmentos com a resina epóxi (do mesmo tipo do ligante).

A aplicação desse material é realizada através de um tanque com abertura superior, por onde o carro é imerso na tinta para sofrer o processo de eletroforese, conforme ilustra a figura

3.

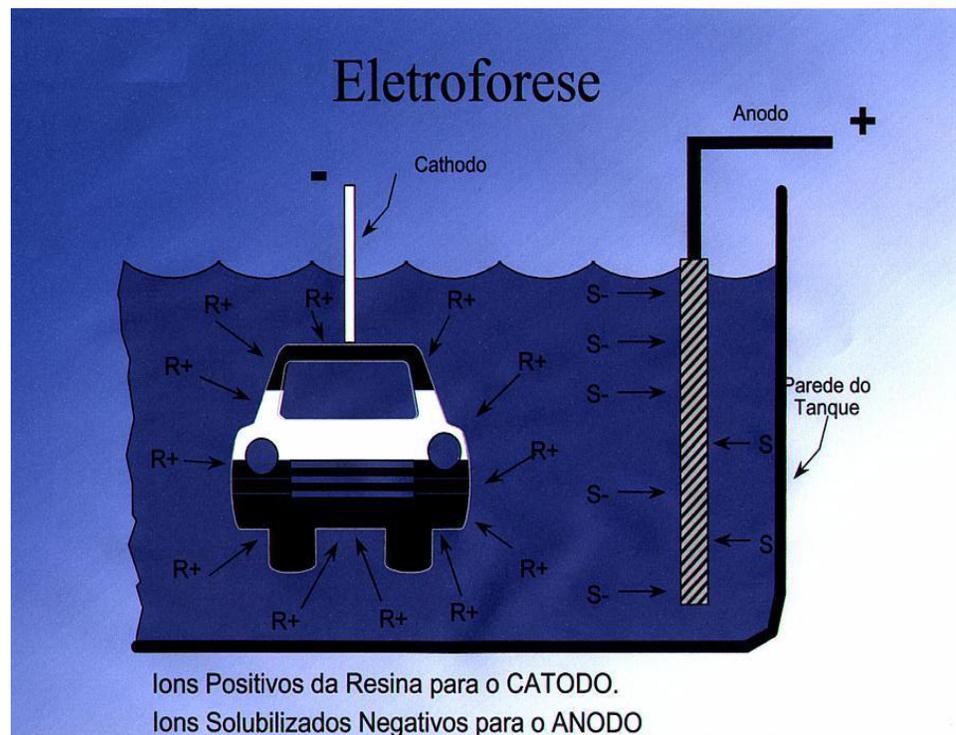


Figura 3: Modelo de aplicação KTL. A carroceria do carro é imersa no banho de KTL atuando como cátodo durante o fenômeno de eletroforese.

Fonte - BASF-SA

Na linha de produção de uma montadora de automóveis onde o KTL é aplicado, existe um processo a ser seguido para que a tinta tenha um bom desempenho e para que não haja

desperdício de material, com a reutilização de toda a água que estiver no processo no próprio banho KTL.

Quando o processo é iniciado, primeiramente o carro entra em tanques de lavagem e desengraxe. Em seguida, entra na linha de pintura onde começam as etapas de pré-tratamento. O carro vai para o tanque de KTL, onde recebe sua primeira camada de tinta e passa por uma lavagem para tirar os excessos. Em seguida, entra novamente em outro tanque de KTL para que a tinta seja aplicada novamente, evitando que o carro tenha locais sem tinta. Na etapa seguinte, o carro vai para estufa para que o processo de cura seja feito. Depois que o KTL foi aplicado ao carro, continua na linha onde receberá as demais camadas de tinta até seu término.

A tinta aplicada vai continuamente cobrindo toda a peça, com base na absorção das cargas positivas neutralizadas pelas cargas negativas da peça. Assim, todo o carro fica recoberto de maneira uniforme e com espessura entre 18 a 26 μm .

Tendo em vista o meio aquoso no qual as reações estão ocorrendo, a aplicação de corrente elétrica nos eletrodos gera formação contínua de hidrogênio e oxigênio. Na zona próxima ao cátodo, ocorre o aumento da concentração de íons hidroxila provenientes da eletrólise da água e produz um aumento local do pH, fazendo a tinta coagular sobre a peça metálica, formando um filme (conforme Figura 4: Reações do processo eletroforético da pintura).

