



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



ANDRIEL SICHİ

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA E PROTOCOLO PARA
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS IMPUREZAS DEPOSITADAS NA
CAMADA DO SUBSTRATO EM PINTURA AUTOMOTIVA**

VOLTA REDONDA

2021

ANDRIEL SICHİ

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA E PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS IMPUREZAS DEPOSITADAS NA CAMADA DO SUBSTRATO EM PINTURA AUTOMOTIVA

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Materiais, sob a orientação do prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira, na área de concentração de processamento e caracterização de materiais metálicos, cerâmicos e polímeros linha de pesquisa em materias metálicos.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

**VOLTA REDONDA
2021**

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tação Wagner - CRB 7/RJ 4316

S565d Sichi, Andriel

Desenvolvimento de metodologia e protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva. / Andriel Sichi. - Volta Redonda: UniFOA, 2021. 88 p.: Il

Orientador (a): Alexandre Alvarenga Palmeira

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em Materiais, 2021

1. Materiais - dissertação. 2. Impureza. 3. Pintura automotiva – pré-tratamento. I. Palmeira, Alexandre Alvarenga. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 620.1



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



ANDRIEL SICHİ

Desenvolvimento De Metodologia E Protocolo Para Avaliação Da Influencia
Das Impurezas Depositados Na Camada Do Substrato Em Pintura Automotiva.

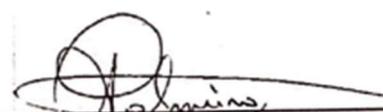
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

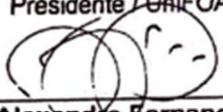
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE
"MESTRE EM MATERIAIS"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM MATERIAIS


Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira
Presidente / UniFOA


Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe
Examinador interno / UniFOA

AMILTON FERREIRA DA
SILVA JUNIOR:05570779744

Assinado de forma digital por AMILTON
FERREIRA DA SILVA JUNIOR:05570779744
Dados: 2021.04.30 16:55:50 -03'00'

Prof. Dr. Amilton Ferreira da Silva Júnior
Examinador externo / CEFET/RJ

Abril de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, em especial minha esposa Daniele Faria Galvão Sichi que sempre me incentivou a obtenção deste resultado e a meu filho Gustavo Faria Galvão Sichi que por muitas vezes teve de esperar o papai mais um pouquinho para poder brincar. Dedico também aos meus pais, Lucio Sichi e Maria Auxiliadora Miranda Sichi, pelos seus esforços e dedicação na formação de meu caráter e construção de meus valores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado sabedoria e saúde para conduzir esse curso da melhor forma como foi possível.

Agradeço, também, ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira pelo apoio e disponibilidade que, com suas competências, me orientou e estimulou o desenvolvimento deste projeto e conseqüente crescimento pessoal.

Pelas trocas de informações técnicas e aprendizado aos amigos (as) Jamir Ribeiro, Luiz Felipe Silva, Jose Lázaro Cruz, Cicero Silva, Fabio Durban, João Henrique da Silva, Denis Silva e Thais Otaviano.

SICHI, A. **Desenvolvimento de metodologia e protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

RESUMO

O impacto de impurezas depositada sobre o substrato da chapa nua antes de que seja iniciado o processo de pintura automotivo são estudos neste trabalho. As impurezas sólidas e impurezas de óxidos e produtos de corrosão foram quantificadas e reproduzidas em corpos de provas. O filme de pintura automotivo tem a função de revestimento da carroceria de automóveis, visando atender aos requisitos de durabilidade, brilho, resistência à choques e adesão entre as camadas. Os testes de avaliação foram realizados em laboratório com corpos de prova pintado em uma montadora de automóvel onde pode-se comparar peças sem impurezas e com impureza. Com base nos resultados dos ensaios do avanço da corrosão em câmara de névoa salina com 500 horas, avaliação do grau de corrosão, avaliação de formação de bolhas e ensaios de aderência do filme de pintura, verifica-se a presença de defeitos evolutivos com a influência do tempo e de agentes externos e internos ao filme de pintura. Para garantir ao sistema de pintura uma boa resistência e que não haja o deslocamento, a formação de bolhas e a corrosão se define um protocolo para identificação e tratamento destas impurezas antes da etapa inicial do processo de pintura o pré-tratamento de superfície. Este trabalho se dá em 4 etapas que são a identificação e quantificação das impurezas, processamento dos corpos de provas com impureza e sem impureza, ensaios realizados baseados nas normas ASTM B117, NBR 11003, NBR 8754, ASTM D610-08, ASTM D714-02, e os resultados para definição de protocolo.

Palavras-chave: impureza, pintura automotiva, pré-tratamento, corrosão, deslocamento, bolhas.

SICHI, A. **Development of methodology and protocol to assess the influence of impurities deposited on the substrate layer in automotive paint.** 2021. Dissertation (Professional Master of Material) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

ABSTRACT

The impact of impurities deposited on the bare plate substrate before the automotive painting process is started are studied in this work. The solid impurities and impurities of oxides and corrosion products were quantified and reproduced in specimens. The automotive paint film has the function of coating the car body, aiming to meet the requirements of durability, brightness, shock resistance and adhesion between layers. The evaluation tests were carried out in the laboratory with specimens painted on an automobile manufacturer where it is possible to compare parts without impurities and with impurity. Based on the results of the tests of the advance of corrosion in a 500-hour salt spray chamber, evaluation of the degree of corrosion, evaluation of bubble formation and adhesion tests of the paint film, the presence of evolutionary defects is verified with the influence time and external and internal agents to the painting film. To ensure that the painting system has good resistance and that there is no de-flaking, the formation of bubbles and corrosion, a protocol is defined for the identification and treatment of these impurities before the initial stage of the painting process, the surface pretreatment. This work takes place in 4 stages which are the identification and quantification of impurities, processing of specimens with impurity and without impurity, tests carried out based on the standards ASTM B117, NBR 11003, NBR 8754, ASTM D610-08, ASTM D714-02, and the results for protocol definition.

Keywords: Impurity, automotive paint, pretreatment, corrosion, debouling, blistering.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA DA LINHA DE GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO A QUENTE DA USIGAL. FONTE: [7]	26
FIGURA 2. ESQUEMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM VEÍCULO. FONTE: O AUTOR...	31
FIGURA 3. PROCESSO DE ESTAMPARIA. FONTE: [18]	33
FIGURA 4. DIAGRAMA DE BLOCOS DO FLUXO DE CARROCERIA. FONTE: [20]	33
FIGURA 5. CAMADAS DE TINTA NA SUPERFÍCIE DA CARROCERIA. FONTE: O AUTOR	35
FIGURA 6. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PINTURA DA CARROCERIA, ADAPTADO DE [23]	36
FIGURA 7. FASES DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE. FONTE: O AUTOR	36
FIGURA 8. APLICAÇÃO DA CAMADA DE CONVERSÃO POR ASPERSÃO. FONTE: O AUTOR	38
FIGURA 9. FASES DO PROCESSO DE ELETRODEPOSIÇÃO DA CAMADA DE CATAFORESE. FONTE: O AUTOR	39
FIGURA 10. APLICAÇÃO DA CAMADA DE CATAFORESE POR IMERSÃO. FONTE: O AUTOR	40
FIGURA 11. EXEMPLIFICAÇÃO DE REVESTIMENTO POR ELETRODEPOSIÇÃO CATÓDICA. FONTE: [14]	40
FIGURA 12. MASSA DE VEDAÇÃO APLICADA AO INTERIOR DO VEÍCULO. FONTE: O AUTOR ..	42
FIGURA 13. APLICAÇÃO DA CAMADA DE PRIMER ATRAVÉS DE BRAÇOS ROBÓTICOS. FONTE: O AUTOR.....	43
FIGURA 14. APLICAÇÃO ROBOTIZADA DA CAMADA DE ESMALTE. FONTE: O AUTOR	44
FIGURA 15. INSPEÇÃO DA CARROCERIA APÓS A PINTURA. FONTE: O AUTOR.....	46
FIGURA 16. MONTAGEM DE ELEMENTOS INTERNOS DO VEÍCULO. FONTE: [27].....	48
FIGURA 17. REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA METAL-TINTA COM UMA IMPUREZA SÓLIDA DEPOSITADA NA CAMADA DO SUBSTRATO. FONTE: O AUTOR	49
FIGURA 18. DIFERENTES FORMAS DE COMO A CORROSÃO PODE SE APRESENTAR. FONTE: [31]	51

FIGURA 19. ASPECTO VISUAL DE CORROSÃO SOBRE O FILME DE PINTURA. FONTE: O AUTOR	52
FIGURA 20. EXEMPLOS DE CORROSÕES COSMÉTICAS E PERFURANTE. FONTE: [33]	53
FIGURA 21. ASPECTO VISUAL DO DESPLACAMETO DO FILME DE PINTURA. FONTE: O AUTOR	54
FIGURA 22. REPRESENTAÇÃO DA FORMAÇÃO DE BOLHAS NO FILME DE PINTURA	55
FIGURA 23. ASPECTO VISUAL DE BOLHAS SOBRE O FILME DE PINTURA. FONTE: O AUTOR..	55
FIGURA 24. FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO TRABALHO. FONTE: O AUTOR.....	56
FIGURA 25. PLACA COM FITA CREPE E IMPUREZA APLICADA. FONTE: O AUTOR	58
FIGURA 26. PLACA APÓS A RETIRADA DO EXCESSO DE IMPUREZA. FONTE: O AUTOR	58
FIGURA 27. PLACA APÓS O PROCESSO DE OXIDAÇÃO FORÇADO. FONTE: O AUTOR.....	59
FIGURA 28. PLACA APÓS APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO 65% E ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO, E APÓS LIXAMENTO. FONTE: O AUTOR.....	59
FIGURA 29. CORPOS DE PROVA POSICIONADOS NA CARROCERIA. FONTE: O AUTOR	60
FIGURA 30. EQUIPAMENTO MEV JEOL. FONTE: [O AUTOR].....	61
FIGURA 31. CORPO DE PROVA NA CÂMARA DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	62
FIGURA 32. EQUIPAMENTO EQUILAN SÉRIE SSE2000. FONTE: O AUTOR.....	62
FIGURA 33. BALANÇA DIGITAL SMIMADZU ATY2224. FONTE: O AUTOR.....	63
FIGURA 34. GABARITO ASTM D610-08 FIGURA 1. FONTE: [40]	64
FIGURA 35. GABARITO ASTM D610-08 FIGURA 2. FONTE: [40]	64
FIGURA 36. GABARITO ASTM D610-08 FIGURA 3. FONTE: [40]	65
FIGURA 37. ASTM D714-02 TAMANHO DA BOLHA Nº 2, FIGURA 1. FONTE: [41].....	66
FIGURA 38. ASTM D714-02 TAMANHO DA BOLHA Nº 4, FIGURA 2. FONTE: [41].....	66
FIGURA 39. ASTM D714-02 TAMANHO DA BOLHA Nº 6, FIGURA 3. FONTE: [42].....	67
FIGURA 40. ASTM D714-02 TAMANHO DA BOLHA Nº 8, FIGURA 4. FONTE: [42].....	67

FIGURA 41. ASPECTOS REPRESENTATIVOS, VIA MEV, DA CAMADA DO SUBSTRATO / IMPUREZA FORMADA SOBRE O SUBSTRATO E OS ESPECTROS DE EDS (AMPLIAÇÃO = 100 VEZES)	71
FIGURA 42. ASPECTOS DOS CORPOS DE PROVA NO ESTADO INICIAL DO TESTE DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	73
FIGURA 43. ASPECTOS DOS CORPOS DE PROVA APÓS EXPOSIÇÃO POR 100 H AO TESTE DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	73
FIGURA 44. ASPECTOS DOS CORPOS DE PROVA APÓS EXPOSIÇÃO POR 200 H AO TESTE DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	73
FIGURA 45. ASPECTOS DOS CORPOS DE PROVA APÓS EXPOSIÇÃO POR 300 H AO TESTE DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	74
FIGURA 46. ASPECTOS DOS CORPOS DE PROVA APÓS EXPOSIÇÃO POR 400 H AO TESTE DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	74
FIGURA 47. ASPECTOS DOS CORPOS DE PROVA APÓS EXPOSIÇÃO POR 500 H AO TESTE DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	74
FIGURA 48. ASPECTOS REPRESENTATIVOS DAS REGIÕES TESTADAS QUANTO A ADERÊNCIA DO FILME DE PINTURA EM SUPERFÍCIE LISA. FONTE: O AUTOR	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COLETA DE DADOS DE DEFEITOS NA CARROCERIA AO ENTRAR NO PROCESSO DE PINTURA. FONTE: O AUTOR.....	57
TABELA 2. CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE ADERÊNCIA CONFORME. FONTE: [35]	69
TABELA 3. PERDA DE MASSA DO CORPO DE PROVA APÓS ENSAIO DE NÉVOA SALINA. FONTE: O AUTOR	72
TABELA 4. AVALIAÇÃO DE CORROSÃO NA SUPERFÍCIE DO FILME DE PINTURA SEGUNDO A NORMA ASTM D610-08. FONTE: O AUTOR.....	75
TABELA 5. AVALIAÇÃO DE FORMAÇÃO DE BOLHAS SEGUNDO A NORMA ASTM D714-02. FONTE: O AUTOR	75
TABELA 6. ADERÊNCIA DO FILME DE PINTURA DOS CORPOS DE PROVA USADOS NOS TESTES DE CORROSÃO. FONTE: O AUTOR.....	76
TABELA 7. RESUMO DOS ENSAIOS REALIZADOS. FONTE: O AUTOR.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CP	Corpo de Prova
GHS	Sistema globalmente harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos
HDG	Hot Dip Galvanized (Aço Galvanizado por Imersão a Quente)
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)
GM	General Motors
KTL	Kathodische Tauch Lackierung (Pintura catódica por imersão)
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
NBR	Norma Brasileiras Regulamentadora
PVC	Polyvinyl Chloride (Policloreto de Polivinila)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
1.2. OBJETIVO	23
1.3. JUSTIFICATIVA	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1. MATERIAL PROTETIVO - REVESTIMENTO	25
2.1.1. <i>Metais - Aços revestidos</i>	25
2.1.2. <i>Compósitos - Revestimento não metálico inorgânico</i>	27
2.1.2.1. Fosfotização	27
2.1.2.2. Nanotecnologia	28
2.1.3. <i>Polímeros - Revestimento não metálico orgânico</i>	28
2.1.3.1. Tintas.....	28
2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM VEÍCULO	31
2.2.1. <i>Chaparia</i>	32
2.2.2. <i>Pintura</i>	34
2.2.2.1. Tratamento de superfície (Pré-tratamento).....	36
2.2.2.2. Aplicação da camada de Cataforese	39
2.2.2.3. Vedação.....	41
2.2.2.4. Aplicação da camada de primer	42
2.2.2.5. Aplicação da camada de esmalte e de verniz.....	44
2.2.2.6. Acabamento	45
2.2.3. <i>Montagem das Peças</i>	47
2.3. IMPUREZAS SOBRE O FILME DE PINTURA	48
2.3.1. <i>Tipos</i>	49
2.4. DEFEITOS DE PINTURA AUTOMOTIVA	50

	20
2.4.1. Corrosão	50
2.4.1.1. Tipos de corrosão em carrocerias de automóveis.....	52
2.4.1.2. Ensaio de corrosão	53
2.4.2 Desplacamento.....	53
2.4.3 Bolhas	54
3. MATERIAIS E MÉTODOS	55
3.1 IMPUREZAS.....	56
3.1.1 Procedimento para aplicação de impureza	58
3.2. PROCESSAMENTO DOS CORPOS DE PROVA	59
3.3. ENSAIOS	60
3.3.1. Caracterização do corpo de prova e impurezas.....	60
3.3.1.1. MEV e EDS.....	60
3.3.2. Névoa salina - salt spray.....	61
3.3.3. Perda de massa do corpo de prova	62
3.3.4. Avaliação do grau de corrosão	63
3.3.5. Avaliação do grau de bolhas	65
3.3.6. Teste de aderência.....	68
3.4 RESULTADOS E PRODUTO	69
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO CORPO DE PROVA COM E SEM IMPUREZA	70
4.2. ENSAIO ACELERADO EM CÂMARA	72
4.2 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DO FILME DE PINTURA	76
5. CONCLUSÕES	78
6. TRABALHOS FUTUROS.....	80
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Desde a criação do automóvel em 1896, pode-se dizer que muita coisa mudou. Naquele tempo, o automóvel era símbolo do romantismo, da individualidade e do poder. Hoje mais de cem anos depois o automóvel passou a representar, mas do que um sonho de consumo, para ocupar na vida das pessoas o espaço de bem útil e necessário.

O setor automotivo tem importante participação na estrutura industrial mundial. No Brasil, representa cerca de 22% do PIB industrial. Devido aos seus encadeamentos, é um setor cujo desempenho pode afetar significativamente a produção de vários outros setores industriais [1].

