

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**LORENA RAFAELY PADILHA**

**ASPECTO CASCA DE LARANJA: ESTUDO DE CASO NO SETOR  
AUTOMOTIVO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2022**

**LORENA RAFAELY PADILHA**

**ASPECTO CASCA DE LARANJA: ESTUDO DE CASO NO SETOR  
AUTOMOTIVO**

**Orange Peel Aspect: A Case Study in The Automotive Sector**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química, do  
Departamento de Engenharia  
Química, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>.  
Juliana Martins Teixeira de Abreu  
Pietrobelli

**PONTA GROSSA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LORENA RAFAELY PADILHA**

**ASPECTO CASCA DE LARAJA: ESTUDO DE CASO NO SETOR  
AUTOMOTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação apresentado como requisito para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Química da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 18 de novembro, 2022

---

Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Maria Regina Parise

Pós-Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

José Carlos Alberto de Pontes

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA**

**2022**

Dedico este trabalho à minha mãe,  
que me incentivou e contribuiu com  
meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer primeiramente ao Pai Celestial, pela minha vida.

A minha mãe, que sempre esteve ao meu lado, e fez com que tudo fosse possível.

Aos meus amigos, por toda ajuda, conhecimento e amizade nesses anos.

A Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup>. Juliana Pietrobelli, que se dispôs a me guiar e ensinar neste trabalho.

Aos familiares que torceram por mim nessa caminhada.

## RESUMO

PADILHA, Lorena Rafaely. **Aspecto casca de laranja: Estudo de caso no setor automotivo.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2022.

Este trabalho foi desenvolvido no setor de pintura automotiva de uma montadora no Brasil, sendo o estudo realizado em apenas um modelo de carro da montadora em questão. Para reduzir o defeito, comumente chamado de *orange peel* por seu aspecto parecido com a casca de uma laranja, foram estudados algumas das possíveis causas para o aparecimento do defeito. Para isso, foram realizados testes para avaliar a variação de temperatura e umidade relativa do ar durante um período, afetavam a qualidade da pintura, com o agravamento do defeito. O teste de aumento de espessura, foi realizado para saber qual era a espessura mínima, em que houve uma redução do defeito. Finalizando com a termografia que foi realizada dentro da cabine manual de verniz, para saber qual a temperatura que a carroceria estava, para posterior aplicação do verniz, e analisar se isto poderia afetar na qualidade e agravamento do defeito. Pelos resultados obtidos foi possível observar que o aumento mínimo da espessura, contribui na redução da casca da laranja, porém aumenta a quantidade de produto e por consequência o custo, não sendo viável. Assim como para o teste de termografia, foi observado que se a temperatura da carroceria diminui antes da aplicação do verniz, tem-se uma redução do defeito, em relação à escala de 1 à 8, teve uma diminuição de “5” para “4” na escala. Então, os testes de aumento de espessura e temperatura da carroceria foram positivos, porém não viáveis, pelo fato de aumentar o custo final do veículo e por ser necessário uma melhoria no processo, como por exemplo, a instalação de uma roda-térmica.

**Palavras-chave:** *orange peel*; pintura automotiva; defeito.

## ABSTRACT

PADILHA, Lorena Rafaely. **Orange peel aspect: A case study in the automotive sector.** 2022. Course Conclusion Paper (Bachelor of Chemical Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2022.

This work was developed in the automotive painting sector of an automaker in Brazil, and the study was carried out on only one car model of the automaker in question. To reduce, commonly called the orange aspect for its resemblance to a common orange peel, some of the possible causes of the defect were detected. For this, tests were carried out to evaluate the duration of temperature and humidity, affecting the quality of the painting, with the aggravation of the defect. The thickness increase test was performed to find out what the minimum thickness was, in which there was a reduction of a defect reduction. Finishing with the thermography that was performed from the manual varnish cabin, the defect of the bodywork, for later of the article, was available for use in quality application and increase for quality application. From the results obtained, it was possible to observe that the minimum thickness contributes to the reduction in orange cascade, but increases the amount of product and consequently the cost, not being feasible. As for the thermography test, it was observed that if the temperature of the bodywork decreases before applying the varnish, there is a decrease in the defect, in relation to the scale from 1 to 8, it had an increase from "5" to "4" in climbing. So, the tests to increase the thickness and temperature of the body were positive, but not viable, due to the fact that it increased the final cost of the vehicle and because it was necessary to improve the process, such as the installation of a heat wheel.

**Keywords:** orange peel; automotive paint; defect.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	<b>15</b>
<b>Figura 2</b> .....	<b>16</b>
<b>Figura 3</b> .....	<b>18</b>
<b>Figura 4</b> .....	<b>19</b>
<b>Figura 5</b> .....	<b>21</b>
<b>Figura 6</b> .....	<b>23</b>
<b>Figura 7</b> .....	<b>25</b>
<b>Figura 8</b> .....	<b>26</b>
<b>Figura 9</b> .....	<b>27</b>
<b>Figura 10</b> .....	<b>27</b>
<b>Figura 11</b> .....	<b>28</b>
<b>Figura 12</b> .....	<b>29</b>
<b>Figura 13</b> .....	<b>31</b>
<b>Figura 14</b> .....	<b>34</b>
<b>Figura 15</b> .....	<b>34</b>
<b>Figura 16</b> .....	<b>35</b>
<b>Figura 17</b> .....	<b>38</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 2 .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 3 .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 4 .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 5 .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 6 .....</b>	<b>42</b>

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 Objetivos Gerais .....	12
2.2 Objetivos Especificos .....	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
3.1 Indústria Automotiva .....	13
3.2 Pintura Automotiva .....	14
3.2.1 Pré-tratamento .....	15
3.2.2 Cabines de Pintura .....	20
3.2.3 <i>Primer</i> .....	20
3.2.4 Base .....	21
3.2.5 Verniz .....	22
3.2.6 Secagem de tinta .....	23
3.3 Defeitos .....	25
3.3.1 Casca de Laranja .....	25
3.4 <i>WaveScan</i> .....	26
3.5 Qualidade .....	28
3.5.1 Inspeção .....	29
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
4.1 Análise do defeito .....	31
4.2 Teste de temperatura e umidade nas cabines .....	31
4.3 Teste aumento de espessura .....	31
4.4 Teste de resfriamento da carroceria .....	32
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
5.1 Análise do defeito .....	33
5.2 Testes de temperatura e umidade das cabines .....	35
5.3 Teste de espessura .....	37
5.4 Teste de termografia .....	41
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As montadoras japonesas começaram a entrar na disputa pelo setor automotivo na década de 1970, quando empresas ocidentais montadoras de veículos, começaram a perder sua soberania no mercado, fazendo com que a competitividade no setor automotivo transformasse a economia mundial (Costa; Queiroz; 2000). Já a competitividade no Brasil, foi provocado em 1992 pela abertura do mercado interno para as importações, o que ocasionou na chegada de outras montadoras, como por exemplo General Motors, Ford, Volkswagen e Fiat (Pierozan, 2001).

Entre as exigências que as montadoras impuseram ao setor de pintura incluem-se processos automatizados e simplificados, além de sistemas compactos com baixo tempo do produto no processo de pintura (Mirrha, 2013). Segundo Mintgomery e Runger (2009), um dos fatores que está se tornando importante na decisão para a maioria dos negócios é a qualidade tanto dos produtos, quanto dos serviços e está tendendo a considerar a qualidade com a mesma importância que o custo e o prazo de entrega. Como consequência disso, a preocupação das empresas com a melhoria da qualidade vem aumentando. “A pintura de um automóvel é sem dúvida um dos requisitos de qualidade mais visíveis e palpáveis, considerada de grande importância pela maioria dos compradores” (Pierozan, 2001).

Um dos defeitos mais comuns em pinturas automotivas, é a casca da laranja, que é descrita como a ondulação da superfície que se assemelha à superfície de uma laranja. A casca de laranja está relacionada principalmente ao nivelamento da tinta e seu encolhimento após a cura. A casca de laranja pode ser descrita em termos de comprimento de onda de perfil (OMAR, Mohammed A.,2011)

Então, este trabalho teve como objetivo, analisar a influência da temperatura da cabine e carroceria, da umidade relativa do ar da cabine e da espessura, na redução do defeito, em uma montadora no Brasil.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Analisar a viabilidade da redução do defeito orange peel no aspecto da pintura em automotivos, através da cabine de luz e equipamento wavescan.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Examinar a variação da temperatura e umidade das cabines, e a influência no defeito;
- Determinar o mínimo aumento de espessura necessário, para a redução do defeito;
- Definir a viabilidade do aumento de espessura, que seja condizente para uma melhora no aspecto;
- Analisar a influência da temperatura da carroceria na cabine, para aplicação do verniz, através do teste de termografia.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Indústria Automotiva**

Mesmo com a enorme importância para a economia nacional, a indústria automobilística brasileira tem enfrentado diversos desafios que dizem respeito a sua competitividade nos mercados internacionais, sobretudo considerando a intensificação do processo de globalização e a introdução de vários países e indústrias na produção e comercialização de produtos automotivos. Esses desafios podem ser percebidos por meio da análise de diversas variáveis, tais como a carga tributária aplicada às empresas brasileiras, a capacidade instalada da indústria, o volume de produção de produtos automotivos, o valor das exportações etc. (Alves. et al. 2019).