A quantidade de tinta depositada é função direta da tensão aplicada em torno de 280 a 350 V. O pH do banho é mantido numa faixa de 6,0 a 6,4 por meio da adição controlada de ácido acético, enquanto a condutividade do banho varia de 0,95 a 1,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$ numa temperatura de 25 a 30°C.

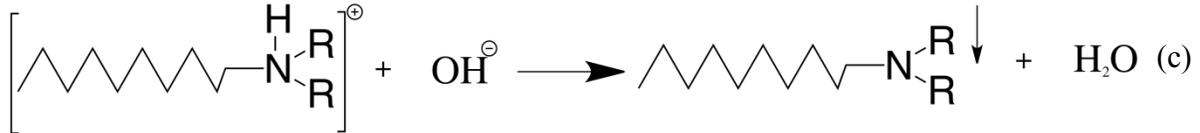
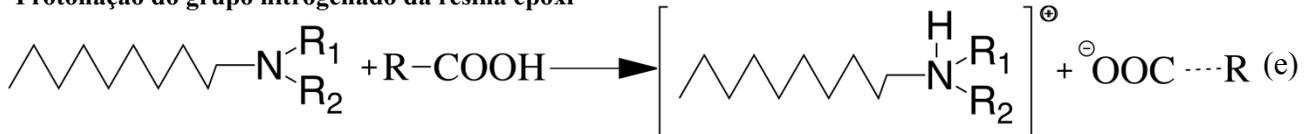
Eletrólise da água (reação catódica)**Eletrólise da água (reação anódica)****Coagulação da pintura****Neutralização do ácido****Protonação do grupo nitrogenado da resina epoxi**

Figura 4: Reações do processo eletroforético da pintura. (a) eletrólise da água que ocorre no catodo; (b) eletrólise da água que ocorre no ânodo; (c) coagulação da pintura, processo no qual há formação do filme de tinta sobre a peça metálica; (d) Neutralização do ácido acético e (e) formação dos íons a partir do grupo nitrogenado da resina e do ácido presente na reação.

Para manter todos estes parâmetros citados anteriormente durante a aplicação do KTL, o processo de pintura possui alguns componentes essenciais:

- I. Sistema de recirculação e agitação: mantém a tinta em movimento constante, inibindo sua coagulação total;
- II. Sistema de Ultrafiltração: parte do banho é retirado passando por um ultrafiltro obtendo o permeado, isto é, um ultrafiltrado, usado para enxaguar as peças;
- III. Sistema de Anólito: o banho de anólito é uma solução constituída de água deionizada e ácido acético, tem a função de remover o ácido formado no tanque de pintura eletroforética. A célula de diálise, constituinte do sistema, é coberta por uma membrana semipermeável que permite a entrada do ácido, mas não o seu retorno para o tanque de eletrodeposição. O nível

de ácido dentro da célula continua aumentando com o passar do tempo, até que a condutividade do anólito alcance um valor fixado. A água deionizada é, então, introduzida para o interior do anólito, e o ácido em excesso é enviado ao processo de tratamento de efluentes, conforme ilustrado na Figura 5. A escolha da membrana é realizada de acordo com as especificações da tinta, determinando menor ou maior remoção de ácido.

IV. Sistema de água deionizada: tem a finalidade de alimentar os pontos de enxágue e limpeza durante o processo;

V. Sistema de Refrigeração de água: o sistema de água gelada tem com principal função alimentar o trocador de calor para manter a temperatura em condição ideal.

Após o processo de eletroforese e eletrocoagulação da tinta, inicia-se o processo de eletroendosmose. O carro é retirado do banho e a água é expulsa da superfície do filme, deixando-o quase seco. A peça é, então, encaminhada para estufa para sofrer o processo de cura.