De acordo com a Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobile (OICA), a produção mundial de veículos em 2016 foi de 72,1 milhões de unidades, dos quais 1,77 milhões foram produzidos no Brasil, o que o classifica como 10º maior produtor mundial de veículos, atrás da China, Estados Unidos, Japão, Alemanha, Índia, Coreia do Sul, México, Espanha e Canadá [1].

A pintura de um automóvel é sem dúvida um dos requisitos de qualidade mais visíveis e palpáveis, sendo a qualidade e a cor do acabamento determinante para a opção de compra deste ou daquele modelo. A pintura automotiva consiste em conferir as chapas que compõe a carroceria 5 camadas de tinta como revestimento de proteção: nanocamada (nanotecnologia), cataforese, primer, esmalte e verniz. O filme de pintura varia entre 80 e 120 μ conforme o processo aplicado e necessidades do fabricante em relação as normas internas e a o tempo de anticorrosão que é aplicado em garantia para o veículo.

Os defeitos gerados no processo de pintura automotiva em sua grande maioria estão relacionados ao impacto visual, denominado aspecto e sendo perceptíveis pelo cliente logo após o acabamento final. Estes defeitos devido as normas de aspecto final ao cliente, na maioria das montadoras geram em torno

de 5 à 8 % de retrabalho, sendo que destes defeitos 35% em média relacionados a impurezas (sujeiras) depositados sobre as camadas de pintura [2]. Estes sendo os que são perceptíveis diretamente pelo cliente, porém temos a corrosão, o deslocamento e as bolhas que passa a ser visível após o tempo de utilização e a ação de agentes externos vindo a gerar desgaste ou perda do metal empregado na estrutura do automóvel.

Para execução deste trabalho foram utilizadas as instalações de uma montadora automotiva para preparação dos corpos de prova e os ensaios de névoa salina, MEV, rugosidade e aderência.

1.2. Objetivo

O presente estudo tem por objetivo avaliar o impacto das impurezas depositadas nas chapas galvanizadas à quente por imersão (HDG) antes que seja dado o início a etapa de pré-tratamento no processo de pintura automotiva, o qual pode vir a gerar a corrosão, bolhas e deslocamento após a aplicação da camada final de pintura automotiva.

A etapa do pré-tratamento é a etapa de limpeza e aplicação da camada de conversão sobre o substrato da chapa nua, que é de suma importância na indústria automotiva para o tratamento das carrocerias antes de receber o filme de pintura. Se essas etapas não forem realizadas de forma correta pode haver a ocorrência prematura dos defeitos de corrosão, bolhas e deslocamento do filme de pintura impactando na qualidade e credibilidade do produto. Assim sendo, o processo torna-se ainda mais necessário e indispensável.

Deste modo o presente trabalho visa a elaboração de um protocolo para garantir que o substrato da chapa nua chegue no processo de pintura, em sua etapa inicial o pré-tratamento, sem a presença de impureza que venha a impactar negativamente o filme de pintura num primeiro momento ao final do processo e ao longo da garantia do veículo ao cliente final.

1.3. Justificativa

O processo de pintura automotivo e sua etapa de tratamento de superfície são essenciais para que se tenha um aspecto final do veículo e também a manutenção ao longo do tempo da garantia do veículo quanto a durabilidade de sua anticorrosão, por isso se faz necessário garantir que se tenha uma camada de substrato isenta de impurezas sólidas e impurezas de óxidos e produtos de corrosão ao entrar no processo de pintura.

Gerando a montadora um menor impacto nos custos de retabalho em sua etapa final de produção e custos em garantia do veículo, propiciando a redução de custo a montadora e melhorando o índice de satisfação do cliente final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Material protetivo - revestimento

O revestimento protetivo é uma maneira de se prevenir o desenvolvimento de um processo corrosivo em um material, evitando-se o contato direto entre o mesmo e o ambiente que o envolve, pois é a atmosfera o meio pelo qual os elementos fundamentais que desencadeiam esse fenômeno são fornecidos. Esse meio de separação é obtido pelo recobrimento do metal através do revestimento metálico do aço e da pintura, que são dois tipos de revestimentos utilizados na proteção, não só de carrocerias automotivas, mas também de autopeças, plantas industriais e outros tipos de construções e, até mesmo de eletrodomésticos, podendo conferir a eles aumento de vida útil e características mecânicas e superficiais desejáveis.

2.1.1. Metais - Aços revestidos

Os revestimentos metálicos não servem apenas para fins de proteção contra a agressividade do meio, pois através deles é possível alcançar efeitos decorativos para a peça, endurecimento superficial e alteração de propriedades elétricas. Porém, na prevenção da corrosão, a proteção ocorre por meio da formação de película contendo material metálico que reage com as substâncias oxidantes presentes na atmosfera envolvente. Este revestimento metálico do aço usualmente é chamado de substrato.

Os metais mais utilizados nesse tipo de revestimento são cromo, alumínio, níquel e zinco, sendo este último o metal mais indicado para a proteção superficial de estruturas metálicas, e que também é o metal utilizado no revestimento de chapas destinadas à indústria automotiva. No caso das carrocerias, o revestimento com zinco é aplicado, principalmente, por meio dos processos de imersão à quente (também chamada de zincagem à fogo) ou eletrodeposição [3].

Imersão à quente: nele, o substrato de aço é imergido no metal de proteção fundido. Quando o metal de proteção usado é o zinco, o processo é

denominado galvanização, ou também zincagem à quente, são aços largamente usados em indústrias, especialmente no seguimento automotivo, pois são muito indicados para aplicações onde os aços serão submetidos à estampagem, garantindo as propriedades mecânicas necessárias para que o mesmo seja conformado adequadamente [4].

O zinco confere grande versatilidade ao processo por conta da sua elevada resistência à corrosão atmosférica. Outros materiais comuns de serem aplicados por esse processo são estanho (estanhagem), cobre (copperweld) e alumínio (aluminização) [5]. Segundo a norma NBR 7008 que especifica as características superficiais que as chapas revestidas com zinco por meio desse processo devem ter, e afirma que a resistência à corrosão será tão maior quanto maior for a quantidade de massa de revestimento [6]. Porém essa quantidade deverá ser equilibrada com o grau necessário de conformabilidade que a chapa deverá apresentar, visto que o aumento da primeira ocasiona na redução da segunda.

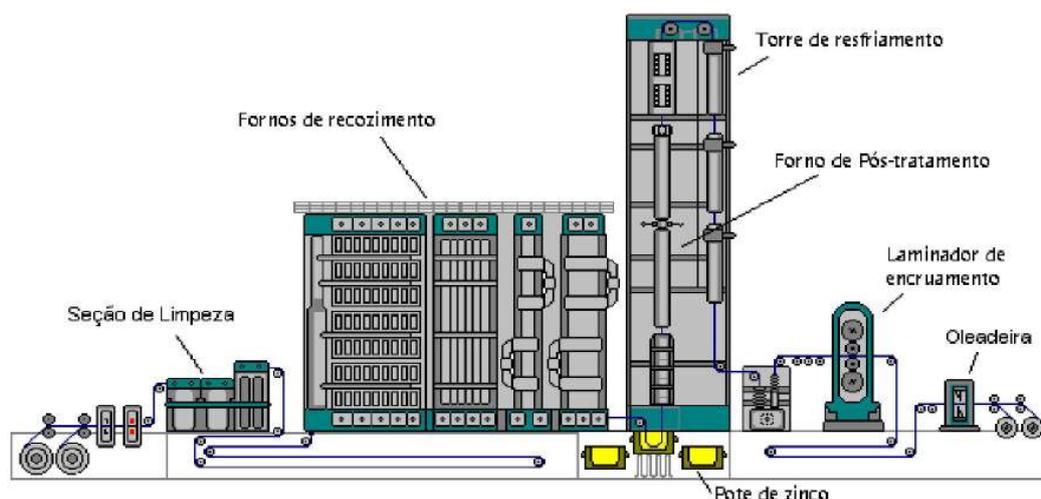


Figura 1. Esquema da linha de galvanização por imersão a quente da Usigal. Fonte: [7]

Eletrodeposição: processo pelo qual a camada metálica depositada confere um revestimento de alta qualidade, originando uma película fina e contínua de filme de proteção, com ausência de formação de poros. Nele, o componente a ser protegido atua como ânodo, e é imergido em uma solução

contendo o material do revestimento carregado com o polo oposto, por onde passa corrente elétrica. Dessa forma, as partículas do revestimento são atraídas ao substrato metálico promovendo uma excelente cobertura até mesmo em partes como cantos e saliências, como não seria possível através de qualquer outro tipo de processo. Além do zinco, os metais de revestimento também aplicados através dessa técnica são o ouro, cromo, níquel, cádmio e liga de cobre-prata [5].

2.1.2. Compósitos - Revestimento não metálico inorgânico

São revestimentos aplicados como pré-tratamentos de superfícies metálicas, também utilizados na proteção da carroceria de um veículo. Em relação à pintura no ramo automotivo, o pré-tratamento corresponde à etapa da pintura que antecede à dos revestimentos do tipo não metálico orgânico, e consiste numa camada de revestimento aplicada sobre a chapa de aço galvanizado com o objetivo de aumentar o nível de resistência à corrosão do material e promover a aderência das camadas de tinta que serão, posteriormente, aplicadas, conferindo boa qualidade estética superficial a elas. São também conhecidos como camada de conversão, e, quando utilizadas no revestimento de carrocerias, são empregados, principalmente, dois tipos delas: camada de fosfato de zinco, conhecida como fosfotização, e nano tecnologia [8].

2.1.2.1. Fosfotização

A possibilidade de aplicação desse revestimento para proteção abrange vários tipos de metais além dos aços, sendo também comumente aplicado em substratos de alumínio, cádmio e magnésio. É um tipo de pré-tratamento antigo e o mais frequentemente utilizado na indústria automobilística, e também, para proteção de materiais ferrosos e não ferrosos [9]. É aplicado na carroceria por meio de banhos de fosfato à temperatura ambiente, e é um revestimento que apresenta alta resistência contra atmosfera salina além de intensificar sua proteção contra corrosão quando unido à um processo posterior de pintura.

Porém, o emprego desse tipo de revestimento, acarreta no inconveniente da produção de substâncias poluidoras, agredindo o meio ambiente. A fim de se resolver tal problema, indústrias do ramo se empenharam no desenvolvimento de novas tecnologias através das quais pudessem ser atingidos os pré-requisitos de proteção e qualidade superficial estabelecidos para as carrocerias dos automóveis. Dessa maneira, foi concebido o revestimento por nano tecnologia.

2.1.2.2. Nanotecnologia

Corresponde à uma camada manométrica aplicada, também chamada de pré-tratamento verde. Segundo Paint&Pintura [10], comparado ao tipo de revestimento citado acima, essa é uma camada que fornece proteção à longo prazo livre de substâncias tóxicas, além de ser mais econômica, pois suas etapas de aplicação demandam um nível de consumo de água inferior. É uma camada que consiste em uma película fina de revestimento (ainda mais fina que a alcançada por fosfotização, e de maior qualidade) aplicada na proteção de metais em processos que fazem uso de tintas à base de água, e que também interfere no aspecto visual do produto acabado, porque promove melhor aderência das camadas subsequentes [10].

2.1.3. Polímeros - Revestimento não metálico orgânico

São revestimentos aplicados à superfície da carroceria após ela ter sido protegida com uma das camadas de pré-tratamento abordadas nos dois tópicos anteriores, e que também é identificada como pintura industrial. Para outros tipos de aplicações, essa proteção também é empregada na forma de revestimentos com borracha e para tubulação enterrada.

2.1.3.1. Tintas

São componentes utilizados no recobrimento do metal a ser protegido, que formam um filme que o isola do eletrólito contido no meio, inviabilizando assim, o prosseguimento do processo corrosivo por não permitir que uma pilha eletroquímica se forme na região revestida.

É o meio de proteção mais utilizado em revestimentos para fins anticorrosivos [11], principalmente por causa do baixo custo que ela apresenta e pela aplicação simples [5]. Porém, para que os objetivos de proteção e acabamento superficial que ela confere sejam alcançados, é absolutamente necessário que a superfície a ser protegida seja suficientemente limpa, ficando livre de óxidos, óleos, partículas sólidas e qualquer tipo de impureza, pois a partir deles é que são originados problemas de aderência das camadas aplicadas e que são iniciados processos corrosivos. Esta limpeza será comentada no tópico 2.2.2.1 posteriormente.

As tintas desenvolvidas para aplicação em automóveis devem ser produzidas visando atender aos padrões de propriedades essenciais requeridos a elas, quanto à durabilidade da cor, brilho, resistência à corrosão e à choques, mantendo-as, durante um determinado período mínimo de tempo, através da correta adesão entre todas as camadas e, elas, ao metal de base [5], permanecendo firmes ao mesmo. Essas tintas podem ser ou à base de solventes, ou à base de água, essa é sua classificação básica [12]. Apesar dos nomes, ambos os tipos contêm solventes em sua composição, só que nas tintas à base de água, eles estão presentes em considerável menor quantidade [13], que é uma característica importante desses tipos de tinta, porque os solventes, ao serem evaporados (na secagem da película da tinta), emitem poluentes atmosféricos tóxicos. Essa é a razão pela qual esse tipo de tinta foi desenvolvido, sendo utilizada em substituição às tintas à base de solventes, considerando o cenário de crescente preocupação dos fabricantes de veículos em relação aos danos causados ao meio ambiente por meio do processo de fabricação de automóveis [14].

Porém, independentemente da sua classificação, elas são formadas por 4 elementos básicos: pigmento, resinas, líquido e aditivos [15].

Pigmento: são substâncias que conferem cor e capacidade de cobertura à tinta, que podem ser sintéticas ou naturais, e, geralmente, são insolúveis (quando são solúveis são chamadas de corantes). Alguns exemplos de componentes empregados nas tintas, que possuem essa função, são o dióxido de titânio, carbonato de cálcio, sílica e silicato de alumínio [15].

Resina: também chamada de ligante ou veículo sólido, tem a função de aglomerar as partículas de pigmento, conferindo à tinta, principalmente, características como adesão, resistência à abrasão e dureza, podendo ela ser sintética ou natural (para tintas à base de água, apenas natural). Ou seja, é ela o elemento que garante a aderência às superfícies às quais as tintas serão aplicadas [15].

Líquido: é a parte da tinta que mantém seus demais componentes dissolvidos ou inertes nela, e, após a aplicação da mesma, essa parte líquida evapora completamente, dando origem à película protetiva. Nas tintas à base de água, sua maior parte consiste na própria água, que mantém a resina dispersa pela tinta, sendo o restante de sua composição formada por solventes coalescentes adicionados com o objetivo de amolecê-la, já que ela não pode ser dissolvida por essa mistura. Nas tintas à base de solvente, a parte líquida, em sua maioria, é constituída pelos solventes, que são substâncias inflamáveis adicionadas com o objetivo de dissolver a resina [15].

Aditivos: são substâncias adicionadas aos demais componentes, em baixas concentrações (em torno de menos de 5% da composição total), a fim de conferir propriedades desejáveis à tinta, como maior vida útil, maior homogeneidade do filme de tinta na aplicação, melhor cobertura, resistência, entre outros objetivos [15].

Após a aplicação das tintas, em pintura industrial, se procede a secagem da mesma, processo chamado de cura, onde ocorre a evaporação dos aditivos, água e solventes, e pode acontecer à temperatura ambiente ou a temperaturas mais elevadas (em estufas).

Em relação à aplicação das tintas na superfície do metal galvanizado, caso das chapas de aço utilizadas nas carrocerias dos automóveis como anteriormente já foi mencionado, podem haver problemas relacionados à sua adesão ao mesmo, principalmente pelo motivo da presença de impurezas em quantidades acima do permitido para a correta aplicação do revestimento de proteção, porém, sua adesão também é afetada, de maneira positiva, pelo emprego, em camada anterior à ela, dos revestimentos metálicos, explicitados nos tópicos 2.1.2.1. e 2.1.2.2., que, entre outras aplicações, também têm o

objetivo de intensificar o grau de ancoragem entre a pintura e a carroceria, promovendo a união mais eficiente das camadas de revestimento.

No caso de tintas desenvolvidas para o uso em revestimento da carroceria de automóveis, é imprescindível que elas sejam formuladas visando atender aos requisitos de durabilidade da cor, brilho, resistência à choques e adesão entre todas as camadas utilizadas, além de se enquadrarem aos padrões legais no que diz respeito à saúde, segurança e meio-ambiente, promovendo seu desenvolvimento seguro.

2.2. Processo de fabricação de um veículo

O processo de fabricação de um veículo é constituído por três etapas principais, sendo elas: Chaparia, Pintura e Montagem das peças. Porém existe também as etapas e setores de apoio como: Compras, Logística, Recursos Humanos, Financeiro, Utilidades (setor que realiza a distribuição de energia, água, tratamento de efluentes, etc), Marketing entre outros.



Figura 2. Esquema do processo de fabricação de um veículo. Fonte: O Autor

Quando da instalação da Ford no Brasil em 1919 foi o pontapé inicial para o desenvolvimento das indústrias automobilísticas brasileiras. Pouco tempo depois da vinda da Ford, mais precisamente em 1925, a General Motors (GM) instalou-se no Brasil.