Aliada à questão do aumento do número de modelos de veículos e dos estilos de carrocerias, também aconteceu uma diminuição do ciclo de vida dos modelos de veículos. Holweg e Greenwood (2001) apontam que o ciclo de vida tem início na entrada do veículo no mercado e termina quando há uma substituição ou mudança considerável do veículo. Trocas comuns como modernização em faróis e/ou pára-choques, não são consideradas, por esses autores, como início de um novo ciclo de vida.

A indústria automobilística, de acordo com Costa e Henkin (2012), é heterogênea e diversificada, capaz de produzir diversos tipos de veículos terrestres. Essa indústria é composta de segmentos de automóveis de passeio, veículos comerciais leves, utilitários, caminhões e ônibus, que resultam na comercialização de veículos acabados, semi-acabados e de autopeças. Em face da diversidade de produtos existem empresas que se especializam em segmentos de atuação no mercado, englobando plantas distintas para a fabricação, com especialização por tipo de veículo e plataforma fabricada.

Para Pil e Holweg (2004), esses desafios também refletem no aumento da complexidade das operações envolvidas nas cadeias de suprimentos da indústria automotiva, devendo, portanto, associar o aumento dessa oferta de variedades a estratégias que visem uma minimização dessa complexidade.

Batchelor apud Howard et al. (2001) define variedade como sendo a combinação de opções de produto oferecida ao cliente. Esta definição é semelhante à apresentada em Pil e Holweg (2004) para variedade externa,

definição esta que, no contexto da indústria automotiva, consiste no número de combinações possíveis oferecidas para um modelo de veículo, baseado nos seguintes conjuntos de opções:

- Tipo de carroceria: esta opção incorpora ao conceito de estilo de carroceria, as variações do número de portas existentes no modelo;
- *Powertrain*: conjunto formado pelo motor (cilindrada e combustível utilizado) e pela transmissão (automática, semi-automática e manual);
- *Paint-and-trim*: a cor externa e o acabamento interno do veículo, itens que normalmente variam de acordo com a versão do modelo, podendo incluir o tipo de tecido para o revestimento dos bancos;
- Opcionais de fábrica: opcionais instalados na própria fábrica, oferecidos pelas montadoras para o modelo em questão (ABS, air bag, ar-condicionado, etc.). Não estão incluídos os itens de personalização instalados nas concessionárias.

### 3.2 Pintura Automotiva

OMAR, M. A. (2011) define o processo de pintura como aplicação de diferentes camadas de proteção, necessárias para garantir que a carroceria é resistente à corrosão. Isso inclui não apenas as películas protetoras de tinta na carroceria do veículo, mas também selante sob a carroceria, aplicações de PVC e cera. Também o processo de pintura controla a aparência final da carroceria do veículo através de sua cor e características de brilho.

No setor automotivo, as tintas são de extrema importância e é preciso que se enquadrem em padrões de brilho, durabilidade da cor, resistência e aderência entre todas as camadas. Como também em exigências legais de segurança, meio-ambiente e saúde devem ser considerados como objetivos no desenvolvimento seguro das tintas automotivas. Os custos e a competitividade são fatores contínuos no aperfeiçoamento técnico (JURGETZ, 1995).

Uma das opções para a pintura de automotivos é pela eletrodeposição de tintas que mantém um princípio básico da imersão simples. Contudo, algumas tintas utilizadas, possuem uma formulação diferente, o que permite a polarização. Com esta propriedade, a peça, conhecida como carroceria, é ligada a um polo negativo dos retificadores de corrente contínua, estabelecendo uma diferença de potencial, entre a carroceria e a tinta onde ela

está imersa, obtendo-se uma diferença de potencial, de maneira que a carga positiva (compostos orgânicos) contidos na formulação seja atraída para o polo negativo, ou seja, a carroceria metálica (Brett; Brett. 1996).

A Figura 1 mostra as superfícies externas de um automóvel, ou seja, as cinco etapas do revestimento de pintura. Esses revestimentos são aplicados em uma ordem específica e tem como finalidade, proteção ou acabamento. Além disso, cada camada se relaciona com as outras e confere um equilíbrio desejado de propriedades (Ansdell, D..1980).

**Figura 1 - As camadas de pintura: do substrato ao verniz.**



**Fonte: Adaptado, LEX, 2010.**

### 3.2.1 Pré-tratamento

Os tratamentos de superfícies são de extrema importância na pintura, pois como primeira etapa garantem uma conservação das peças e estruturas, aumentando a resistência aos agentes atmosféricos (umidade, luz solar, calor, frio), aos agentes químicos (ácidos, bases, soluções orgânicas e inorgânicas), a efeitos mecânicos (desgaste, deformação), além de auxiliar na estética de acabamento e obter propriedades físicas especiais (isolamento ou condutividade térmica e/ou elétrica, coeficiente de radiação) (GULLICHSEN et al. 1999).

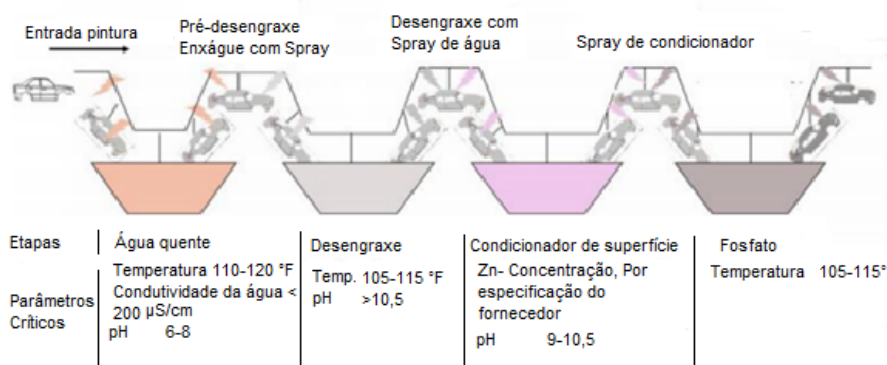
É de extrema importância a limpeza e preparação das superfícies antes da aplicação da pintura, em virtude de que a carroceria pode estar impregnada com graxas, limalhas, grãos, arrastadas de operações anteriores como o armazenamento ou transporte. Com isso, é fundamental a realização do pré-tratamento, para conseguir uma superfície suficientemente limpa que se

adeque aos procedimentos posteriores. A limpeza integral e absoluta da superfície, é uma condição indispensável para a obtenção de um revestimento ideal. Para EROL, THOMING (2005), a maioria dos defeitos observados na etapa de revestimento, acontece em fator a um tratamento preliminar ineficiente, causadas pela sujidade presente na carroceria. Para a limpeza de peças enferrujadas ou cobertas de graxas é realizado processos idênticos ou similares. Todas as possibilidades para a limpeza são feitas com produtos a base de água. Contudo, se o uso da água for ineficiente, haverá a necessidade de utilização de equipamentos com maior capacidade de fluxos ou tanques maiores. A introdução de novas tecnologias em equipamentos, fazem com que as modificações das operações não necessitem de um espaço físico maior.

Em geral, para todos os tratamentos de superfície metálica, uma boa aderência da pintura, uniformidade e aparência final, estão diretamente relacionados com isenção de qualquer sujidade presentes na superfície da carroceria (PONTE et al, 2000, LIMA-NETO et al, 2008). Os mecanismos de limpeza adotados podem influenciar na aderência à superfície. PETSCHEL, 1996, sugere um estágio de pré-lavagem da carroceria para uma melhor eficiência na remoção grosseira de graxas e partículas que dificultam no processo de pré-tratamento. Por isso, é essencial remover qualquer tipo de contaminantes oleosos e produtos corrosivos para obter bom acabamento (SANKARA NARAYANAN, 1996).

A Figura 2 representa as etapas do pré-tratamento da carroceria, com os tanques de imersão, para posteriormente receber a pintura anticorrosiva.

**Figura 2 - Representação ilustrada do pré-tratamento**



Fonte: Adaptado, AKAFUAH, N. K. et. Al. 2016.



### 3.2.1.1 Desengraxe

O processo seguinte a limpeza, conhecido como desengraxe, normalmente é realizado em pelo menos dois estágios, sendo um deles por *spray* e outro por imersão. A temperatura mais elevada que a temperatura ambiente, contribui para a eliminação de contaminantes, visto que uma das vantagens dessas etapas é o alto impacto do *spray*, que ocorre devido a pressão do pulverizador, tendo maior eficiência na remoção dos óleos e sujeiras. (DEBNATH, 2013).

O desengraxe por *spray* é feito por soluções de base alcalina. Os banhos são monitorados para que os parâmetros de qualidade estabelecidos estejam em conformidade e os resíduos gerados sejam separados diariamente. Com a mesma função, o banho por imersão age de forma semelhante, sendo que nesta etapa, as partes internas e ocas das carrocerias são igualmente tratadas. Uma última etapa pode ser adicionada, promovendo um banho com água industrial, onde ocorre o enxague por imersão, onde diminui o arraste de contaminantes para banhos posteriores (PEDRO, et. al. 2019).

### 3.2.1.2 Fosfatização

Descoberta por Thomas Coslett, a fosfatização, ou fosfatação, tomou uma importância maior, após a segunda guerra mundial, onde surgiu processos mais eficientes, como a fosfatação cristalina, que teve novos desenvolvimentos, a partir das décadas de 60 e 70, essenciais para a indústria automobilística. (ALMEIDA, 2000).