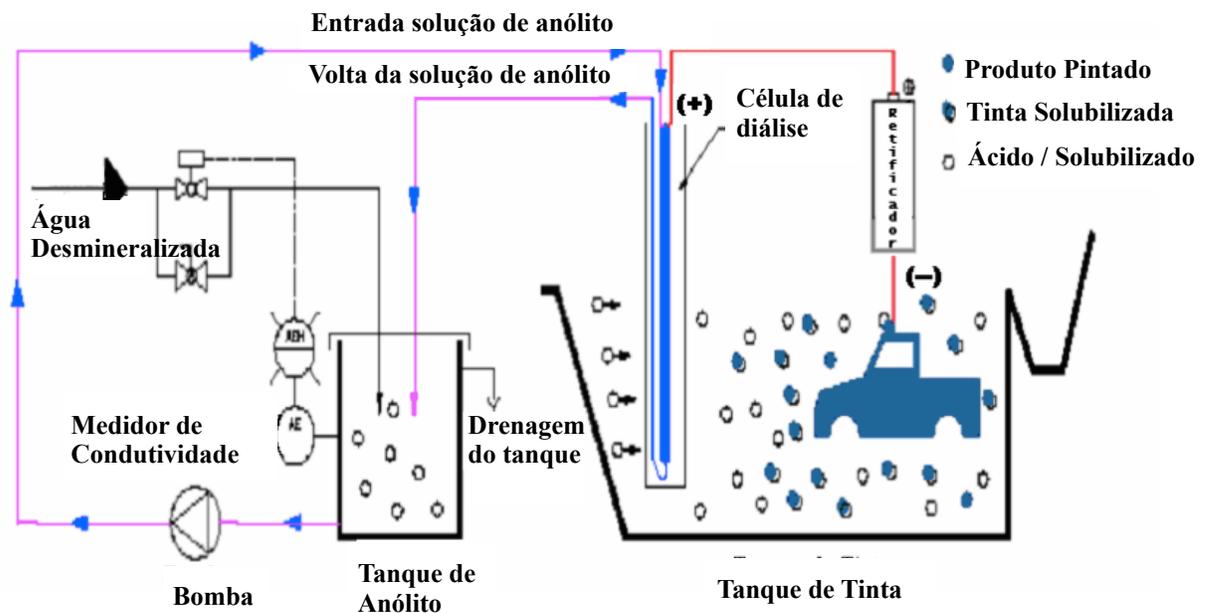


Figura 5: Fluxograma simplificado da pintura KTL ilustrando o funcionamento do sistema anólito e célula de diálise. A célula de diálise aprisiona os íon H^+ gerados durante o processo de pintura, em contra partida, o sistema anólito é responsável por remover estes íons da solução.

Fonte - BASF-SA

Nos últimos dois séculos, as novas tecnologias marcaram profundamente nossa sociedade global. O automóvel transformou-se em um bem indispensável para as pessoas e, conseqüentemente, o mercado automobilístico se caracterizou pela sua importância na economia mundial.

A partir da década de 80, a qualidade se tornou o pilar da indústria automobilística. Rígidas especificações foram incorporadas dentro de todo processo industrial, e uma avaliação mais crítica da pintura do carro virou um elemento de grande importância para a montadora.

A preocupação com a durabilidade, aparência e vida útil do automóvel fez com que a pintura fosse objeto de estudo para inovações tecnológicas. Dentro desse quadro, a indústria automotiva vem aperfeiçoando continuamente seus sistemas de pintura, estando alicerçada na proteção anticorrosiva e aparência do produto acabado.

Como dito anteriormente, a proteção anticorrosiva está fundamentada na preparação da chapa, na fosfatização, na eletroforese e no primer automotivo, enquanto a aparência está baseada nas tintas de acabamento. Ambas oferecem características protetoras contra o desgaste e o intemperismo.

Intemperismo é toda a ação do meio ambiente em relação ao sol, chuva, vento, concentração de poluentes e orla marítima (atmosfera corrosiva).

Visando este conceito, o laboratório de intemperismo acelerado desenvolve testes a fim de reproduzir a ação da natureza nos materiais de forma acelerada e agressiva, possibilitando, em

um curto espaço de tempo, a reprodução em laboratório daquilo que ocorreria com um material durante anos de exposição às intempéries.

Todos os materiais que estão na composição da tinta de um carro (KTL, Primer, Base, Verniz) são testados. Posteriormente, é testado um conjunto completo, reproduzindo um carro.

No KTL, o principal fator é testar os materiais e garantir que os mesmos tenham grande resistência a penetração da corrosão. Corrosão é um processo eletroquímico no qual o metal tende voltar a sua forma de composto mais estável: um óxido.