Em meados da década de 50 o então presidente do Brasil, Juscelino Kubitschek instalou o programa de metas que teve enfoque na indústria

automobilística, foi denominado de 50 anos de progresso em 5 anos de governo. Este programa foi um dos motivos que fez com que a Volkswagen se instalasse no Brasil [16].

No Brasil durante os últimos anos vem se aumentando participação na produção mundial, apesar de esta ser ainda pequena, o que influenciou em uma série de mudanças a partir dos anos 1990. Introduziu-se inovações tecnológicas nos processos (automação), mudanças organizacionais (condomínios industriais) e diferenciação de produtos.

2.2.1. Chaparia

O processo de chaparia que também pode ser chamado de estruturação representa cerca de 60% de todo o produto final e é comumente subdividida em duas etapas, Estamparia e Funilaria. Atualmente as empresas podem ter os dois processos dentro de sua planta ou terceiriza-lo recebendo as peças já moldadas.

Segundo Quinello [17] na etapa de Estamparia são utilizadas chapas de aço galvanizado com espessuras que variam entre 1,0 mm e 2,0 mm, onde a de menor espessura é utilizada para a fabricação de componentes móveis os quais não exigem sustentar impactos ou pesos e as de maior espessura são usadas para a fabricação de partes pesadas do veículo como, por exemplo, a necessidade de resistir a pesos e impactos dos outros itens do produto final. Estas chapas são tratadas quimicamente e modificadas para as dimensões e formatos desejados.

Os elementos destas peças são produzidos por intermédio da moldagem de chapas de aço galvanizado, onde essa transformação ocorre por prensas ajustadas em moldes específicos de cada peça. As peças sofrem forças mecânicas, aplicadas de cima para baixo na chapa, com o corte em conformidade ao modelo desejado. Nesta etapa as peças recebem as furações que serão necessárias para o encaixe das demais partes do veículo que serão montadas durante todo o processo de fabricação do mesmo, conforme a Figura 3. As peças como portas, capot, componentes laterais, tampa traseira e chassi entre outros, em condição final da etapa de estruturação, são enviadas para a próxima etapa, a Funilaria.



Figura 3. Processo de Estamparia. Fonte: [18]

Segundo Trevizan [19] na etapa de Funilaria é realizada a solda e união de painéis. Esta etapa contempla dois fluxos, o fluxo de Carrocerias e o fluxo das partes móveis, pois a soldagem, reforço e acabamento dessas partes são diferenciados.

O fluxo de carroceria é dividido em solda nível 1, solda nível 2, solda de reforço e finalização da carroceria, linha de conformidade e finalização, sessão de conformidade e composição de partes móveis [Amorin, 2016]. Abaixo, na figura 2, pode-se visualizar o diagrama de blocos do fluxo de carroceria.

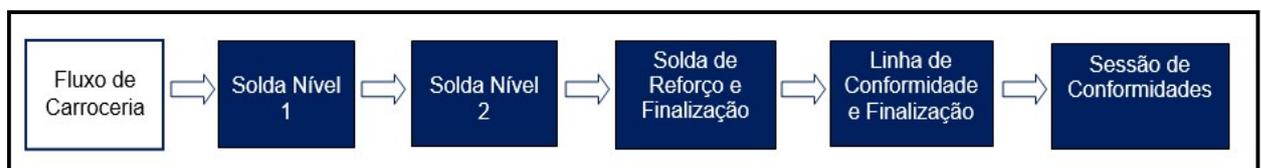


Figura 4. Diagrama de blocos do fluxo de Carroceria. Fonte: [20]

A etapa de solda nível 1 é realizada predominantemente por mão de obra humana, nela é feita a solda da longarina, que é uma das principais sustentações do chassi, veículo e assoalho. Paralelamente ao processo de solda desses componentes ocorre a solda dos moldes laterais das carrocerias. Após o término, a carroceria é enviada para a segunda etapa denominada solda nível 2.

Na etapa de solda nível 2 é composta em sua maioria por robô. As carrocerias são identificadas por sensores que reconhece o veículo que será montado, nessa linha são criados pontos de solda na carroceria e a mesma passa a ter estruturação desejada e é encaminhada para a próxima linha.

A etapa de soldas de reforço e finalização de carroceria tem por finalidade soldar toda a carroceria, com o intuito de reforçar os componentes uns aos outros e garantir a qualidade do produto. Já a linha de conformidade e finalização conserta inconformidades produzidas propositalmente nas carrocerias para facilitar a execução durante o processo. O fluxo das partes móveis é um fluxo paralelo ao fluxo de carroceria, é através desse fluxo que as partes móveis como capot e tampa traseira são deslocados no processo.

Depois da montagem final da carroceria, a mesma é enviada para a linha de sessão de conformidade onde é submetida a um processo com a finalidade de arredondar os pontos visíveis. Na linha de montagem de partes móveis são colocadas as dobradiças logo após o término do processo ocorre uma verificação total da carroceria. Estando em conformidade com os padrões de qualidade, a mesma é direcionada para o próximo processo, sendo a pintura. E estando não conforme, a mesma é direcionada para o setor de retrabalho.

2.2.2. Pintura

O processo de pintura automotivo, contempla o preparo das chapas galvanizadas até o acabamento final após a pintura, incluindo todas as suas etapas subsequentes. Este processo é o fundamento que permite a união das características almejadas relacionadas à estética e à durabilidade do revestimento, conferindo o embelezamento do automóvel e promovendo o elo entre a excelência da proteção e a aparência final do ativo. A operação ocorre em uma linha de produção intermitente de maneira que o deslocamento das carrocerias é feito por meio de plataformas que as recebem, chamadas skids [21].

Segundo a norma ISO 4618 [22], tinta é um produto líquido ou em pó que quando aplicado sobre o substrato forma uma película opaca, com características protetoras decorativas ou técnicas particulares.

A pintura automotiva consiste em conferir às chapas que compõe a carroceria 5 camadas de tinta como revestimento de proteção: nanocamada (nanotecnologia), cataforese, primer, esmalte e verniz.



Figura 5. Camadas de tinta na superfície da carroceria. Fonte: O Autor

O filme de pintura varia entre 80 e 120 μ conforme o processo aplicado e necessidade do fabricante em relação as normas internas e ao tempo esperado de anticorrosão que é aplicado em garantia para o veículo.

O esquema apresentado a seguir na figura 6, reflete a sequência das etapas básicas em uma unidade produtiva de pintura automotiva, são divididas em:

- 1) Tratamento de superfície (pré-tratamento);
- 2) Aplicação da camada de cataforese;
- 3) Vedação;
- 4) Aplicação da camada de primer;
- 5) Aplicação da cama de esmalte;
- 6) Aplicação da camada de verniz; e
- 7) Acabamento.

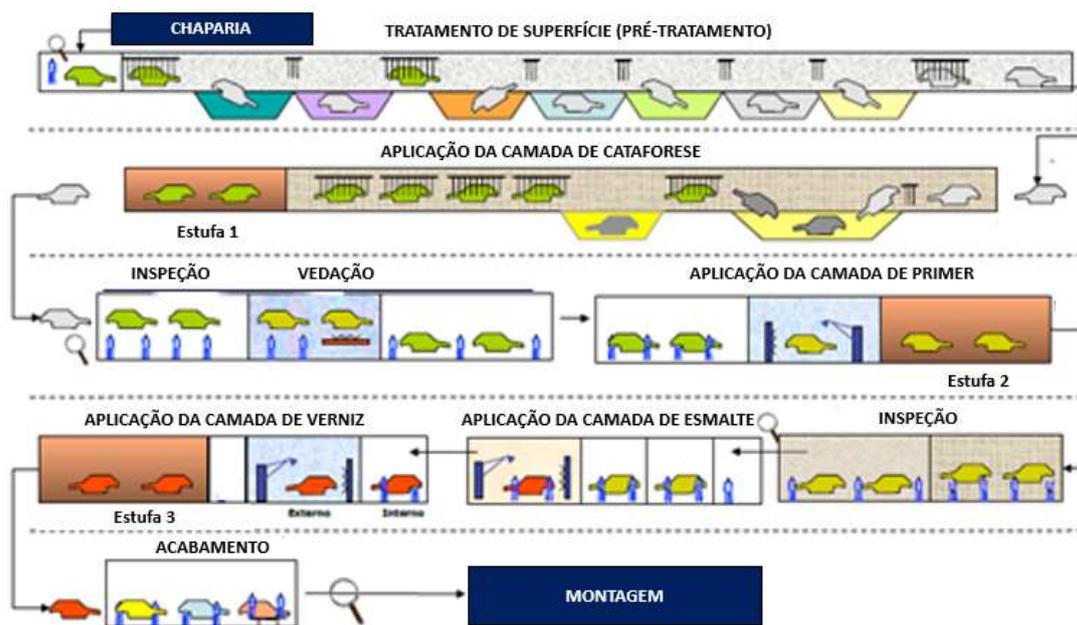


Figura 6. Fluxograma do processo de pintura da carroceria, adaptado de [23]

2.2.2.1. Tratamento de superfície (Pré-tratamento)

O tratamento de superfície é denominado de pré-tratamento de metais para a pintura que tem a finalidade de converter ou proteger uma superfície metálica por meio de uma reação química, cujo resultado é a formação de uma camada de conversão sobre a superfície do substrato metálico.

O processo de pintura se inicia na etapa de Pré Tratamento, onde é realizada a limpeza da carroceria através do desengraxe primário. Nesse estágio o desengraxe é feito por meio de jatos pulverizados e banhos de imersão de água industrial [24].

Este processo é dividido em 4 fases: desengraxe e limpeza, enxágue, camada de conversão e enxágue com água deionizada.

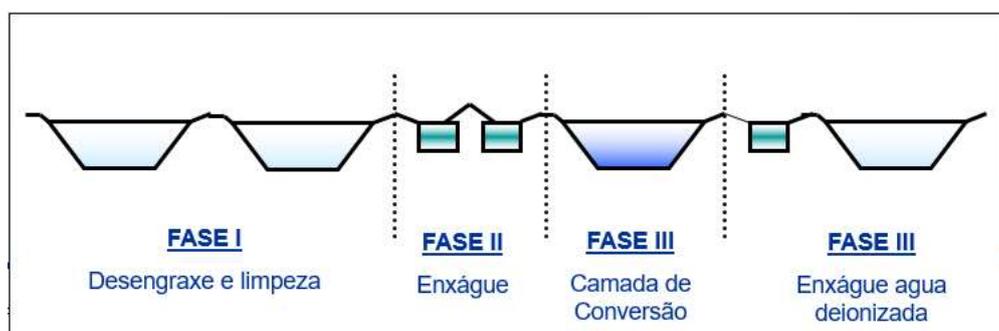


Figura 7. Fases do tratamento de superfície. Fonte: O Autor

Fase I:

Envolve as operações de limpeza e preparação da superfície da carroceria para que a mesma receba a aplicação das posteriores camadas de tinta. A carroceria recebida é formada de chapas de aço carbono revestidas com uma camada de zinco, esta camada é subsequente ao processo de galvanização por imersão a quente. Estas chapas são fornecidas com óleo protetivo resinado a fim de evitar que as chapas venham a oxidar devido à exposição ao tempo ou às condições de estocagem.

Tendo, também, acabado de passar por processos de conformação, na chaparia, onde é montada toda a estrutura do automóvel, a carroceria se encontra repleta de sujidades, como excesso de óleo, poeira, óxidos, contaminantes em geral, que precisam ser removidos para a apropriada aplicação das camadas subsequentes, se encontrando convenientemente limpas, a fim de que a aderência das mesmas não seja prejudicada. Por essa razão, a etapa de pré-tratamento da superfície configura uma fase indispensável do sistema de pintura da carroceria de um automóvel, sendo nela que a corrosão pré-matura da mesma é evitada, não permitindo que ela se propague através das etapas seguintes de revestimento, impactando negativamente na qualidade e credibilidade do ativo, como já comentado anteriormente.

Nelas, a carroceria é banhada por uma solução composta por água industrial e uma substância tensoativa desengraxante, ora feito por meio de aspersão, através de jatos pulverizados, ora por meio de imersão da carroceria em um tanque contendo essa solução.

Os banhos efetuados no processo de pintura têm como variáveis básicas controladas a concentração das soluções utilizadas no mesmo, a temperatura dos líquidos empregados, de maneira que o uso de temperaturas mais elevadas favorece a diluição dos resíduos, fazendo com que eles saiam com maior facilidade.

Fase II:

É realizado o enxágue com o objetivo de diluir substâncias contidas no banho anterior, como sais, removendo resíduos dos desengraxantes aplicados,

evitando seu possível arraste para as seguintes etapas. Os banhos são considerados as fases que garantem o sucesso do processo de eletrodeposição.

Sua finalidade é deter as reações e remover resíduos da solução desengraxante, tais como: óleo emulsionado, resíduos alcalinos, resíduos solúveis, etc. Evitando assim a contaminação dos estágios subsequentes.

Fase III:

Consiste na aplicação sobre a superfície metálica uma camada de conversão, nanotecnologia, que substitui o processo de fosfotização comumente utilizado pela maioria dos fabricantes de veículos automotivos. A aplicação é feita por meio de aspersão, produzindo uma camada que confere intensificação da resistência à corrosão da carroceria e que melhora a aderência entre a superfície galvanizada e a camada de tinta protetiva aplicada na sequência, evitando que ocorra o seu deslocamento em relação ao substrato metálico, e a consequente exposição do mesmo a condições nocivas presentes na atmosfera envolvente, aumentando a durabilidade do produto submetido à ambientes corrosivos.

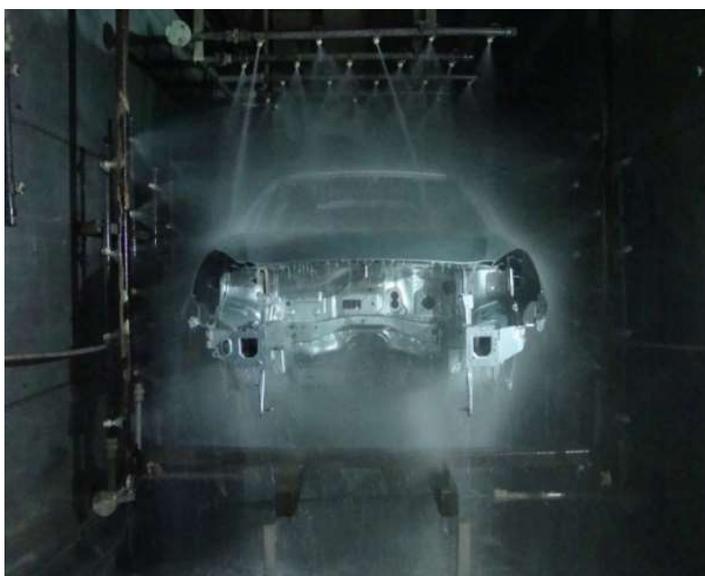


Figura 8. Aplicação da camada de conversão por aspersão. Fonte: O Autor

Esta camada de conversão consiste na transformação da superfície metálica, altamente instável e condutora (Ferro, Aço, Zinco, Alumínio (ligas)) numa superfície Inerte e semicondutora com deposição de camada Nanométrica de Zircônio e Polímeros de silanos.

Contudo apenas o emprego da camada de conversão não garante proteção satisfatória em relação à corrosão, pois sua efetividade está em ser

empregada em conjunto com as camadas de tinta que compõe o sistema de pintura automotiva.

Fase IV:

Sua finalidade é deter as reações e remover resíduos da solução da cama da conversão, bem como, sais solúveis, evitando manchas de secagem ou acúmulo de produto e evitando a contaminação dos estágios seguintes.

O enxágue dessa camada, que antecede a aplicação da camada de cataforese, é feito apenas com água deionizada, pois os íons contidos no banho interferem no processo de eletrodeposição, prejudicando a eficiência do seu emprego.

2.2.2.2. Aplicação da camada de Cataforese

Este processo também é conhecido como KTL que vem da expressão alemã “Kathodische Tauch Lackierung” que significa “pintura catódica por imersão” (VITOR, et al. 2018). A aplicação da camada de cataforese é um processo de eletrodeposição onde é aplicado um revestimento anti-corrosivo com a finalidade de proteger a carroceria contra a oxidação, este processo é realizado no tanque de cataforese conforme figura 9.

