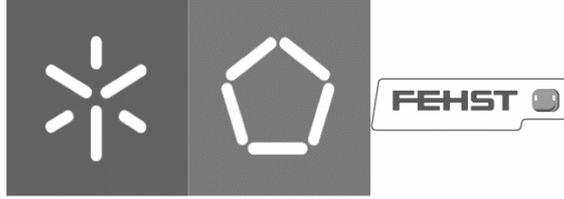




**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia  
Fehst Componentes, Lda

Sara Daniela Gomes Borges

**Incorporação de material reciclado de  
peças pintadas**



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia  
Fehst Componentes, Lda

Sara Daniela Gomes Borges

## **Incorporação de material reciclado de peças pintadas**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Júlio Viana

Engenheira Ana Maria Moreira

Mês e Ano

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

A dissertação de mestrado marca o encerramento de um ciclo de aprendizagem, não apenas a nível académico, mas também pessoal. Por isso, gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram, orientaram e estiveram sempre presentes ao longo de toda a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, quero agradecer à empresa Fehst Componentes pela oportunidade concedida para realizar este projeto nas suas instalações e pela disponibilização de todas as condições de trabalho necessárias para o efetuar. A todos os colaboradores com quem mantive contacto diário e que me auxiliaram em tudo o que lhes era possível, o meu sincero agradecimento

Gostaria de expressar um agradecimento especial à Engenheira Ana Maria Moreira, que me orientou na empresa, pela motivação, orientação e partilha de conhecimento, tornando esta experiência enriquecedora e essencial para o êxito do projeto realizado.

Ao professor Doutor Júlio Viana, o meu sincero agradecimento por todo o apoio e pelas propostas de melhoria que contribuíram significativamente para a realização deste projeto

A todas as minhas amigas que me acompanharam ao longo destes cinco anos de percurso académico, quero fazer um agradecimento especial à Catarina Pereira, Inês Rodrigues, Marta Freitas e Rita Gonçalves por toda a ajuda e companheirismo.

A todos os meus colegas de estágio da Fehst componentes, agradeço por todo o auxílio que me prestaram para a realização deste projeto. Em especial, à Maria Simão que esteve sempre disponível e me ajudou em tudo o que precisei.

A toda a minha família e restantes amigos, quero agradecer por acreditarem sempre em mim e me incentivarem.

Por último, o agradecimento mais especial vai para os meus pais e para o meu irmão, que tornaram isto possível e foram o meu maior apoio e incentivo.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, Guimarães, outubro de 2023

Sara Daniela Gomes Borges

## RESUMO

Os recursos naturais devem ser utilizados pela sociedade e empresas de modo sustentável, através do consumo e produção responsável. Um dos grandes problemas da poluição ambiental são os materiais plásticos, tornando-se necessário a recuperação/reciclagem destes materiais para que isso se proporcione numa diminuição da poluição ambiental e, conseqüentemente, numa economia circular mais sustentável.

O maior problema da reciclagem de materiais plásticos são os produtos pintados e envernizados, mas com o aumento da poluição ambiental, legislações por parte dos governos e com a tentativa de diminuição dos custos dos produtos, torna-se fundamental incorporar material reciclado deste tipo de plásticos.

A elevada taxa de rejeição de peças com acabamento de alto brilho impulsionou o tema deste projeto de dissertação, surgindo da necessidade de reutilizar peças pintadas com defeitos numa tentativa de reduzir o considerável número de peças que acabam no lixo, visando a produção sustentável e responsável.

Este estudo está dividido em 4 fases: a primeira está relacionada com o envio das peças pintadas para uma organização externa, a Use & Reuse, para ser realizada a moagem das peças e, posteriormente, a extrusão e granulação da matéria-prima. Durante esta etapa, foram realizados testes de degradação térmica das diferentes tintas que compõem as peças. Numa segunda fase, após a receção do material reciclado, este foi testado e foram produzidas peças através da técnica de moldação por injeção, com incorporação de diferentes percentagens de material reciclado. De seguida as peças foram pintadas com diferentes tintas. Na terceira fase, foram realizados testes mecânicos, dimensionais e óticos seguindo a norma da Volkswagen. E, na última etapa, foi realizado um estudo de custos para perceber a viabilidade do processo em termos económicos para a empresa.

Após o estudo realizado, conclui-se que os objetivos do projeto foram alcançados, demonstrando a viabilidade económica, as propriedades visuais e mecânicas favoráveis na produção de peças com 30% de material reciclado e a pintura com determinadas tintas (L1QB, Pewter, Chrome Effect, Deep Iron). No entanto, observou-se que o aumento para 50% de material reciclado começava a afetar algumas propriedades das peças. Portanto, a opção de incorporar 30% de material reciclado foi considerada a mais adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** material reciclado; normas; pintura; reaproveitamento; sustentabilidade;

## ABSTRACT

Natural resources should be used by society and businesses in a sustainable manner through responsible consumption and production. One of the major problems of environmental pollution is plastic materials, making it necessary to recover/recycle these materials in order to achieve a reduction in environmental pollution and, consequently, a more sustainable circular economy.

The main challenge in recycling plastic materials lies in painted and varnished products. However, with the increasing environmental pollution and government regulations, as well as efforts to reduce product costs, it becomes essential to incorporate recycled material from such plastics.

The high rejection rate of pieces with high-gloss finishes has driven the topic of this dissertation project, arising from the need to reuse painted pieces with defects in an attempt to reduce the considerable number of pieces ending up in landfills, with the aim of achieving sustainable and responsible production.

This study is divided into 4 phases: the first phase involves sending the painted pieces to an external organization, Use & Reuse, for grinding, extrusion, and granulation of the raw material. During this stage, tests of thermal degradation of different paints used in the pieces were conducted. In the second phase, after receiving the recycled material, it was tested, and pieces were produced using injection molding technique, incorporating different percentages of recycled material. Subsequently, the pieces were painted with different paints. In the third phase, mechanical, dimensional, and optical tests were performed following Volkswagen's standards. In the final stage, a cost study was conducted to understand the economic viability of the process for the company.

After conducting the study, it was concluded that the project objectives were achieved, demonstrating the economic viability and favorable visual and mechanical properties in the production of pieces with 30% recycled material and painting with certain paints (L1QB, Pewter, Chrome Effect, Deep Iron). However, it was observed that increasing the recycled material to 50% began to affect some properties of the pieces. Therefore, the option to incorporate 30% recycled material was considered the most suitable.

**KEYWORDS:** recycled material; regulations; painting; reuse; sustainability;

..

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvi
1. Introdução.....	xvii
1.1 Introdução.....	1
1.2 Empresa.....	2
1.3 Enquadramento.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.5 Metodologia.....	5
1.6 Organização da dissertação.....	6
2. Estado de Arte.....	7
2.1 Matéria-prima.....	8
2.1.1 Material das peças.....	8
2.2 Moldação por injeção.....	9
2.3 Processo de pintura.....	11
2.3.1 Processo de pintura na Fehst.....	13
2.3.2 Composição das tintas.....	15
2.3.3 Defeitos das peças pintadas.....	16
2.4 Economia circular.....	17
2.5 Reciclagem.....	18
2.5.1 Reciclagem de peças pintadas.....	19
2.5.2 Métodos de reciclagem de peças pintadas.....	20
2.6 Performance do revestimento.....	21
2.7 Estudos anteriores.....	23

3.	Procedimento experimental .....	24
3.1	Peça selecionada .....	25
3.1.1	Matéria-prima .....	25
3.1.2	Processo de pintura com cura térmica .....	28
3.1.3	Testes e equipamentos .....	30
3.2.3.1	TGA .....	30
3.2.3.2	MFI .....	32
3.2.3.3	Lupa .....	33
3.2.3.4	Microscopia ótica de reflexão .....	34
3.2.3.5	Ensaio de impacto .....	35
3.2.3.6	Ensaio de tração .....	36
3.2.3.7	Medição da espessura dos revestimentos .....	37
3.2.3.8	Medição da cor e do brilho .....	38
3.2.3.9	Teste da aderência ( <i>cross-cut</i> ) .....	40
3.2.3.10	Teste da resistência ao risco .....	42
3.2.3.11	Teste de Hidrólise .....	43
3.2.3.12	Teste Resistência ao Ciclo Ambiental .....	44
3.2.3.13	Teste de envelhecimento por calor .....	45
3.2.3.14	Teste de Resistência aos cremes .....	45
3.2.3.15	Teste da gota .....	47
3.2.3.16	Teste de Resistência química e ao comportamento em exposição à abrasão .....	49
3.2	Estudo de custos .....	50
4.	Análise de Resultados .....	52
4.1	Caraterização da matéria-prima e revestimento .....	53
4.1.1	TGA .....	53
4.1.2	MFI .....	54
4.2	Análise de processos .....	55
4.2.1	Injeção das peças .....	55
4.2.2	Pintura .....	56
4.3	Testes de performance ao revestimento .....	56

4.3.1	Lupa e microscopia ótica .....	57
4.3.2	Ensaio de resistência ao impacto .....	58
4.3.3	Ensaio de resistência à tração.....	59
4.3.4	Espessura .....	63
4.3.5	Cor e Brilho .....	64
4.3.6	<i>Cross cut</i> .....	67
4.3.7	Resistência ao risco .....	68
4.3.8	Hidrólise.....	69
4.3.9	Envelhecimento por calor.....	72
4.3.10	Teste ao ciclo ambiental .....	74
4.3.11	Teste de resistência aos cremes .....	76
4.3.12	Teste da gota.....	80
4.3.13	Teste de resistência química e ao comportamento em exposição à abrasão .....	81
4.4	Estudo de custos.....	84
5.	Conclusões.....	86
6.	Trabalhos futuros.....	89
	Referências Bibliográficas .....	91
	APÊNDICE 1 – RESULTADOS TESTE <i>CROSSCUT</i> .....	96
	APÊNDICE 2 – RESULTADOS TESTE DE HIDRÓLISE- <i>CROSSCUT</i> .....	97
	APÊNDICE 3 – RESULTADOS TESTE DE ENVELHECIMENTO POR CALOR- <i>CROSSCUT</i> .....	99
	APÊNDICE 4 – RESULTADOS TESTE AO CICLO AMBIENTAL- <i>CROSSCUT</i> .....	101
	APÊNDICE 5 – RESULTADOS TESTE DE RESISTÊNCIA AOS CREMES - <i>CROSSCUT</i> .....	102
	APÊNDICE 6 – RESULTADO DOS TESTES <i>STROKES</i> .....	105
	ANEXO 1 – FICHA DE ENSAIOS INTERNOS REFRENTES À NORMA TL226.....	108
	ANEXO 2 – <i>DATASHEET</i> DO PC/ABS <i>CYCOLOY</i> .....	116
	ANEXO 3 – FICHA DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE INJEÇÃO .....	117
	ANEXO 4 – NORMA TL226 – TESTES <i>STROKES</i> (ABRASÃO) .....	119
	ANEXO 5 – <i>DATASHEET</i> TINTA <i>LIQB</i> .....	120
	ANEXO 6 – <i>DATASHEET</i> TINTA <i>PEWTER</i> .....	121
	ANEXO 7 – <i>DATASHEET</i> TINTA <i>DEEP IRON</i> .....	122
	ANEXO 8 – <i>DATASHEET</i> TINTA <i>SCHWARZ</i> .....	123
	ANEXO 9 – <i>DATASHEET</i> TINTA <i>CHROME EFFECT</i> .....	124



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Instalações da Fehst Componentes Lda .....	2
Figura 2. Peça Blende BFS .....	3
Figura 3. Peça BFS pintada com: a) Chrome effect; b) Schwarz; c) Pewter; d) Deep Ir .....	4
Figura 4. Metodologia .....	5
Figura 5. Máquina de injeção típica .....	10
Figura 6. Ciclo da moldação por injeção.....	11
Figura 7. Fatores que influenciam um revestimento .....	12
Figura 8. Planta da máquina de pintura convencional da Fehst .....	15
Figura 9. Composição das tintas à base de solvente e à base de água.....	16
Figura 10. Defeitos das peças pintadas: a) lixo; b) casca de laranja; c) covas; d) excesso de tinta; e) falta de tinta.....	17
Figura 11. Ciclo de vida de um produto para uma economia circular .....	18
Figura 12. Placa de teste com 110x90x3mm .....	25
Figura 13. Flakes das peças BFS .....	26
Figura 14. Grânulos da matéria-prima reciclada .....	27
Figura 15. Etapas do processo de reciclagem .....	27
Figura 16. Injetora utilizada no ensaio.....	28
Figura 17. Tabuleiro utilizado para a pintura das placas. ....	29
Figura 18. Etapas do processo de pintura .....	29
Figura 19. Equipamento para a realização do TGA. ....	31
Figura 20. Etapas do ensaio de TGA .....	32
Figura 21. Aparelho para a realização do MFI .....	33
Figura 22. Lupa de microscopia.....	34
Figura 23. Microscópio ótico .....	35
Figura 24. Provetes utilizados no ensaio .....	35
Figura 25. Equipamento de ensaio tração-impacto. ....	36
Figura 26. Amostras para o ensaio de tração .....	36
Figura 27. Máquina de tração .....	37
Figura 28. Etapas do ensaio de tração .....	37

Figura 29. Aparelho de medição de espessura. ....	38
Figura 30. Medição das espessuras. ....	38
Figura 31. Aparelho de medir a cor e o brilho. ....	39
Figura 32. Escala de cores CIELAB. ....	40
Figura 33. Medição da cor e do brilho. ....	40
Figura 34. Aparelho multicorte para o teste Crosscut. ....	41
Figura 35. Fita-adesiva Tesa usada no teste Crosscut de acordo com a norma TL226. ....	41
Figura 36. Etapas do teste crosscut. ....	42
Figura 37. Caneta Erichsen usada no teste da resistência ao risco. ....	43
Figura 38. Teste da resistência ao risco. ....	43
Figura 39. Câmara climática. ....	44
Figura 40. Cremes usados no teste da resistência aos cremes. ....	46
Figura 41. Teste da resistência aos cremes. ....	46
Figura 42. Etapas do teste da resistência aos cremes. ....	47
Figura 43. Substâncias utilizadas no teste da gota. ....	48
Figura 44. Teste da gota. ....	48
Figura 45. Etapas do teste da gota. ....	49
Figura 46. Crockmeter, aparelho do teste de abrasão. ....	49
Figura 47. Etapas do teste de abrasão. ....	50
Figura 48. Resultado do teste TGA da tinta schwarz. ....	54
Figura 49. Resultado do teste MFI. ....	55
Figura 50. Resultado da injeção das peças com material reciclado. ....	56
Figura 51. Resultado do teste de tração-impacto. ....	59
Figura 52. Resultado do teste de tração para as diferentes % de material reciclado. ....	60
Figura 53. Resultado do módulo de elasticidade para as diferentes % de material. ....	61
Figura 54. Resultados da tensão de cedência para as diferentes % de material reciclado. ....	62
Figura 55. Resultados da tensão de rutura para as diferentes % de material reciclado. ....	63
Figura 56. Resultado das espessuras para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas. ....	63
Figura 57. Resultado do L* para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas. ....	64
Figura 58. Resultado do a* para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas. ....	65
Figura 59. Resultado do b* para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas. ....	66
Figura 60. Resultado do brilho para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas. ....	67

Figura 61. Resultado do teste de cremes nas peças pintadas com L1QB.....	78
Figura 62. Graus de comparação presentes na PV 3906 para o teste de abrasão.....	82

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do teste Crosscut.....	42
Tabela 2. Tintas usadas para a pintura das peças com material reciclado. ....	56
Tabela 3. Resultados do teste da lupa.....	57
Tabela 4. Resultado do teste de microscopia ótica. ....	58
Tabela 5. Resultado do teste Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas. .	67
Tabela 6. Resultado do teste da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.....	68
Tabela 7. Resultado do Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de hidrólise. ....	69
Tabela 8. Resultado do risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de hidrólise. ....	71
Tabela 9. Resultado do Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de envelhecimento por calor. ....	72
Tabela 10. Resultado da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de envelhecimento por calor. ....	73
Tabela 11. Resultado do Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste ao ciclo ambiental. ....	74
Tabela 12. Resultado da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste ao ciclo ambiental.....	75
Tabela 13. Resultado do crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de resistência aos cremes. ....	76
Tabela 14. Resultado da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de resistência aos cremes.....	79
Tabela 15. Resultados do teste da gota para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.	80
Tabela 16. Resultados do teste strokes. ....	82
Tabela 17. Resultado do teste strokes.....	83
Tabela 18.Resultado do teste strokes.....	83
Tabela 19. Resultados do teste strokes. ....	84
Tabela 20. Custo fabrico peça em PC/ABS virgem.....	85
Tabela 21. Custo fabrico de peças em PC/ABS com mistura de material reciclado e virgem.....	85



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABS – Acrilonitrilo Butadieno Estireno

GU - *Glass united*

*Highgloss* - Alto brilho

LHD- *left hand drive*

MFI - Teste do índice de fluidez

PC – Policarbonato

RHD - *Right hand drive*

TGA - Análise termogravimétrica

TPS - Elastómero termoplástico

UV – Ultravioleta

VK - Volkswagen

VOC's- Compostos orgânicos voláteis

## 1. CAPÍTULO

---

### INTRODUÇÃO

## 1.1 Introdução

A produção de resíduos sólidos é um dos grandes desafios enfrentados pela sociedade moderna, visto que esses materiais podem representar um grande impacto ambiental e económico. Nesse sentido, uma das estratégias adotadas para minimizar o impacto da produção de resíduos, minimizar o consumo de matérias-primas e promover uma economia circular é fazer a reciclagem desses resíduos.