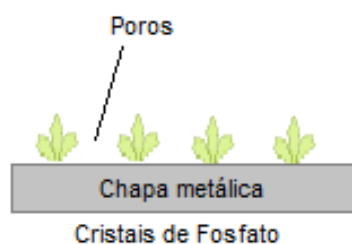
Para SANKARA NARAYANAN, 1996, a fosfatização é bastante utilizada para o pré-tratamento de superfícies de metais ferrosos e não ferrosos. Inúmeras modificações deste processo foram evidenciadas durante anos, com a evolução das tecnologias que abrangiam o acabamento das superfícies. Um exemplo dessas modificações, foi obtido através da inserção correta de aditivos metálicos na formulação da fosfatização, como Níquel e Manganês.

No processo de fosfatização, é realizado o contato entre uma solução fosfatante e uma superfície metálica, sendo que os cristais possam aparecer e desenvolver-se em todos os pontos da referida superfície, sendo que os cristais ideais são de forma pequena e similares. O banho de fosfatização consiste em

uma solução aquosa diluída, contendo elementos anódicos e catódicos, capazes de reagir com a superfície metálica, para provocar a formação de cristais sobre essa superfície. Outros componentes, como por exemplo, o cátion  $Zn^{2+}$  e o ânion  $H_2PO_4$ , são conhecidos como “aceleradores”, pois atuam na cinética da reação desses banhos de fosfatização, e permitem controlar as reações de redução e oxidação na chapa metálica (ALMEIDA, 2000).

Segundo Guerreiro (2009), os cristais de fosfato são de natureza não condutora, o que garantem uma barreira protetora contra a corrosão. Já os espaços de chapas ou poros nus entre os cristais, auxiliam nos processos seguintes da pintura, como a aderência do primer, que necessita de uma superfície condutora para sua deposição catódica. Na Figura 3, é possível observar como os cristais de fosfato estão depositados na chapa metálica.

**Figura 3 - Processo de fosfatização simplificado.**



**Fonte: Autoria própria.**

### 3.2.1.3 E-Coat

*E-Coat* ou eletroforese é o fenômeno de migração da partícula de pigmento, envolvida pela respectiva resina e demais componentes da tinta, em direção a peça a ser pintada, quando a mesma é submetida a uma tensão (diferença de potencial) elétrica (E-COAT (KTL) NO BRASIL. ADDCOR, 2015).

O revestimento por eletrodeposição chegou às indústrias automotivas na década de 60, como uma maneira de simplificar o processo de pintura dos automóveis, que de princípio era feito à base de verniz. O processo era feito manualmente com pincéis, e depois recebia lixamento e polimento. Esse processo era repetido diversas vezes, podendo levar dias até finalizar. O *e-coat* surgiu por volta de 1960, tendo um crescimento muito rápido. Em 1970, cerca de 10% dos carros eram eletro revestido, e já em 1990, esse número subiu para 90% de todos os carros (AKAFUAH, N. K. et. al. 2016).

O processo de *coating* é fundamental para a proteção do metal. *Coating* ajuda a prevenir a corrosão fornecendo proteção galvânica, passivação do metal (pigmentos inibitivos), barreira contra o meio ambiente (BERGER, 1982). O banho do *E-coat* ocorre basicamente em peças metálicas, pela necessidade de condução da corrente elétrica, para obtenção de uma película e cobertura uniforme, inclusive nos interiores e nas partes ocas. Este processo contribui para uma proteção anticorrosiva e resistência a deformações mecânicas, como exemplo, batidas de pedras, impacto etc (PONTE et. al., 2000).

A pintura por eletroforese é feita através do processo de imersão, onde o tanque em que a carroceria é imersa possui diversas placas de eletrodos nas laterais eletricamente isolados e são carregados positivamente, enquanto a carroceria será negativamente carregada por pêndulos, tornando-a um catodo. Aplica-se a corrente durante um período determinado e seguido por processo de enxague e lavagem com ultrafiltrado e água deionizada para retirar excessos de camada não depositada pelo processo eletroforético. Ao final do processo, a carroceria passa pela estufa, onde ocorre a polimerização do filme (DRUMOND, 2013).

Segundo Villamayor (2020), a aplicação de primers eletro-revestidos por imersão, garantem uma cobertura quase total das superfícies metálicas, e este processo pode ser observado na Figura 4:

**Figura 4 - Processo real de aplicação de e-coating.**



**Fonte: Emilio Villamayor, 2020.**

### 3.2.2 Cabines de Pintura

As cabine de pintura são ambientes fechados como túneis, juntamente com um sistema de filtro de ar. Silva e Almeida (2012), citam alguns exemplos de funções das cabines, como bloquear a emissão de partículas pulverizadas do processo de pintura de veículos, peças, entre outros e uma barreira para impedir os grãos de poeira, ciscos, limalhas, assentem sobre a carroceria úmida. Outra finalidade de grande importância é na aceleração no processo de secagem. Com isso, a qualidade da pintura e a maior eficiência do processo faz com que o projeto dessas cabines sejam essenciais, tanto para minimizar o retrabalho ou retoque das carrocerias.

Então com as cabines sendo um ambiente livre de poeira ou contaminação, tornam-se um local adequado para aplicação de tintas, podendo essas tintas serem à base d'água ou solvente.

Então o objetivo principal da cabine de pintura pode ser descrito como, controlar a entrada de contaminantes, criar um fluxo de ar ideal para que o over spray seja disperso para fora da cabine. Os sistemas de ventilação e filtragem são próprios para cada tipo de cabine em que o spray de tinta é trabalhado.

### 3.2.3 Primer

Até 1990, a principal razão da utilização do *primer*, era melhorar a resistência contra o meio atmosférico, aparência, e resistência a danos. Atualmente, ele também tem a função de melhorar a aderência entre a pintura *e-coat* e base, e ser compatível com os padrões de meio-ambiente e emissão atuais (AKAFUAH, N. K. et. al. 2016).

De uma forma geral, a finalidade do *primer* se dá pelo intuito de aumentar a adesão à superfície pela camada de acabamento (verniz e base) e promover o nivelamento da peça (FERNANDES, 2017).

Os *primers* utilizados em pistolas de pulverização eletrostáticas de alto desempenho são normalmente aplicados a uma taxa de fluxo de 240 ml/min e uma velocidade de sino de 33.000 rpm. Para aplicação pneumática por pistolas de pulverização de alto desempenho, são necessários 4,5 bar e uma vazão de 350 ml/min. As correias transportadoras movem-se a velocidades entre 2 e 10 m/min, e tipicamente a 4,5 m/min. Hoje em dia, a aplicação é quase totalmente automatizada. Após uma curta zona de evaporação, a carroceria do carro é

transportada para a estufa por 15 a 30 minutos a 160 a 170 °C. Geralmente, há pouca necessidade de medidas corretivas após o resfriamento. No entanto, é prática comum limpar a superfície do primer antes da aplicação do acabamento (Poth, U. 2008).

**Figura 5 – Aplicação de primer robotizada.**



**Fonte: Auto Esporte, 2020.**

#### 3.2.4 Base

A aplicação de tinta pode ser realizada manualmente, com pincéis ou rolos, ou por métodos mecânicos, como pulverização, atomização por discos ou cones rotativos, imersão, vazamento, tambores rotativos e equipamentos de tambor e aplicação automatizada por rolos. À medida que a tinta seca no substrato, forma-se uma película firmemente aderida. A secagem da tinta no substrato ocorre fisicamente, por evaporação dos solventes orgânicos de tintas contendo solvente ou evaporação de água de tintas à base de água. Alguns componentes voláteis e não voláteis podem ser citados respectivamente como, solventes orgânicos, água, agentes coalescentes e as resinas, aditivos para tintas, corantes, pigmentos.

Algumas diferenciações nas plantas mais modernas de pinturas automotivas podem ser observadas. A aplicação da base é mista, onde é comum que as regiões internas de portas, capôs e porta-malas, sejam pintadas manualmente e as regiões externas com aplicação robotizada. Segundo PIEROZAN (2001), a aplicação automatizada da base é feita em uma etapa

para as cores sólidas e em duas etapas para as cores metálicas e perolizadas. Na primeira etapa, as partículas de tinta são ionizadas e vaporizadas pela passagem através de um “sino” carregado à alta tensão (60 KV) e rotacionando à altas rotações (30000 RPM), que com o auxílio de braços mecânicos acompanham a configuração da carroceria que por estar aterrada, atrai estas partículas para sua superfície. Na segunda etapa, as partículas são vaporizadas por robôs que acompanham toda a configuração da carroceria, garantindo uma aplicação completa e homogênea em todos os pontos.

Como parte do acabamento, o *basecoat* é a terceira camada adicionada ao carro após o *primer* e antes do verniz. Claridade ou escuridão, juntamente com matiz e croma, são termos padrão usados na indústria de cores para descrever a natureza tridimensional da cor criada pelo uso de pigmentos na camada de base de um automóvel. Os pigmentos envolvem qualquer sólido particulado colorido, preto, branco ou fluorescente que seja insolúvel na tinta na qual o pigmento é incorporado. Os pigmentos retêm seu cristal ou estrutura particulada durante todo o processo de coloração da camada de base. Os pigmentos de efeito incluem flocos de alumínio, micas e outros tipos de agentes de interferência de luz (Coatings, 2016). A Figura 6 representa o processo de aplicação de base robotizado:

**Figura 6 - Processo de pintura automático.**



**Fonte: Alcántara, 2014.**

### 3.2.5 Verniz

A próxima etapa é chamada *Top Coat* ou verniz, que dá brilho e proteção à pintura, principalmente contra danos físicos relacionados ao meio

ambiente. É nesta camada que é construída uma barreira para raios ultravioletas (PIEZORAN, 2001).