Visando este conceito, foi desenvolvido pelas indústrias deste segmento o equipamento de *Salt Spray*. A câmara de *salt spray* simula uma atmosfera altamente salina e temperatura elevada. Segundo a norma utilizada para desenvolver o teste, ASTM B 117, a concentração de sal exigida é de 5% em solução aquosa, e a câmara do equipamento deve ficar em torno de 35°C, reproduzindo um ambiente quente e úmido no qual a corrosão se propaga rapidamente e de forma mais agressiva. As chapas pintadas podem ser testadas de dois métodos diferentes :

- Direto: as chapas são colocadas na câmara de *salt spray*, onde estarão submetidas continuamente a névoa salina;
- Ciclado: as chapas são colocadas na câmara de *salt spray*, porém, estarão submetidas a condições diferentes de clima (úmido, seco, névoa salina, etc).

O teste de corrosão cíclica proporciona a melhor simulação, em laboratório, da corrosão atmosférica natural. A câmara de teste é projetada para alternar entre quatro condições: névoa salina, seco, umidade a 100% e orvalho. Os ciclos de corrosão são programáveis de acordo com a norma solicitada pelo cliente para um determinado produto.

Durante o ciclo de névoa salina, a câmara funciona como um *spray* de sal convencional. A solução corrosiva do reservatório interno é bombeada para o bocal onde se mistura com o ar comprimido e é encaminhada para um bico onde é formado um *spray* da solução. A câmara de aquecimento mantém a temperatura interna da câmara conforme programada (Figura 6-a).

No ciclo de umidade, a câmara se mantém com 100% de humidade relativa, forçando o vapor de água quente para dentro câmara (Figura 6-b).

Para o ciclo seco, um soprador suga o ar externo e joga-o para dentro do aquecedor. Posteriormente, o mesmo é levado para dentro da câmara, criando um ambiente de baixa umidade onde a temperatura é controlada pelos sistemas de aquecimento da câmara e pelo aquecedor do ar (Figura 6-c).

Chapas que receberam pré-tratamento são pintadas com o produto em teste e, posteriormente, são colocadas dentro da câmara de *salt spray*. Os testes duram de 24 a 1000 horas, ou a quantidade de ciclos determinada pela norma requerida. Em cada corpo de prova (chapa) é realizado um corte para avaliação, no fim do teste a respeito da corrosão causada sobre o material.

A avaliação consiste em averiguar a resistência do material contra a corrosão, analisando a formação de bolhas nas proximidades do corte realizado na chapa e, conseqüentemente, se o mesmo ainda possui aderência ao substrato após o ensaio. Caso o produto testado atenda as condições necessárias para aprovação, é liberado para utilização na linha automotiva.