A indústria automóvel é um dos mercados mais competitivos onde a margem de erro tem de ser muito reduzida, visto que todas as empresas que trabalham para este setor são certificadas com diversas normas que estabelecem requisitos que têm de ser cumpridos. Melhorar continuamente torna-se uma vantagem para que as empresas produtoras de peças para esta indústria alcancem a liderança.

Na indústria automóvel, a produção de peças é uma atividade que gera uma grande quantidade de resíduos, como peças com defeito, sobras de materiais, entre outros. A incorporação de material reciclado pode contribuir para reduzir o consumo de matérias-primas virgens, diminuir a quantidade de resíduos gerados e conseqüentemente, reduzir o impacto ambiental.

Um dos grandes problemas da poluição ambiental são os materiais plásticos sendo que os produtos pintados e envernizados são um problema ainda maior, tornando-se necessário a recuperação/reciclagem destes materiais para que isso se proporcione numa diminuição da poluição ambiental e conseqüentemente, numa economia circular mais sustentável.

A reciclagem de peças pintadas, ainda é uma prática pouco explorada e existem desafios a serem ultrapassados, tais como a avaliação das propriedades mecânicas e estéticas dos produtos que contêm o material reciclado.

Nesse sentido, o presente trabalho visa a incorporação de material reciclado de peças pintadas com material virgem e posteriormente a injeção e pintura de novas peças. Este projeto tem como objetivo principal o estudo das propriedades dimensionais, mecânicas e óticas, ou seja, injetar e pintar peças com a incorporação de diferentes percentagens de material reciclado e posteriormente selecionar a melhor combinação.

É esperado que os resultados obtidos nesta dissertação possam ajudar para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis na produção de peças para o setor automóvel, reduzindo o impacto ambiental e, conseqüentemente, promover uma economia circular mais sustentável nesta indústria.

## 1.2 Empresa

Este projeto de estágio, intitulado “incorporação de material reciclado de peças pintadas”, surgiu no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia de Polímeros da Universidade do Minho. Este trabalho foi desenvolvido na empresa Fehst Componentes, Lda. e teve a duração de seis meses.

A empresa Fehst Componentes, Lda., Figura 1, foi fundada em 1995 e é a maior empresa do grupo Fehst. Encontra-se sediada em Braga e possui 30 anos de experiência no fabrico de peças para a indústria automóvel, tais como: peças decorativas para o interior do automóvel, painéis frontais HMI, módulos para volantes, módulos para tejadilhos e comandos de vidros. Fornecem em Portugal e exportam grande parte dos seus produtos para países europeus. Esta empresa atua em várias áreas desde o desenvolvimento do produto até à produção e fornecimento do produto.

A fábrica possui ainda uma área de produção que inclui: máquinas de injeção tri-material; linhas de pintura de cura térmica e ultravioleta; linha de cromagem sendo esta realizada através de um sistema de eletro galvanização e ainda, linhas de montagem. O objetivo da Fehst é ser reconhecida como a empresa que possui melhores soluções para produtos plásticos.

A empresa aposta na qualidade dos seus produtos uma vez que o seu objetivo está na satisfação dos seus clientes e sendo, portanto, certificada pela norma da Qualidade, ISO 9001, e pela norma Gestão da Qualidade Automóvel, IATF 16949, encontrando-se assim de acordo com as normas e requisitos da indústria automóvel. Como a sustentabilidade e o cuidado com o meio ambiente são uma questão importante nos dias de hoje, a empresa é também certificada pela norma de Gestão Ambiental, ISO 14000. [1]



*Figura 1 Instalações da Fehst Componentes Lda [1]*

### 1.3 Enquadramento

A indústria das peças decorativas para o setor automóvel insere-se num mercado muito exigente e competitivo sendo a margem de erro muito reduzida visto que todas as empresas têm de ser certificadas para cumprirem os requisitos exigidos.

Na Fehst Componentes, Lda., para serem valorizados os produtos produzidos por moldação por injeção é-lhes aplicada uma pintura que concede às peças um acabamento de alto brilho, *highgloss*. Este acabamento além de apresentar melhores efeitos estéticos, é um acabamento que transparece de uma forma mais acentuada os defeitos e qualquer impureza que esteja contida na peça e isto faz com que haja uma percentagem muito elevada de peças não conformes.

Devido a este problema e por todas as questões ambientais em torno dos materiais plásticos, torna-se essencial estudar a possibilidade de incorporar material reciclado pintado em novas peças.

Nesse sentido, o presente trabalho centra-se no estudo de peças para o *Instrument Panel*, que constitui o tablier de um automóvel onde vai encaixar o computador de bordo e o *airvent*, da marca VW e visa a incorporação de material reciclado de peças pintadas com material virgem para a produção destas peças.

As peças são designadas por *Blende BFS*, representadas na Figura 2.



Figura 2. Peça Blende BFS

Estas peças são fabricadas em PC/ABS, uma vez que necessitam de cumprir com os requisitos das propriedades mecânicas, físicas, elétricas e químicas, que se encontram na norma da VK. Um outro motivo para a utilização do material PC/ABS é devido a todas as peças pintadas na empresa serem produzidas neste material. As peças para o estudo são pintadas com tinta preta *highgloss*.

Para se conseguir a obter conclusões acerca do presente trabalho, numa primeira fase, serão enviadas as peças pintadas com defeito para uma empresa externa à Fehst, a "Use & Reuse", para ser efetuada a moagem, extrusão e granulação das mesmas, tornando-as em matéria-prima reciclada pronta para ser utilizada na produção de novas peças. Durante esse período, será feita a identificação e seleção de tintas e, ainda será efetuado um teste TGA da tinta preta *highgloss* com que são pintadas as peças.

Numa segunda fase, a partir da receção da matéria-prima, será realizada uma caracterização do material reciclado efetuando testes de MFI. Posteriormente, segue-se para à produção de peças com material reciclado através da moldação por injeção. Nesta fase foram incorporadas diferentes percentagens de material reciclado (10%, 30% e 50%) ao material virgem para se conseguir estudar diferentes combinações. De seguida, as peças serão pintadas com diferentes tintas, *deep iron*, *pewter*, *schwarz*, *L1QB* e *chome effect*, que tem as especificações apresentadas no anexo 7, no anexo 6, no anexo 8, no anexo 5 e no anexo 9, respetivamente.

Na terceira fase, serão efetuados testes de verificação das propriedades mecânicas, dimensionais e estéticas das peças. Para isto, seguir-se-á a norma TL226 da VK para se conseguir perceber se as peças cumprem os requisitos necessários exigidos pela marca.

Numa última fase, será estudado o custo da incorporação de material reciclado no fabrico de novas peças para perceber a viabilidade em termos económicos para a empresa.

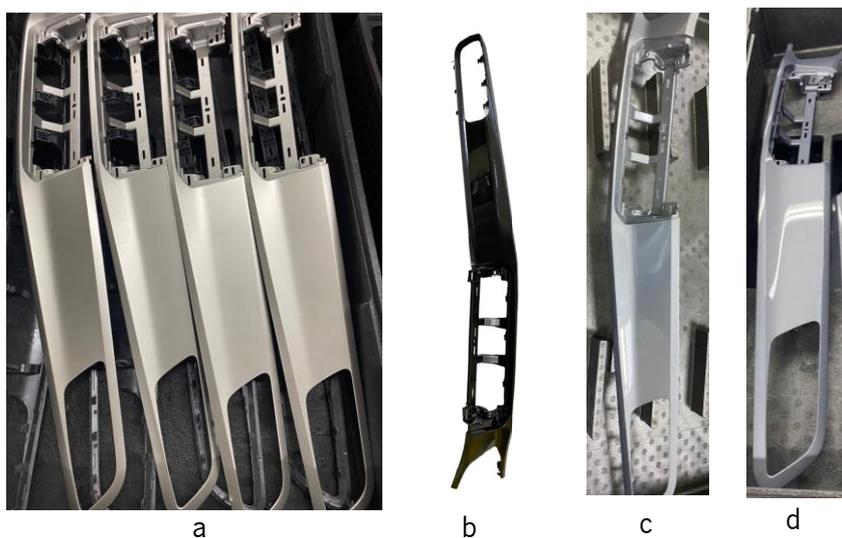


Figura 3. Peça BFS pintada com: a) Chrome effect; b) Schwarz; c) Pewter; d) Deep Ir

## 1.4 Objetivos

O tema do projeto baseia-se em estudar a incorporação de material reciclado de peças pintadas com material virgem para a produção de novos produtos. Conseguir-se assim, fazer a reciclagem de material e voltar a usá-lo para produzir novos produtos.

O projeto tem como principal objetivo o estudo das propriedades de produtos produzidos à base de uma mistura entre material reciclado de peças pintadas e material virgem, e para isso é necessário realizar:

- Caracterização da tinta utilizada na pintura das peças em estudo;

- Análise do efeito da incorporação de diferentes percentagens de material reciclado pintado no fabrico de novas peças;
- Avaliação da influência da pintura com diferentes tintas nas novas peças produzidas;
- Avaliação das propriedades mecânicas, dimensionais e parte estética das peças com material reciclado;
- Estudo do custo da incorporação de material reciclado para a produção de novas peças.

## 1.5 Metodologia

Este estudo foi dividido essencialmente em 4 fases, como podemos ver na Figura 4. Sendo a primeira, o envio das peças defeituosas *Blende BFS*, produzidas em PC/ABS e previamente pintadas com tinta *schwarz* (tinta preta de alto brilho), ao fornecedor "Use & Reuse". Esse fornecedor efetuou a moagem, extrusão e granulação das peças, transformando-as em matéria-prima reciclada pronta para ser utilizada na fabricação de novas peças. Depois da matéria-prima reciclada ter chegado à empresa, procedeu-se à caracterização do material reciclado, efetuando um MFI tanto do material virgem como do material reciclado.

Numa segunda fase, após a caracterização da matéria-prima, avançou-se para a produção e pintura das peças. Injetou-se placas de dimensões 110x90x3mm com diferentes proporções de materiais: 10% de material reciclado e 90% de material virgem; 30% de material reciclado e 70% de material virgem; e 50% de material reciclado e 50% de material virgem. Após a produção, procedeu-se à pintura das peças com as tintas *schwarz*, *pewter*, *chrome effect*, *L1QB* e *deep iron*.

Na terceira, foram realizados testes mecânicos, dimensionais e óticos seguindo a norma TL226 da VK.

Na etapa final, foram analisadas as diferenças de custos entre peças *Blende BFS* produzidas apenas com material virgem e com incorporação de material reciclado.



Figura 4. Metodologia

## 1.6 Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos distintos, cada um deles abordando um conteúdo específico.

O primeiro capítulo oferece uma breve contextualização sobre a empresa onde o projeto foi realizado, juntamente com um enquadramento do mesmo e uma descrição dos objetivos do estudo realizado.

O segundo capítulo aborda os conceitos teóricos essenciais relacionados com o estudo em questão. Inclui uma revisão teórica pertinente sobre o processo de injeção de termoplásticos, o processo de pintura com cura térmica, conceitos relacionados com economia circular e reciclagem de peças pintadas, e por fim, uma descrição das normas e requisitos para o acabamento de alto brilho.

No terceiro capítulo, são apresentados todos os ensaios e metodologias utilizados na sua realização, e ainda, apresentada a peça selecionada para este estudo.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados obtidos em todos os ensaios realizados, acompanhados de uma discussão dos mesmos.

Já, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões retiradas ao longo do presente estudo e por fim no sexto capítulo, são apresentados alguns trabalhos futuros acerca deste tema, de forma a complementar o estudo já realizado.

## 2. CAPÍTULO

---

### ESTADO DE ARTE

## 2.1 Matéria-prima

### 2.1.1 Material das peças

Quando se desenvolve um produto que será pintado, um dos aspectos a ter em conta é a escolha da matéria-prima pois é fundamental para que os requisitos/especificações indicados pelos clientes sejam cumpridos e para isso é necessário que haja uma boa adesão do revestimento à peça.

No processo de pintura, para que exista uma boa adesão da tinta com o substrato é necessário que o polímero constituinte do substrato possua elevada energia de superfície e boa compatibilidade química com o revestimento, uma vez que a molhabilidade depende da energia da superfície do substrato e da tensão superficial do líquido e sabe-se que a energia da superfície tem de ser maior que a tensão superficial do revestimento para que haja uma boa adesão da tinta [2].

Os materiais plásticos estão presentes na maior parte dos produtos utilizados no quotidiano do ser humano, podendo este ser de natureza química natural ou sintética. Os de origem sintética podem ser classificados como termoplásticos ou termoendurecíveis sendo que os primeiros ao serem fundidos, e após o arrefecimento, solidificam e mantêm a sua forma, enquanto que os termoendurecíveis, não é possível fundi-los e ao serem submetidos a temperaturas elevadas, solidificam não regressando à sua forma inicial [3].

Além disso, os termoplásticos podem ainda ser semicristalinos ou amorfos, onde a principal diferença reside na organização das cadeias moleculares. São ainda os materiais mais utilizados na moldação por injeção devido às suas propriedades [3].

Neste projeto, o material constituinte da peça em estudo é a mistura PC/ABS. O ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) é um termoplástico que consiste na parte amorfa do estireno-acrilonitrila (SAN) e de uma fase dispersa da borracha, o Polibutadieno (PB). Possui vantagens como a resistência ao impacto, resistência à tração, e por isso tem a possibilidade de ser utilizado em processos de revestimento, como a pintura. Além disso apresenta um baixo custo [4]–[7].

No que diz respeito ao Policarbonato, (PC) é um dos plásticos de engenharia mais importantes possuindo vantagens como elevada resistência ao impacto, resistência ao calor e elevado módulo de elasticidade, contudo, é um plástico difícil de processar e apresenta um custo elevado. É geralmente utilizado em peças que tenham de suportar temperaturas elevadas, logo torna-se ideal para ser utilizado na indústria automóvel [8].

O objetivo de misturar estas duas matérias-primas é combinar as vantagens dos dois polímeros, e assim conseguir obter materiais com propriedades melhoradas de maneira a formar o material ideal para ser utilizado na indústria automóvel e ser pintado [5].

## 2.2 Moldação por injeção

A injeção é dos processos de moldação utilizado na indústria de plásticos sendo dos mais eficientes, versáteis, produtivos e económicos. Este processo tem vindo a tornar-se, cada vez mais comum em várias indústrias, nomeadamente, em produções de grande escala, uma vez que se trata de um dos processos mais antigos e um dos mais desenvolvidos. Possui imensas vantagens em relação a outros métodos de produção, tais como a obtenção de peças de alta qualidade e com grande precisão, desperdício de material bastante reduzido, ciclos de moldação mais rápidos, entre outros [9]–[11].

A injeção consiste num processo relativamente simples, onde o material é fundido no fuso e, através do bico de injeção é injetado para o interior do molde, onde arrefece e por fim, a peça é ejetada [9]–[11].

Na Figura 5 é possível observar uma máquina de injeção típica com as diferentes unidades que a constituem.

- **Unidade de potência** – tem como função movimentar e acionar todos os sistemas da máquina de injeção, tais como: rotação do fuso, movimento de translação do fuso, movimento do carro, abertura/trancamento/fecho do molde e acionamento do sistema de ejeção [12];
- **Unidade de injeção/plasticização** – é constituída pela tremonha que é colocada na parte traseira do cilindro, onde são armazenados os grânulos (matéria-prima). O cilindro possui bandas de aquecimento que tem como função a fusão do material. No seu interior está um fuso que gira e doseia o material e realiza um movimento linear para atuar como um pistão e injetar o material no molde [13];
- **Unidade de controlo** – tem como função controlar todas as variáveis da máquina e é composta por todos os componentes necessários para o ajuste, monitorização e controlo do processo [12];
- **Molde** – Constituído por duas partes, sendo uma delas a fixa e outra a móvel [13];
- **Unidade de fecho** – é geralmente assegurada por variadas formas de fecho, como por exemplo o cilindro hidráulico e permite o movimento de abertura e fecho o molde [13].

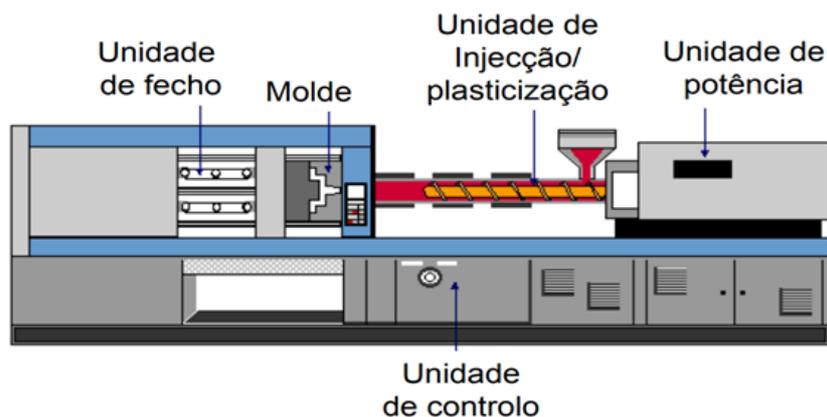


Figura 5. Máquina de injeção típica [12]

Através da Figura 6, é possível verificar que o ciclo de moldação por injeção possui seis etapas, descritas abaixo:

1. **Fecho do molde** - quando as duas partes do molde fecham com o formato da peça desejado e, ficando este pronto para receber material injetado pelo bico de injeção [9], [13];
2. **Injeção** – corresponde à fase em que o material que foi previamente fundido é injetado para o interior do molde. Nesta fase ocorre um enchimento volumétrico da cavidade até esta atingir aproximadamente 95% da sua capacidade. Após isso, ocorre o ponto de comutação, passando de um controlo dinâmico para um controlo estático [9], [13];
3. **Pressurização** – Depois do molde preenchido, o material irá arrefecer devido à diferença de temperatura entre o material e as paredes, fazendo com que a peça contraia e dando origem a possíveis defeitos, tais como: empenos, chupados, entre outros. É então necessário compensar a contração continuando a injetar material. A fase de pressurização termina quando o ataque solidifica, impedindo o refluxo do material. Nesta fase deixa de existir um controlo da velocidade do fuso transitando para um controlo de pressão [9], [13];
4. **Arrefecimento e plasticização**– O arrefecimento corresponde à maior fase do ciclo. A peça tem de arrefecer até uma temperatura que lhe confira resistência suficiente para suportar a extração. Durante o arrefecimento, ocorre de forma simultânea a plasticização do material, e o movimento do fuso que roda e recua, plasticizando o material [9], [13];
5. **Abertura e ejeção** – Depois da peça arrefecida o molde é aberto e a peça é ejetada. A extração é realizada pelos extratores, podendo existir também o auxílio de um robot que pega na peça depois de extraída e a coloca no tapete. [9], [13];

6. **Pausa** – É feita uma pequena pausa até se iniciar novo ciclo. Este tempo tende a ser praticamente nulo quando a máquina se encontra a funcionar sobre um regime automático [9], [13].