A aplicação de tais camadas é alternada entre aplicações automatizadas, por meio de robôs (CONNER et al., 2005), e manuais, por meio de pessoas com aplicadores de tinta. Com isso, alguns erros são possivelmente gerados e propagados ao longo do processo produtivo (TREVIZAN, 2013), resultando em defeitos, como um grumo de tinta, que pode ser confundido com uma sujeira e não raramente gera retrabalho e encarece o produto final. A identificação dessas anomalias possui, portanto, relação direta com o custo e a produtividade da linha de manufatura (DREVEK, 2016).

### 3.2.6 Secagem de tinta

A aplicação da tinta é seguida pela secagem e endurecimento do filme de tinta úmida. Nesta etapa, dois alvos diferentes devem ser reconhecidos:

- Secagem por evaporação entre duas áreas de pintura como a base aquosa e o verniz: neste processo de secagem intermediária, apenas o solvente do filme de tinta é removido por evaporação até certo ponto (Henshaw, 2006).
- Secagem para remoção de solventes e reticulação da película de tinta, como no caso da pintura por imersão cataforética, do primer e da aplicação de verniz-top coat, aqui, o filme de tinta é endurecido por reações químicas que levam a uma reticulação das moléculas do aglutinante.

A energia necessária é fornecida na forma de ar aquecido e recirculado nos chamados fornos de convecção. Em temperaturas relativamente altas e longos tempos de processo, exigindo fornos longos, juntamente com altas capacidades da planta, a operação do forno consome muita energia. Para a construção do forno, as perdas de energia e medidas para sua redução como trocador de calor, isolamento e vedação de ar desempenham um papel importante. As zonas de flash-off geralmente têm um segmento com radiadores IR (infravermelhos) na área de entrada que aquecem o filme de tinta pela absorção dos raios IR e levam a um encurtamento do comprimento do forno. A vedação de ar na entrada e saída do forno evita a saída de ar quente (STREITBERGER, D., 2008).

A duração típica e os tempos de processo estão resumidos na Tabela 1. Esses dados são apenas indicativos, pois dependem do tempo de permanência, da velocidade da linha e do próprio material de pintura.

**Tabela 1 - Dados Típicos de Estações de Secagem e Fornos. (Velocidade do transportador: 3,5m/min).**

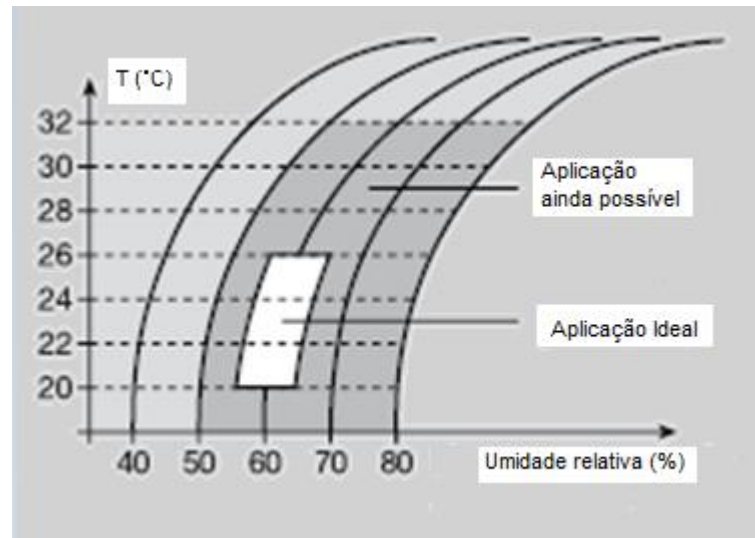
	<b>ESTAÇÃO</b>	<b>COMPRIMENTO (M)</b>	<b>TEMPO DE PERMANÊNCIA (MIN)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
<b>BASE</b>	Ambiente Flash Off	7	2	23
	Estufa	17,5	5	75
	Resfriamento	7	2	23
<b>VERNIZ</b>	Ambiente Flash Off	28	8	23
	Estufa	105	30	23
	Resfriamento	21	6	23

**Fonte: Adaptado, STREITBERGER, D., 2008.**

Assim que um material de revestimento líquido que contém solvente ou agente dispersante (água) é aplicado, ele inicia-se a secagem física. O aumento da viscosidade retarda tanto a flacidez indesejável quanto o nivelamento desejável. Para evitar apenas o primeiro e maximizar o segundo, a taxa de evaporação (cinética de evaporação) deve ser ótima. É codependente da temperatura (do objeto e do ar), do fluxo de ar e, no caso de tintas à base de água, da umidade relativa: quanto mais seco o ar, mais rápido a água evapora. Satisfazer todas essas condições cria uma janela de aplicação, como mostra na Figura 7 (Mischke, 2010):



**Figura 7 – Janela de aplicação para tintas à base de água.**



Fonte: Adaptado, Mischke, 2010.

### 3.3 Defeitos

Defeitos de superfície devido à aplicação inadequada de tinta podem surgir e são de grande preocupação para a indústria. Os motivos de ocorrência dos defeitos incluem a aplicação não uniforme, forças gravitacionais, secagem da tinta, efeitos de temperatura e gradientes de concentração e distúrbios de superfície.

#### 3.3.1 Casca de Laranja

Para KOTTWITZ (2019), vários fatores influenciam no aparecimento do defeito mais comum, que é o efeito casca de laranja. Essas causas incluem, temperatura muito elevada do ambiente de pintura, viscosidade das tintas, uso de produtos inadequados, como thinner, mau controle nos ajustes da pressão do ar, a relação da vazão e distância das pistolas com a superfície da carroceria, e a velocidade de aplicação. Alguns retoques após a secagem da tinta podem ser aplicados para casos simples, como o polimento ou para casos mais graves, o lixamento da superfície e novamente uma aplicação da tinta.

Uma superfície pode ser descrita como efeito casca de laranja, quando possui muitas pequenas reentrâncias que são percebidas como um padrão de áreas destacadas e não destacadas (BISKUP, P., 2002). Uma comparação entre a casca de laranja e o defeito é feita na Figura 8:

**Figura 8 - Efeito de casca de laranja na pintura automotiva.**



**Fonte: Adaptado, IGTECBRASIL, (2019).**

Na década de 1970, a indústria automotiva nos Estados Unidos estabeleceu um padrão físico para casca de laranja, consistindo de 10 painéis de alto brilho com vários graus de estrutura casca de laranja. Os painéis são classificados visualmente de 1 a 10, com o painel número 1 representando casca de laranja muito pronunciada e o painel número 10 denotando ausência de casca de laranja. O observador visual pode usar esses painéis como ferramenta de apoio para avaliar o grau de casca de laranja.

Uma classificação de superfície pode ser obtida por inspeção humana e depois comparação visual com painéis padrão, ou pelo uso de equipamento de varredura a laser, por exemplo, *Model Wavescan Plus* (Kadoura, 2011).

Apesar de várias montadoras utilizarem o mesmo equipamento (*wave scan*), cada uma delas tem sua própria forma de avaliar a aparência da pintura. A General Motors, por exemplo, utiliza uma escala chamada *Rating (R)*, que costuma variar de 2 (pior) a 10 (melhor), cujas entradas são a intensidade (0 a 100%) do *ShortWave* e *LongWave* criado pela interação de um raio laser incidente com a superfície da tinta (LEX, 2010).

### **3.4 WaveScan**

O equipamento mais utilizado na indústria automotiva para avaliar a aparência da pintura, com foco no tamanho da estrutura da superfície, é o *WaveScan*. A Figura 9 apresenta um modelo do equipamento:

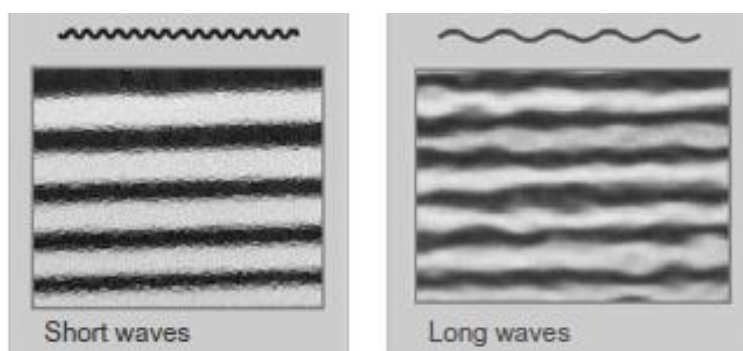
**Figura 9 – Equipamento wavescan.**



**Fonte: BYK-Gardner.**

Este equipamento trabalha com uma faixa de comprimentos de onda, com base naqueles que são visíveis ao olho humano a uma distância de 40 cm (*Short Wave - SW*) e 3 m (*Long Wave - LW*). O método de avaliação consiste na análise dos comprimentos de onda, curto (SW) e longo (LW), que são criados pela interação de um raio laser incidente a  $60^\circ$  da superfície pintada e coletados no mesmo ângulo do lado oposto. A aparência da pintura é melhorada à medida que menos SW e LW são criados, o que significa que para uma superfície especular perfeita SW e LG devem ambos tender a zero (LEX, 2010). A Figura 10 representa a aparência de *ShortWave* e *LongeWave* na chapa metálica:

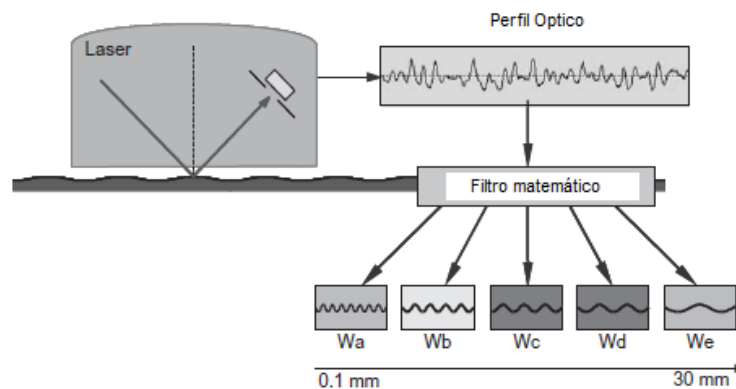
**Figura 10 - A aparência em relação ao tamanho da estrutura.**



**Fonte: STREITBERGER, D., 2008.**

Os resultados da medição são divididos em cinco faixas de comprimento de onda ( $W_a$ – $W_e$ ), como ilustra a Figura 11, usando procedimentos de filtragem eletrônica. Como resultado final, um espectro de estrutura é obtido para tamanhos de estrutura entre 0,1–30 mm. A combinação de dois princípios de medição em um instrumento simula a percepção visual em diferentes distâncias e permite categorizar os tamanhos das estruturas com suas causas (STREITBERGER, D.,2008).

**Figura 11 - Princípio de medição "ondulação" do DOI de varredura de onda.**



**Fonte: Adaptado, Streitberger, D'ossel, 2008.**

Muitos dos principais fabricantes automotivos e seus fornecedores estão usando o DOI de varredura de onda como sua ferramenta padrão para avaliar objetivamente a aparência da carroceria de um carro.

### 3.5 Qualidade

As empresas estão sendo atingidas por uma concorrência jamais registrada em décadas passadas (KOTLER; KELLER, 2012). A pintura dos automóveis é um requisito de qualidade mais visível aos consumidores, sendo considerada de grande importância pela maioria dos compradores, considerando a variedade de cores que estão no mercado automotivo. A maioria dos consumidores compram antes com os olhos, então a qualidade de acabamento da pintura junto a cor é o que primeiro os agrada (MACHADO, 2013).

Pode-se observar na Figura 12, que o peso da qualidade exterior e interior (do veículo para o cliente) varia/muda desde a consideração da compra até a decisão de compra e indo para o fim/propriedade. Como em qualquer

relacionamento, exterior (do veículo) tem a maior influência no início dos tempos (primeira impressão do produto). Por outro lado, com o passar do tempo, o interior supera o exterior e se torna de grande importância.

**Figura 12 - Importância da qualidade perceptiva em veículos.**



**Fonte: Adaptado, GERHART, 2001.**

Ao final do processo da pintura automotiva, Jurgetz (1995), define alguns requisitos com um grau de complexidade alta, exemplo o brilho, tonalidade, durabilidade, resistência à quebra, adesão das camadas de tinta e resistência a arranhões. Para Adamsons (2000), na prática, toda superfície de revestimento automotivo tem uma intensidade de casca de laranja, mesmo que mínima. Porém, essa intensidade pode afetar várias exigências de qualidade, quando está acima dos valores aceitáveis. A influência da intensidade da casca de laranja em superfícies, nas propriedades e características funcionais do produto é um receio da indústria, que busca caracterizar o problema (NAJJAR et al., 2005).

Com o passar dos anos, a evolução no setor da pintura automotiva fez com que a maior durabilidade, resistência e variedade de cores, permitissem com que as montadoras entregassem ao consumidor um tempo de garantia superior a dez anos na pintura (PIEROZAN, 2001).

### 3.5.1 Inspeção

Depois de sair da de pintura e antes de entrar na linha de montagem, a superfície de cada carro é cuidadosamente inspecionada (Figura 13). Cerca de 6 a 12 especialistas examinam minuciosamente a superfície usando fontes de luz especiais. Muitos dos defeitos visíveis na camada de acabamento podem

ser removidos lixando-se e polindo-se, neste caso, nenhuma etapa de revestimento adicional é necessária. Isso normalmente é feito em cerca de 3 a 5 minutos. Para remover os defeitos remanescentes, as montadoras adotaram diferentes estratégias. O método mais comum usado hoje é o reparo pontual. O carro é movido para uma cabine de reparo, onde os defeitos são removidos lixando o ponto defeituoso de 1-10 cm de diâmetro, e em seguida, aplique a camada de base – camada transparente nessa pequena área. Isso é feito por pequenos equipamentos de pulverização como pistolas de aerógrafo. A cura é normalmente feita usando IR lâmpadas a 80–120°C por 20 minutos. O processo geral leva cerca de 1 hora. A Figura 13, mostra uma cabine de inspeção da linha final da pintura.

**Figura 13 - Zona de inspeção de uma linha de revestimento automotivo.**



Fonte: Arida, 2021.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Análise do defeito**

A realização do estudo de caso foi feita analisando um único modelo de carro de passeio e sem especificação de cor. O modelo escolhido foi o que mais apresentou o defeito casca de laranja, dentre os modelos da montadora. Foram utilizadas análises através da cabine de luz, e associada por comparações com oito placas padrão numeradas de 1 a 8, sendo “8” sem o defeito casca de laranja e “1” com o defeito bem agravado. Outra ferramenta utilizada para a medição, foi o aparelho *wavescan*.

As análises obtidas para a verificação das áreas mais penalizadas pelo defeito, foram baseadas a partir do histórico das cotações em cabine de luz realizadas durante o período de janeiro a setembro do ano de 2021 e feito a média de sessenta e seis carrocerias. As regiões que obtiveram cotações igual ou inferior a 4,5 em comparações feitas com as placas de medição padrão, foram estudadas neste trabalho.

### **4.2 Teste de temperatura e umidade nas cabines**

A análise para observar a variação da temperatura e umidade, foi feita registrando a média diária das cabines, durante os meses de janeiro a junho de 2021. O motivo da escolha desse período do ano foi devido à abrangência das estações de verão e inverno, o que representa uma variação maior de temperatura entre os meses.

### **4.3 Teste aumento de espessura**

Para esse teste foi analisado, os limites de espessura adequado de verniz. Foi feito o teste de espessura em sessenta e nove carros, durante o período de janeiro a junho de 2021, e analisado a possibilidade de aumento de camada nas áreas que estão sendo estudadas. A realização do teste foi feita em duas carrocerias, através do aparelho *wavescan*. Para uma melhor comparação dos resultados, foi feito a medição dos mesmos pontos em uma carroceria feita no mesmo dia, porém sem o aumento de camada. Os resultados obtidos foram analisados junto a literatura.

#### **4. 4 Teste de resfriamento da carroceria**

Foi analisado junto a literatura a temperatura ideal da carroceria para a aplicação de verniz. Foi feito um teste de termografia quando a carroceria entra na estação para aplicação de verniz manual, esperado trinta minutos para resfriamento e novamente feito a termografia. Foi comparado os pontos de maior temperatura e se eles tinham interferência na intensidade da casca de laranja.

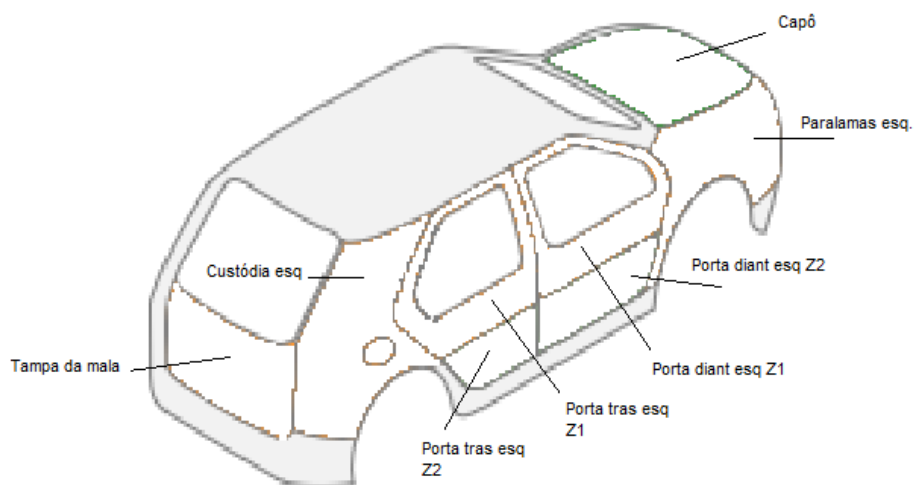


## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise do defeito

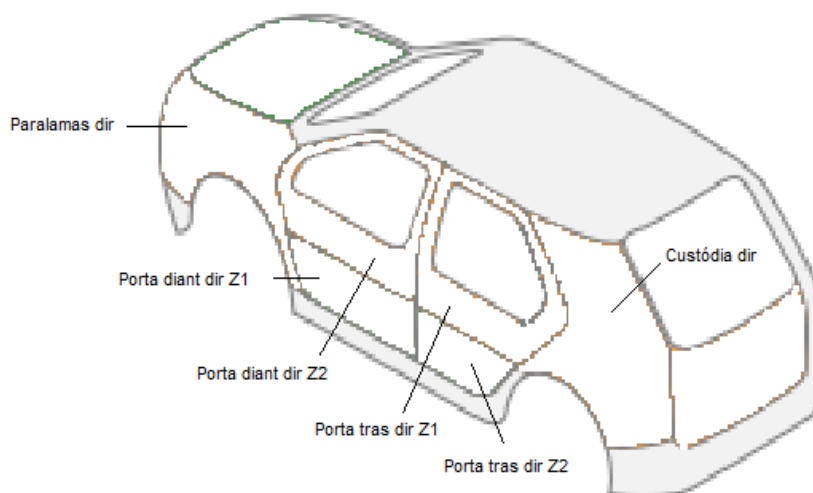
As Figuras 14 e 15 representam as regiões da carroceria esquerda e direita, respectivamente:

**Figura 14 – Legenda para as regiões da carroceria lateral esquerda, capô e tampa da mala.**



**Fonte: Autoria própria.**

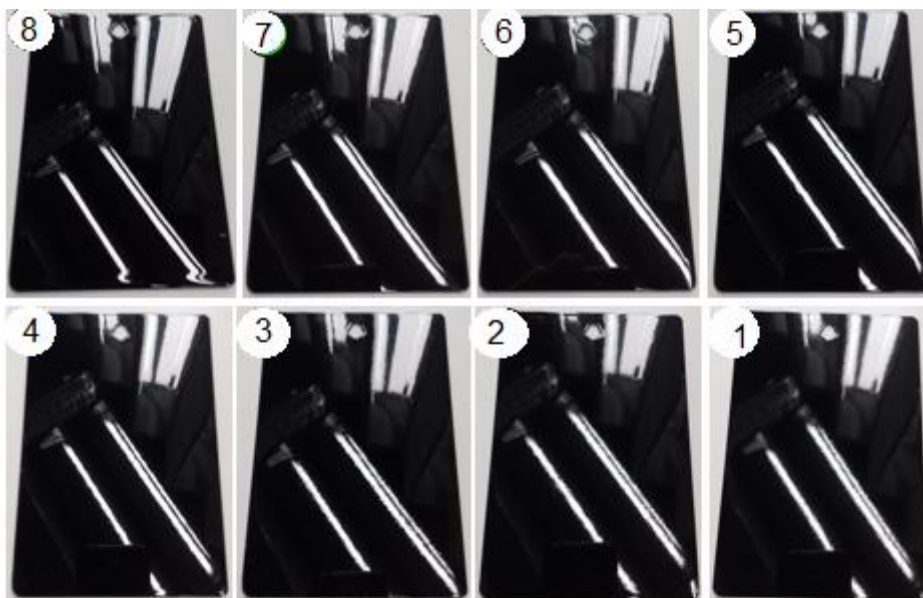
**Figura 15 – Legenda para as regiões da carroceria lateral direita.**



**Fonte: Autoria própria.**

As placas padrão utilizadas como escala de comparação na cabine de luz, para análise do defeito, pode ser observada na Figura 16, onde o número 8 é representada pela placa padrão sem o defeito casca de laranja e o número 1 com o defeito bem agravado:

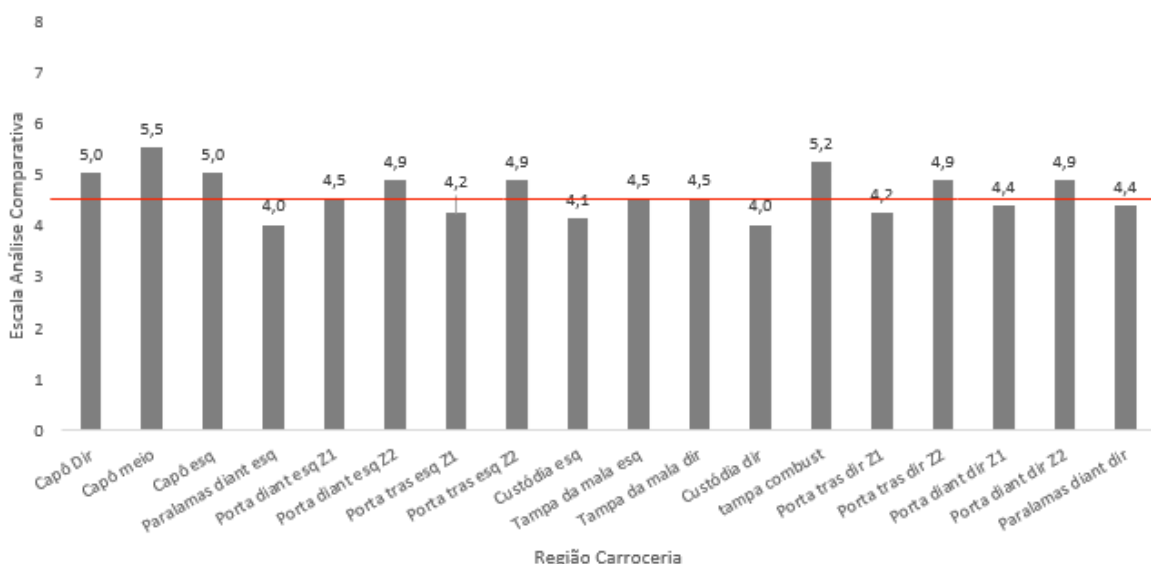
**Figura 16 – Placas padrão para cotações em cabine de luz.**



Fonte: Adaptado, montadora estudada, 2022.

O Gráfico 1, mostra as cotações das regiões da carroceria que foram obtidas através da escala das placas padrão.

**Gráfico 1 – Análise do defeito nas regiões da carroceria.**



Fonte: Autoria própria.

Como é possível observar através do Gráfico 1, as regiões iguais ou inferiores à 4,5, estão dispostas na Tabela 2 e são as regiões estudadas neste trabalho.

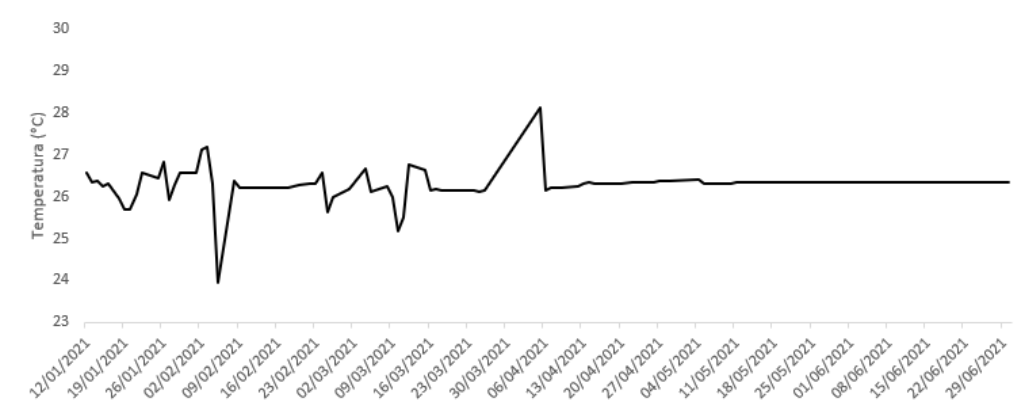
**Tabela 2 – Regiões com cotações estudadas.**

<b>Regiões da Carroceria</b>	<b>Escala de Comparação</b>
Paralamas diant esq	4
Porta diant esq Z1	4,5
Porta tras esq Z1	4,2
Custódia esq	4,1
Tampa da mala esq	4,5
Tampa da mala dir	4,5
Custódia dir	4
Porta tras dir Z1	4,2
Porta diant dir Z1	4,4
Paralamas diant dir	4,4

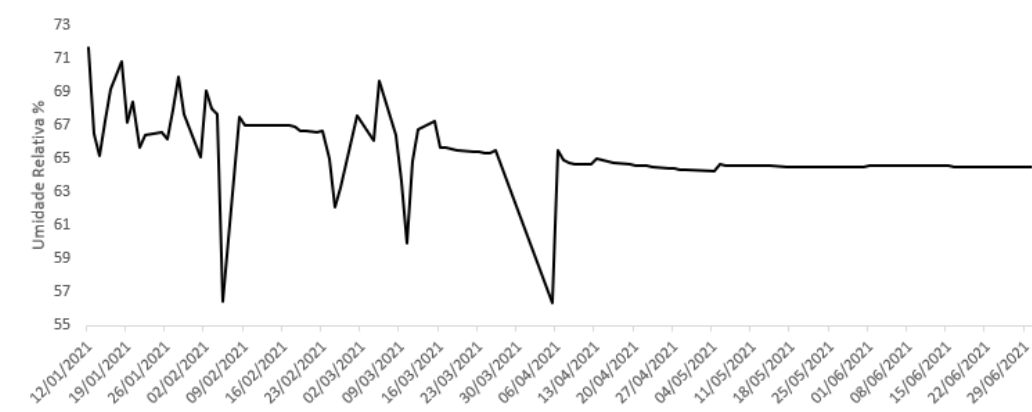
**Fonte: Autoria própria.**

## **5.2 Testes de temperatura e umidade das cabines**

Para o primeiro teste, foi computado diariamente a média, de temperatura e umidade da cabine base, durante seis meses, mostrado nos Gráficos 2 e 3:

**Gráfico 2 – Temperatura da Cabine de Base (2021).**

Fonte: Autoria própria.