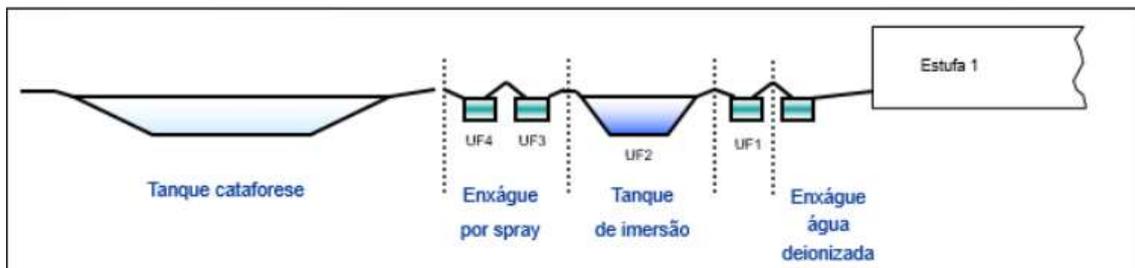


Figura 9. Fases do processo de eletrodeposição da camada de cataforese. Fonte: O Autor

O processo de eletrodeposição ocorre através da imersão da carroceria em um banho de resina orgânica, pigmentos, solventes e água, passando por uma corrente elétrica contínua.



Figura 10. Aplicação da camada de cataforese por imersão. Fonte: O Autor

A carroceria é ligada a um pólo sendo que no outro pólo os eletrodos são colocados nas paredes do tanque ou no próprio tanque. As partículas de tinta, inicialmente, migram para as áreas de maior intensidade do campo elétrico, ali se depositando. O revestimento de tinta já depositado não conduz eletricidade, dessa forma a tinta migra para outros cobrindo toda a superfície da carroceria. Com esse processo de pintura é formada uma camada uniforme em toda a superfície, proporcionando uma excelente cobertura das pontas, cantos e arestas [14].

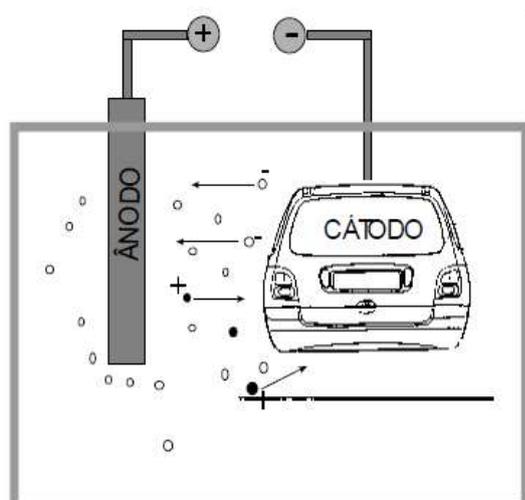


Figura 11. Exemplificação de revestimento por eletrodeposição catódica. Fonte: [14]

Após a aplicação da tinta, a carroceria passa pelas fases de enxágue por spray, pelo tanque de imersão e pelo enxágue água deionizada para a remoção

do excesso de material particulado (sólidos da tinta) contido na sua superfície e para manter o filme do revestimento uniforme. Posteriormente é conduzida à uma estufa, onde ficará em torno de 14 minutos para que haja a cura e polimerização adequada da camada de cataforese depositada.

Atualmente, quase 100% dos automóveis fabricados utilizam esse tipo de revestimento, além de ser empregado, também, em muitos outros tipos de equipamentos e peças [10].

Esse tipo de revestimento só costuma ser empregado em peças metálicas, pois a proteção obtida por meio dele só é possível através da condução de eletricidade ao longo da superfície do componente a ser protegido.

2.2.2.3. Vedação

Este processo consiste na aplicação de uma massa de vedação à base de PVC, um material viscoso termocurável, por meio de pistola pressurizada em regiões da carroceria do automóvel, o mesmo auxilia o fechamento da união entre chapas das carrocerias evitando o acesso ao pó e sujeira e proporcionando uma melhoria na estética de alguns contornos e extremidades de painéis.

Além disso, ela também é empregada em regiões com grandes chances de receberem impactos (como de pedras por exemplo), pois aumenta a resistência à choques que possam ocorrer no local. Também nessa etapa é que ocorre a aplicação de placas termofundentes em pontos específicos do interior do veículo com o objetivo de reduzir os ruídos produzidos durante a movimentação do mesmo, promovendo um ambiente mais confortável para os passageiros, de maneira que, quanto maior for a quantidade de regiões do automóvel protegidas por esse material, menos ruídos o veículo produzirá, o que costuma encarecer seu custo. Depois disso, é feita uma limpeza manual na carroceria, para que qualquer sujeira que possa ter sido depositada na superfície da mesma durante o trajeto seja retirada, sendo então encaminhada para os próximos estágios.



Figura 12. Massa de vedação aplicada ao interior do veículo. Fonte: O Autor

2.2.2.4. Aplicação da camada de primer

É realizada em uma cabine de pintura com a aplicação do primer, assim como da base e o verniz, é feita por aspensão eletrostática de forma robotizada, de maneira que os sólidos da tinta são carregados com, em torno de, 7000 volts, e quando pulverizadas, essas partículas são atraídas pela carroceria que está aterrada, conferindo uma melhor cobertura da mesma.

O primer é a camada que antecede o recobrimento com as tintas de acabamento (esmalte e verniz), sua função é conferir o nivelamento da superfície tratada suavizando possíveis defeitos e irregularidades existentes nessas regiões das chapas, processo esse que é iniciado com o revestimento com cataforese que é intensificado nesta etapa. Também promove melhores absorção e aderência das camadas a serem depositadas em sequência, atuando como um elo que melhora a interação entre a camada protetiva anteriormente aplicada (cataforese) e as de acabamento que virão, o que ocasiona no aumento da firmeza das suas ligações, diminuindo as chances de vir a ocorrer deslocamento das camadas de tinta depositadas [26].

Na montadora em questão, ele pode ser utilizado segundo três tipos de cores diferentes empregadas (branco, cinza claro e cinza escuro), influenciando nas cores dos esmaltes aplicados em seguida, servindo de fundo para eles, por

isso que é também chamado de fundo nivelador. A cama de primer tem por vantagem a melhora do desempenho em relação à resistência apresentada quanto à choques que possam vir a danificar o filme de tinta final, e a maior eficiência na proteção do mesmo contra os raios de luz visível e ultravioleta [23]. Dessa maneira, a camada primer é fundamental para que os padrões requeridos das características de durabilidade e acabamento final da pintura sejam alcançados, porém não somente ela.



Figura 13. Aplicação da camada de primer através de braços robóticos. Fonte: O Autor

A aplicação dessa, e das seguintes camadas de tinta, é feita de forma manual e automática, intercaladas entre si, de maneira que a pintura externa da carroceria procede por meio de braços robóticos e a pintura interna de maneira manual.

Após a aplicação desta camada, a unidade segue em direção a estufa para curar o primer, onde será retirado o máximo possível de água, a fim de não prejudicar o aspecto superficial da pintura final, e também para curar a massa de vedação e as placas termofundentes depositadas na etapa da vedação.

Saindo da estufa, as carrocerias passam por uma inspeção para que qualquer defeito do processo identificada seja removido, passando por um

posterior lixamento da superfície, caso os operadores envolvidos julguem conveniente. Feito isso, a unidade é então conduzida para as etapas finais do processo.

2.2.2.5. Aplicação da camada de esmalte e de verniz

São as últimas camadas de pintura aplicadas no automóvel, chamadas de esmalte, elas configuram um revestimento para fins de acabamento. Assim como no processo de aplicação da tinta primer, a pintura nesta etapa procede de forma mista, onde no exterior da carcaça ela é feita de forma automatizada, e nas suas partes internas de forma manual, ambas por meio de pistolas eletrostáticas e intercaladas entre si, também, em uma cabine de pintura semelhante.

A unidade, primeiramente, chega à cabine de pintura para receber o revestimento com a camada de esmalte, que é responsável por conferir a cor desejada ao veículo. O processo de aplicação é manual nos internos de porta, capô e tampa traseira, nas regiões externas da carroceria a aplicação é robotizada. A tinta base possui tom fosco, o brilho da carroceria é adquirido pelo verniz, a última camada aplicada.



Figura 14. Aplicação robotizada da camada de esmalte. Fonte: O Autor

Após a carroceria passa por um túnel de luz que emitem calor por indução auxiliando na retirada do excesso de água contido no esmalte e por convecção ocorre a eliminação deste vapor do túnel, então a carroceria se encaminha para a aplicação do verniz.

O verniz, diferente das demais camadas de acabamento aplicadas, é uma tinta cuja formulação não possui pigmentos, ela é a camada mais exterior do filme de pintura do automóvel, e também a mais espessa, medindo 35 μ . Além de conferir brilho à pintura, o verniz também reforça as propriedades de resistência à abrasão e durabilidade das chapas, protegendo-as contra a ação dos raios ultravioletas, que têm a capacidade de comprometer as propriedades de resistência à corrosão das camadas anteriores, e também previne que permeie umidade no revestimento protetivo [14].

Após a aplicação dessas duas últimas camadas, a unidade vai para uma estufa, para a remoção do máximo de água possível das camadas depositadas. Sendo então encaminhada à última etapa do processo de pintura, o acabamento.

2.2.2.6. Acabamento

É a etapa final do processo onde são realizadas operações de inspeção e acabamento da carroceria por meio de profissionais capacitados posicionados ao longo da linha, onde usam de suas aptidões técnicas para realizar a correta inspeção da mesma. Num primeiro momento, eles analisam regiões específicas da carroceria a fim de identificar possíveis defeitos e anomalias que estejam presentes na superfície do filme de pintura formado, causadas, normalmente, por material estranho como poeira e outras sujidades, que aderem em sua extensão conforme a unidade avança as etapas do processo de pintura.



Figura 15. Inspeção da carroceria após a pintura. Fonte: O Autor

Dependendo do defeito encontrados podem ser corrigidos através de operações manuais simples, como lixamento e polimento, na própria linha, ou quando mais sérios, devem ser encaminhadas para outro setor, onde depende-se mais tempo em sua correção, podendo a unidade passar até mesmo por trabalho de repintura [14].

Feitas as inspeções e correções para que as carrocerias se enquadrem no padrão de qualidade exigido da montadora, chegam ao fim as fases de um processo de pintura automotivo. Sendo a carroceria então enviada ao processo de montagem das peças, onde serão adicionados os demais elementos presentes no veículo à estrutura protegida.

De maneira geral, a maioria das anomalias encontradas nas camadas protetivas nas inspeções feitas na carroceria do veículo ao longo do processo de pintura do mesmo, são resultado de impurezas depositados em sua superfície (sujeidades, poeiras, grumos de tinta, entre outros) durante seu percurso entre as etapas que compõe o sistema de proteção. Tais produtos indesejáveis podem, dependendo da gravidade da discrepância, ser removidos por meio lixamento ou raspagem, porém, gerando um produto com qualidade superficial diferente dos que não passam por esse tipo de retrabalho. Outro problema ocorre quando esses materiais não são identificados e chegam ao consumidor final, aumentando, assim, as chances de que um processo corrosivo, bolhas e

desplacamento seja identificado antes do término da garantia do veículo, implicando em prejuízo para os fabricantes. Portanto, visto que as impurezas são os principais potenciais motivos pelos quais um processo de corrosão, bolhas e deslocamento pode ser desencadeado nas chapas que constituem o corpo do automóvel, por meio da sua deposição sobre o mesmo uma abordagem mais detalhada será feita, no tópico 2.3, a respeito desse tema.

2.2.3. Montagem das Peças

Na montagem final do veículo é realizado a montagem das peças sobre a carroceria pintada. Este processo se divide em duas linhas principais tendo outras intermediárias a essas.

A carroceria ao entrar na montagem são retiradas suas portas e são enviadas para a linha de portas, essa linha esta paralelamente as linhas principais do processo. Na primeira linha a carroceria recebe todas as peças de guarnição como cinto de segurança, revestimento de teto, componentes elétricos, peças de acabamento interno, bancos entre outros.

Na segunda linha a carroceria recebe o painel, que é montado em uma linha intermediária, e somente acoplado a carroceria na linha principal, pneus, vidros, toda a parte de motorização (que também é montado em uma linha paralela), câmbio, bombas entre outros.

Ao final da montagem as portas são novamente acopladas no veículo que segue para a última etapa do processo que é a verificação de todos os componentes do produto final onde se avalia o aspecto, o nível de ruído, a proteção contra a entrada de poeira e água para o interior do veículo e o funcionamento de todos os componentes.



Figura 16. Montagem de elementos internos do veículo. Fonte: [27]

2.3. Impurezas sobre o filme de pintura

O tratamento das impurezas no processo de pintura tem grande importância e tem o objetivo de criar uma interface entre o meio corrosivo e a superfície do metal, essa camada protetora pode ser de formação natural ou artificial.

A resistência dessas camadas protetoras, associada a aderência, a impermeabilidade e a insolubilidade, e a característica mais importante a ser observada.

Alcançar a aderência ou eficiência máxima de proteção através de revestimentos ou recobrimentos protetores depende do processo adequado da superfície metálica receptora.

Uma superfície bem limpa é caracterizada por estar sem ferrugem, com ausência de graxas, não ter excesso de óleo, ausência de sujidade e umidade, o que oferece a base necessária para uma boa proteção por recobrimento.

Impureza é tudo o que pode interferir no processo e na qualidade da proteção que se pretende dar a uma determinada superfície.

2.3.1. Tipos

a) Impurezas oleosas – são os óleos minerais, óleos graxos, óleo de laminação, de estampagem, de repuxamento, de trefilação e óleos protetores contra a corrosão. A maior dificuldade está em sua remoção, pois quanto mais viscosos forem os óleos minerais, mais dificultosa será sua remoção; os óleos graxos são os que apresentam melhor facilidade de remoção [5].

b) Impurezas semissólidas – as parafinas, as graxas, as ceras, os sabões e protetivos anticorrosivos comuns, não apresentam grandes dificuldades de remoção quando executadas por desengraxamento alcalino a quente e por processos de jateamento. Existem protetivos pesados de natureza altamente polar de difícil remoção que exigem a combinação de detergentes fortemente alcalinos com solventes orgânicos que pode trazer problemas de acabamento em fosfatização e eletrodeposição [5].

c) Impurezas sólidas – são ocasionadas pela presença de massas de polimento, massas de estampagem e/ou de resíduos carbonáceos de películas parcialmente carbonizadas, sendo muito difícil sua retirada da superfície metálica, o que impede a utilização de processos de eletrodeposição por exigirem tratamento preliminar da superfície metálica [5].

d) Óxidos e produtos de corrosão – são impurezas resultantes de tratamentos térmicos a camada de óxido formada e difícil de ser removida [5].

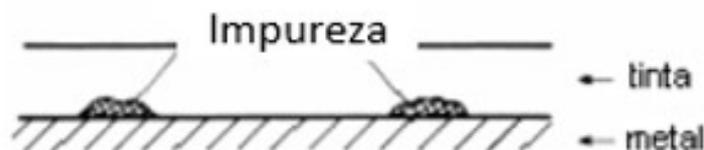


Figura 17. Representação do sistema metal-tinta com uma impureza sólida depositada na camada do substrato. Fonte: O Autor

2.4. Defeitos de pintura automotiva

2.4.1. Corrosão

A corrosão é o processo inverso da metalurgia extrativa onde ocorrem modificações estruturais importantes que não são bem vindas em ambiente fabril. É o ataque gradual e contínuo do metal pelo meio ao qual está inserido. Devido as reações químicas que ocorrem, tem-se uma mudança gradual da aparência física que são, geralmente, sais ou óxidos [28]. Os aços carbono não são resistentes à corrosão e vários métodos são usados na engenharia de superfície para proteger eles de ambientes agressivos como o marinho por exemplo. Avaliar as mutações das propriedades metalúrgicas e alterações de suas resistências mecânicas por utilização de pulverização de solução de cloreto de sódio é um ponto a ser considerado [29].

As formas para mitigar este fenômeno se fazem necessárias pois os materiais se transformam de tal maneira que o desempenho e a durabilidade dos mesmos deixam de satisfazer aos fins a eles atribuídos. Estes materiais perdem resistência mecânica, estética e ductilidade entre outros fazendo com que o metal perca suas características originais [30].

O fenômeno corrosivo pode se apresentar sob diferentes formas e aspectos provocados por causas distintas com mecanismos diferenciados. Sendo assim, pode-se ter corrosão do metal segundo a sua morfologia, mecanismos diferenciados, pelo meio ao qual o metal está inserido e fatores mecânicos [31].