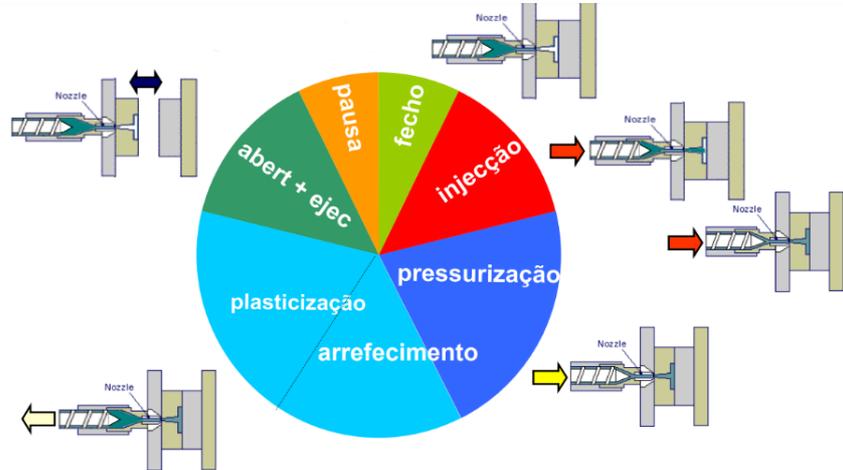


Figura 6. Ciclo da moldação por injeção [12]

### 2.3 Processo de pintura

A pintura é uma tecnologia de revestimento de peças que proporciona bons acabamentos decorativos, proteções das superfícies e algumas funções especiais às peças. Muitos dos produtos utilizados no dia-a-dia apenas são possíveis de serem comprados devido à sua passagem por tratamentos de superfícies. As funções mais importantes dos revestimentos são a proteção e decoração de peças [2].

A qualidade de um revestimento vai depender de certas condições ambientais, tipo de peça, métodos de aplicação de tinta e do tipo de revestimento utilizado [14].

Na Figura 7 é possível verificar quais são os fatores que influenciam a qualidade final de um revestimento.

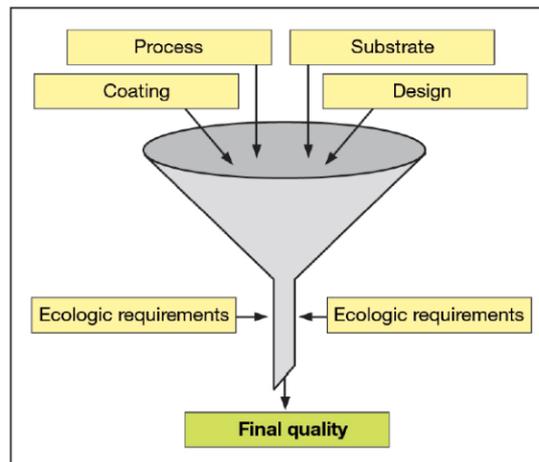


Figura 7. Fatores que influenciam um revestimento [2]

O processo de pintura deve seguir três passos fundamentais para que haja uma boa adesão entre a tinta e a peça plástica, sendo estes [14]:

- **Pré-tratamento** - é realizado antes de iniciar a pintura com o objetivo de remover contaminações, como por exemplo poeiras. Isto faz com que se evitem defeitos nas fases seguintes, e se melhore a adesão entre o substrato e o revestimento. Este pré-tratamento pode ser realizado através da limpeza da peça ou pela ativação da superfície por um destes métodos [14], [15]:
  - **limpeza com solvente ou ar ionizado** - pode ser realizado utilizando ar ionizado ou à mão utilizando álcool. Este é um método barato que possibilita remover sujidades e gorduras das peças [14], [15].
  - **Gás ionizado** - é realizado numa câmara de vácuo, onde existe a introdução do gás e é aplicada uma tensão de alta frequência, sendo o gás ionizado [14], [16].
  - **Tratamento corona** - ocorre à pressão atmosférica e consiste numa descarga elétrica de elevada frequência na superfície da peça. Este tratamento é utilizado para tratar a superfície da peça e tornar a aderência melhor [14], [15].
  - **Tratamento com plasma** - é realizado numa câmara de vácuo à pressão atmosférica, onde há a introdução do gás e é aplicada uma tensão de alta frequência, o gás é ionizado e forma-se o plasma. Como o plasma é reativo, é possível modificar as superfícies [14], [16].
- **Pintura**- a pintura ocorre quando uma quantidade de tinta é aplicada num produto de maneira que este fique totalmente coberto. A tinta pode ser pulverizada tanto de modo

manual como automático. A pintura pode ser classificada em monocamada ou bicamada ou tricamada [2].

- **Monocamada** - possui a camada de tinta de acabamento [2];
  - **Bicamada** - possui um primário e uma camada de tinta de acabamento [2].
  - **Tricamada** - possui um primário, uma camada de tinta e um verniz [2].
- **Cura** - sempre que é aplicada tinta num produto, este passa por um processo químico para a tinta aderir à superfície, ou seja, dá-se a evaporação da água ou do solvente na mistura da tinta e os outros produtos químicos reagem para a tinta aderir à superfície. O produto só está curado quando a tinta ficar completamente aderida e endurecida [17]. Alguns métodos conhecidos para curar o material são:
    - **Convecção** – pode ser necessário o uso ou não de um forno de convecção, sendo a cura feita pela transferência de calor para as peças pela circulação de ar quente [17];
    - **Ultravioleta** - utiliza processos fotoquímicos, onde a luz ultravioleta é utilizada para curar as tintas, ou seja, a peça é revestida com uma película que permite ser curada quando passa para uma estufa que contém as lâmpadas UV. Este método é utilizado em materiais em que não seja possível o uso da cura térmica [17], [18].

### 2.3.1 Processo de pintura na Fehst

A empresa está equipada com dois sistemas de pintura diferentes: a pintura com cura térmica, em que os componentes secam termicamente numa estufa, e a pintura com cura UV, onde as peças são curadas quando expostas à luz UV. Uma das principais vantagens da secagem térmica é o facto de esta conseguir curar toda a superfície da peça ao contrário do que acontece na de radiação UV. A pintura com cura UV geralmente, apresenta um tempo de ciclo menor do que a pintura com cura térmica. Por outro lado, na pintura com cura térmica existe uma maior variedade de cores que permitem ter diferentes tipos de revestimento conforme os pedidos dos clientes enquanto na pintura com cura UV apenas é utilizada um tipo de tinta. Ainda, na pintura convencional (cura térmica) podem ser utilizadas tintas à base de água ou de solvente.

A peça em estudo *Blende BFS* é pintada numa máquina com cura térmica pois pode ter várias cores. Na empresa a pintura convencional é realizada numa máquina de pintura *Venjakob*.

Numa fase prévia à pintura, as peças são limpas manualmente com álcool de maneira a atingir um nível de limpeza que permita boa aderência do revestimento ao substrato. De seguida, as peças são colocadas no tapete para serem pintadas, representado por 1 na Figura 8.

Após isso, e com o objetivo de melhorar a aderência entre a superfície e a tinta, as peças passam por um tratamento superficial que ocorre numa câmara composta por um sistema de ionização, representado pelo número 2 na Figura 8. Esta câmara é composta por ventoinhas e ar ionizado, onde o ar é projetado para as peças com o objetivo de eliminar a eletricidade estática e as contaminações presentes na superfície da peça.

De seguida, as peças são pintadas numa cabine que está a uma temperatura constante de 25°C, representada pelo número 3 na Figura 8. A pintura é realizada por pistolas que garantem a dispersão da tinta pelas peças sendo possível alterar o ângulo e a altura das mesmas consoante a geometria da peça.

Após a pintura, as peças passam por uma zona de *FLASH OFF*, representada pelo número 4 na Figura 8, que corresponde à zona onde as peças sofrem pré-secagem, ocorrendo a evaporação do solvente. As peças passam ainda por uma estufa de secagem térmica, que corresponde à zona representada pelo número 5 na Figura 8.

Por último, as peças saem da máquina e sofrem uma inspeção visual. Caso as peças não estejam conformes são colocadas no refugio.

A linha de pintura possui ainda, uma zona para remover o excesso de tinta. Esta cai num depósito de água onde é feita a separação dos dois componentes (água e tinta - chamada de lama). Para que seja possível fazer a separação são utilizados três tipos de aditivos: antiespuma que tem como função não deixar a tinta fazer espuma; coagulante que consiste em juntar as partículas de tinta e o floculante que tem como objetivo fazer com que a tinta flutue e assim tornar a extração da tinta um processo mais prático.

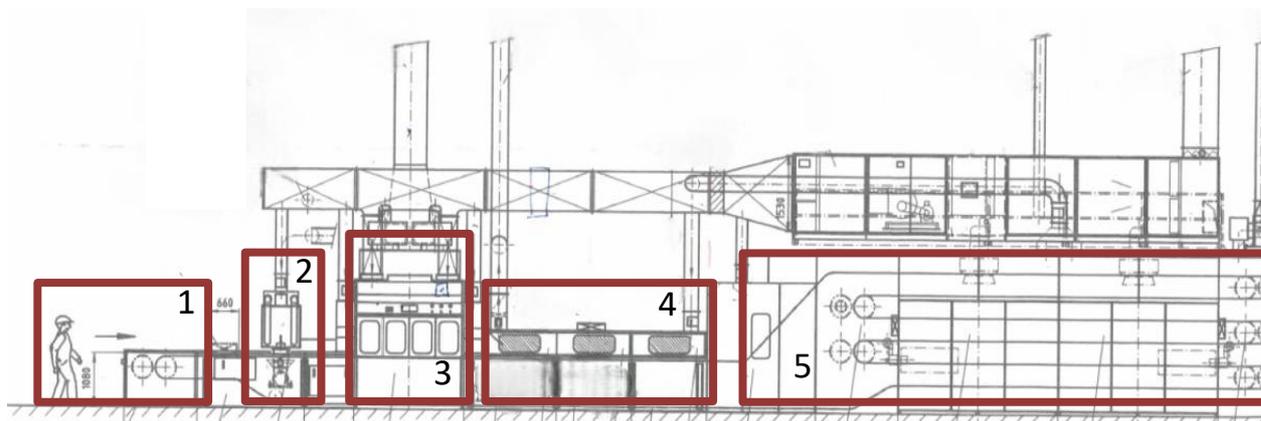


Figura 8. Planta da máquina de pintura convencional da Fehst

### 2.3.2 Composição das tintas

Todas as propriedades das tintas dependem da quantidade de cada material de que é composta [19]–[21]. As tintas são compostas por:

- **Pigmentos:** que tem a função de fornecer a cor, opacidade e brilho desejados. Normalmente, encontram-se dispersos na tinta;
- **Solventes:** que tem como função deixar a tinta em suspensão até esta ser utilizada;
- **Aglutinante/resina:** que permite secar/endurecer e ainda permite que a tinta adira à peça;
- **Aditivos** são adicionados quando é necessária uma característica diferente.

As tintas são classificadas de acordo com a base utilizada, podendo essa base ser de água ou solvente. Na tinta à base de água, a água funciona como o solvente e apresenta baixo teor de compostos orgânicos voláteis [22], [23].

A tinta à base de solventes é composta por variados solventes e devido a isto é essencial que ocorra a evaporação de todos de modo que a espessura do revestimento diminua e seja formada uma película. Quando o solvente evapora é criado um revestimento duro e durável [22], [23].

A Figura 9 mostra a diferença dos dois tipos de tintas. É possível verificar que a diferença entre elas está nos solventes sendo que, a tinta à base de solvente contém até 65% de compostos orgânicos enquanto na tinta à base de água possui até 15% de compostos orgânicos e água. Toda a restante composição das tintas é praticamente a mesma.

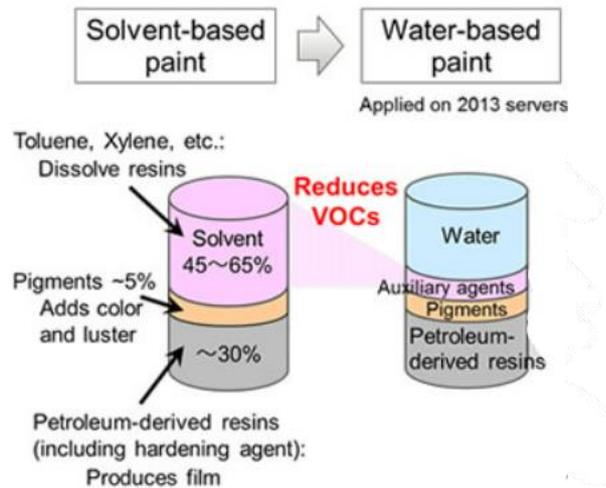


Figura 9. Composição das tintas à base de solvente e à base de água [24]

### 2.3.3 Defeitos das peças pintadas

Os revestimentos das peças são uma mistura de matérias-primas, que de seguida são aplicadas a uma peça que foi preparada previamente. Devem ser curados corretamente para que a peça fique devidamente preparada para ser comercializada, no entanto, por vezes podem ocorrer defeitos nos revestimentos por diversos motivos [25]. Alguns dos defeitos encontrados em peças pintadas são:

- **Contaminação por lixo** (Figura 10 a) - este defeito é devido a pós com diversos tamanhos, que ficam por baixo do revestimento e formam bolhas na camada superior. Pode ocorrer por diversos motivos, tais como: má limpeza da superfície da peça, uso de roupas por parte do operador que soltem pó, entre outros [26].
- **Casca de laranja** (Figura 10 b) - este defeito assemelha-se à pele de uma casca de laranja, apresentando textura irregular e pode ser causado pela tinta apresentar uma viscosidade alta, o uso errado do diluente, o intervalo entre camadas ser grande, entre outros [26].
- **Covas** (Figura 10 c) - defeito caracterizado por pequenos círculos que se parecem com crateras. Surge quando não existe a remoção completa dos resíduos de polimento da peça (óleo, gordura, ..) e devido a contaminações do ar [26].
- **Excesso de tinta** (Figura 10 d) - a peça apresenta tinta com aparência ondulada que ocorre de um fluxo de tinta da superfície superior para a inferior e pode ser causado por ser aplicada uma camada de tinta espessa na peça ou pode ocorrer devido ao facto da tinta ser demasiado diluída [27].

- **Falta de tinta** (Figura 10 e) - acontece quando as camadas de tinta deixam manifestar a cor da base da peça pintada e pode acontecer porque a cor da tinta não é adequada, ou porque a tinta tem baixo poder de cobertura ou ainda porque a tinta pode estar muito diluída [28].

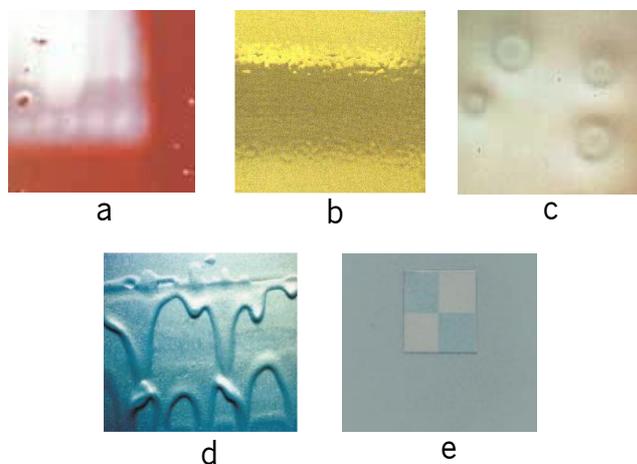


Figura 10. Defeitos das peças pintadas: a) lixo; b) casca de laranja; c) covas; d) excesso de tinta; e) falta de tinta [26]–[28]

## 2.4 Economia circular

Os recursos oriundos do planeta Terra são limitados e finitos e estes são constantemente esgotados a um nível preocupante. Os recursos são então utilizados para as necessidades humanas através da extração, processamento, fabrico/utilização e no final, a maioria deles acaba em aterros [29]. Isto leva a um conceito de economia linear, que se baseia em extrair os materiais naturais, fabricar produtos e por último, o descarte dos mesmos [29], [30].

Devido a este problema, é necessário então passar de um conceito de economia linear que tem como princípio “*take-make-dispose*” que significa (recursos-produtos-descarte) para um conceito de economia circular que tem como princípio “*reduce-reuse-recycle* (reduzir-reutilizar-reciclar)”. Neste paradigma, o objetivo será a diminuição da extração e o fabrico de novos produtos a partir de recursos naturais fazendo com que seja preservado o meio ambiente e ainda seja possível prolongar a vida dos produtos utilizando-os o máximo possível [29], [30].