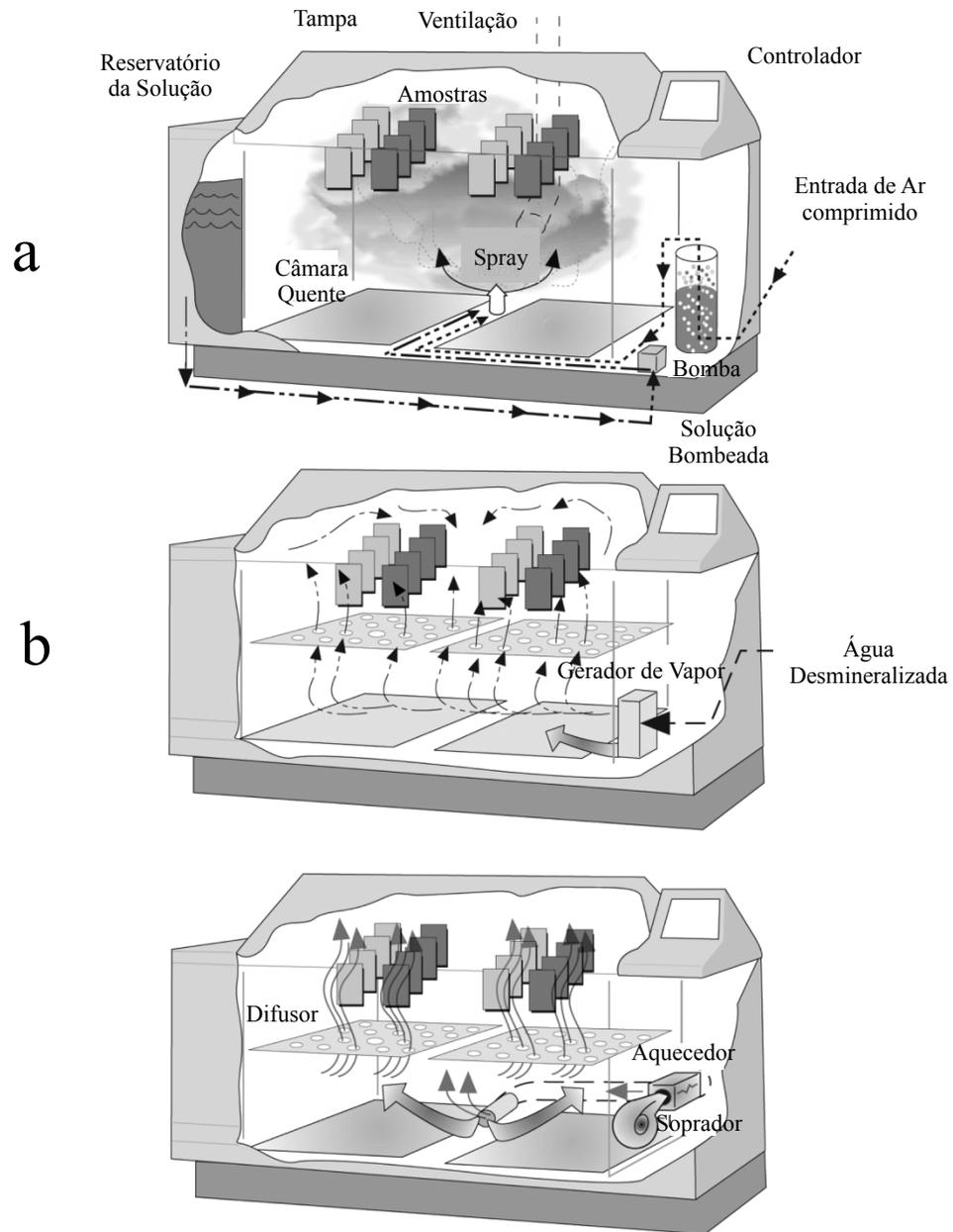


Figura 6: Representação do teste de corrosão cíclica. Ciclo de névoa salina (a), ciclo de humidade (b) e ciclo seco (c).

Fonte -<<http://www.q-lab.com>>.

OBJETIVO E MÉTODOS

Avaliar chapas pintadas utilizando a tecnologia KTL após passarem pelo ensaio de *salt spray*, realizado no laboratório de intemperismo acelerado.

A base de dados foi fundamentada na pesquisa bibliográfica em livros relacionados com o tema do trabalho, normas internacionais, artigos técnicos da área de tintas e intemperismo acelerado, a partir do google, além do conhecimento adquirido pelo estágio curricular na empresa multinacional BASF/SA no período de agosto de 2013 até hoje.

Para a realização do teste, foram utilizadas chapas em aço carbono Gardobond 26S 6800OC (7 cm x 15 cm), banho de KTL, mediante norma interna e, câmara de *salt spray* conforme norma ASTM B117.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para realização dos ensaios de *salt spray*, foram preparadas 4 chapas em aço, de maneira distinta:

- Chapa 1: isenta de pré-tratamento e filme de tinta (chapa nua);
- Chapa 2: fosfatizada (passou pelo processo de pré-tratamento);
- Chapa 3: fosfatizada e aplicado KTL;
- Chapa 4: fosfatizada, aplicado KTL e posteriormente foi realizado um corte antes de

levar o painél para a câmara de teste, simulando um arranhão profundo na lataria de um carro.

As quatro chapas foram levadas para câmara de *salt spray* a uma temperatura de 35°C e solução salina de 5%, conforme a norma ASTM B117. Após o período de 48 horas, os painéis foram retirados do equipamento e os resultados apresentados, conforme Figuras 7 e 8.

A chapa 1, ausente de qualquer tipo de proteção, foi totalmente deteriorada após a realização do teste. O substrato foi atacado de forma agressiva, oxidando toda área exposta (Figura 7). Esse processo é chamado de corrosão eletroquímica, no qual o metal está em contato com o eletrólito, ocasionando reações químicas anódicas e catódicas. Eletrólito são substâncias que, ao serem dissolvidas em água, resultam em soluções condutoras. O eletrólito aplicado é representado pela solução salina utilizada na câmara de *salt spray*. As equações que representam tal processo estão ilustradas na Figura 9.