**Gráfico 3 – Umidade relativa da Cabine de Base (2021).**

Fonte: Autoria própria.

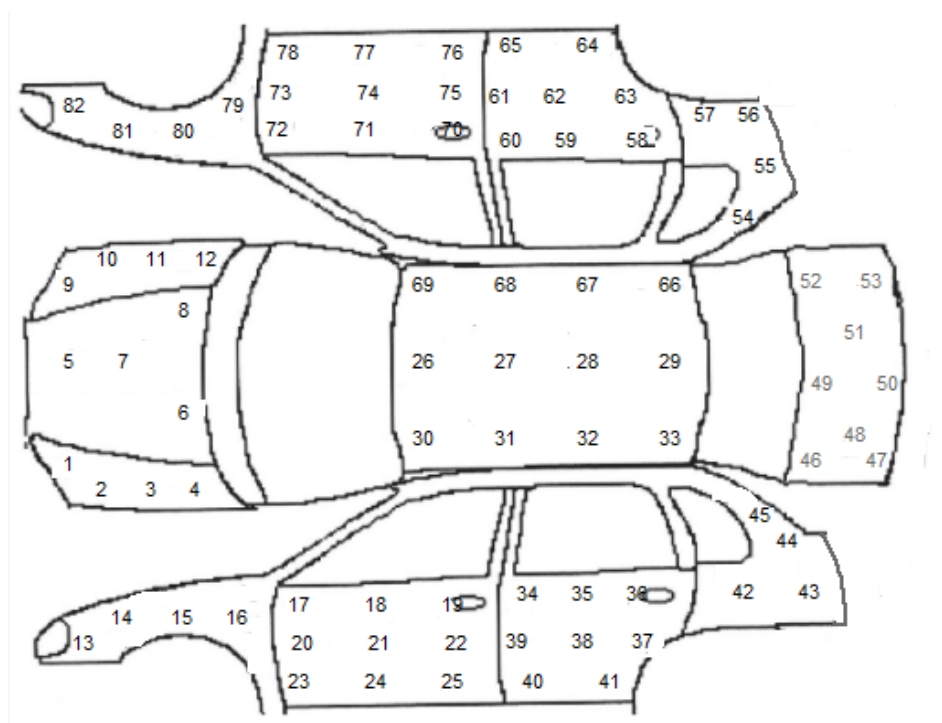
Pode-se observar que nos meses principalmente de janeiro a março, tem-se uma variação de temperatura e umidade maior. Segundo Mischke, (2010), a temperatura ideal para aplicação está entre 20 e 26 °C, podendo ainda ser considerada uma aplicação possível até 32 °C, então pode-se afirmar que a temperatura da cabine de base atende os limites especificados mesmo tendo em alguns dias uma temperatura de até 28 graus. Para umidade relativa do ar na cabine, Mischke, (2010) especifica um limite entre 55% e 65% de umidade relativa, sendo considerada uma aplicação possível uma variação entre 50% e 80%. Com isso, mesmo nos primeiros meses tendo uma variação de umidade relativa acima do ideal, ainda está de acordo com os limites citados.

Então pode-se concluir que há uma variação nas cabines de temperatura e umidade de base, observada na estação do verão, porém não se pode afirmar que está associada com o agravamento do defeito.

### 5.3 Teste de espessura

A Figura 17 está representando os números dos pontos de medição da carroceria e a Tabela 3 representa a média da espessura de verniz de sessenta e nove carrocerias.

**Figura 17 – Pontos de medição na carroceria.**



**Fonte: Adaptado, Chen, Liu, Tang e Liu, 2017.**

Tabela 3 – Média das espessuras nas regiões estudadas.

	<b>PONTOS DE MEDIÇÃO</b>	<b>ESPESSURA <math>\mu\text{M}</math></b>
<b>PARALAMA DIREITO</b>	13	42,55
	14	43,68
	15	46,27
	16	43,58
<b>PORTA DIANT. DIR. Z1</b>	17	37,53
	18	43,33
	19	40,19
<b>PORTA TRAS. DIR. Z1</b>	34	45,15
	35	48,24
	36	41,91
<b>CUSTÓDIA DIREITA</b>	42	39,12
	43	50,07
	44	50,47
<b>TAMPA DA MALA</b>	45	45,48
	46	47,07
	47	37,95
	48	38,41
	49	40,51
	50	38,26
	51	38,92
	52	41,86
<b>CUSTÓDIA ESQUERDA</b>	53	41,12
	54	43,07
	55	44,16
	56	48,24

<b>PORTA TRAS.</b>	58	41,79
<b>ESQ Z1</b>	59	40,34
	60	44,15
<b>PORTA DIANT.</b>	70	40,26
<b>ESQUERDA Z1</b>	71	41,87
	72	40,41
<b>PARALAMA</b>	79	44,53
<b>ESQUERDO</b>	80	39,07
	81	41,88
	82	42,36

**Fonte: Autoria própria.**

Para alguns autores como Chen, Liu, Tang e Liu (2017), a espessura ideal é de  $40 \mu\text{m} \pm 5$ . É importante ressaltar que para ser possível o aumento de espessura é necessário aumentar a região toda, ou seja, não havia a possibilidade de aumentar apenas um dos pontos da região. Com isso, a análise feita foi que, para regiões onde a maioria dos pontos estavam entre 35 e  $45 \mu\text{m}$  foi aumentado em 10% da vazão e conseqüentemente, também 10% a vazão de ar de leque.

Após o aumento foi feita a medição nos pontos através do aparelho wavescan, e os dados obtidos estão na Tabela 4:

Tabela 4 – Resultado do aumento de espessura de verniz com *wavescan*.

	SW	LW	DOI	SW	LW	DOI	SW	LW	DOI
	Carroceria sem teste			Teste 1			Teste 2		
<b>PARAL ESQ</b>	29,54	10,84	86,32	29,36	11,50	88,23	28,56	10,52	87,23
<b>POR DIAN ESQ Z1</b>	28,42	11,24	85,68	26,58	10,59	86,54	29,32	11,47	89,25
<b>POR TRAS ESQ Z1</b>	28,53	10,98	86,95	23,12	9,63	85,69	20,48	11,47	86,59
<b>CUSTODIA ESQ</b>	32,54	8,35	88,47	25,69	10,28	87,15	26,54	11,20	86,90
<b>TAMPA DA MALA</b>	29,87	9,47	87,36	27,58	11,23	89,62	23,80	9,65	87,58
<b>TAMPA DA MALA</b>	31,22	10,21	86,58	26,24	10,47	88,20	25,69	7,85	89,35
<b>CUSTODIA DIR</b>	29,56	8,54	87,36	25,30	9,58	87,23	26,47	10,25	86,54
<b>POR TRAS DIR Z1</b>	27,10	11,03	86,53	19,65	8,45	88,56	26,98	10,56	87,59
<b>POR DIAN DIR Z1</b>	27,12	8,74	86,30	20,47	10,47	86,42	26,47	9,65	87,56
<b>PARAL DIR</b>	29,48	10,87	85,41	21,96	9,50	87,12	25,68	8,57	88,65

Fonte: Autoria própria.

Segundo Souza, Santos, Filho, os limites aceitáveis para SW, LW são respectivamente de  $0 \leq 25 \mu\text{m}$  e  $0 \leq 8$  e a Tabela 4 apresenta uma diminuição nos valores de medição de SW e LW. Então para o teste 1, todas as medidas de SW foram reduzidas, e para o LW essa redução pode ser observada na porta traseira e dianteira esquerda Z1, porta traseira direita e paralamas direito. Para o teste 2, a redução de SW aconteceu nas regiões do paralamas esquerdo, porta traseira esquerda Z1, a tampa da mala, custódia direita e esquerda, porta traseira e dianteira direitas e paralamas direito e para o LW, a diminuição pôde ser observada na tampa da mala esquerda, paralamas esquerdo, porta traseira direita, paralamas direito, podendo afirmar que o aumento de espessura ajuda na diminuição do defeito. Essas reduções nos comprimentos de onda SW e LW, representam em algumas regiões até 25% na redução do defeito, segundo Souza, Santos, Filho.

Então pode se concluir que o teste de aumento de espessura é válido e faz com que haja uma redução no defeito, isso se dá pelo fato que, quando é aumentado a camada que é depositada sobre a carroceria, as ondulações ficam mais preenchidas, fazendo assim, com que o defeito seja reduzido. Porém, quando aumenta-se a camada de verniz, utiliza-se mais produto, consequentemente aumenta-se o valor final do processo, o que pode não ser viável para as indústrias, visto que o defeito é reduzido, mas não eliminado.