Atualmente, torna-se essencial principalmente nos materiais plásticos a sua recuperação/reciclagem numa tentativa de diminuir a poluição ambiental proveniente dos mesmos. Para se chegar a uma economia circular dos materiais plásticos é necessário que estes tenham um ciclo de vida contínuo. E, para isso existe uma enorme necessidade de reciclar estes produtos usados e depois recuperá-los em matéria-prima para que possam ser novamente usados no fabrico de novos produtos [31], [32].

Na Figura 11, está representado o ciclo de vida de um produto de maneira a chegar a uma economia circular.

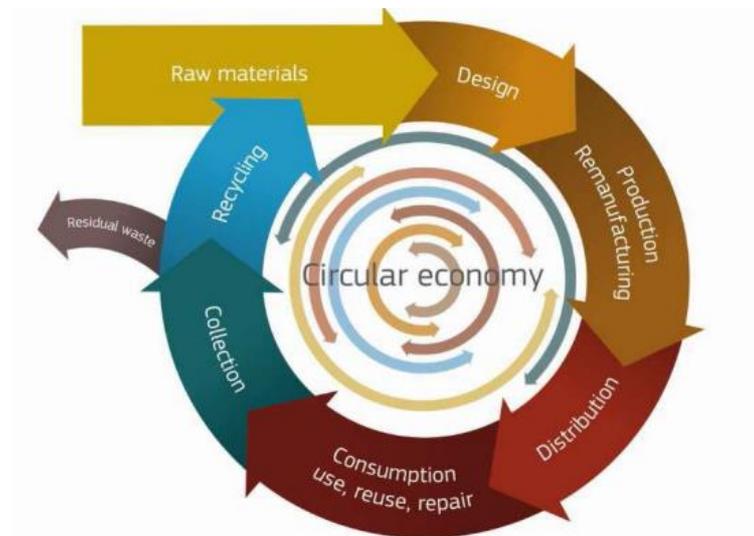


Figura 11. Ciclo de vida de um produto para uma economia circular [31]

O desenvolvimento da economia circular baseia-se essencialmente na utilização máxima dos produtos, na sua recolha depois de já não ser possível a sua utilização, na reciclagem dos mesmos e na reutilização da matéria-prima na produção de novos produtos. Devido a isto, o valor de um produto é prolongado durante muito mais tempo em uso até não ser possível reutilizá-lo mais.

Se todos os materiais conseguissem adotar este ciclo no seu ciclo de vida, os resíduos dos produtos usados transformam-se em matéria-prima a ser utilizada na produção de novos materiais deixando assim de ser resíduos. Desta forma, evita-se a poluição ambiental e torna-se possível, reduzir as emissões de dióxido de carbono,  $CO_2$  [31], [32].

## 2.5 Reciclagem

Nos últimos anos o aumento da quantidade de produtos disponíveis no mercado conduziu a um aumento da produção de resíduos derivados dos mesmos. Consequentemente este aumento dos resíduos tem acarretado vários problemas ambientais e com eles as questões da sustentabilidade. Por este motivo, torna-se necessário reciclar os produtos e reduzir a sua produção [33].

A reciclagem trata-se de um processo de recolha, triagem, processamento e transformação de produtos em que o seu fim de vida seria o lixo ou aterros sanitários. Através da reciclagem, os produtos são reaproveitados e transformados em novos produtos, ganhando assim uma nova vida [34].

Reciclar tem inúmeras vantagens, tais como:

- Redução do lixo enviado para aterros sanitários;
- Diminuição do uso de recursos naturais e matérias-primas;
- Diminuição da poluição associada à recolha de matérias-primas;
- Redução do uso de energia e produção de resíduos.

A política dos 3 R's: reduzir, reutilizar e reciclar, trata-se de ações em que o objetivo visa à diminuição do desperdício de materiais e à poupança de recursos naturais para o fabrico de novos produtos. Esta política consiste em [34]:

- Reduzir - evitar a produção de resíduos, diminuindo assim a poluição ambiental [33].
- Reutilizar - utilizar os produtos mais que uma vez [33].
- Reciclar – transformar os produtos utilizados em matérias-primas para o fabrico de novos produtos [33].

A ordem deve ser cumprida para que haja a diminuição da produção de resíduos [34].

A quantidade e o uso de plástico têm aumentado durante os últimos anos e, conseqüentemente, causado uma enorme poluição ambiental e utilização de recursos. Desta forma, a reciclagem é uma estratégia para reduzir os problemas ambientais associados aos resíduos plásticos.

Grande parte dos plásticos são reciclados mecanicamente, isto é, fundem o material e produzem grânulos do mesmo material. Devido a certas características de alguns plásticos não é possível reciclá-los mecanicamente, sendo realizada a reciclagem química que consiste em decompor os polímeros em monómeros através da despolimerização. A matéria prima obtida a partir deste método de reciclagem pode ser incorporada na produção de novos produtos [35].

O plástico que não pode ser reciclado por nenhuma das maneiras anteriormente mencionadas, pelo facto de poder degradar ou tornar-se contaminação, pode sofrer uma reciclagem energética, ou seja, através de um processo de incineração transforma-se a energia térmica em subprodutos como energia, resíduos sólidos e gases [35].

A realização da reciclagem de plástico é ainda limitada, no entanto, tem vindo a crescer cada vez mais fazendo com que haja um desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos naturais diminuindo a poluição ambiental e aumentando a qualidade de vida do ser humano [35].

### **2.5.1 Reciclagem de peças pintadas**

Os plásticos são empregues na maior parte dos produtos utilizados pelo ser humano no dia a dia uma vez que possuem elevada resistência e um custo acessível. Depois de serem usados e de já não terem utilidade, a maior parte das vezes são descartados no meio ambiente levando anos a degradarem-

se. Devido a este problema, sempre que um produto deixa de ter utilidade, torna-se necessária a sua reciclagem, de forma a diminuir a poluição ambiental causada pelos mesmos [36]–[39].

Um dos grandes problemas da reciclagem dos materiais plásticos são os produtos pintados e envernizados, mas com o aumento da poluição ambiental, legislações por parte dos governos e com a tentativa de diminuição dos custos dos produtos, torna-se fundamental incorporar nos produtos material reciclado [36]–[39].

É importante do ponto de vista da reciclagem ter materiais possíveis de reciclar e peças constituídas pela mesma matéria-prima, porém o objetivo principal é ter em conta os requisitos definidos.

Para uma melhor aplicação de materiais plásticos pelas empresas estas devem classificar os polímeros comuns e aqueles produtos que tem um maior desperdício. Numa fase posterior devem armazenar estes produtos numa quantidade possível de ser recolhida para a reciclagem e na fase de conceção, selecionar materiais reciclados de acordo com os requisitos e especificações do produto [36]–[39].

É necessário garantir as propriedades mecânicas, térmicas e estéticas de produtos fabricados a partir de material reciclado de forma que estes se assemelhem aos fabricados a partir de material virgem.

Estudos mostram que devido aos materiais estarem sujeitos a diversos ciclos de reciclagem possam ficar com algumas impurezas ou apresentar propriedades mais frágeis que outras. Devido a isto, podem ser usadas duas formas de melhorar as propriedades fragilizadas, sendo uma delas a adição de aditivos ou a mistura de material reciclado com material virgem [36]–[39].

### **2.5.2 Métodos de reciclagem de peças pintadas**

Existem muitos produtos plásticos utilizados no dia a dia, nomeadamente produtos plásticos pintados da indústria automóvel [38].

As peças pintadas possuem um grande problema para a reciclagem, o seu revestimento. Estas peças são constituídas por dois materiais diferentes tanto a nível de características/propriedades como a nível de método de produção. O revestimento da peça é constituído por um termoendurecível e o produto é constituído por um termoplástico. Por outro lado, como são materiais diferentes também tem maneiras diferentes de serem reciclados, enquanto os materiais termoplásticos podem ser fundidos, nos termoendurecíveis há uma reticulação quando estas peças são aquecidas fazendo com que estas peças já não possam ser reutilizadas e reaquecidas novamente [38].

Existem diferentes métodos de separação da camada termoplástica da tinta termoendurecível, tais como:

- **Método químico** - consiste em colocar as peças pintadas, durante um tempo, completamente imersas num solvente que faz com que a tinta seja totalmente removida. Alguns solventes químicos, tais como metileno e álcool benzílico, são prejudiciais tanto para o operador como para o meio ambiente [39], [40].
- **Método físico** - baseia-se em voltar a fundir os produtos plásticos, extrudando-os para transformar em matéria-prima, sendo utilizados filtros de fusão para ser possível desagregar os depósitos de tinta da peça.  
Este não é um dos melhores métodos uma vez que consome muita energia, não sendo também muito eficaz pois a tinta adere muito bem ao material [39], [40].
- **Método mecânico**- consiste em remover a tinta das peças através do uso de abrasivos, utilizando ar comprimido para soprar os diferentes abrasivos para a superfície da peça, sendo a tinta removida mecanicamente. Podem ser usados diferentes tipos de abrasivos, tais como: areias, esferas de vidro, gelo seco, entre outros.  
Os materiais mais macios são utilizados para remover a tinta de produtos mais frágeis, como é o caso dos produtos para a área automóvel.  
A utilização do jato de gelo para a remoção da tinta é um dos métodos mais ecológico pois não gera qualquer tipo de resíduo [39], [40].

## 2.6 Performance do revestimento

Na indústria automóvel, são exigidos por parte dos clientes, requisitos de desempenho para as peças pintadas bastante rigorosos. Estes vão desde a aparência em termos óticos das peças até às propriedades mecânicas das peças, com o objetivo de não existir nenhuma falha quando a peça se encontrar em serviço.

Todas as empresas fabricantes de peças para este setor, devem ter em conta os requisitos dos clientes, nomeadamente, a norma elaborada por eles que inclui todos os testes obrigatórios. Ou seja, todas as peças devem ser sujeitas a testes que representam situações reais que estas possam estar expostas no dia-a-dia perante diversos fatores. Estes testes são realizados para garantir que não existem falhas no revestimento das peças e garantem uniformidade nas peças que possam ser fabricadas em diferentes locais [41]–[43].

Alguns dos testes realizados para avaliação do substrato são:

- **Brilho** - O brilho de uma peça trata-se da reflexão da luz que incide na superfície da mesma. Na indústria automóvel é importante realizar a medição do brilho das peças

pois é um requisito por parte do cliente e também, porque a aparência brilhante de uma peça pode ser afetada por algumas condições, como a textura do substrato, espessura da tinta, entre outros.

O brilho é medido usando um medidor de brilho, este é colocado em cima da peça a medir, projeta uma luz que incide na superfície e mede a quantidade de luz refletida pela superfície. As peças de alto brilho tem de possuir um brilho maior ou igual a 70 GU, que significa que a maior parte da luz é refletida no mesmo ângulo de incidência, medido no ângulo de 20° [44].

- **Espessura da tinta** - Na indústria, é comum medir a espessura de um filme utilizando um medidor de espessura digital em superfícies como alumínio ou aço inoxidável, quando a peça estiver seca. Uma outra forma de medir a espessura, é utilizando a microscopia, observando secções transversais das peças pintadas. No entanto, este método possui a desvantagem de danificar o filme na preparação da amostra para observação.

Este é um dos requisitos por parte do cliente pois existe sempre uma espessura ideal para os revestimentos. A utilização de espessuras elevadas garantem um bom cobrimento do substrato porém pode fazer com que as propriedades mecânicas fiquem mais fragilizadas [2].

- **Durabilidade** - é a capacidade de a peça manter o seu desempenho ao longo do tempo, mesmo quando exposto a condições ambientais extremas. Este é um fator importante na durabilidade, e por isso existem testes que permitem simular essas condições. As peças estão sujeitas a degradação dos revestimentos, com o objetivo de observar uma deterioração do componente num curto período de tempo prevendo assim possíveis defeitos, como perda de brilho, perda de aderência entre o revestimento e o substrato, perda de flexibilidade, entre outros [45].

Os testes consistem em colocar as peças numa estufa, e estão sujeitas a ciclos de humidade e temperatura num determinado tempo. Estes ciclos de teste e o tempo em que as peças devem estar dentro da estufa são definidos pelo cliente [45].

- **Adesão substrato-revestimento** - é um dos testes de qualidade realizados uma vez que o grau de adesão entre o substrato e o revestimento é um dos requisitos pedidos pelo cliente, pois se não existir adesão torna-se impossível de revestir o substrato.

As empresas geralmente realizam um teste de *crosscut* pois trata-se de um teste relativamente simples e consiste em traçar linhas cruzadas e com o auxílio de uma fita cola própria verifica-se a quantidade de tinta que descola da peça.

A avaliação deste teste é uma avaliação apenas visual, onde é comparada a quantidade que saiu na fita cola com imagens padrão que apresentam diferentes graus de adesão [46].

- **Resistência ao risco** - sendo um requisito por parte do cliente, realiza-se o teste da resistência ao risco por parte do substrato. Para tal, a amostra tem de resistir a uma força especificada pelo cliente. Para isso, é utilizado um medidor de dureza, que contém uma ponta redonda e tem de ser colocada em ângulo reto com a peça: Após a ponta ser pressionada contra o revestimento, verifica-se se existiu remoção da tinta [47].

## 2.7 Estudos anteriores

Não existem até à data estudos efetuados relativos à incorporação de material reciclado de peças pintadas para a produção de novas peças e a posterior pintura das mesmas. No entanto, existem estudos relativos à incorporação de material reciclado de peças pintadas que, numa fase posterior, não sofrem o processo de pintura e, portanto, não poderão ser tiradas conclusões pois a sua base e o intuito do seu estudo não é a mesma.

### 3. CAPÍTULO

---

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 3.1 Peça selecionada

Optou-se por utilizar a peça *Blende BFS*, representada na Figura 2, como objeto de estudo neste projeto. A peça em questão faz parte do conjunto de componentes fabricados pela empresa Fehst Componentes, Lda e atualmente, a peça é fabricada em grande quantidade e atende aos requisitos exigidos pelo cliente.

Trata-se de um elemento decorativo destinado ao interior de um modelo automóvel, que passa por um processo de produção por moldação por injeção e recebe um acabamento de alta qualidade através da pintura.

A peça em questão é fabricada usando uma combinação de PC/ABS, o que resulta numa reduzida contração e alta precisão nas dimensões. Além disso, contém aproximadamente 2% de borracha TPS, é injetada uma borracha termoplástica que é injetada em pontos específicos da peça. Isso contribui para a eliminação do ruído e estabilização da peça enquanto o veículo está em funcionamento. Por último, estas peças são pintadas com diferentes tintas sendo a tinta *schwarz* (tinta preta de alto brilho) a mais utilizada.

Na fase inicial do projeto, foram utilizadas placas de 110x90x3 mm, Figura 12, como protótipos de teste e numa etapa prévia à produção em série, com o objetivo de verificar a funcionalidade, identificar e corrigir potenciais problemas, avaliar a viabilidade da produção e obter feedback dos clientes. Essa abordagem desempenha um papel fundamental na redução de riscos e custos associados à produção em massa, assegurando que a peça final atenda plenamente às expectativas e requisitos estabelecidos.



Figura 12. Placa de teste com 110x90x3mm

#### 3.1.1 Matéria-prima

##### Reciclagem de peças pintadas

As peças *Blende BFS* fabricadas em PC/ABS *cycology*, as propriedades e características deste material encontram-se apresentadas na ficha técnica (anexo 2) e pintadas com tinta preta *highgloss* foram enviadas para reciclar para uma empresa externa à Fehst, a Use & Reuse. Estas peças são

produzidas em duas versões, uma para veículos de condução à esquerda, designados de *LHD*, e outra para veículos de condução à direita, *RHD*.

Um dos motivos destas peças terem sido escolhidos foi o facto de estas apresentarem uma maior taxa de refugo na empresa, sendo que as *Blende BFS LHD* apresentam uma taxa de 45% e as *Blende BFS RHD* apresentam uma taxa de 43%. Foram então enviadas, para o fornecedor cerca de 25 kg de peças *Blende BFS*. De salientar, que estas peças são constituídas por uma percentagem residual de borracha TPS (2%).

A Use & Reuse é uma empresa que se dedica a oferecer soluções capazes de potenciar a sustentabilidade das atividades económicas das empresas parceiras, tais como: reciclagem de plástico (trituração e granulação), recolha/trituração de desperdícios pós-industriais, entre outros.

O processo utilizado por esta empresa para a reciclagem de plásticos consiste em moer as peças, transformando-as em *flakes* (fragmentos de maiores dimensões), como se pode observar na Figura 13, e para que não haja passagem de metal (pedaços da lâmina de moagem) é colocado um íman e um filtro muito fino para que não contaminem o material.



*Figura 13. Flakes das peças BFS*

Posteriormente, estes *flakes* são colocados numa extrusora, onde são fundidos por aquecimento e transformados em filamentos contínuos. De seguida, estes filamentos são encaminhados para um tanque de água à temperatura ambiente, onde são arrefecidos. Por último, os filamentos são cortados, Figura 14, de modo uniforme.



Figura 14. Grânulos da matéria-prima reciclada

Na Figura 15, é possível visualizar todas as etapas deste processo.