Os resultados observados na chapa 2, fosfatizada, mostra que o pré-tratamento realizado no painél protege o substrato, porém, com pouca resistência a longo prazo (figura 7).

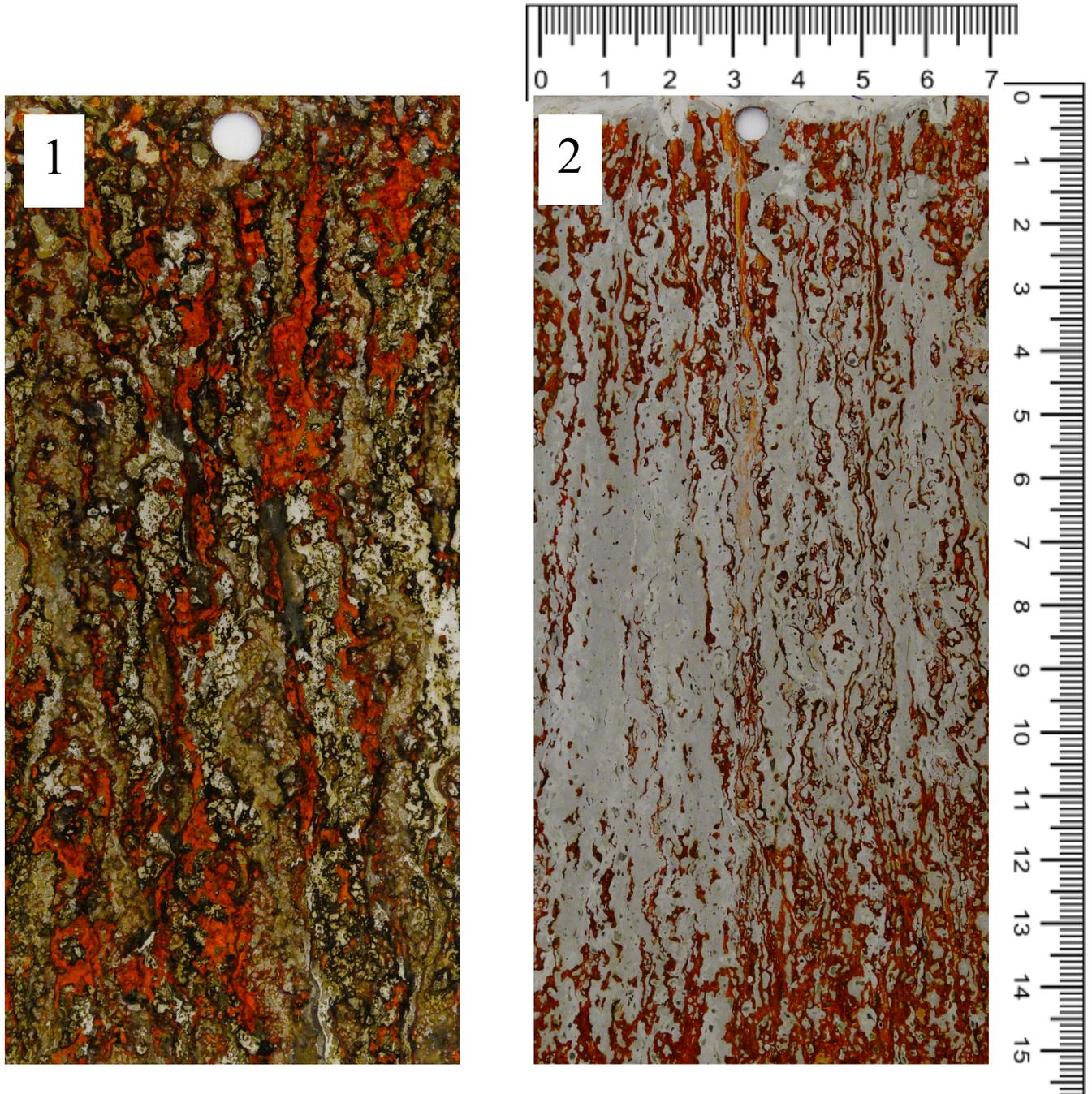


Figura 7: Foto das chapas após 48 horas de teste de *Salt Spray*. (1) chapa isenta de pré tratamento e filme de tinta, (2) chapa fosfatizada.