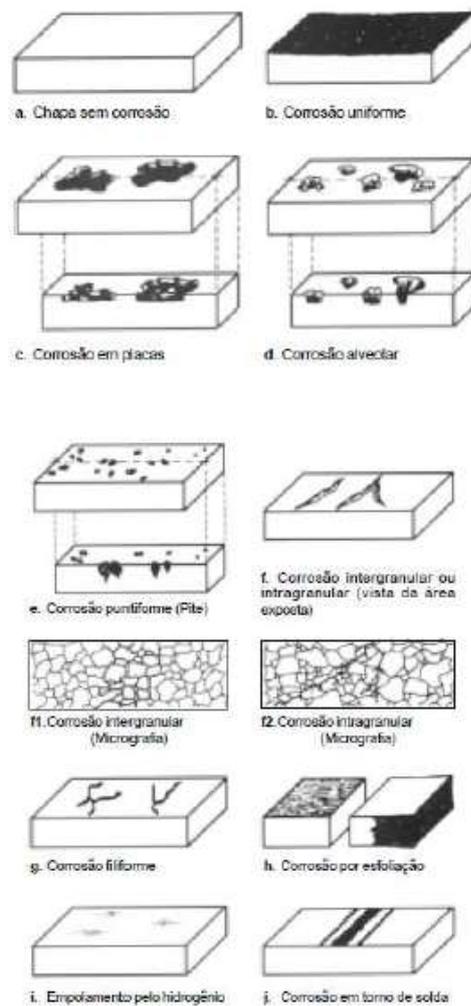


Figura 18. Diferentes formas de como a Corrosão pode se apresentar. Fonte: [31]

As principais formas de ataque corrosivo ou a forma como a corrosão se dá será resumida abaixo, não tendo, a priori, a necessidade de evidenciar todos os tipos:

- a) Chapa sem corrosão - aquela que não sofreu ataque químico superficial [32];
- b) Corrosão uniforme - quando o fenômeno se desenvolve de maneira uniforme em toda a superfície atingida [32];
- c) Corrosão em placas - ocorrem quando as placas de corrosão formadas se soltam de forma progressiva [32];
- d) Corrosão alveolar - a área agredida apresenta aspecto de cratera [32];
- e) Corrosão por pite - a profundidade do ataque é maior que o diâmetro

desprendido da superfície do metal [32];

f) Corrosão Inter granular - a manifestação na superfície se dá no contorno dos grãos [32].

2.4.1.1. Tipos de corrosão em carrocerias de automóveis

O processo de corrosão de metais pintados caracteriza-se como corrosão cosmética ou perforante. A corrosão de chapas de aço pintadas que se inicia na superfície interna do painel da carroceria, penetra através da chapa e, eventualmente, surge na superfície externa como uma oxidação vermelha é conhecida como corrosão perforante. Ocorre em locais onde o desengraxamento no pré-tratamento, a fosfatização na ativação e a pintura tem dificuldade, tais como dobras e frestas ou em trincas que coletam poeira, sais, água e/ou vapor.



Figura 19. Aspecto visual de corrosão sobre o filme de pintura. Fonte: O Autor

O termo corrosão cosmética é aplicado a um ataque que é iniciado na superfície externa, usualmente em regiões onde a pintura foi danificada. Embora esse tipo de corrosão possa eventualmente levar à perfuração, a principal preocupação é com a aparência. A corrosão cosmética é normalmente relacionada com: (1) corrosão vermelha – mancha avermelhada e esfoliação na região do risco na pintura; (2) deterioração da tinta – corrosão sob a película de

tinta e perda de aderência na região do risco e (3) perfurações – remoção da pintura devido aos efeitos combinados de corrosão e danos causados por impactos por pedras e pequenos fragmentos presentes nas vias de rodagem. Em resumo, a direção de propagação das corrosões cosmética e perfurante pode ser descrita como sendo paralela e perpendicular à superfície, respectivamente [33], como mostrado na figura 20.

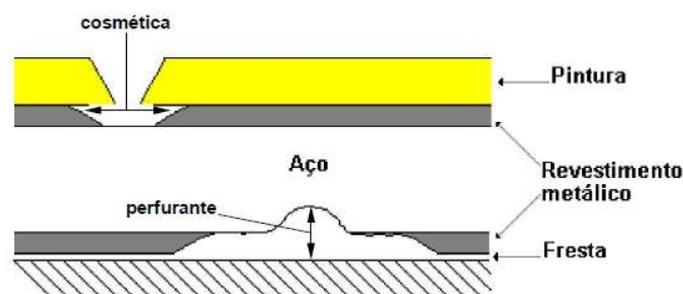


Figura 20. Exemplos de corrosões cosméticas e perfurante. Fonte: [33]

2.4.1.2. Ensaios de corrosão

Os testes de laboratório de corrosão acelerados são o estado-da-arte quando se trata de avaliar desempenho dos materiais, pois representam condições padronizadas e reprodutíveis a permitir que uma avaliação seja feita após um curto período de testes (dias a semanas). Um dos principais usos deste tipo de teste está no controle de qualidade da corrosão e revestimentos de proteção. Para passar no controle de qualidade, os produtos devem exibir o desempenho exigido (por exemplo, dois dias sem mostrar ferrugem vermelha). Além disso, estes tipos de testes são muito úteis em atividades de desenvolvimento de produtos, e classificar novos revestimentos e materiais para novos produtos é crucial [34].

Estes ensaios podem ser de três tipos distintos: em instalações ou equipamentos pilotos, de campo e de laboratório.

2.4.2 Desplacamento

A função do filme protetivo de pintura é proteger e/ou decorar um substrato, então é esperado que o mesmo apresente certa aderência durante seu tempo de

serviço. Devido ao fato que o tipo de substrato e também a preparação de sua superfície apresentam consideráveis efeitos de adesão do filme, faz-se necessário o controle do processo para garantir a adesão do filme de pintura ao substrato. Para garantir a adesão é realizado o ensaio de aderência segundo norma NBR 11003 [35].

O deslocamento ou destacamento do filme de pintura sobre o substrato pode ocorrer devido a falhas de natureza adesiva ou coesiva. A falha adesiva ocorre quando o revestimento desprende diretamente do substrato ou entre as camadas de tinta. Quando o rompimento ocorrer internamente numa das camadas de tinta a falha é coesiva. As falhas adesivas são mais críticas para a durabilidade do filme de pintura a médio e longo prazo. Estas condições podem ser prejudiciais ao desempenho anticorrosivos da pintura.



Figura 21. Aspecto visual do deslocamento do filme de pintura. Fonte: O Autor

2.4.3 Bolhas

A presença de impureza sobre a superfície da chapa nua na interface metal-tinta, pode promover a formação de bolhas (também denominado empolamento) do filme de pintura e em alguns casos podendo gerar corrosão. As bolhas são formadas pela presença de água que agregou com a presença de impurezas sólidas. Quando as impurezas são dissolvidas sobre o filme de pintura, a pressão causada pelo aumento do volume pode exercer uma grande

força, de forma que a adesão da tinta é rompida no momento da formação da bolha.

Todas as camadas orgânicas absorvem água que induzem a intumescência do filme de pintura e quando este fenômeno é localizado, o processo de empolamento pode ser iniciado e a água será acumulada na interface [36].

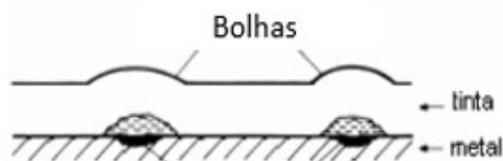


Figura 22. Representação da formação de bolhas no filme de pintura

Bolhas de ar ou de componentes voláteis da camada de tinta podem vir a ser incorporados ao filme durante a formação da película seca (após a passagem pelas estufas para cura). As bolhas formadas não estão necessariamente contidas na interface, mas quando estão podem servir como um sítio precursor de corrosão.



Figura 23. Aspecto visual de bolhas sobre o filme de pintura. Fonte: O Autor

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritos a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, tendo o detalhamento das etapas e ensaios realizados.

Este trabalho foi dividido em 4 fases: Impurezas, processamento dos corpos de prova, ensaios, resultados e produto. Podemos ver na figura 24 abaixo.

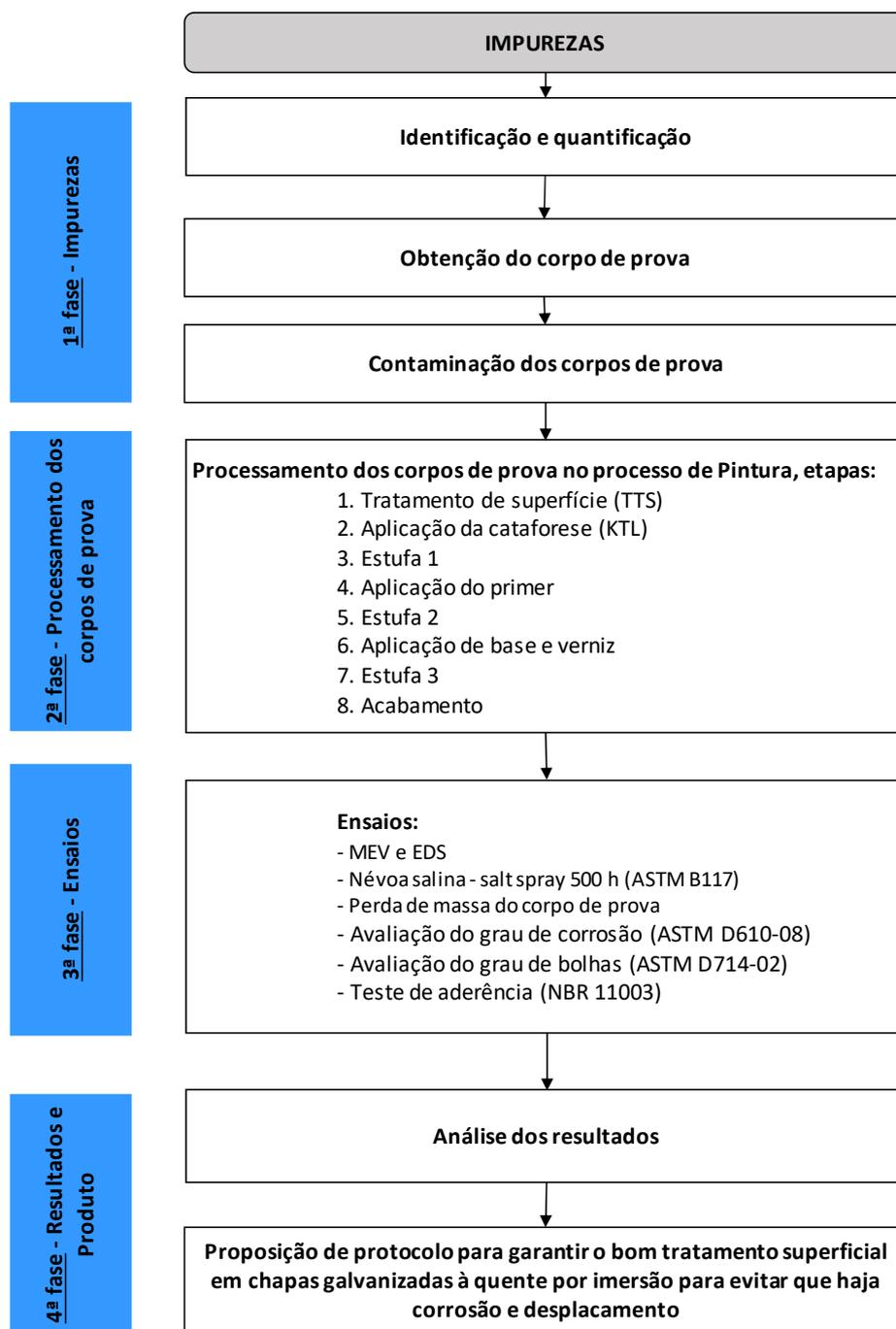


Figura 24. Fluxograma das etapas do trabalho. Fonte: O Autor

3.1 Impurezas

O foco deste trabalho está nas impurezas sólidas, óxidos e produtos de corrosão, pois como visto no capítulo 2.3.1 são os tipos de impurezas sobre a superfície do substrato com maior dificuldade de retirada da superfície da chapa no processo de pré-tratamento. Logo não nos preocuparemos com impurezas

oleosas e semissólidas que não apresentam grandes dificuldades de remoção quando processadas pelo pré-tratamento.

Os tipos de impurezas foram identificados através de verificação in loco no processo de entrada para o prédio da Pintura.

Realizado batonagem dos defeitos identificados na superfície das chapas nuas sobre as carrocerias processadas pela etapa anterior.

Durante 3 dias de produção foram batonados os defeitos identificados e lançados em um formulário para contabilizar e quantificar o número destes defeitos que serão base para a definição das impurezas que farão parte deste trabalho.

Os dados coletados estão descritos na tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Coleta de dados de defeitos na carroceria ao entrar no processo de Pintura. Fonte: O Autor

Item	Material	1º dia	2º dia	3º dia
1	Massa mastic	30	38	43
2	Cola estrutural	8	13	9
3	Oxidação vermelha lixada	5	3	5
4	Oxidação vermelha	2	3	3
5	Oxidação branca	1	0	1
6	Limalha pós lixamento	12	4	19

Com base nos dados coletados e apresentados na tabela acima podemos considerar para o estudo deste trabalho os itens 1, 2, 3 e 4.

Os itens 5 e 6 não serão considerados pois: o item 5 não foram encontrados defeitos, o item 6 são impurezas que estão soltos sobre a superfície da chapa nua e que facilmente serão retirados no processo de tratamento de superfície.

Conforme apresentado no capítulo 2.3.1 serão classificados os corpos de prova com impurezas como:

- a) Impurezas sólidas: itens 1 e 2.
- b) Impurezas de óxido e produtos de corrosão: itens 3 e 4.

O material utilizado para os corpos de prova é o aço galvanizado à quente por imersão (HDG) que nos foi fornecido pelo fornecedor Chemetall, estas placas

são caracterizadas como padrão e são denominadas como Bonder, com dimensão de 105 mm X 190 mm e espessura de 0,9 mm, e área de 0,01995 m².

3.1.1 Procedimento para aplicação de impureza

Itens 1 e 2

- Definido a área central da placa de 3 mm por 14 mm para que seja realizado a aplicação de impureza;
- Isolado esta região central no restante da placa com fita crepe, e aplicado a impureza;



Figura 25. Placa com fita crepe e impureza aplicada. Fonte: O Autor

- Retirado o excesso com pano;



Figura 26. Placa após a retirada do excesso de impureza. Fonte: O Autor

Itens 3 e 4

- Definido a área central da placa de 3 mm por 14 mm para que seja realizado a aplicação da impureza;
- Isolado esta região central no restante da placa com fita crepe.
- Realizado um processo de oxidação forçada e para tanto foi aplicado uma solução de ácido nítrico 65% e ácido ortofosfórico

que conforme classificação do GHS é corrosivo para os metais tendo categoria 1 [37]. Tempo de aplicação do produto foi de 24h. Após este tempo foi lavada a placa com água deionizada, figura 27.



Figura 27. Placa após o processo de oxidação forçada. Fonte: O Autor

- Para o item 4 após ser lavado e seco com pano, foi realizado lixamento com lixa 400 para retirada da oxidação superficial.



Figura 28. Placa após aplicação de solução de ácido nítrico 65% e ácido ortofosfórico, e após lixamento. Fonte: O Autor

Foram confeccionados 3 corpos de prova para cada impureza (massa mastic, cola estrutural, corrosão vermelha e corrosão vermelha lixada) e para a chapa sem material contaminante.

3.2. Processamento dos corpos de prova

Os corpos de prova foram processados seguindo as etapas do processo produtivo da Pintura automotiva conforme mencionado no capítulo 4.2.2, a etapa de vedação não foi aplicada pois faz parte da união entre chapas a qual não é aplicada para os corpos de prova.

Os corpos de prova foram posicionados nas carrocerias por meio de um suporte e fixados na região da porta, estas carrocerias seguiram o fluxo normal de produção. Na região de contato do suporte com o corpo de prova não foi aplicado as camadas de tinta.



Figura 29. Corpos de prova posicionados na carroceria. Fonte: O Autor

3.3. Ensaio

Os corpos de prova seguiram as etapas do processo de pintura conforme mencionado na 2ª fase. Somente para o ensaio de MEV e EDS que as amostras foram processadas nos processos de tratamento de superfície e estufa 1.

Os ensaios que serão realizados neste trabalho são os mencionados nos itens abaixo.

3.3.1. Caracterização do corpo de prova e impurezas

Para realizar a caracterização do corpo de prova e das impurezas foram feitos os ensaios de MEV e EDS.

3.3.1.1. MEV e EDS

As morfologias das camadas de conversão dos aços com e sem materiais contaminantes foram analisadas via MEV/EDS.

Os ensaios de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizados para avaliar o aspecto da camada do substrato e conseqüentemente avaliar o material contaminante sobre a camada do substrato da chapa.

Os ensaios de espectroscopia por dispersão de energia (EDS) nos permitem avaliar os respectivos espectros de microanálises e detectar os picos dos elementos químicos presentes nas amostras, foram obtidos com tensão de 10 kv.

Os ensaios foram realizados em laboratório com temperatura e umidade controlado, o equipamento utilizado é o JEOL.



Figura 30. Equipamento MEV JEOL. Fonte: [O Autor]

3.3.2. Névoa salina - salt spray

Este ensaio é um ensaio acelerado de corrosão em câmara onde utilizou-se os corpos de prova após a pintura final, foram separadas as amostras para o ensaio. Antes do ensaio de corrosão o filme de pintura foi danificado mecanicamente com uma ferramenta de usinagem com ponta de carbeto de tungstênio até atingir o metal base, formando ângulo interno de $60^\circ \pm 15^\circ$. O entalhe é realizado na diagonal do corpo de prova, verificando-se uma distância de aproximadamente 20 mm [38].