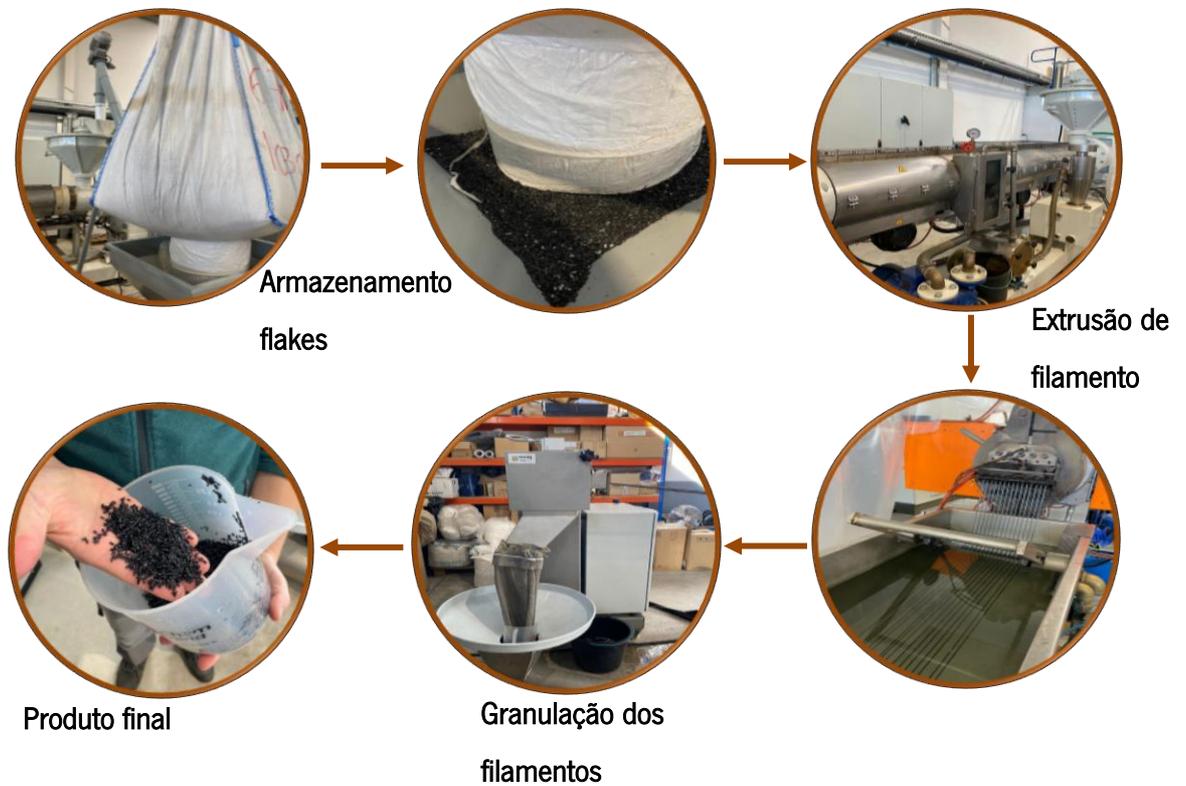


Figura 15. Etapas do processo de reciclagem

### Processo de injeção

As peças foram produzidas na injetora *Arburg Allrouder*, que pode ser vista na Figura 16, com uma tonelagem de 370.



Figura 16. Injetora utilizada no ensaio.

Inicialmente, instala-se o molde na máquina correspondente às placas a injetar e define-se as condições de processamento na máquina, que no caso foram as apresentadas no anexo 3.

De seguida, preparam-se as misturas da matéria-prima, que passam por uma estufa durante 4h a 80°C. Optou-se por três misturas diferentes sendo elas: 90% de PC/ABS virgem com 10% de PC/ABS reciclado, 70% de PC/ABS virgem com 30% de PC/ABS reciclado e 50% de PC/ABS virgem e 50% de PC/ABS reciclado. Em cada uma das misturas, injetam-se cerca de 30 placas.

Foi preparada cerca de 5kg de cada mistura num saco à parte e só depois foi colocada na tremonha.

Sempre que se injetava com uma mistura diferente de material, o fuso e a tremonha eram limpos para evitar que houvesse contaminações.

### 3.1.2 Processo de pintura com cura térmica

Os revestimentos das peças foram aplicados na linha de pintura com cura térmica, existente na Fehst. Esta linha de pintura é constituída por várias estações permitindo separar o processo em 4 etapas: pré-tratamento, pintura, *flash-off* e secagem térmica. Na Figura 8, estão representadas as etapas.

As placas anteriormente injetadas com diferentes percentagens de material reciclado e virgem foram devidamente identificadas e carregadas em tabuleiros específicos, como demonstrado na Figura 17.

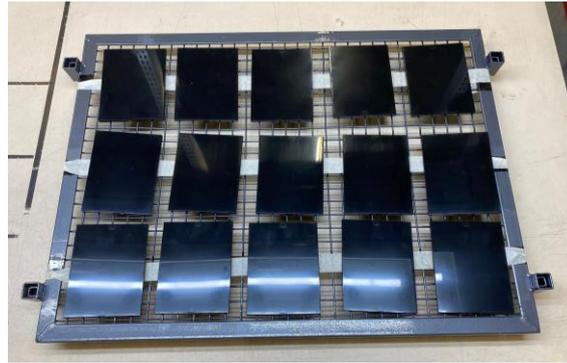


Figura 17. Tabuleiro utilizado para a pintura das placas.

Posteriormente, as peças passam por um pré-tratamento onde são eliminadas poeiras/contaminações que possam existir na superfície das peças para não comprometer a aderência da tinta com o substrato. O pré-tratamento é realizado numa estação em que as peças são pulverizadas com ar ionizado onde são eliminadas poeiras/gorduras e a eletricidade estática existente na superfície das peças, possibilitada pela ionização do ar.

Após esta estação, as peças passam para a cabine de pintura onde são pulverizadas para ficarem revestidas. Para que o revestimento tenha um espalhamento uniforme, a peça tem de passar por uma câmara de flash-off/descanso, onde é irradiada luz infravermelha na superfície.

Por último, a peça passa por uma cabine de secagem térmica, onde o revestimento líquido seca e se obtém a peça final.

Na Figura 18, estão representadas as etapas do processo de pintura.



Figura 18. Etapas do processo de pintura

### 3.1.3 Testes e equipamentos

Foram realizados testes ao revestimento de acordo com a norma TL226 para perceber se o material reciclado tinha alguma influência na performance do mesmo. A TL226 é uma norma da VW e refere todos os testes que devem ser realizados em peças pintadas para o interior dos automóveis, tais como: resistência ao risco, *crosscut*, hidrólise, envelhecimento por calor, teste ao ciclo ambiental, teste de resistência aos cremes, teste da gota e ainda resistência à abrasão.

Foram ainda, realizados testes de resistência mecânica, como a resistência ao impacto e a tração das peças com as diferentes percentagens de material reciclado. Foi efetuada também, uma microscopia ótica para tentar perceber o que eram os “brilhos” que apareceram nas peças ao serem produzidas por injeção.

#### 3.2.3.1 TGA

A análise termogravimétrica (TGA) é uma técnica de análise térmica amplamente utilizada para estudar a decomposição térmica de materiais. É um procedimento que avalia a alteração na massa de um material em resposta às mudanças de temperatura durante um aquecimento controlado.

O TGA desempenha um papel fundamental na determinação da temperatura de decomposição, estabilidade térmica, reações de decomposição, perda de massa e outras propriedades importantes dos materiais.

Durante o teste, vários fenómenos podem ocorrer, tais como a evaporação de solventes, decomposição térmica de componentes ou ocorrência de reações químicas específicas. Esses fenómenos são identificados pelas alterações observadas na curva termogravimétrica, onde é representada graficamente a variação de massa em função da temperatura [48].

O equipamento utilizado para a realização deste ensaio foi o *TGA Q 500*, Figura 19. O equipamento consiste numa balança de alta precisão acoplada a um forno capaz de controlar e aumentar gradualmente a temperatura da amostra.

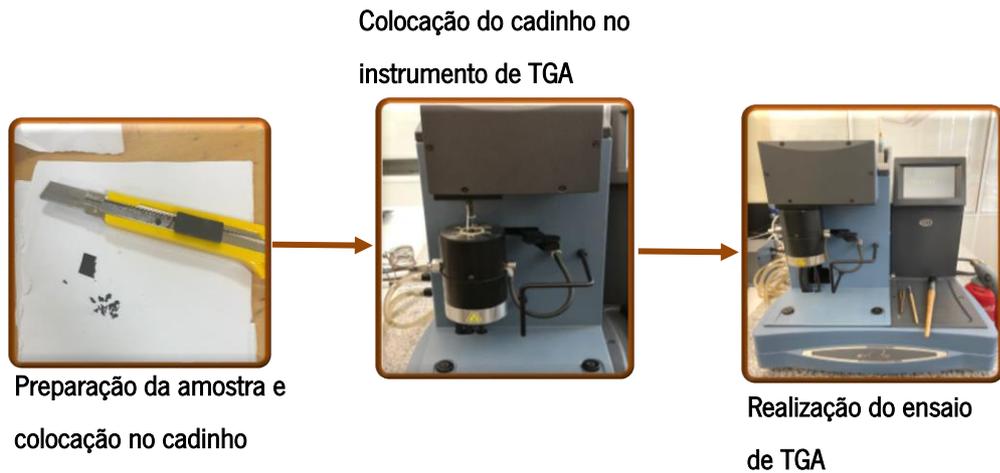


Figura 19. Equipamento para a realização do TGA.

Neste teste, o objetivo foi estudar a temperatura de degradação da tinta usada para a pintura das peças enviadas para reciclar. Inicialmente, é preparada a amostra a ser estudada, neste caso corta-se em pedaços pequenos as películas de tinta de maneira a ser possível colocá-los no cadinho. A obtenção das películas mencionadas anteriormente consiste em colar numa placa uma tira de teflon que, posteriormente é pintada. Após este processo é efetuada a separação entre a película de tinta e a tira de *teflon*.

O cadinho é depois colocado no forno e a temperatura aumenta a uma taxa constante. Enquanto isso a balança regista a variação da massa da amostra. O teste foi realizado com uma temperatura inicial de 40°C até uma temperatura final de 600°C, com uma velocidade de aquecimento de 10°C/min.

Na Figura 20, é possível verificar as diferentes etapas deste teste:



*Figura 20. Etapas do ensaio de TGA*

### 3.2.3.2 MFI

O teste de medição do índice de fluidez (MFI) é realizado para medir a fluidez de um polímero termoplástico em certas condições de temperatura e pressão. O teste consiste em colocar uma quantidade do polímero numa câmara aquecida previamente a uma temperatura pré-determinada, sendo depois empurrado através de um orifício padrão sob uma carga padrão. O ensaio consiste em cortar o fluido à saída de uma fieira em períodos regulares de tempo e, no final do ensaio, medir a massa obtida de material em cada intervalo de tempo.

O MFI é uma medida importante pois permite avaliar a capacidade de processar um polímero em aplicações industriais, uma vez que a fluidez do material afeta a capacidade de ser moldado.

A máquina utilizada para a realização deste ensaio foi a *CEAST* que pode ser visualizada na Figura 21.



*Figura 21. Aparelho para a realização do MFI*

Este aparelho possui um reservatório principal com um canal vertical de secção circular no seu centro, que é colocada uma feira de diâmetro normalizado, e num segundo instante será colocado o material que irá fluir através da feira. Em seguida, de modo a promover o escoamento, é colocado um varão no orifício. Este, serve para comprimir o material dentro do orifício, de modo a eliminar o ar existente entre os grânulos de polímero.

Inicialmente, a máquina foi aquecida até aos 270°C e de seguida, colocou-se os grânulos na feira e montou-se o pistão com um peso de 2,16 kg. Deixou-se o material aquecer durante 4 minutos e de 10 em 10 segundos foram retiradas amostras do material. Por fim, limpou-se a feira e a parte interior do aparelho.

Para calcular o índice de fluidez, após o ensaio, pesam-se as amostras extraídas de todas as peças com diferentes percentagens de reciclado, calcula-se a média e posteriormente fez-se a conversão para g/10min.

### **3.2.3.3 Lupa**

A lupa utilizada na microscopia é uma ferramenta extremamente versátil e indispensável, é capaz de ampliar a imagem dos objetos e possibilitar uma análise cuidadosa e uma compreensão aprofundada das características dos mesmos. Desempenha um papel fundamental em diversas áreas de estudo, pois oferece uma ampliação adicional que facilita o trabalho e possibilita uma observação detalhada.

Na indústria, a lupa de microscopia desempenha uma função essencial para controlar a qualidade, permitindo uma inspeção aprofundada de peças e componentes. Isso possibilita a identificação de defeitos dos produtos fabricados [49].

A lupa utilizada para a realização de uma análise mais aprofundada das peças foi a *Leica DMS 1000* que pode ser visualizada na Figura 22.



*Figura 22. Lupa de microscopia*

Inicialmente, colocam-se as diferentes peças com percentagens diferentes na base da lupa, amplia-se a lupa até ser possível obter uma imagem nítida da superfície e por último, observa-se.

#### **3.2.3.4 Microscopia ótica de reflexão**

A microscopia ótica de reflexão, é uma técnica de imagem onde é utilizada a reflexão da luz na superfície de uma amostra para obter informações sobre a sua topografia e propriedades óticas.

Esta técnica utiliza uma fonte de luz branca, que é direcionada para a amostra, e um sistema ótico para capturar a luz refletida e formar uma imagem.

A quantidade de luz refletida e a maneira como é refletida dependem das propriedades óticas da amostra, tais como a sua topografia, rugosidade, índice de refração e propriedades de absorção [50].

O microscópio ótico utilizado para a realização de uma análise mais aprofundada das peças foi o *Olympus ah2-uma* que pode ser visualizada na Figura 23.



*Figura 23. Microscópio ótico*

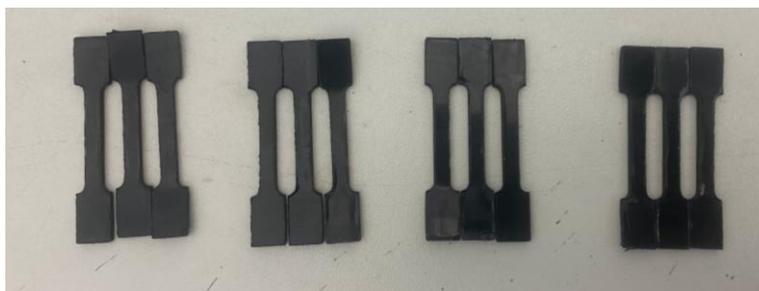
Inicialmente, colocou-se as diferentes peças com percentagens diferentes na base do microscópio. Em seguida, procedeu-se à ampliação e focagem até alcançar uma imagem clara da superfície e por último, observou-se.

### **3.2.3.5 Ensaio de impacto**

Os ensaios de impacto são realizados para avaliar a resistência impactos ou choques dos materiais. O principal objetivo do teste é perceber qual a capacidade de os materiais absorverem energia quando sujeitos a impactos, sendo depois esta energia usada para determinar a resistência ao impacto e à fratura.

Para avaliar a resistência ao impacto podem ser realizados testes nas peças com o objetivo de medir a quantidade de energia necessária para fraturar as amostras. Estes ensaios são realizados com regularidade pois ajudam os fabricantes a escolher o melhor material para determinada peça e a avaliar o desempenho do material quando sujeito a diferentes condições de uso [51], [52].

Inicialmente, preparou-se provetes com igual tamanho, Figura 24, das diferentes peças com percentagens de material reciclado diferente.



*Figura 24. Provetes utilizados no ensaio*

O aparelho de impacto utilizado pode ser visualizado na Figura 25 e, foi ainda colocado um peso de 7,5 J. Para a realização do ensaio, fixou-se as amostras na base máquina, e por último é largado um pêndulo onde parte a peça num sítio específico.



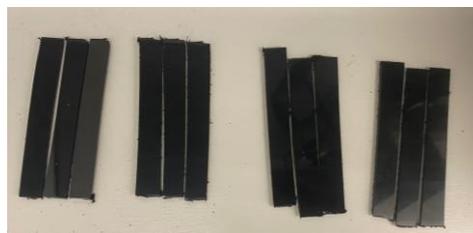
*Figura 25. Equipamento de ensaio tração-impacto.*

### 3.2.3.6 Ensaio de tração

Os testes de tração são realizados para medir a força necessária para que um plástico atinja o seu ponto de rutura e a deformação do mesmo sofrida durante o ensaio. Os resultados são exibidos em forma de um gráfico tensão vs deformação, de forma a demonstrar o comportamento mecânico do material. A partir desta curva é possível determinar a resistência à tração, módulo de elasticidade, deformação máxima, tensão de rutura e deformação à rotura.

Estes testes são realizados pelas empresas, uma vez que é importante para projetar peças para determinadas especificações, seleção de materiais e permite ainda, fazer um controlo de qualidade [53], [54].

Inicialmente, preparou-se amostras com igual tamanho, Figura 26, das diferentes peças com percentagens de material reciclado diferente.



*Figura 26. Amostras para o ensaio de tração*

O aparelho de tração utilizado foi o *Instron*, que pode ser visualizado na Figura 27 e definiu-se a velocidade do ensaio para 50 mm/min e a distância entre amarras de 200 mm. Para a realização do ensaio, fixou-se as amostras na máquina e de seguida, foram submetidas a forças axiais de tração até o provete partir.



Figura 27. Máquina de tração

As etapas do ensaio podem ser visualizadas na Figura 28.