A chapa 3, fosfatizada e com KTL, simula a lataria de um carro isento de arranhões. O painel, após a realização do teste, permaneceu intacto e sem qualquer indício de corrosão. Em contrapartida, a chapa 4 apresentou sinais de corrosão apenas na linha do corte, e o restante da área permaneceu protegido pelo KTL e fosfatização, conforme Figura 8.

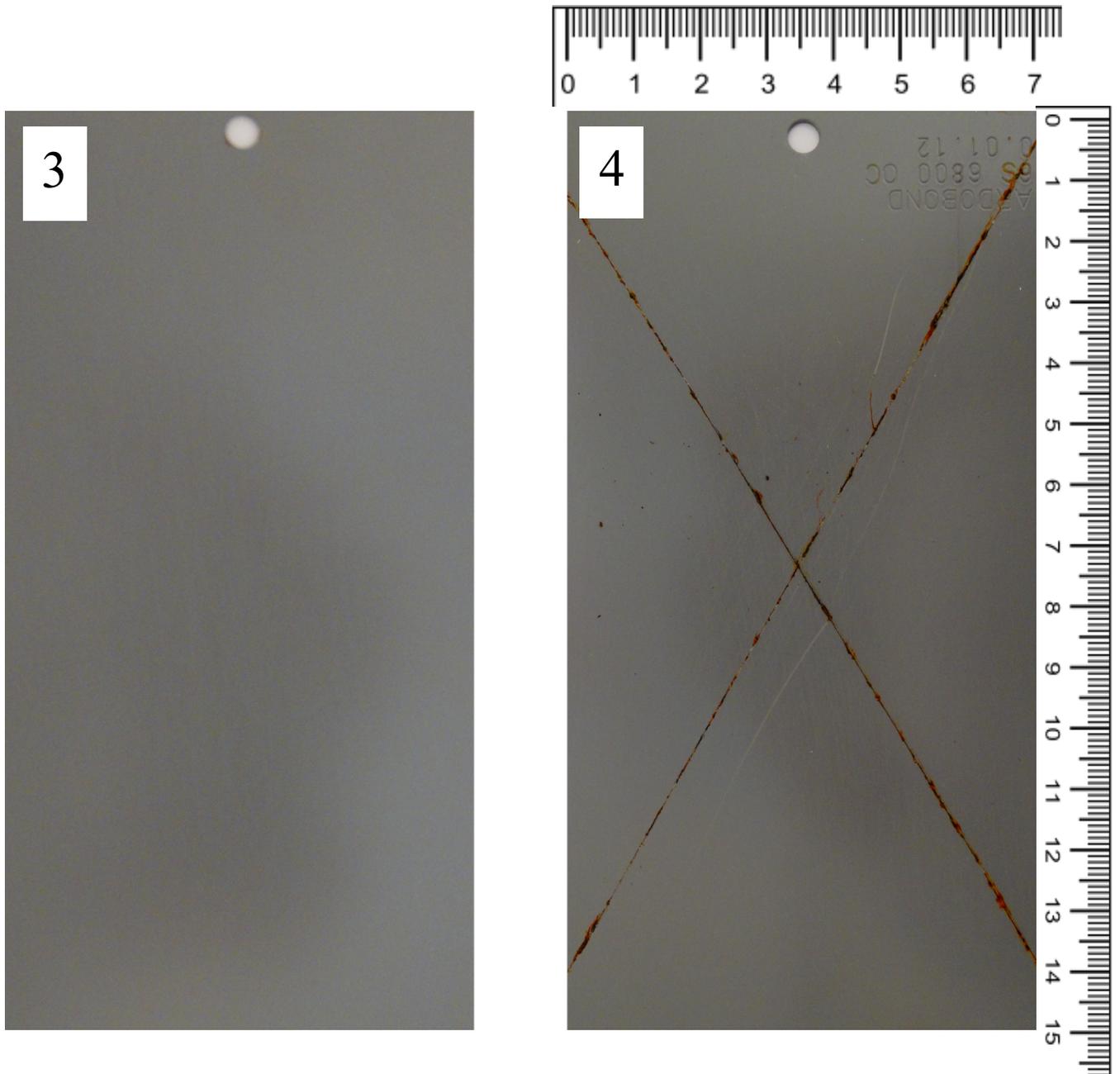


Figura 8: Fotos das chapas após 48 horas de teste de *Salt Spray*. (3) chapa fosfatizada e aplicado o KTL, (4) chapa fosfatizada e aplicado o KTL com corte.