O desempenho à corrosão em névoa salina foi baseado na norma ASTM B117, com a nebulização de solução aquosa de cloreto de sódio (5% em peso), com pH da solução aquosa entre 6,5 e 7,2, umidade relativa de aproximadamente 97% e com temperatura de $35 \pm 2^\circ\text{C}$ [39]. Posicionou-se os corpos de prova na câmara com ângulo de 30° , figura 32.



Figura 31. Corpo de prova na câmara de névoa salina. Fonte: O Autor

O equipamento utilizado é de modelo Equilan série SSE2000. O período de exposição foi de 500 horas, sendo que as modificações da superfície foram cuidadosamente observadas a cada ciclo de 100 horas.



Figura 32. Equipamento Equilan série SSE2000. Fonte: O Autor

3.3.3. Perda de massa do corpo de prova

O ensaio de corrosão por perda de massa é realizado para quantificar através da diferença de massa inicial do corpo de prova antes do processo de corrosão com sua massa após o processo de corrosão em um determinado período.

Para a realização da perda de massa os corpos de prova foram medidos o seu peso antes e após o ensaio de névoa salina. O equipamento utilizado foi uma balança digital conforme figura 33.

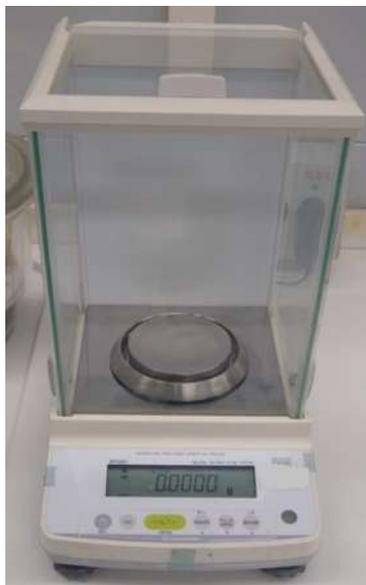


Figura 33. Balança digital Smimadzu ATY2224. Fonte: O Autor

3.3.4. Avaliação do grau de corrosão

Após o término dos ensaios de névoa salina foi determinado o grau de corrosão das amostras, os corpos de prova foram avaliados conforme a norma ASTM D610-08 – Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces.

A área ensaiada foi analisada conforme gabarito [40] figuras 34 à 36, a determinação da porcentagem de área da amostra em que há corrosão bem como o tipo de corrosão: S (mancha), G (geral), P (pontos) e H (híbrido).

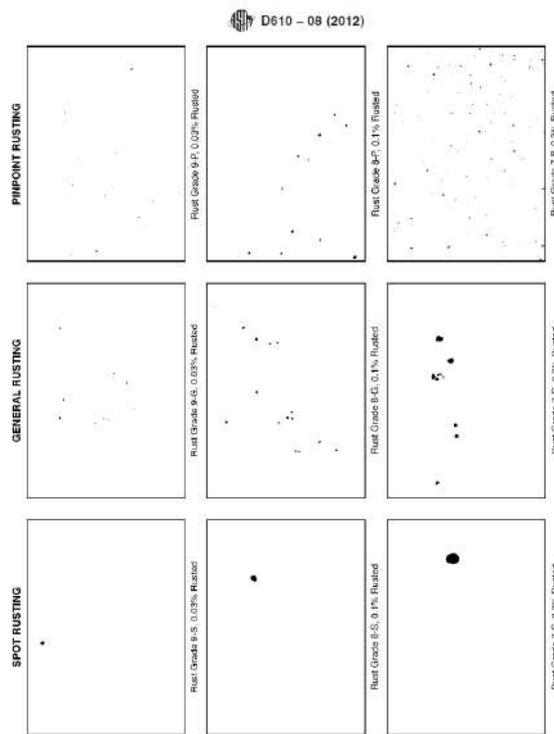


Figura 34. Gabarito ASTM D610-08 figura 1. Fonte: [40]

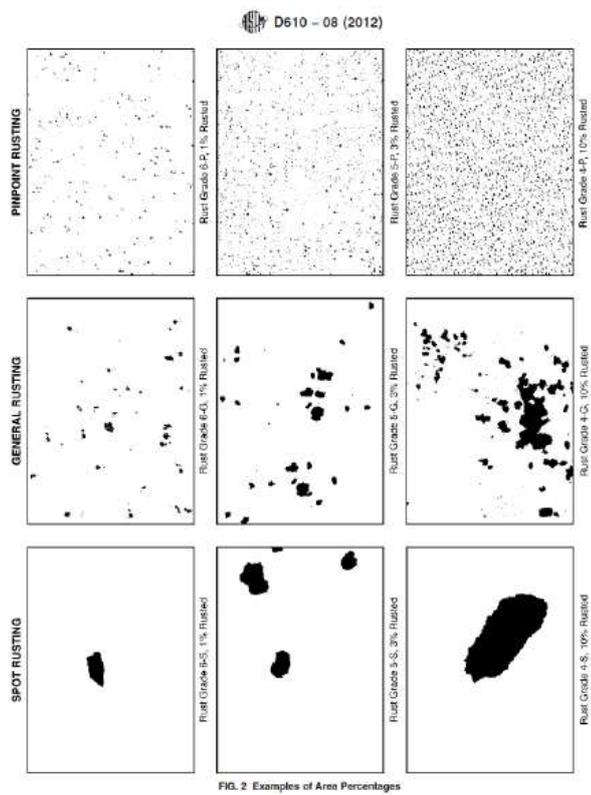


Figura 35. Gabarito ASTM D610-08 figura 2. Fonte: [40]

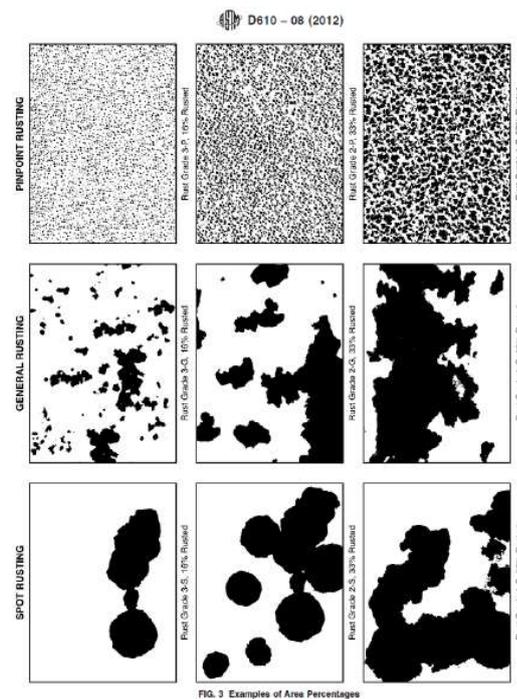


FIG. 3 Examples of Area Percentages

Figura 36. Gabarito ASTM D610-08 figura 3. Fonte: [40]

3.3.5. Avaliação do grau de bolhas

Para determinação do grau de bolhas formadas no filme de pintura utilizou-se a norma ASTM D714-02 – Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of paints. Neste documento contém um gabarito [41] com imagens, podemos ver nas figuras 37 à 40, que permite avaliar o tamanho das bolhas e sua ocorrência sobre a superfície.

O tamanho das bolhas pode ser avaliado em 10, 8, 6, 4, e 2, onde o número 10 representa a ausência de bolhas e o número 2 representa as bolhas de maior tamanho [41].

Quanto a ocorrência destas bolhas sobre a superfície, a avaliação pode ser realizada em D (densa), MD (densa média), M (média) e F (poucas) [41].

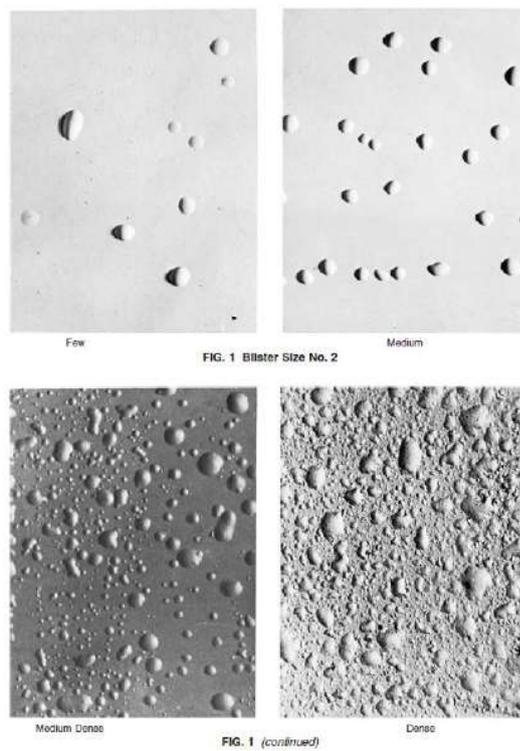


Figura 37. ASTM D714-02 tamanho da bolha N° 2, figura 1. Fonte: [41]

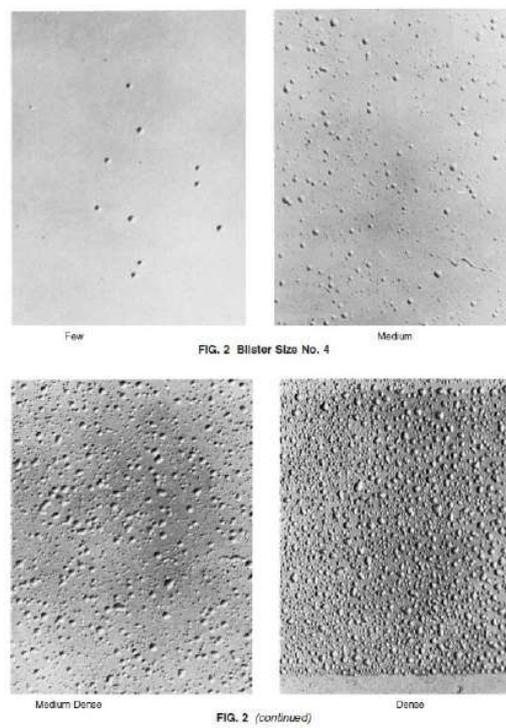


Figura 38. ASTM D714-02 tamanho da bolha N° 4, figura 2. Fonte: [41]

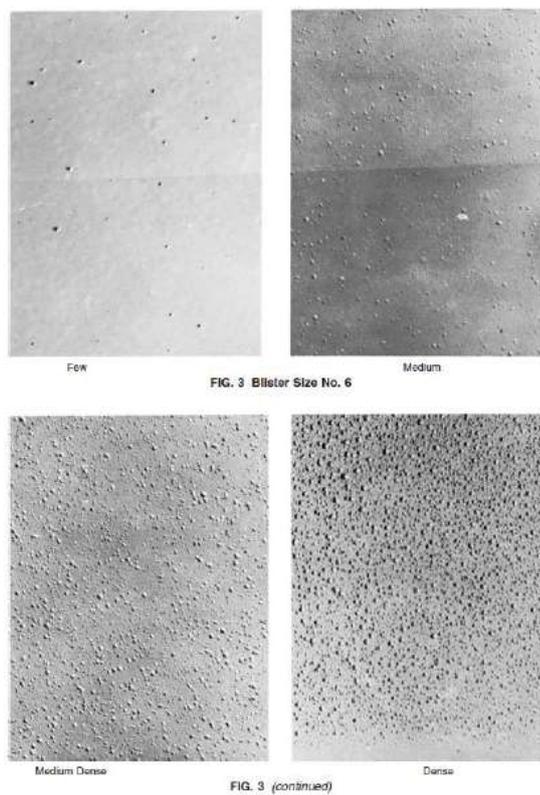


Figura 39. ASTM D714-02 tamanho da bolha N° 6, figura 3. Fonte: [42]

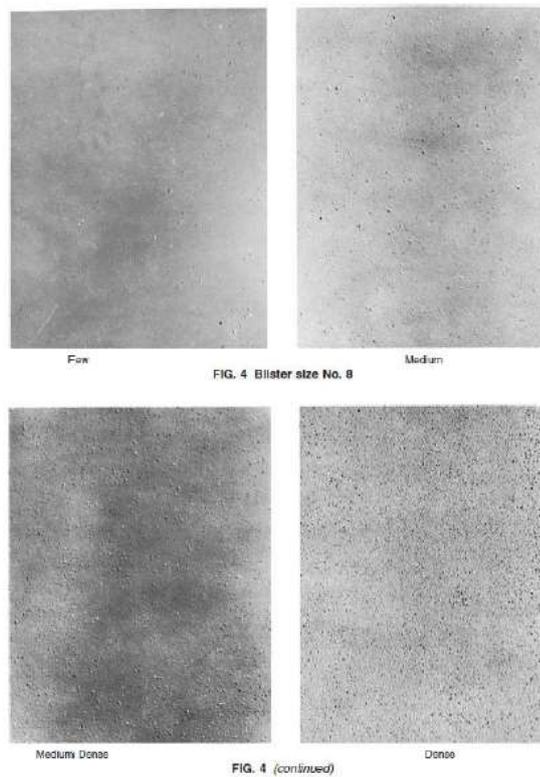


Figura 40. ASTM D714-02 tamanho da bolha N° 8, figura 4. Fonte: [42]

3.3.6. Teste de aderência

Os testes de aderência foram utilizados para determinar o grau de adesão do filme de pintura sobre a camada superficial da chapa nua (substrato). O ensaio foi realizado conforme a norma ABNT NBR 11003, aplicado o método B corte em grade [35]. O equipamento utilizado foi o pente de aderência de 2 mm da marca Omicron.

Foi realizado o corte com o pente de aderência usando pressão suficiente para o corte atingir o substrato, repetiu-se a operação fazendo-se mais um corte cruzando os primeiros cortes num ângulo de 90°, formando uma grade [35].

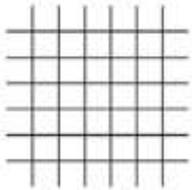
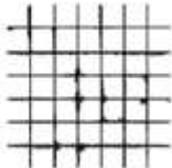
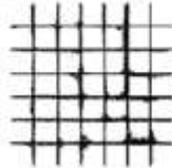
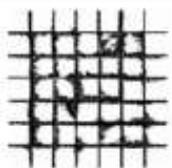
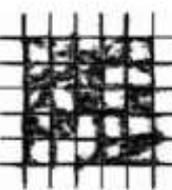
Após a realização dos cortes colocou-se um pedaço da fita de aderência Scotch 3M sobre a área quadriculada em um dos sentidos do corte, fixando-a bem. A fita de aderência foi alisada contra o filme de pintura e depois esfregado firmemente a borracha no sentido longitudinal da fita. Aguardou-se 120 segundos e após uma das extremidades da fita de aderência foi puxada firme e continuamente.

A área ensaiada foi analisada conforme a tabela 2 [35] que mostra a classificação do grau de destacamento na área quadriculada e nos dando o resultado de aderência do filme de pintura no substrato.

Este ensaio foi realizado em laboratório com temperatura e umidade controlada.

A realização do ensaio ocorreu após o ensaio de névoa salina.

Tabela 2. Classificação do grau de aderência conforme. Fonte: [35]

Código	Figura
GR ₀ Nenhuma área da película destacada	
GR ₁ Área da película destacada, cerca de 5% da área quadriculada	
GR ₂ Área da película destacada, cerca de 15% da área quadriculada	
GR ₃ Área da película destacada, cerca de 35% da área quadriculada	
GR ₄ Área da película destacada, cerca de 65% da área quadriculada	

3.4 Resultados e produto

Os resultados serão analisados e discutido e com base nos mesmos pode-se ser utilizado para elaboração do produto. O produto sendo uma norma para garantir a não existência de impurezas que venham a influência negativamente no tratamento de superfície de chapas galvanizadas à quente por imersão, e com isso evitar que haja corrosão e deslocamento do filme de Pintura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do corpo de prova com e sem impureza

As morfologias das camadas de revestimento metálico do aço eletrozincado a quente antes e após a aplicação das impurezas ou material contaminante.

Na figura 41 são apresentados os aspectos da camada de substrato com e sem impurezas e seus respectivos espectros EDS. Na figura 41 (a) podemos ver a microestrutura do material e na figura 41 (b) temos um pico de Zn de origem da camada de substrato. Nas figuras 41 (c), 41 (e), 41 (g) e 41 (i) identificamos a presença da impureza depositada sobre o substrato.

Nas figuras 41 (d) e 41 (f) podemos ver a presença das impurezas sólidas com maior relevância de espectros na figura 41 (d) com a presença de Ca, Mg e S.

Nas figuras 41 (g) e 41 (i) apresenta-se a presença de oxidação mesmo após o lixamento realizado sobre o corpo de prova e com maior pico de Fe no corpo de prova sem lixamento figura 41 (g).