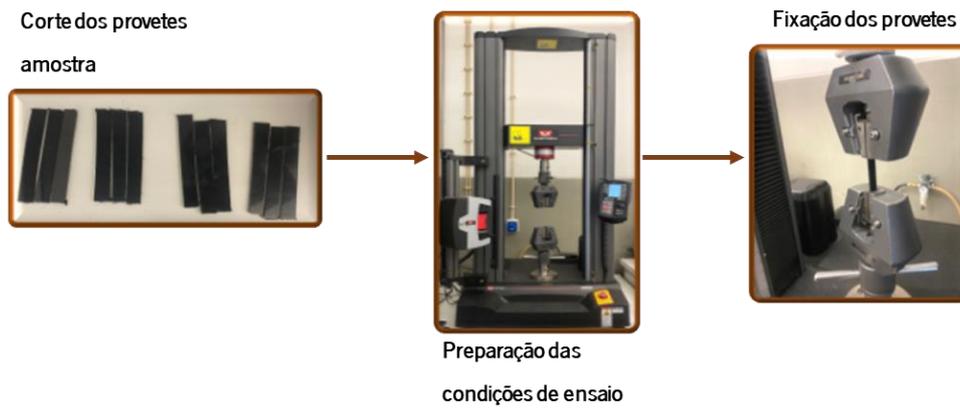


Figura 28. Etapas do ensaio de tração

### 3.2.3.7 Medição da espessura dos revestimentos

O aparelho utilizado para medir a espessura dos revestimentos foi o *Elcometer Coating Thickness Gauge*, Figura 29.



Figura 29. Aparelho de medição de espessura.

Este medidor não consegue medir a espessura da tinta diretamente no material plástico pois estes não possuem condutividade elétrica sendo necessário recorrer ao uso de chapas metálicas que são agregadas às peças plásticas antes de estas serem pintadas. Depois de serem pintadas e de secarem totalmente, a espessura do revestimento pode ser medida como ilustra a Figura 30.



Figura 30. Medição das espessuras.

Como se fabricou peças com várias percentagens de material reciclado, ao serem preparadas para pintar, colocam-se chapas metálicas nas peças com diferentes percentagens de reciclado mas apenas se mediu a espessura de cada peça numa só zona pois estas possuíam uma forma retangular. Para cada peça foram retirados 5 valores, sendo a espessura final a média destes valores.

O objetivo de medir a espessura dos revestimentos nas peças com diferentes percentagens reciclado foi analisar se existem diferenças de espessura nas diferentes peças pintadas com a mesma tinta.

### 3.2.3.8 Medição da cor e do brilho

Para medir a cor e o brilho das diferentes peças foi utilizado o aparelho *Konica Minolta*, que pode ser visto na Figura 31.



*Figura 31. Aparelho de medir a cor e o brilho.*

Os aparelhos de medir a cor e o brilho chamam-se refletômetros e a medição é feita sobre o produto pintado, a partir do envio de luz de uma certa fonte de luz com uma determinada área e ângulo. Uma superfície lisa irá apresentar maior brilho pois são criados maiores valores de reflexão relativamente a uma superfície rugosa. Como os ângulos de incidência proporcionam maior luz refletida, normalmente as superfícies de alto brilho são medidas com um ângulo de luz pequeno, superfícies com brilho médio são medidas com ângulo médio e superfícies matizadas são medidas com um ângulo grande [2].

A cor das peças é avaliada usando a escala de cores CIELAB, que é representada como um cubo na Figura 32. O eixo  $L^*$  indica o nível de luminosidade das peças, variando de 0 a 100, sendo que o 0 representa a cor branca e o valor máximo, 100, representa a cor preta.

Os eixos  $a^*$  e  $b^*$  são perpendiculares entre si e não têm valores específicos. O eixo  $a^*$  com valores negativos ( $-a$ ) representa a cor verde, enquanto o eixo  $a^*$  com valores positivos ( $+a$ ) representa a cor vermelha. Por outro lado, o eixo  $b^*$  com valores negativos ( $-b$ ) representa a cor azul, e o eixo  $b^*$  com valores positivos ( $+b$ ) representa a cor amarela [55].

Os valores representados por delta ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$ ) indicam a diferença entre um padrão e uma amostra. Estes valores são utilizados para o controlo de qualidade [56].

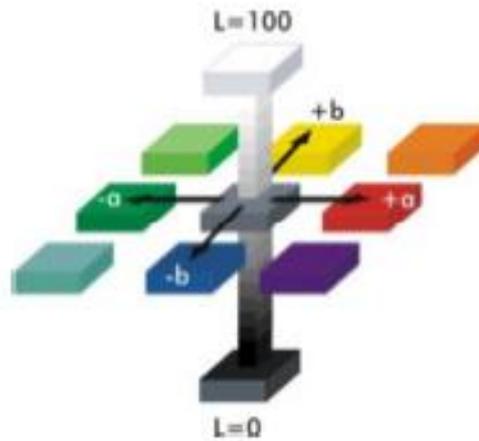


Figura 32. Escala de cores CIELAB [57].

A escala de cores CIELAB é aplicável a qualquer objeto cuja cor possa ser quantificada. É amplamente utilizada em diversas indústrias como um padrão de referência [55].

Neste caso, mediu-se a cor e o brilho em todas as peças pintadas com as diferentes percentagens de reciclado para perceber se havia alterações significativas de cor e brilho em peças com a mesma percentagem de material reciclado e também para comparar com os valores da amostra padrão. A medição da cor e do brilho consiste em colocar o aparelho em 3 locais diferentes da peça, ilustrado na Figura 33, para se obter uma média.



Figura 33. Medição da cor e do brilho.

### 3.2.3.9 Teste da aderência (*cross-cut*)

O *crosscut* consiste num teste padrão para avaliar a resistência da aderência do revestimento quando separado do substrato [58].

Para a realização do teste foi utilizado um instrumento multicorte, que pode ser visto na Figura 34, e são feitos conjuntos de cortes longitudinais e paralelos até ao substrato e de seguida, são realizados mais conjuntos de cortes longitudinais, mas perpendiculares aos que foram feitos em primeiro lugar para

se obter vários quadrados. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, apresentado no anexo 1.



*Figura 34. Aparelho multicorte para o teste Crosscut.*

Ao serem feitos os cortes no substrato podem ocorrer quebras particulares ou descolamento do revestimento. Após o corte, é usada uma fita adesiva, representada na Figura 35 que é colada em cima dos cortes e depois de puxada é possível analisar visualmente.



*Figura 35. Fita-adesiva Tesa usada no teste Crosscut de acordo com a norma TL226*

As etapas do teste podem ser vistas na Figura 36.

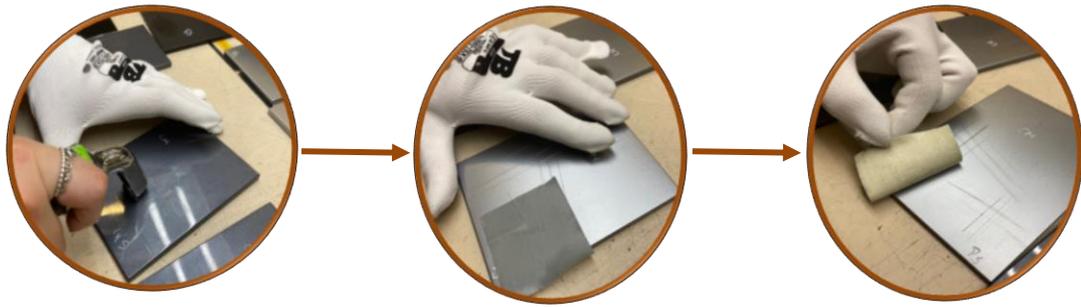


Figura 36. Etapas do teste crosscut

A avaliação da parte que sofreu os cortes deve ser realizada a partir de um padrão de referência, ilustrado na Tabela 1. Na indústria automóvel apenas é aceitável um resultado até ao nível Gt1 sendo que a avaliação é feita apenas por inspeção visual.

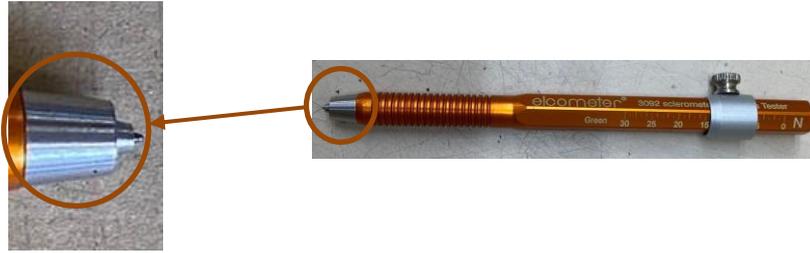
Tabela 1. Classificação do teste Crosscut. Adaptado de [59].

Classificação (Gt)	Aparência da superfície do teste de aderência ( cross cut)
0	
1	
2	
3	
4	

### 3.2.3.10 Teste da resistência ao risco

Os testes de resistência ao risco são realizados para determinar a resistência das superfícies pintadas quando estão sujeitas a arranhões na superfície. Os testes são realizados com uma caneta que possui uma ponta hemisférica e dependendo dos requisitos das peças podem ser utilizadas diferentes cabeças de teste que possuem diferentes forças. São testes de aprovação ou reprovação utilizando apenas inspeção visual sendo que este instrumento pode ser usado tanto em peças com superfícies curvas como com superfícies planas [60].

O medidor de resistência utilizado foi a caneta de Erichsen designada *elcometer 3092 sclerometer hardness tester*, que pode ser visto na Figura 37.



*Figura 37. Caneta Erichsen usada no teste da resistência ao risco.*

Para a realização deste teste apenas foi utilizada uma amostra de cada percentagem de reciclado e de cada cor. Foi utilizada uma cabeça de teste de 10 N e consiste em pressionar a ponta da caneta contra a peça a testar e de seguida, é necessário traçar um risco de maneira que seja possível tirar conclusões, Figura 38. Assim, a peça testada tem de ficar marcada com um risco, mas não poderá haver remoção da tinta para estas passarem nos testes.

Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, apresentado no anexo 1.



*Figura 38. Teste da resistência ao risco.*

### **3.2.3.11 Teste de Hidrólise**

Os testes de hidrólise são realizados para testar acontecimentos que podem ocorrer na realidade quando o carro está sujeito a condições de temperatura e humidade extremas e conseguir perceber quais os efeitos que isto provoca nos revestimentos das peças, simulando assim o envelhecimento do componente. Portanto, o teste de hidrólise tem como objetivo o estudo da reação das diferentes propriedades do revestimento, depois de a peça ser sujeita a diferentes condições climáticas

(temperatura e humidade) [61]. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, apresentado no anexo 1.

Para a realização deste teste preparou-se uma amostra de cada percentagem de reciclado e de cada tinta e de seguida, colocou-se as peças na câmara climática *Aralab*, que pode ser vista na Figura 39. As peças tem de permanecer na câmara durante 72h a uma temperatura de 90°C com uma humidade de 95%. Após as 72h as peças foram retiradas da câmara e foram guardadas durante 24h, onde após este período de tempo foram realizados testes de inspeção visual para verificar se existia alguma alteração na superfície das peças, teste de aderência, representado na Figura 36, e teste de resistência ao risco, representado na Figura 38.



*Figura 39. Câmara climática.*

#### **3.2.3.12 Teste Resistência ao Ciclo Ambiental**

O teste do ciclo ambiental é um teste realizado em peças pintadas para avaliar a resistência da pintura às condições ambientais extremas. Este teste é realizado para verificar se a pintura é capaz de resistir a mudanças de temperatura, humidade, entre outros fatores ambientais que podem afetar a durabilidade e aparência da pintura [62].

A amostra é submetida a ciclos de exposição a esses fatores ambientais extremos, seguidos por períodos de recuperação em condições normais. Este teste é realizado para simular as condições a que a pintura pode ser exposta durante a vida útil da peça. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, apresentada no anexo 1.

Para a realização deste teste preparou-se uma amostra de cada percentagem de reciclado e de cada tinta e de seguida, colocou-se as peças na câmara climática *Aralab*, que pode ser vista na Figura 39. As peças tem de permanecer na câmara durante 96h a uma temperatura de +80°C/-40°C. Após as

96h, as peças foram retiradas da câmara e foram guardadas durante 24h, onde após este período foram realizados testes de inspeção visual para verificar se existia alguma alteração na superfície das peças, teste de aderência, representado na Figura 36, e teste de resistência ao risco, representado na Figura 38.

#### **3.2.3.13 Teste de envelhecimento por calor**

O teste de envelhecimento por calor em peças pintadas é um teste que simula a exposição prolongada de uma peça pintada a altas temperaturas. O objetivo é avaliar a durabilidade das peças pintadas e testar a sua capacidade de resistir a temperaturas elevadas [63]. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, apresentado no anexo 1.

Para a realização deste teste preparou-se uma amostra de cada percentagem de reciclado e de cada tinta e de seguida, colocou-se as peças na câmara climática *Aralab*, que pode ser vista na Figura 39. As peças tem de permanecer na câmara durante 240h a uma temperatura de 90°C. Após as 240h, as peças foram retiradas da câmara e foram realizados testes de inspeção visual para verificar se existia alguma alteração na superfície das peças, teste de aderência, representado na Figura 36, e teste de resistência ao risco, representado na Figura 38.

#### **3.2.3.14 Teste de Resistência aos cremes**

O teste de resistência aos cremes em peças pintadas é realizado para avaliar a capacidade do revestimento de resistir à ação de cremes. Isso é importante porque cremes e outros produtos de cuidado pessoal podem conter ingredientes que podem causar danos ao revestimento de uma peça pintada. Ao aplicar creme numa superfície pintada, os ingredientes constituintes do creme podem causar machas, levantamentos do substrato, entre outros e o teste da resistência permite determinar se o revestimento é capaz de resistir a estas substâncias, garantindo que a superfície pintada mantenha a sua aparência, funcionalidade e durabilidade [64].

Para o teste de cremes foi utilizado creme das mãos e protetor soldar, Figura 40.



Figura 40. Cremes usados no teste da resistência aos cremes

O creme das mãos é muito utilizado pelas pessoas no dia-a-dia e as mãos que estão em contato com superfícies pintadas podem afetar as peças por expô-las a este tipo de cremes. O protetor solar é utilizado para avaliar a capacidade de o revestimento resistir à exposição aos raios UV, estes raios ajudam a proteger a pele dos danos causados pela exposição aos raios UV do sol, no entanto esses filtros UV podem ter efeitos negativos sobre o revestimento de superfícies pintadas. A exposição aos raios UV pode causar descoloração, levantamento da tinta, entre outros. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, apresentado no anexo 1.

Para a realização deste teste preparou-se uma amostra de cada percentagem de reciclado e de cada tinta e de seguida, colocou-se em cada peça protetor solar e creme das mãos e por cima um quadrado de gaze. O local onde se colocou os cremes foi devidamente assinalado para o caso de existirem alterações na peça ser possível identificar a substância, Figura 41.

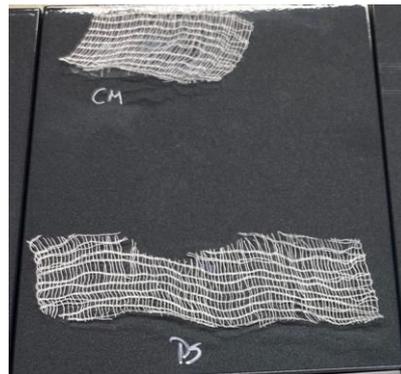


Figura 41. Teste da resistência aos cremes.

As peças são colocadas na estufa *memmert* durante 24h a uma temperatura de 80°C. Após as 24h as peças foram retiradas da câmara e foram limpas com água destilada. Ao fim de 4h, foram realizados testes de inspeção visual para verificar se existia alguma alteração na superfície das peças,

teste de aderência, representado na Figura 36, e teste de resistência ao risco, representado na Figura 38. Na Figura 42, é possível visualizar as diferentes etapas do teste da resistência aos cremes.

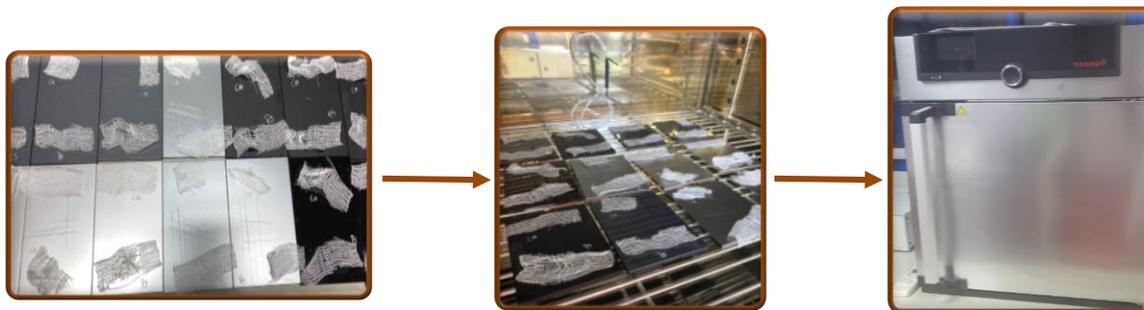


Figura 42. Etapas do teste da resistência aos cremes.

### 3.2.3.15 Teste da gota

O teste da gota é realizado para determinar a aderência da tinta ao substrato e possíveis alterações na superfície das peças pintadas depois de estas estarem em contato com substâncias desengordurantes, químicos agressivos, solventes, entre outros. A avaliação da aderência da tinta ao substrato é importante para garantir a durabilidade, qualidade e segurança das peças pintadas. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, representado no anexo 1.