A proteção anticorrosiva das chapas de aço está intimamente relacionada com a fosfatização e, principalmente, a pintura eletroforética catódica, que retarda o processo corrosivo.

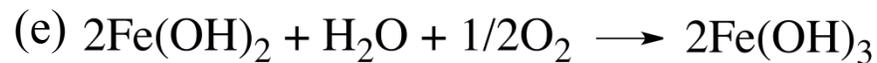
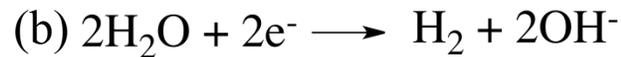


Figura 9: Equações da formação da ferrugem. (a) Reação de oxidação, (b) Reação de redução, (c) Formação do hidróxido ferroso, (d) Transformação do hidróxido ferroso em ferrugem (coloração preta), (e) e (f) Transformação do hidróxido ferroso em ferrugem (coloração alaranjada / avermelhada).

Quando o teor de oxigênio é elevado, tem-se as equações 9 (e) e 9 (f), já quando o teor é reduzido tem-se a equação 9 (d).

CONCLUSÃO

A corrosão eletroquímica é um processo espontâneo que acontece quando o metal está em contato com um eletrólito, ocorrendo simultaneamente reações anódicas e catódicas. Eletrólitos são substâncias que, ao serem dissolvidas em água, resultam em soluções condutoras de eletricidade. No presente trabalho, o eletrólito é representado pela solução salina utilizada na câmara de *salt spray*.

Quando uma chapa de aço é submetida sem qualquer proteção ao teste de *salt spray*, obtém-se como resultado sua total oxidação. Em contra partida, quando se submete outra chapa fosfatizada e com KTL, observa-se a conservação total do painel, livre de corrosão.

No processo de fabricação de automóveis, é essencial a utilização da tinta KTL para proteção do substrato contra a corrosão. A vida útil desta tinta é longa e garante uma grande durabilidade ao material quando o mesmo está sujeito às ações de intempéries.

Alterações ambientais estão cada vez mais frequentes, requerendo maior atenção a qualidade e proteção dos bens de consumo. O desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias tem a finalidade de tornar estes bens mais duráveis.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (ABRAFATI). **Indicadores do Mercado**. Disponível em: <http://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>. Acesso em: 22 de março, 2014.

ASTM. **ASTM B117**: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003. DOI: 10.1520/B0117-11. www.astm.org.

DUTRA, A.C.; NUNES, L.P. **Proteção catódica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Técnica, 1987.

FISHER, T. P.; FISHER, C. **The basic principles of electrophoretic paint deposition and its application to the development of coating systems for metal powders on metal substrates for subsequent diffusion treatment**. [s.l.]: Elsevier, Vol.12, pp.107-126. January, 1981.

GETTENS, R. J.; STOUT, G. L. **Painting materials**. 2. ed. New York: Dover Books, 1966.

GIÚDICE, C.A., BENÍTEZ, J. C. **Óxido de ferro micáceo em revestimentos anticorrosivos e seladores**. Anais do 6o Congresso Internacional de Tintas, p. 493-502. Setembro, 1999.

GNECCO, C. et al. **Tratamento de superfície e pintura**. 2. ed. Rio de Janeiro: CBCA, 2003.

JURGETZ, A. **Automotive paint performance**. *Metal Finishing*, p. 53-55. October, 1995.

NUNES, L. P.; LOBO, A. C. O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. 4. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

NUNES, N. V. **Pintura Industrial: Aplicada**. 1. ed. Rio de Janeiro: Maity comunicação e editora Ltda., 1990.

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Indústria Automobilística**. Disponível em: http://www.saopaulo.sp.gov.br/conhecasp/historia_republica-industria-automobilistica. Acesso em: 22 de março, 2014.

SIMPSON, CH.; RAY, C. J.; SKERRY, B.S. Accelerated Corrosion Testing of Industrial Maintenance Paints Using a Cyclic Corrosion Weathering Method. **Journal of Protective Coatings and Linings**. 8, No.5. pp. 28-36. May, 1991.

SKERRY, B.S.; SIMPSON, CH. Combined Corrosion/Weathering Accelerated Testing of Coatings for Corrosion Control. **Presented at Corrosion 91**. The NACE Annual Conference 1991.