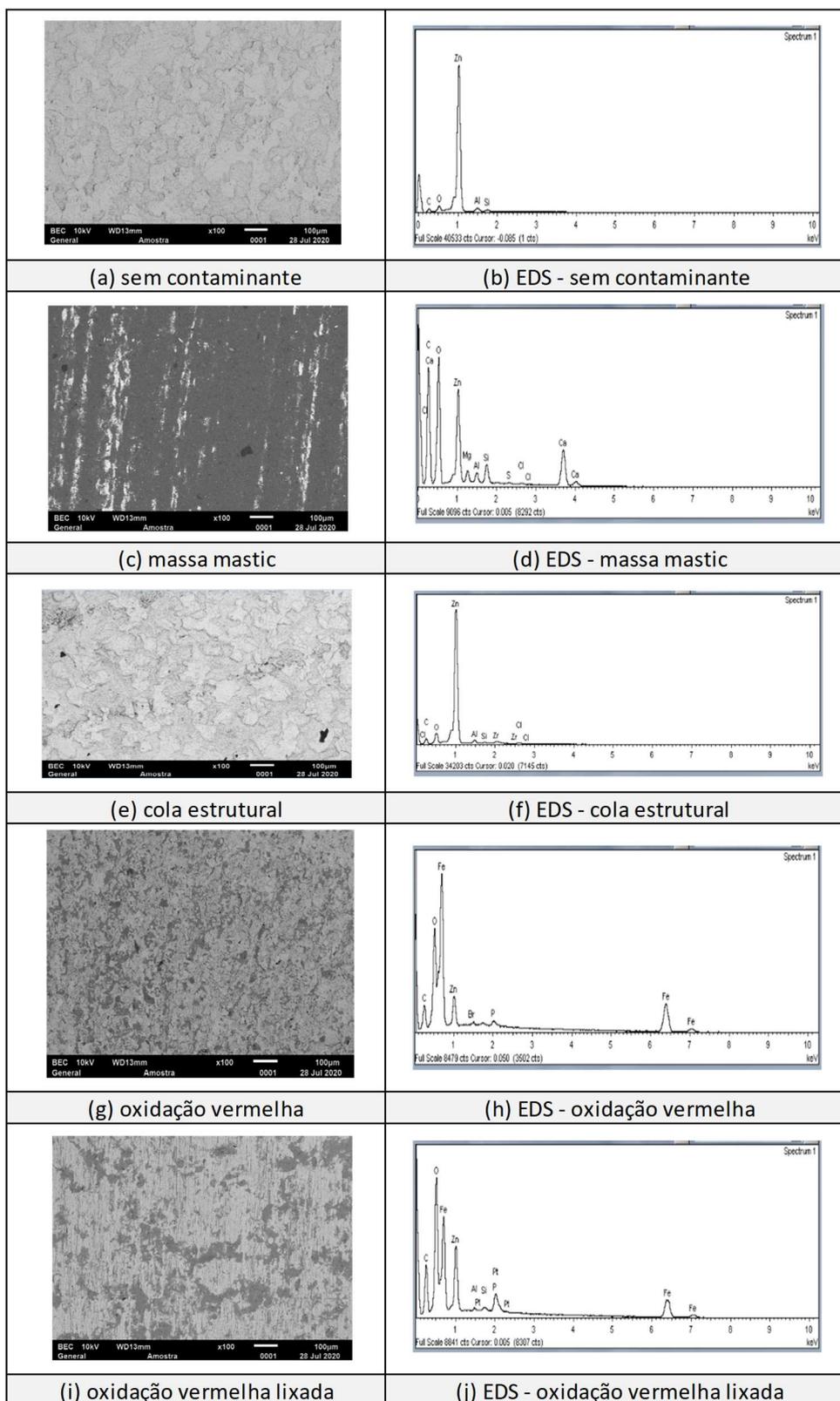


Figura 41. Aspectos representativos, via MEV, da camada do substrato / impureza formada sobre o substrato e os espectros de EDS (Ampliação = 100 vezes)

4.2. Ensaio acelerado em câmara

Neste teste, o desempenho de resistência à corrosão foi verificado em câmara de névoa salina – salt spray.

Os valores medidos da perda de massa média dos corpos de prova após o ensaio de corrosão estão descritos na tabela 4 e podemos identificar uma perda média em g/m^2 entre os valores de 12,99 e 15,83, e avaliando-se a porcentagem de massa perdida esses valores de perda de massa não representam um valor expressivo sabendo-se que foi aplicado o ensaio durante 500h.

Tabela 3. Perda de massa do corpo de prova após ensaio de névoa salina.
Fonte: O Autor

Item	CP - Pintado (g)	CP - Após ensaio de névoa salina (g)	Perda de massa (g/m^2)	Perda (%)
Sem contaminante	127,9338	127,6610	13,67	0,21
	128,0196	127,7468	13,67	0,21
Massa mastic	128,0202	127,7043	15,83	0,25
	127,7262	127,4133	15,68	0,24
Cola estrutural	127,7451	127,4948	12,55	0,20
	127,9705	127,6851	14,31	0,22
Oxidação vermelha	128,0218	127,7627	12,99	0,20
	127,9007	127,6283	13,65	0,21
Oxidação vermelha lixada	127,8332	127,5341	14,99	0,23
	127,8948	127,6182	13,86	0,22

Nas figuras 42 à 47, são apresentados os registros fotográficos realizados sobre os corpos de prova no instante inicial e após 100, 200, 300, 400 e 500 horas.

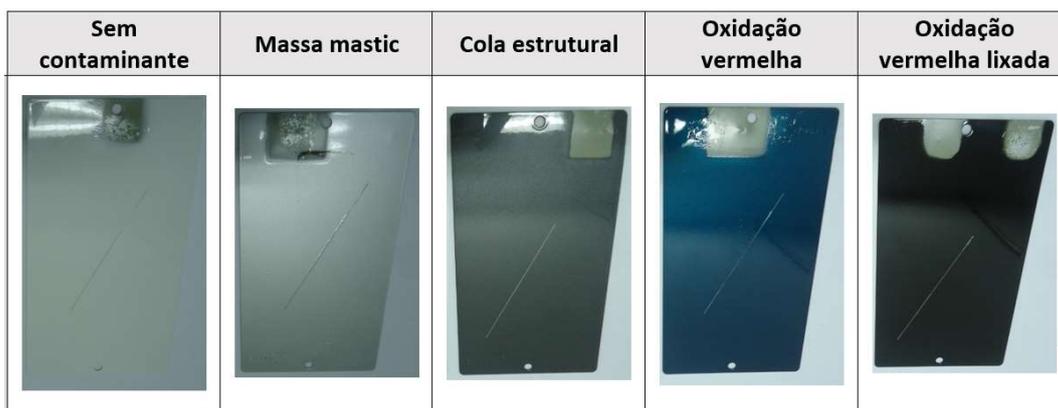


Figura 42. Aspectos dos corpos de prova no estado inicial do teste de névoa salina. Fonte: O Autor

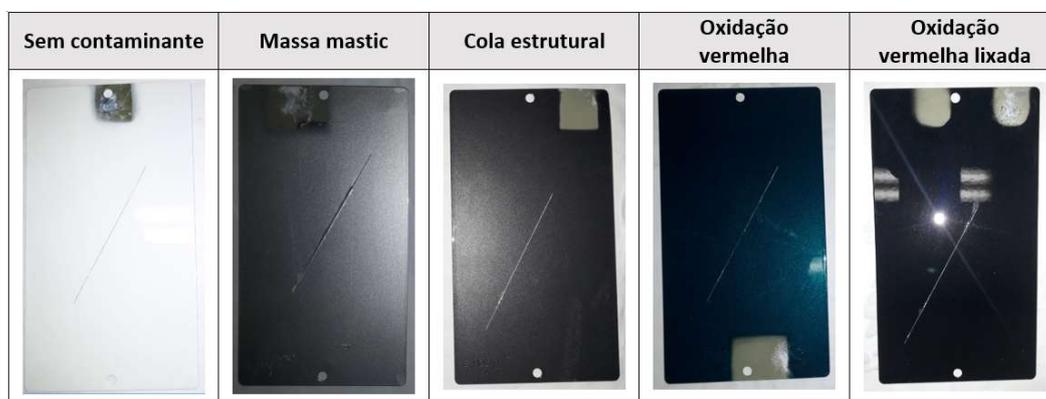


Figura 43. Aspectos dos corpos de prova após exposição por 100 h ao teste de névoa salina. Fonte: O Autor



Figura 44. Aspectos dos corpos de prova após exposição por 200 h ao teste de névoa salina. Fonte: O Autor

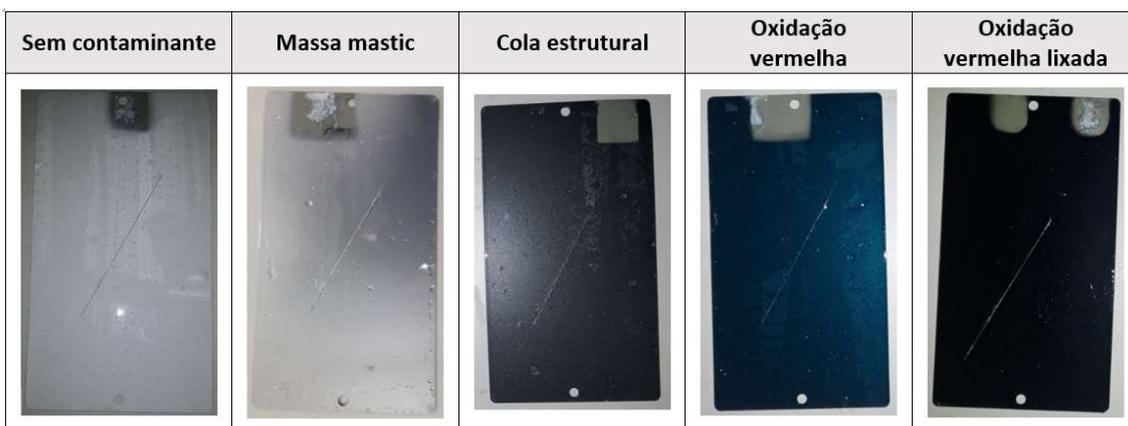


Figura 45. Aspectos dos corpos de prova após exposição por 300 h ao teste de névoa salina. Fonte: O Autor

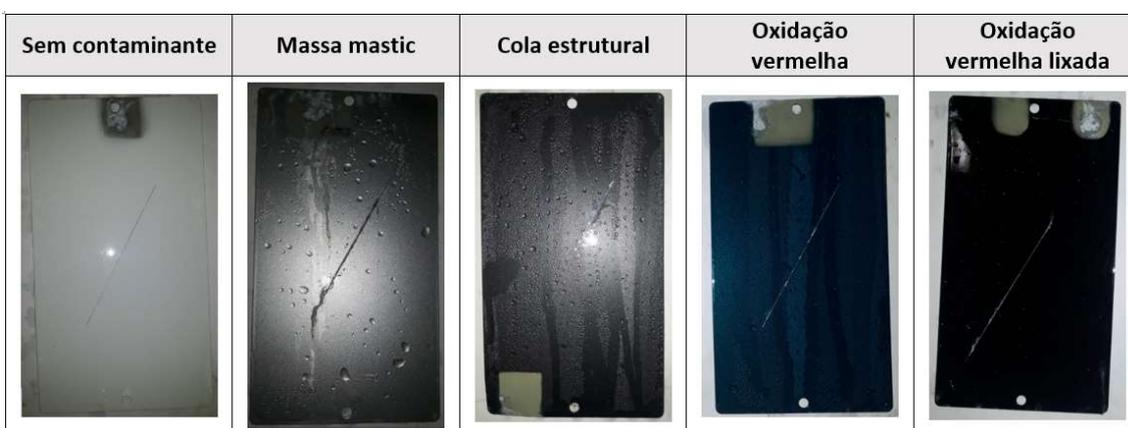


Figura 46. Aspectos dos corpos de prova após exposição por 400 h ao teste de névoa salina. Fonte: O Autor



Figura 47. Aspectos dos corpos de prova após exposição por 500 h ao teste de névoa salina. Fonte: O Autor

Quanto ao aspecto dos corpos de prova, figuras 42 à 47, não se identifica-se diretamente a formação de corrosão sobre o risco e nem pelo filme de pintura.

As tabelas 5 e 6 demonstram o resultado e a avaliação de formação de bolhas segundo a norma ASTM D174-02 e a avaliação de corrosão na superfície do filme de pintura segundo a norma ASTM D610-08.

Tabela 4. Avaliação de corrosão na superfície do filme de pintura segundo a norma ASTM D610-08. Fonte: O Autor

Amostra	100h	200h	300h	400h	500h
Sem contaminante	10	10	10	10	10
Massa mastic	10	10	10	10	10
Cola estrutural	10	10	10	10	10
Oxidação vermelha	10	10	10	10	10
Oxidação vermelha lixada	10	10	10	10	10

Tabela 5. Avaliação de formação de bolhas segundo a norma ASTM D714-02. Fonte: O Autor

Amostra	100h	200h	300h	400h	500h
Sem contaminante	10	10	10	10	10
Massa mastic	2F - no corte	2F - no corte	2F - no corte	6F	6M
Cola estrutural	10	2F - no corte	2F - no corte	2F - no corte	2F - no corte
Oxidação vermelha	8F - no corte	8F - no corte	8F - no corte	6F - no corte	8F
Oxidação vermelha lixada	10	10	10	8F - no corte	2F - no corte

Pode-se observar nos corpos de prova que não apresenta nenhum ponto de corrosão sobre o filme de pintura mesmo após o longo período de exposição de 500 horas conforme descrito na tabela 5.

Foi observado os corpos de prova quanto a formação de bolhas e com o resultados da tabela 6 temos tanto para a impureza massa mastic e impureza oxidação vermelha desde o início dos ensaios com 100 horas se identifica um deslocamento da tinta na região do corte, ao decorrer do ensaio se agrava

consideravelmente o deslocamento e não somente na região do corte passando para a superfície do filme de pintura. Para os corpos de prova com impureza cola estrutural e impureza oxidação vermelha lixada o início da formação de bolhas é após 200 h e 400 h respectivamente e sempre somente na região do corte. Nos corpos de prova sem a presença de impureza não existem a formação de bolhas em nenhuma região da placa.

4.2 Avaliação da aderência do filme de pintura

A aderência do filme de pintura no substrato conforme pode ser vista na na figura 48 e tabela 7.

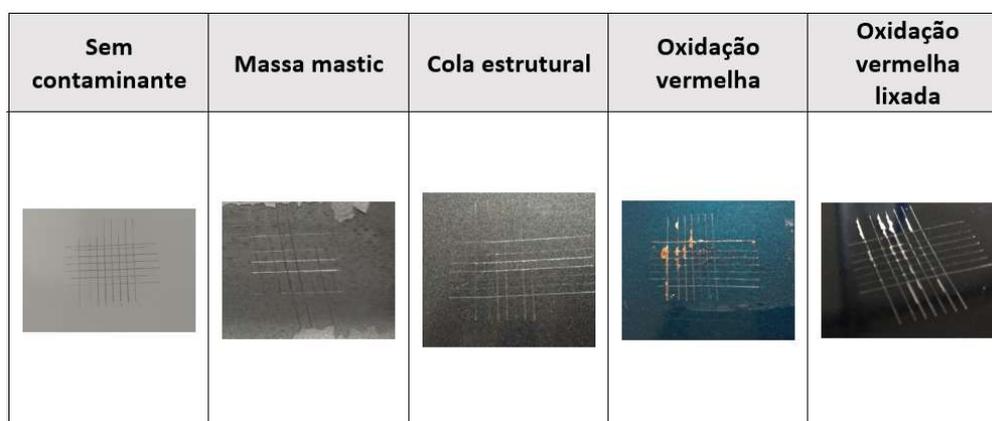


Figura 48. Aspectos representativos das regiões testadas quanto a aderência do filme de pintura em superfície lisa. Fonte: O Autor

Tabela 6. Aderência do filme de pintura dos corpos de prova usados nos testes de corrosão. Fonte: O Autor

Amostra	Aderência
	NBR 11003
Sem contaminante	Gr ₀
Massa mastic	Gr ₄
Cola estrutural	Gr ₀
Oxidação vermelha	Gr ₂
Oxidação vermelha lixada	Gr ₁

Apresenta deslocamento total para a impureza massa mastic, para a impureza oxidação vermelha e oxidação vermelha lixada temos o deslocamento com uma incidência menor, porém podemos ver que sobre a camada do substrato existe um processo de corrosão avançado.

No caso do corpo de prova com material contaminante cola estrutural e sem contaminante não se houve o deslocamento.

5. CONCLUSÕES

Verifica-se neste trabalho, que certas impurezas depositadas sobre a camada do substrato apresentam defeitos no resultado final do filme de pintura gerando o deslocamento, a formação de bolhas e o processo de corrosão.