Foram utilizadas seis substâncias diferentes para a realização deste teste, que podem ser observadas na Figura 43. O detergente de lavar a loiça, Figura 43 a, é utilizado neste teste pois contém na sua composição agentes tensoativos que ajudam a limpar as superfícies e a remover gorduras mas estes agentes também ajudam a diminuir a aderência da tinta ao substrato, o que torna mais fácil a sua remoção [65]. O detergente dos vidros e o álcool, Figura 43 b e Figura 43 e respectivamente, contém na sua composição álcool isopropílico, que é um solvente com propriedades desengordurantes que ajudam a remover sujidade e impurezas presentes nas peças mas que diminuem a tensão superficial da tinta, tornando mais fácil a remoção [66]. Relativamente ao suor artificial, Figura 43 c e Figura 43 d, é uma solução química que imita a composição do suor humano e é utilizado neste teste para sujeitar as peças a várias substâncias quando são utilizadas pelo ser humano, sendo possível verificar a aderência da superfície. A gasolina, Figura 43 f, é utilizada neste teste pois contém hidrocarbonetos e outras substâncias químicas na sua composição que podem danificar ou dissolver a tinta, diminuindo a aderência.

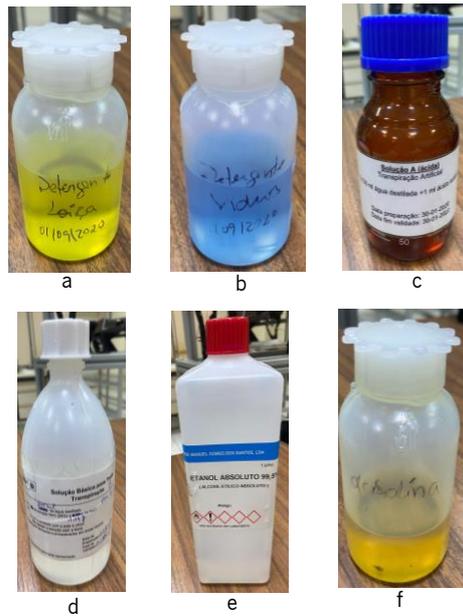


Figura 43. Substâncias utilizadas no teste da gota: a) detergente da loiça; b) detergente dos vidros; c) suor A; d) suor B; e) álcool; f) gasolina.

Para a realização deste teste preparou-se uma amostra de cada percentagem de reciclado e de cada tinta e de seguida, com o auxílio de uma micropipeta colocou-se 3 gotas de cada substância utilizada para o teste, que podem ser observadas na Figura 44. O local onde se colocou cada substância foi devidamente assinalado para o caso de existirem alterações na peça ser possível identificar a substância.



Figura 44. Teste da gota

Por último as peças foram colocadas na câmara climática *Aralab*, representada na Figura 39, a 60°C durante meia hora. As etapas deste teste podem ser observadas na Figura 45.



Figura 45. Etapas do teste da gota.

Ao fim deste tempo, as peças foram removidas da câmara e limpas com água destilada. Por último, foram guardadas durante 24h, onde depois foi realizada uma inspeção visual.

### 3.2.3.16 Teste de Resistência química e ao comportamento em exposição à abrasão

Os *strokes* são testes usados para avaliar a aderência da tinta à superfície das peças pintadas. A partir destes testes é possível determinar a resistência da tinta à abrasão e aderência o que permite garantir a qualidade e durabilidade da pintura nas peças. Este tipo de teste consiste em aplicar diversas pinceladas em diferentes áreas da peça. O objetivo é verificar a uniformidade da cobertura da tinta e se pós-teste existe alguma imperfeição. Este teste é realizado segundo um relatório interno efetuado pela Fehst a partir da norma da VW, representado no anexo 1.

Foram utilizadas sete substâncias diferentes para a realização deste teste, seis podem ser observadas na Figura 43, e a restante é água destilada. Inicialmente, o teste é realizado apenas com um tecido seco uma vez que estando seco não produz manchas ou áreas de sombra na peça, tornando-se mais fácil detetar qualquer problema entre a tinta e o substrato.

Para a realização deste teste é necessário recorrer à ajuda de um *crockmeter*, Figura 46.



Figura 46. Crockmeter, aparelho do teste de abrasão.

Em primeiro lugar, é preparado o tecido para a realização do teste e dependendo do teste é embebido nas diversas substâncias e é depois colocado no *crockmeter*. De seguida, coloca-se a peça a ser estudada na parte inferior do *crockmeter* e são definidas o número de passagens, consoante o teste a ser realizado. As etapas deste teste podem ser visualizadas na Figura 47.

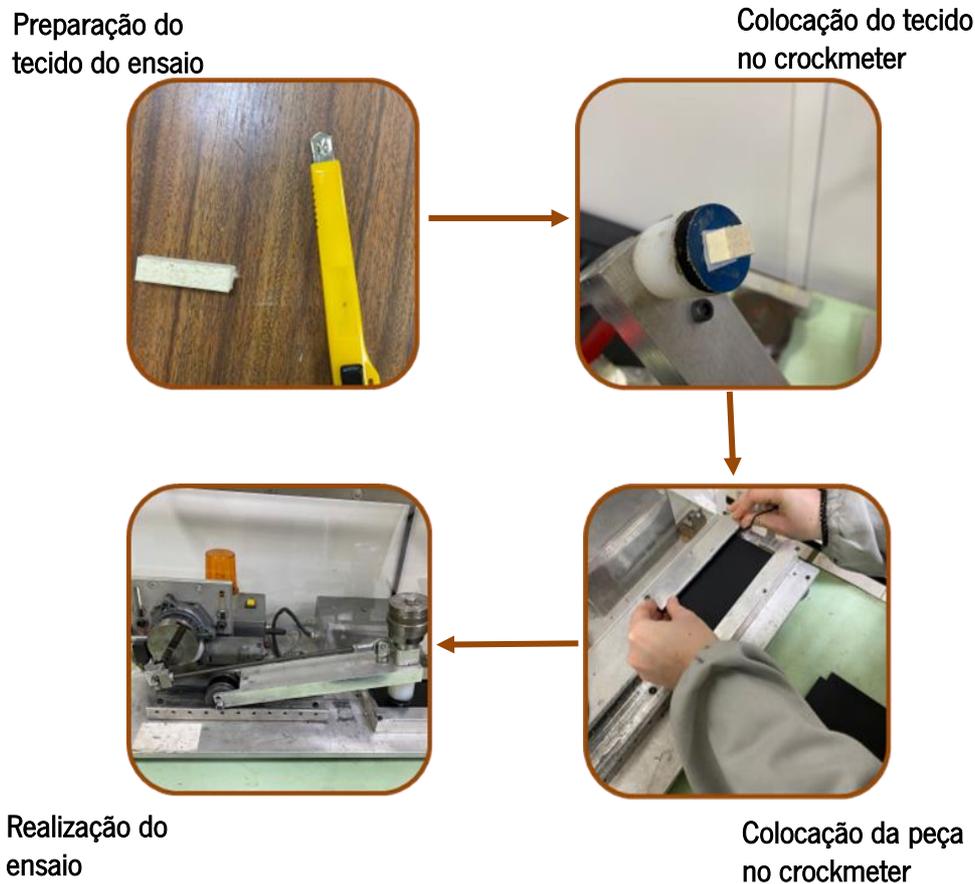


Figura 47. Etapas do teste de abrasão.

### 3.2 Estudo de custos

Foi realizado um estudo simples sobre os custos das peças virgens e com material reciclado, com o objetivo de perceber se era viável para a empresa produzir peças com a incorporação de material reciclado.

Para a execução deste estudo, foram realizadas tabelas em Excel para calcular os diferentes valores da produção das peças *BFS*. No caso das peças com 100% de material virgem teve-se em conta a produção anual destas peças e através do custo da matéria-prima, obteve-se o valor total gasto de PC/ABS e foi incluído o custo do processo.

Já para o cálculo das peças com incorporação de material reciclado, utilizou-se os mesmos parâmetros que foram utilizados para calcular das peças com material 100% virgem e incluiu-se ainda, o custo da reciclagem do material.

Este modelo de custos foi realizado para analisar a viabilidade do projeto, ou seja, evitar que a empresa invista em ideias que podem não ser rentáveis ou que necessitariam de ajustes para se tornar sustentável a nível económico.

## 4. CAPÍTULO

---

### ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados referentes a todos os testes realizados às peças com diferentes percentagens de reciclado e pintadas com tintas diferentes. Assim, pretende-se avaliar as peças a nível estético e mecânico.

## 4.1 Caraterização da matéria-prima e revestimento

### 4.1.1 TGA

O objetivo deste teste era perceber quais os componentes da tinta utilizada na pintura das peças recicladas, ainda se mantinham presentes na composição das novas peças produzidas com material reciclado.

A tinta usada nas peças que foram para reciclar é chamada de *schwarz* (tinta preta de alto brilho) A tinta usada nas peças que foram para reciclar é chamada de *schwarz* (tinta preta de alto brilho) e é formada pelos seguintes componentes:

- **Pigmento** - negro de fumo;
- **Solventes** - Acetato n-butílico, acetato de 2-butoxetilo, xileno, *methyl 1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl-sebacate*, (S)-2-hidroxiopropionato de etilo;
- **Resina** - metacrilato de metilo;
- **Aditivo** - etanodiol.

Para este teste os componentes mais importantes que devem ser estudados são o pigmento, a resina e o aditivo uma vez que os solventes evaporam.

Relativamente ao pigmento, negro de fumo, alguns elementos da sua composição começam a degradar aos 280°C, depois existe outra libertação de componentes aos 300°C e atinge o seu máximo de degradação a uma temperatura de 700°C [67].

A degradação do aditivo, metacrilato de metilo, ocorre essencialmente em duas fases, a primeira libertação ocorre entre 180-350°C e a restante degradação ocorre entre 340-400°C [68].

A produção de peças ocorre a 270°C, e observando o **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, todos os componentes da tinta estarão presentes nas peças produzidas com material reciclado. Apenas o metacrilato de metilo pode não estar presente totalmente pois tem uma degradação entre 180-350°C e pelo gráfico é possível verificar que existiu a primeira libertação de produtos entre os 280-300°C, pico 1 da Figura 48. Contudo, de qualquer modo, vão estar presentes elementos deste aditivo.

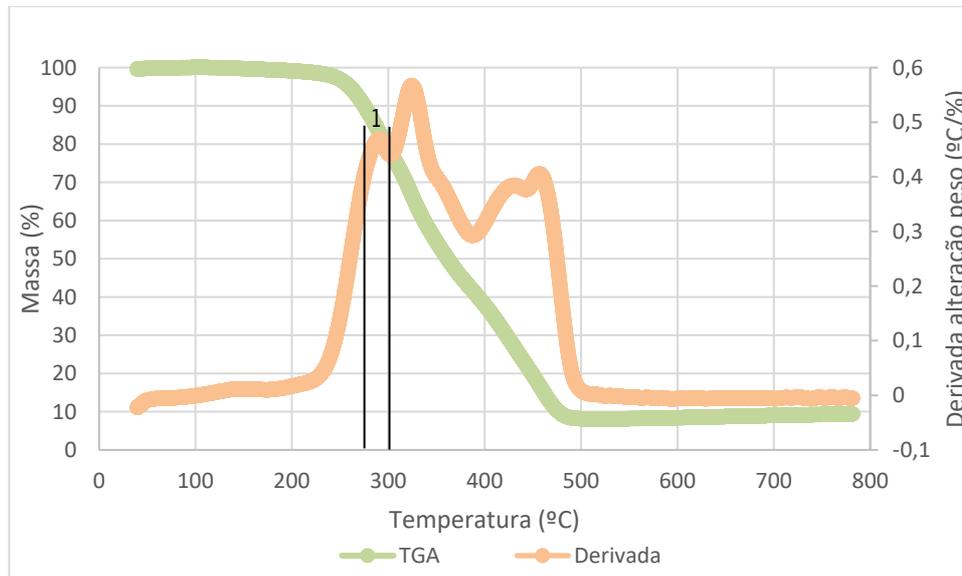


Figura 48. Resultado do teste TGA da tinta schwarz

#### 4.1.2 MFI

A partir do ensaio realizado, o valor obtido para MFI do material virgem foi de 27g/10min. Comparando este valor com o da ficha técnica do material em estudo verifica-se que este se trata de um valor muito próximo pois o valor apresentado na ficha técnica é de 25 g/10min, apresentado no anexo 2.

A partir da Figura 49, é possível verificar que as peças com material reciclado possuem um valor de MFI mais elevado do que as peças com material virgem. Isto acontece pois o material reciclado possui propriedades mais fracas que o material virgem, e como é adicionado material reprocessado ao material virgem faz com que o material fique mais fluido, aumentando assim o valor do MFI nestas peças. A mistura do material reciclado com material virgem fica mais fluida ou porque o material reciclado passa por processos de fusão durante a reciclagem, o que faz com que haja uma redução do peso molecular do material, tornando-o menos viscoso ou devido ao processo de reciclagem em que o material reciclado pode ficar com impurezas que fazem com que seja reduzida a sua viscosidade e, portanto torna-se mais fluido.

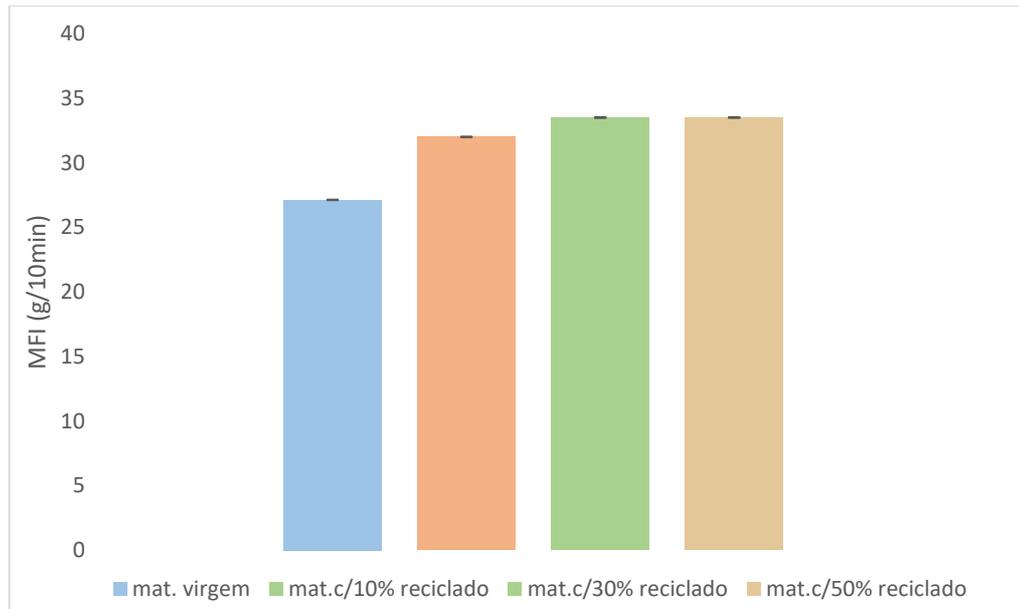


Figura 49. Resultado do teste MFI.

## 4.2 Análise de processos

### 4.2.1 Injeção das peças

Nesta etapa foi possível verificar que a introdução de material reciclado não condiciona o processo de injeção e a capacidade de produzir peças conformes. No entanto, verifica-se a existência de alguns “brilhos” de pequenas dimensões na superfície das peças, Figura 50, podendo condicionar a subsequente etapa de pintura.

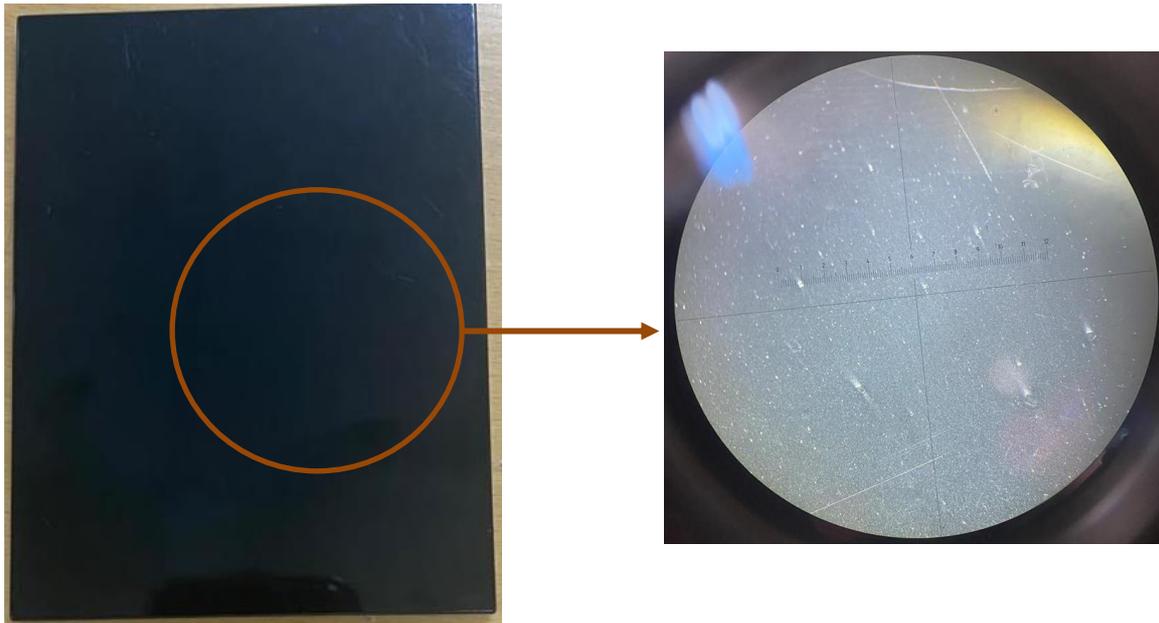


Figura 50. Resultado da injeção das peças com material reciclado.