#### 5.4 Teste de termografia

O aparelho termográfico foi utilizado para medir a temperatura da carroceria quando entrou na cabine manual de verniz e após permanecer trinta minutos na mesma. Cada fornecedor de tinta, especifica uma temperatura ideal de aplicação, porém na literatura pode ser encontrado variações entre 20°C e 30°C , como o estudo feito por Yomo, Tachi (2019), com uma aplicação na carroceria a 24°C. O que pode ser observado na Tabela 5 com a temperatura antes do teste extremamente elevada:

Tabela 5 – Temperatura antes e após a termografia.

PONTOS DE MEDIÇÃO	TEMPERATURA (°C) ANTES	TEMPERATURA (°C) APÓS 30 MIN
82	38,5	29,9
80	42,5	30,1
74	38	28,7
71	41,4	29,6
62	38,1	28,9
58	41,6	30,4
57	39,2	31,2
13	42	30,2
15	38,1	30,1
21	39,1	28,9
18	40	29,4
38	36,7	28,9
36	41,3	30,1

42	37,9	30,4
46	39,4	29,3
51	37,6	29,2
52	39,3	29,2
47	38,7	29,1

Fonte: Autoria própria.

Foi possível observar que a temperatura baixou significativamente, uma média de 10°C. Então, foi feita a análise em cabine de luz, com a utilização das placas padrão e comparados com uma carroceria feita no mesmo dia. Os resultados obtidos estão dispostas no Tabela 6:

Tabela 6 – Análise em cabine de luz.

REGIÕES DA CARROCERIA	COTAÇÃO PLACAS PADRÃO
PARAL ESQ	4
PORT DIAN ESQ Z1	5
PORT TRAS ESQ Z1	5
CUSTODIA ESQ	6
PORT DA MALA BAIXO	4
PORT DA MALA ALTO	4
CUSTODIA DIR	6
PORT TRAS DIR Z1	5
PORT DIAN DIR Z1	5
PARAL DIR	4

Fonte: Autoria própria.

A montadora em estudo, considera que a cotação com placas padrão, tem um resultado aceitável entre 5 e 8. Com isso, pode-se observar que os valores obtidos após a cotação na cabine de luz, estão dentro dos limites aceitáveis.

Então, pode-se concluir que o resfriamento da carroceria para a aplicação do verniz, é válido, mesmo com algumas áreas como os paralamas direito e esquerdo não tendo uma melhora significativa, o que pode ser ocasionado pela curvatura na região, sendo o que o sino de aplicação em spray não altera a trajetória quando a região faz uma curva.

Outra conclusão que pode-se tirar do teste, é que não foi necessário um aumento do valor final, visto que não foi preciso a utilização de mão de obra ou aumento de produtos. Porém, para ajudar na diminuição de temperatura de forma mais rápida durante o processo, pode-se analisar a viabilidade da obtenção de uma roda-térmica. A roda-térmica faz com que a temperatura da cabine reduza mais rapidamente.

## 6 CONCLUSÃO

Baseado no estudo realizado foi possível observar que ocorreram variações de temperatura e umidade relativa de ar nas cabines, porém não extrapolaram os limites superiores e inferiores, definidos na literatura, não podendo afirmar que tenham ligação direta com o agravamento do defeito.

Em relação ao teste de aumento da espessura de verniz, pode-se concluir que atua satisfatoriamente, ajudando na redução do defeito, isto se dá pelo fato das ondulações contidas na película que cobre a carroceria, estejam mais preenchidas, fazendo com que a imagem refletida seja um pouco mais nítida. Porém, uma das maiores dificuldades desse aumento de espessura, seria no custo final do veículo, visando que o gasto seria maior, o que não é viável para a competitividade das montadoras, porque mesmo com a diminuição do defeito, ainda não é uma redução significativa.

Em relação ao teste que foi feito para a diminuição da temperatura da carroceria, obteve-se resultados significativos, pois a temperatura após trinta minutos baixou 10°C o que fez com que se aproximasse dos limites superiores considerados ideais para alguns autores. A diferença pôde ser vista também quando foi realizada a cotação em cabine de luz. Uma sugestão de melhoria seria a instalação de uma roda térmica, que agiria no resfriamento da cabine, e conseqüentemente na temperatura da carroceria.

Logo, a partir desses resultados, concluiu-se que os testes de aumento de espessura e de temperatura de carroceria são válidos, porém é necessário fazer um estudo mais aprofundado, sobre a viabilidade de aumentar o custo final do veículo ou do processo.

## REFERÊNCIAS

AKAFUAH, N.K. et al. **Evolution of the Automotive Body Coating Process— A Review**. Basel, Switzerland. 2016.

ALTANA. **A new sight on Orange Peel: wave-scan with new scales for dominant wavelength information**. Disponível em: < <https://media.byk-instruments.com/shop/Misc/Brochures/Articles/EN/Automotive/A-new-Sight-on-Orange-Peel-EN.pdf>> . Acesso em: novembro 2022.

ALVES, A. C. et al. **A qualidade do serviço e a satisfação do cliente**.

ALVES, A. R. et al. **Análise do desempenho da indústria automobilística brasileira entre 2003 e 2018**. 2019.

ARIDA, Helena. **Nissan irá parar produção de Kicks e V-Drive por 5 dias em junho**. Disponível em: <<https://motor1.uol.com.br/news/511270/nissan-falta-semicondutores-paralisacao/>>. Acesso em: outubro 2022.

CÂNDIDO, Gustavo B.; CARIO Silvio A. F.; SHIMA, Walter. **A internacionalização da indústria automobilística brasileira: dinâmica produtiva e estratégias de mercado**. 2020.

CASASOLLA, J.R. et al. **Técnicas de ciência de dados aplicadas à detecção de padrões de falha em processos de pintura automotiva**. 2021.

CHEN, W. et al. **Trajectory Optimization of Electrostatic Spray Painting Robots on Curved Surface**. 2017.

COTÊS, Raphael Palhares. **Avaliação de riscos de segurança em uma cabine de pintura automotiva utilizando princípios do método FMEA**. Curitiba. 2015.

DA SILVA, Christian Luiz. **Competitividade e Estratégia empresarial: Um estudo de caso da indústria automobilística brasileira na década de 1990**. Curitiba. 2001.

DE BEM, Patrícia Peters Tetto. **Minimização do Efluente gerado em pré-tratamento de pintura automotiva: Um caso industrial**. Curitiba. 2008.

E-COAT (KTL) NO BRASIL. **ADDCOR**, 2015. Disponível em: <<http://www.addcor.com.br/blog/?p=6>>. Acesso em: novembro 2022.

GUERREIRO, Maria Aparecida Vieira. **Avaliação de processo de fosfatização**. 2009.

IGTECBRASIL, 2019. **Defeito na pintura eletrostática – “Casca de Laranja”**. Disponível em: <<https://igtecbrasil.com.br/index.php/pt/2019/11/04/defeitos-na-pintura-eletrostatica-casca-de-laranja/>>. Acesso em: novembro 2022.

JUNIOR, J. C. M.; OLIVEIRA, P. H.; CAROSELLA, C. T.. **Melhoria do processo de pintura por eletrodeposição em uma multinacional do setor automobilístico**. São Caetano do Sul. 2019.

KOTTWITZ, Leandro Spanemberg. **Controle de qualidade da repintura automotiva em oficinas de pequeno porte**. Panambi. 2019.

MISCHKE, Peter. **Film Formation: in Modern Paint Systems**. Alemanha. 2010.

MOREIRA, Marcelo Felipe. **Análise de instalação de uma cabine de pintura com sistemas de exaustão para empresas de funilaria com demanda reduzida**. Varginha. 2018.

PIEROZAN, Leonardo. **Estabilização de Processos: Um estudo de caso no Setor de Pintura automotiva**. Porto Alegre. 2021.

POTH, Ulrich. **Automotive Coatings Formulation: Chemistry, Physics und Practices**. Alemanha. 2008.

RIBEIRO, Rodrigo. **Quanto pesa a pintura de um carro?**. Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/servicos/noticia/2020/05/quanto-pesa-pintura-de-um-carro.ghtml>> . Acesso em: outubro 2022.

SCAVARDA, L. F.; BARBOSA, T. P.W.; HAMACHER, S.. **Comparação entre as tendências e estratégias da indústria automotiva no Brasil e na Europa**. Rio de Janeiro. 2005.

SOUZA, B.; SANTOS, A. P. L.; FILHO, M. L. S.. **Uso do projeto robusto para identificação de fatores que contribuem para a intensidade do aspecto de “casca de laranja” em superfície de para-choques pintados**. Curitiba. 2017.

STREITBERGER, H. J.; DOSSEL, K. F.. **Automotive Paints and Coatings**. 2° edição. 2008.

TEIXEIRA, F. T. V.; ARAÚJO, S. W.. **Tintas e suas Aplicações: Conceitos, Tecnologias e Possibilidades**. 1ª edição. Diamantina. 2022.

TODA, K.; SALAZAR, A.; SAITO, K.. **Automotive Painting Technology: A Monozukuri-Hitozukuri Perspective**. 2013.

VILLAMAYOR, Emilio. **Una breve historia de la tecnología de recubrimientos automotrices, historia de la pintura del automóvil**. Disponível em: <[https://www.infomylsa.com/blogNews/news\\_post.php?id=365](https://www.infomylsa.com/blogNews/news_post.php?id=365)>. Acesso em: setembro 2022.

YOMO, Shuji; TACHI, Kazuyuki. **Improving appearance of 3-coat-1-bake multilayer films on automotive bodies through solvent composition design**. 2019.