Com base nos resultados dos ensios e avaliações realizadas podemos concluir conforme tabela 8:

- Os corpos de prova sem impureza não apresentaram nenhum resultado negativo perante aos critérios analisados e sua morfologia apresenta o contorno microestrutural do material e seu espectro demonstra a presença de Zn da camada do substrato metálico;
- Somente realizando o ensaio de névoa salina 500 horas não teríamos um resultado, mas aprofundado, pois tanto o aspecto e a perda de massa dos corpos de prova não apresentam impacto significativo no resultado;
- Todos os corpos de prova com impurezas apresentam bolhas, com incidência maior (massa mastic e oxidação vermelha) e incidência menor (cola estrutural e oxidação vermelha lixada);
- Os corpos de prova de oxidação sejam sem lixamento e com lixamento de sua superfície demonstram um processo de oxidação conforme análise no MEV/EDS e ainda apresentam bolhas e deslocamento do filme de pintura, logo estas peças devem ser segregadas conforme identificado no protocolo em anexo; e
- No caso dos corpos de prova com impurezas sólidas (massa mastic e cola estrutural) em ambas as superfícies se apresenta bolhas, porém no corpo de prova com massa mastic o filme de pintura deslocou-se completamente devido a grande presença de material inorgânico conforme análise em MEV/EDS, oque dificulta a ancoragem da cama de cataforese. Então se faz necessário a identificação destas impurezas e o correto tratamento para a remoção, este dado veremos no protoclo em anexo.

Tabela 7. Resumo dos ensaios realizados. Fonte: O Autor

Corpo de prova	Sem impureza	Massa mastic	Cola estrutural	Oxidação vermelha	Oxidação vermelha lixada
Ensaio					
Aspecto após névoa salina 500 h	✓	✓	✓	✓	✓
Perda de massa (%)	✓	✓	✓	✓	✓
Avaliação do grau de corrosão	✓	✓	✓	✓	✓
Avaliação do grau de bolhas	✓	✗	✗	✗	✗
Teste de aderência	✓	✗	✓	✗	✗

Estes defeitos são prejudiciais para a vida útil dos veículos o que geraria um forte impacto no aspecto do filme de pintura comprometendo a garantia definida pelo fabricante e com isso gerando um cliente insatisfeito e aumento dos custos de reparação dos concessionários impactando diretamente no custo de garantia. Em certos casos o processo de corrosão pode vir a gerar a quebra de algum componente podendo causar um evento de segurança para com o cliente final.

Deste modo foi definido um protocolo que auxilia no método de identificação e tratamento destas impurezas antes que seja dado o início do processamento das carrocerias na etapa de pintura.

Este protocolo se baseia nos resultados deste trabalho e sobre as normas ABNT NBR 14951, ABNT NBR 15156 e ABNT NBR 15158, para auxiliar de forma técnica e visual a identificar os defeitos sobre o substrato, a origem do defeito, as possíveis causas e a definir as ações necessárias na chapa nua sobre o substrato para evitar que haja a geração de defeito no resultado final do filme de pintura.

6. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro identificar e mapear os demais tipos de impurezas sendo as oleosas e semissólidas assim como a seu impacto no resultado final do filme de pintura.

E ainda pensando-se preventivamente pode-se estudar um produto que na etapa de pré-tratamento que possa ser utilizado no junto ao desengraxe o qual auxilie na remoção de impureza sólidas depositadas na chapa nua sobre a camada do substrato metálico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MMD, Santos. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação para Veículos Comerciais e Agrícolas, Ministério da Educação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- [2] LOPES, L.; GRANDINETTI, F. J. ; MARCELINO, M. A. Aplicação do Grafcet na redução do retrabalho de uma linha de pintura automotiva, Produto & Produção, V.9 nº 1, 2008.
- [3] RIBBE, A. Paulo. Corrosão e tratamentos superficiais dos metais. Associação Brasileira De Metal, 1971.
- [4] USIMINAS - Galvanizados por Imersão à Quente, 2015. https://usiminas.com/wp-content/uploads/hotsites_portal_sap/CongressoDoAco/pdf/Galvanizados_Imersao_Quente.pdf. acessado em dezembro de 2019.
- [5] OLIVEIRA, A. Roberto de. Corrosão e Tratamento de Superfície. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Belém, Pará, 2012.
- [6] ABNT NBR 7008 - Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente. Nov 2012.
- [7] FERNANDES, J. N.; KOBAYASHI, M.; REIS, D. T. Linha de Galvanização por Imersão a Quente da Unigal. CONGRESSO ANUAL DA ABM, Rio de Janeiro. São Paulo: ABM, 2000. p. 414 a 419.
- [8] GENTIL, V. Corrosão. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2011.
- [9] NARAYANAN, S. Phosphate Conversion Coatings - A Metal Pretreatment Process. 1994.
- [10] PAINT&PINTURA. Soluções em tintas da BASF ajudam a NIO a configurar nova geração de carros elétricos. 20 de Julho de 2018. <https://www.paintshow.com.br/paintpintura/noticias/view/6066/solucoes->

em-tintas-da-basf-ajudam-a-nio-a-configurar-nova-geracao-de-carros-eletricos?categoria=1. acesso em 4 de Outubro de 2019.

- [11] CUSTÓDIO, M. da S.; SOUZA, P. R. Resistência à Corrosão em Chapas Pintadas Submetidas à Pré Tratamento à Base de Nanotecnologia. ISITEFA Simpósio de Tecnologia Fatoc, 2018.
- [12] IKEMATSU, P. Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes. Escola Politécnica, 2007.
- [13] PRAXEDES, P. B. Aplicação da Borra da Tinta Automotiva na Produção de Cerâmica Branca Refratária. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- [14] PIEROZAN, L. Estabilização de Processo: Um Estudo de Caso no Setor de Pintura Automotiva. 2001. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do rio Grande do Sul.
- [15] POLITO, G. Principais Sistemas de Pinturas e suas Patologias. Universidade Federal de Minas Gerais, Março 2006.
- [16] MICAELO, S. M. Evolução da Estratégia da FIAT Automóveis S.A. Face à Mudança do Ambiente Competitivo da Indústria Automobilística Brasileira: um estudo de caso. 2004. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.
- [17] QUINELLO, R. O Processo de Institucionalização do Programa Seis Sigma em uma Empresa Multinacional do Setor Automotivo. Revista de Administração Mackenzie, São Paulo, v. 7 n° 3, 2006.
- [18] CAR POINT NEWS - PSA Peugeot Citroën é a maior exportadora do Estado do Rio de Janeiro para o Mercosul. 18 de agosto de 2012. <http://carpointnews.blogspot.com/2012/08/psa-peugeot-citroen-e-maior-exportadora.html>. Acessado em dezembro de 2019.

- [19] TREVIZAN, J. P. G. Melhoria Contínua da Qualidade do Processo de Pintura Automotiva. Produto & Produção, Porto Alegre, 2013.
- [20] AMORIN, A. M.; BATSTA, M. G.; COELHO, T. R. F.; GARCIA, T. da S. L. Utilização de ferramentas de qualidade para controle no processo de pré-tratamento e antioxidação de carroceria automotiva. 72º Congresso Anual da ABM. 2017.
- [21] SOARES, B. B. A. Utilização do Modelo de Simulação Computacional Para Análise e Modificação de Um Sistema de Produção de Pinturas Automotivas. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Caxias do Sul Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.
- [22] ISO 4618 International Standard. Paints and Varnishes – Terms and definitions. Jul 2006.
- [23] DRUMOND, T. A. de P. Aplicação de Técnicas de Produção Sustentável no Processo de Pintura Automotiva. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [24] BEM, P. P. T. de. Minimização do Efluente Gerado em Pré-Tratamento de Pintura Automotiva: Um caso industrial. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- [25] VITOR, A. S. et al. Processo de Pintura e Revestimento Superficial E-COAT. Pesquisa e Ação V4 N1, Maio 2018.
- [26] DALMOLIN, C.; GOLÇALVES, F. F.; PACHEKOSKI, W. M. Avaliação da remoção da camada primer num processo de pintura automotiva, efeitos econômicos e impactos ambientais. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET, Outubro 2013: 3045- 3054.
- [27] AUTO INDÚSTRIA – PSA investe R\$ 220 milhões para nova plataforma em Porto real. 08 de outubro de 2019. <https://www.autoindustria.com.br/2019/10/08/psa-investe-r-220-milhoes-para-nova-plataforma-em-porto-real/>. Acessado em dezembro de 2019.

- [28] Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap9.pdf>
- [29] BRITO, V.R.S.S.; BASTOS, I.N.; COSTA, H.R.M. Corrosion resistance and characterization of metallic coatings deposited by thermal spray on carbon steel. 2012
- [30] GERMELLI, E. Corrosão de Materiais Metálicos e sua Caracterização 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2014.
- [31] FERREIRA, L.A. Química Aplicada – Corrosão Curitiba: PETROBRAS: UnicenP. 2002.
- [32] NUNES, L. P. Fundamentos de Resistência à Corrosão 1ª ed. Rio de Janeiro: Interciência: IBP: ABRACO. 2007.
- [33] MARQUES, R. J. A. Avaliação da resistência à corrosão de aços IF revestidos com zinco e ligas de zinco-ferro destinados à indústria automobilística. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- [34] HILT Corrosion Handbook. 2015.
- [35] ABNT NBR 11003 - Tintas – Determinação de aderência - Out 2009.
- [36] LEITE, A. de O. S. Desenvolvimento e estudos de tintas epóxis anticorrosivas ecologicamente corretas.2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará.
- [37] ABNT NBR 14725-2 - Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 2: Sistema de classificação de perigo – Jun 2019.
- [38] ABNT NBR 8754 - Corpos-de-prova revestidos e expostos a ambientes corrosivos - Método de avaliação - Método de ensaio – Fev 1985.
- [39] ASTM B117 - Methods of Salt Spray (Fog) Testing, Annual Book of ASTM Standards, vol. 03.02, (Philadelphia, PA: ASTM) – 2003.

- [40] ASTM D610-08 – Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surface – 2012.
- [41] ASTM D714-02 – Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of paints – 2009.
- [42] ABNT NBR 14951 - Pintura Industrial - Defeitos e correções – Abr 2018.
- [43] ABNT NBR 15156 - Pintura industrial – Terminologia – Jun 2015.
- [44] ABNT NBR 15158 - Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos – Abr 2016.

ANEXO

Anexo A – Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva.

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva	Documento: DT – Documento Técnico		
	Área: Pintura		
	Depto: Qualidade		
	Doc ID: 001	Versão: 1.0	Página: 1/



**PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA
INFLUÊNCIA DAS IMPUREZAS DEPOSITADAS
NA CAMADA DO SUBSTRATO EM PINTURA
AUTOMOTIVA**

AUTOR: ANDRIEL SICHÍ

ORIENTADOR: ALEXANDRE ALVARENGA PALMEIRA

ABRIL/2021

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico

Área: Pintura

Depto: Qualidade

Doc ID: 001

Versão: 1.0

Página: 2/

1. Objetivo

O seu principal objetivo é a identificação de impurezas e defeitos, que poderão interferir na aderência e da tinta com o substrato e corrosão do metal.

Estabelecer os defeitos, as origens dos defeitos, as causas possíveis e as ações necessárias na chapa nua, sobre a camada do substrato, que impactam diretamente no resultado final do filme de pintura depositado sobre a superfície da chapa.

Esta inspeção relacionará pontos de suma importância quanto ao controle do preparo da superfície do substrato, pois muitos dos problemas identificados no produto final, ocasionam-se devido ao não controle dos processos de preparação da superfície, onde uma falha de processo ou um não controle durante a preparação da mesma, acarretará em não conformidades e ao não atendimento do desempenho esperado da tinta.

2. Material de Referência

ABNT NBR 14951, Sistemas de Pintura em Superfícies Metálicas-Defeitos e Correções;

ABNT NBR 15156, Pintura industrial Terminologia;

ABNT NBR 15158, Limpeza de Superfície de Aço por Compostos químicos.

3. Definições

Abreviação/ Nome do documento/ Termo Técnico	Significado / Definição
Aderência	Propriedade de película que, ao ser aplicada sobre uma superfície, a ela se adere, oferecendo resistência ao deslocamento. O mesmo que adesividade ou adesão
Defeito	Imperfeição que pode comprometer o desempenho e/ou o grau de estética para os quais os produtos foram desenvolvidos ou especificados.
Lixamento	Método mecânico ou manual de remoção de impurezas aderidas à superfície.
Pintura	É o processo de proteção de uma superfície pela aplicação de tintas.
Corrosão	É o desgaste, ataque, deterioração de materiais, como peças ou equipamentos pela ação química ou eletroquímica do meio.

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico

Área: Pintura

Depto: Qualidade

Doc ID: 001

Versão: 1.0

Página: 3/

4. Descrição da Especificação Técnica

4.1. Condições Gerais

Este documento se aplica aos defeitos que, podendo ser prontamente identificados, permitem que as condições de tratamento de superfície e posterior aplicação das camadas de tintas não sejam alteradas e consequentemente seja evitado o defeito no produto final.

4.2. Condições Mínimas

As seguintes condições mínimas são exigidas em qualquer processo de aplicação de um sistema, devendo ser rigorosamente seguidas:

- a) Examinar se a superfície está isenta de pontos de corrosão;
- b) Umidade relativa do ar e temperatura controlados;
- c) Superfície limpa;
- d) Isenta de óleo;
- e) Sem impurezas.

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico

Área: Pintura

Depto: Qualidade

Doc ID: 001

Versão: 1.0

Página: 4/

4.3. Requisitos Específicos

Defeito:

Massa Mastic

Origem:

Material aplicado para garantir a vedação entre chapas.

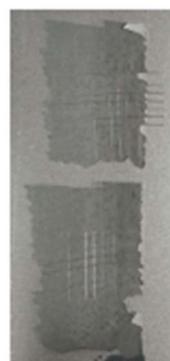


Causas:

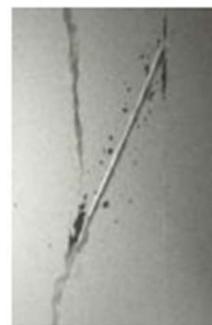
Desplacimento do filme de pintura.

Bolhas no filme de pintura.

Desplacimento



Bolhas



Correções:

Aplicar pano embebido em solvente antes do processo de pré-tratamento.

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico

Área: Pintura

Depto: Qualidade

Doc ID: 001

Versão: 1.0

Página: 5/

Defeito:

Cola estrutural

Origem:

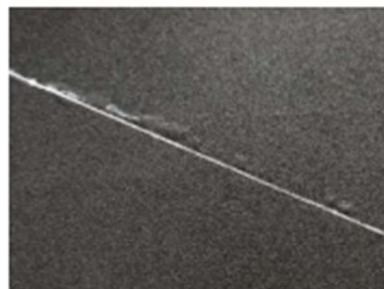
Material aplicado para garantir a vedação e que não haja ruptura da estrutura da carroceria



Causas:

Bolhas no filme de pintura.

Desplacamento



Correções:

Aplicar pano embebido em solvente antes do processo de pré-tratamento.

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico

Área: Pintura

Depto: Qualidade

Doc ID: 001

Versão: 1.0

Página: 6/

Defeito:

Oxidação vermelha

Origem:

Peça estocada em local inadequado.

Peça sem óleo protetivo aplicado pelo fornecedor.

Lixamento forçado do substrato.



Causas:

Deslocamento do filme de pintura.

Bolhas no filme de pintura.

Aceleração do processo de corrosão.

Bolhas



**Deslocamento
Aceleração do
processo de corrosão**



Correções:

Separar e refugar a carroceria ou elemento (porta, capô, etc). NÃO realizar lixamento na superfície impactada.

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico

Área: Pintura

Depto: Qualidade

Doc ID: 001

Versão: 1.0

Página: 7/

Defeito:

Oxidação vermelha lixada

Origem:

Peça estocada em local inadequado.

Peça sem óleo protetivo aplicado pelo fornecedor.

Lixamento forçado do substrato.



Causas:

Deslocamento do filme de pintura.

Bolhas no filme de pintura (na região degradada).



Correções:

Separar e refugar a carroceria ou elemento (porta, capô, etc).

Protocolo para avaliação da influência das impurezas depositadas na camada do substrato em pintura automotiva

Documento: DT – Documento Técnico		
Área: Pintura		
Depto: Qualidade		
Doc ID: 001	Versão: 1.0	Página: 8/

Impureza	Origen	Causas	Correções
Massa mastic	Material aplicado para garantir a vedação entre chapas	Desplacamento do filme de pintura. Bolhas no filme de pintura.	Aplicar pano embebido em solvente antes do processo de pré-tratamento
Cola estrutural	Material aplicado para garantir a vedação e que não haja ruptura da estrutura da carroceria	Bolhas no filme de pintura.	Aplicar pano embebido em solvente antes do processo de pré-tratamento
Oxidação vermelha	Peça estocada em local inadequado. Peça sem óleo protetivo aplicado pelo fornecedor. Lixamento forçado do substrato.	Desplacamento do filme de pintura. Bolhas no filme de pintura. Aceleração do processo de corrosão.	Separar e refugar a carroceria ou elemento (porta, capô, etc). NÃO realizar lixamento na superfície impactada.
Oxidação vermelha lixada	Retrabalho realizado no processo para retirada de imperfeição	Desplacamento da tinta. Aceleração do processo de corrosão.	Separar e refugar a carroceria ou elemento (porta, capô, etc).

VERSÃO	DATA	ITEM	DESCRIÇÃO DA ALTERAÇÃO
0	30/04/2021	----	Elaboração.