#### 4.2.2 Pintura

As peças com diferentes percentagens de material reciclado foram pintadas com cinco tintas diferentes: *schwarz*, *pewter*, *chrome effect*, *L1QB* e *deep iron*. As diferentes tintas estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2. Tintas usadas para a pintura das peças com material reciclado.

Tinta	Schwarz	Pewter	Chrome effect	L1QB	Deep iron
Figura					

Todas as tintas apresentaram resultados positivos, cobrindo qualquer defeito presente nas peças devido ao processo de injeção, exceto a tinta *schwarz* pois já é uma tinta que evidencia os defeitos, o que faz com que os defeitos presentes nas peças do processo de injeção sejam ainda mais visíveis.

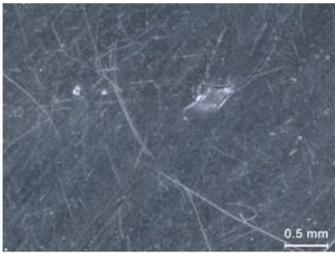
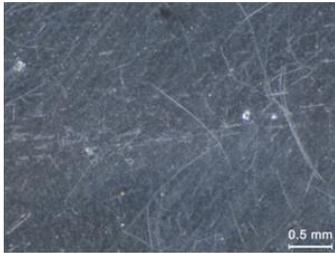
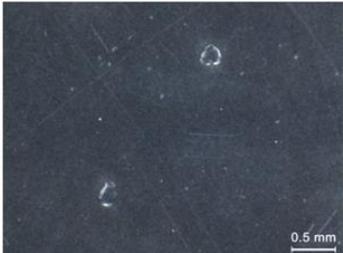
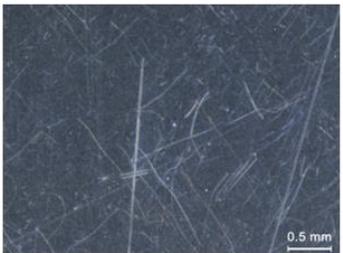
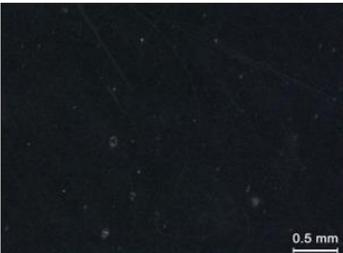
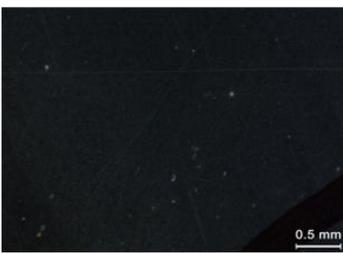
#### 4.3 Testes de performance ao revestimento

### 4.3.1 Lupa e microscopia ótica

O objetivo destes ensaios era avaliar a natureza dos “brilhos” que apareciam nas peças do processo de injeção.

Os resultados não foram os esperados e não foi possível concluir nada acerca desses “brilhos”. Apenas foram visualizadas pequenas irregularidades nas superfícies das peças, apresentadas na Tabela 3

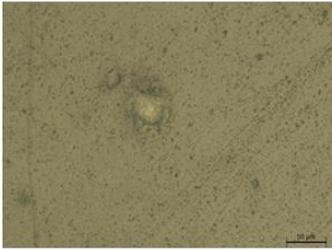
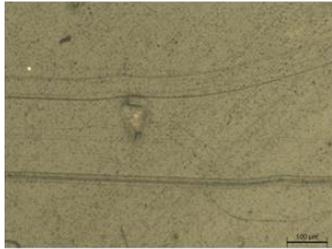
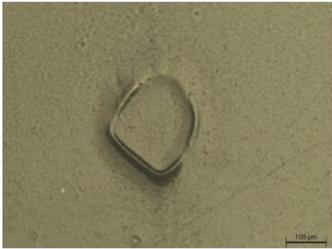
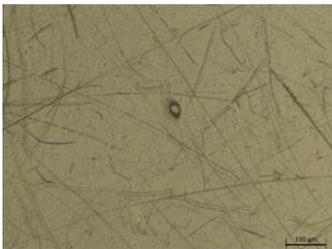
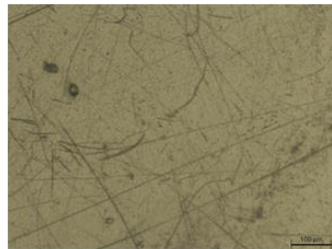
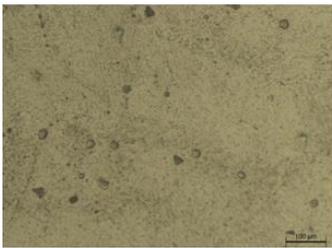
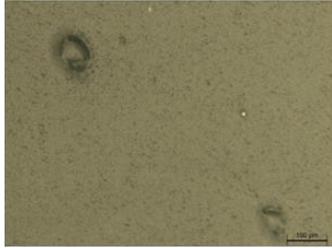
*Tabela 3. Resultados do teste da lupa.*

		<b>Resultados da Lupa</b>	
<b>Peças c/ mat. virgem</b>			
<b>Peças c/10% de mat. reciclado</b>			
<b>Peças c/30% de mat. reciclado</b>			
<b>Peças c/ 50% de mat. reciclado</b>			

Na Tabela 4, podem ser vistas as mesmas zonas das peças das que foram visualizadas à lupa, mas desta vez, recorrendo à microscopia com uma ampliação de 10x. Desta forma, consegue-se visualizar as mesmas irregularidades de uma forma mais pormenorizada.

Como as irregularidades também aparecem na peça com material virgem, concluiu-se que o problema já é do material PC/ABS, não se conseguindo perceber se estas irregularidades correspondem ao ABS ou ao PC.

Tabela 4. Resultado do teste de microscopia ótica.

<b>Resultados Microscopia ótica</b>	
<b>Peças c/ mat. virgem</b>	 
<b>Peças c/10% de mat. reciclado</b>	 
<b>Peças c/30% de mat. reciclado</b>	 
<b>Peças c/ 50% de mat. reciclado</b>	 

#### 4.3.2 Ensaio de resistência ao impacto

A energia de impacto é a quantidade de energia absorvida pelo material durante o impacto. É possível verificar a partir da Figura 51, que a energia de impacto aumenta ligeiramente nas peças que contém material reciclado na sua composição.

Uma vez que se adicionou um polímero termoendurecível (tinta das peças recicladas) a um polímero termoplástico (material virgem), o aumento da resistência ao impacto das peças deve-se ao

facto de se estar a adicionar um polímero com melhores propriedades (termoendurecível) a um polímero com propriedades inferiores (termoplástico) o que contribui para uma melhoria das propriedades das peças com a adição de material reciclado.

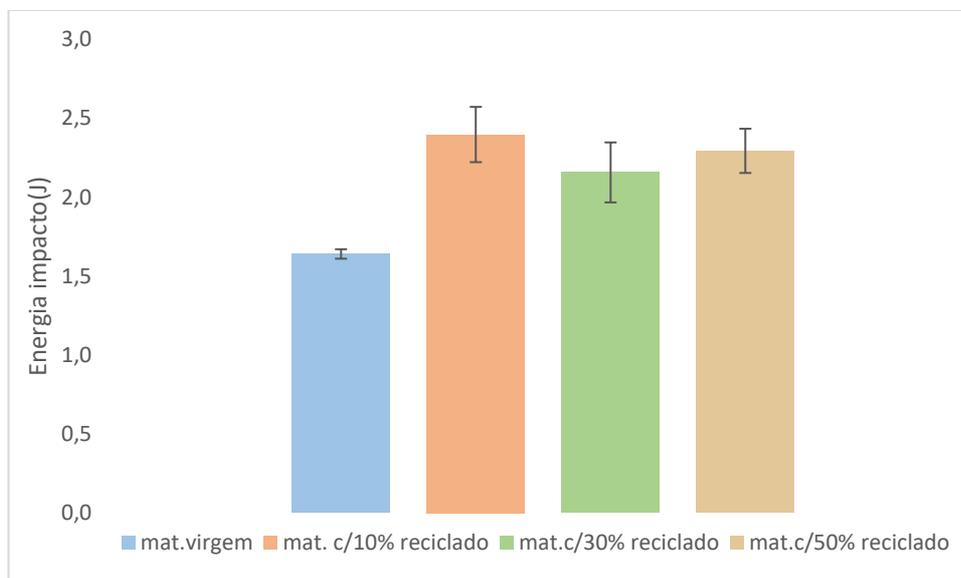


Figura 51. Resultado do teste de tração-impacto.

### 4.3.3 Ensaio de resistência à tração

O ensaio de tração é utilizado para estudar a ductilidade/fragilidade dos materiais. Pela Figura 52, é possível verificar que o material PC/ABS se trata de um material dúctil, pois como foi referido na literatura, é possível confirmar que se trata de um material com elevada resistência à deformação plástica e aguenta uma grande deformação até ao seu ponto de fratura.

É possível ainda, observar que com a adição de material reciclado o material vai ficando fragilizado. Continuam a ser materiais dúcteis pelas características referidas, mas vão ficando mais frágeis pois deformam menos até à sua rutura, mesmo sendo esta diferença pouco significativa.

Pode-se concluir assim, que a adição de material reciclado afeta as propriedades mecânicas das peças, deixando-as um pouco fragilizadas. As peças que contêm 50% de material reciclado são aquelas que ficam mais frágeis comparando com as peças virgens, sendo esta diferença pouco significativa, cerca de 3%.

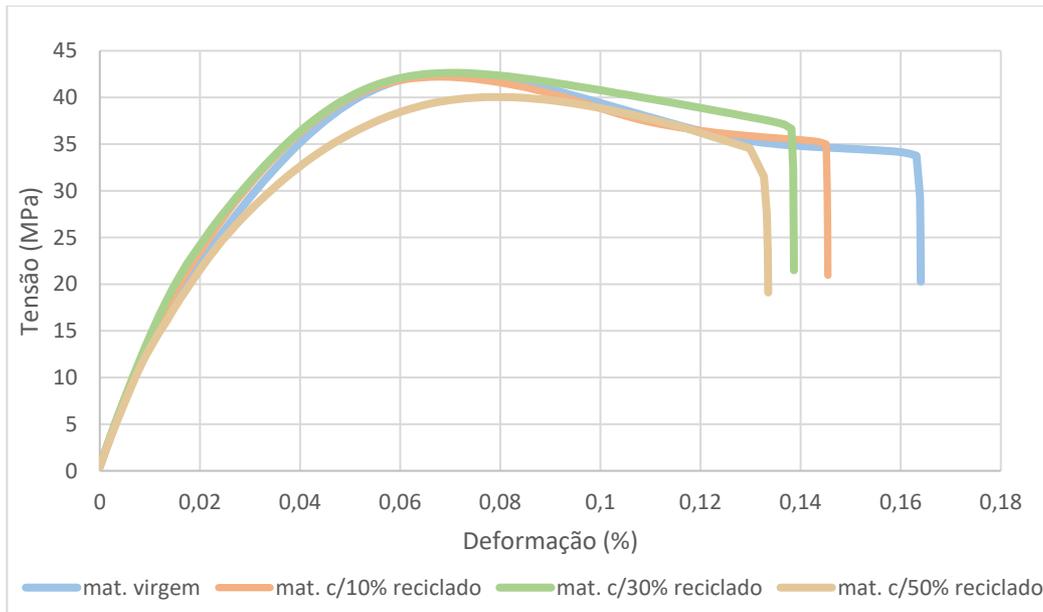


Figura 52. Resultado do teste de tração para as diferentes % de material reciclado.

### Módulo de elasticidade

Para se perceber se o material reciclado tem alguma interferência nas propriedades mecânicas das peças, após realizar o ensaio de tração comparou-se os diferentes módulos de elasticidade das peças com diferentes porcentagens de material reciclado.

Analisando a Figura 53, do módulo de elasticidade, observa-se que houve alterações pouco significativas relativamente às peças virgens e às peças com a incorporação de material reciclado.

Pode-se concluir, que a partir da incorporação de 50% de material reciclado as peças começam a ficar um pouco enfraquecidas, pois existe uma diminuição do módulo de elasticidade de cerca de 10% relativamente às peças virgens.

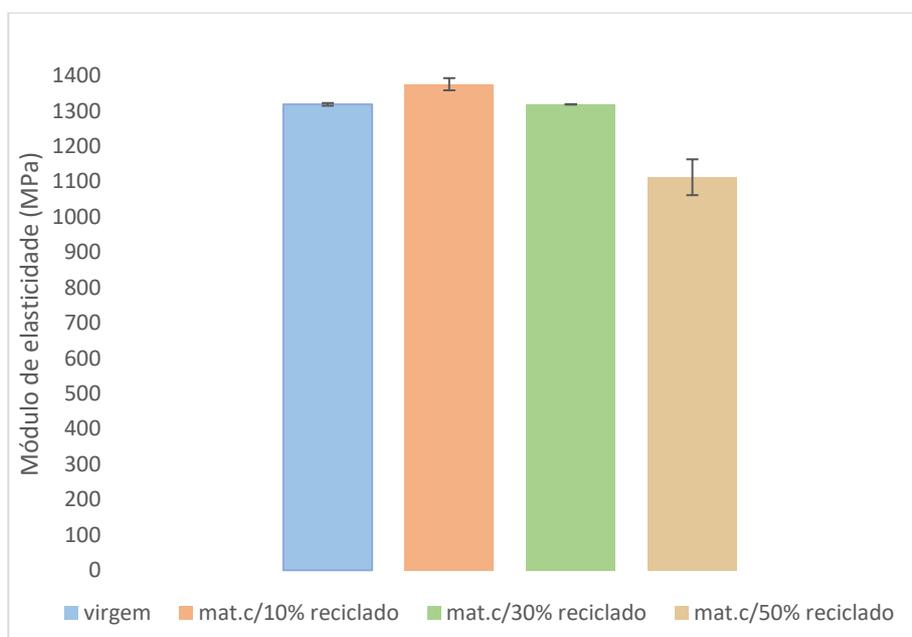


Figura 53. Resultado do módulo de elasticidade para as diferentes % de material.

### Tensão de cedência

Para compreender se o material reciclado afeta as propriedades mecânicas das peças, após a realização do ensaio de tração comparou-se as diferentes tensões de cedência das peças com diferentes percentagens de material reciclado.

Ao analisar a Figura 54, é possível notar que as diferenças nas peças virgens e nas peças com material reciclado são mínimas.

No entanto, ao incorporar 50% de material reciclado, é perceptível que as peças começam a ficar com menor tensão de cedência, já que a tensão de cedência diminuiu em aproximadamente 4% em relação às peças virgens.

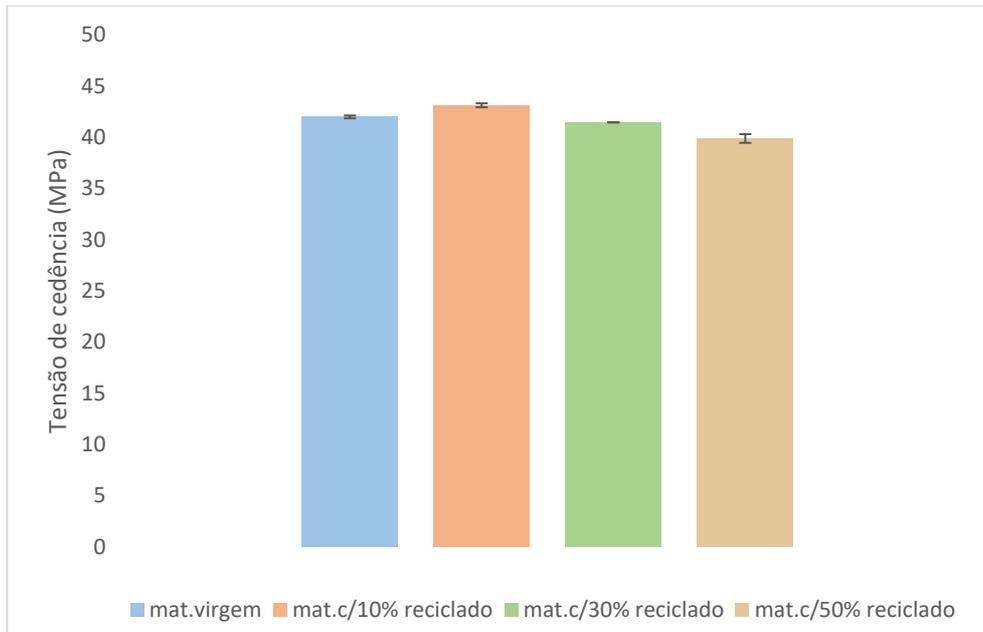


Figura 54. Resultados da tensão de cedência para as diferentes % de material reciclado.

### Tensão de rutura

Para avaliar qualquer influência do material reciclado nas propriedades mecânicas das peças, foi realizado um teste de tração para comparar as diferentes tensões de rutura entre as peças com diferentes proporções de material reciclado.

Ao analisar a Figura 55, de tensão de cedência, verifica-se que as diferenças entre as peças virgens e as peças com material reciclado são insignificantes.

No entanto, ao incorporar 50% de material reciclado, é perceptível que as peças começam a apresentar uma menor resistência à rutura, uma vez que a tensão de rutura diminui em cerca de 10% em comparação com as peças com 10% e 30% de material reciclado:

O aumento da tensão de rutura pode acontecer devido ao processo de reciclagem a que o material está sujeito, podendo resultar num material mais resistente e com maior tensão de rutura. Outro fator possível, refere-se à mistura de material reciclado com material virgem que faz com que as propriedades de processamento melhorem, como a fluidez do material, conduzindo a uma melhor distribuição do material no molde, fazendo com que a resistência da peça aumente.

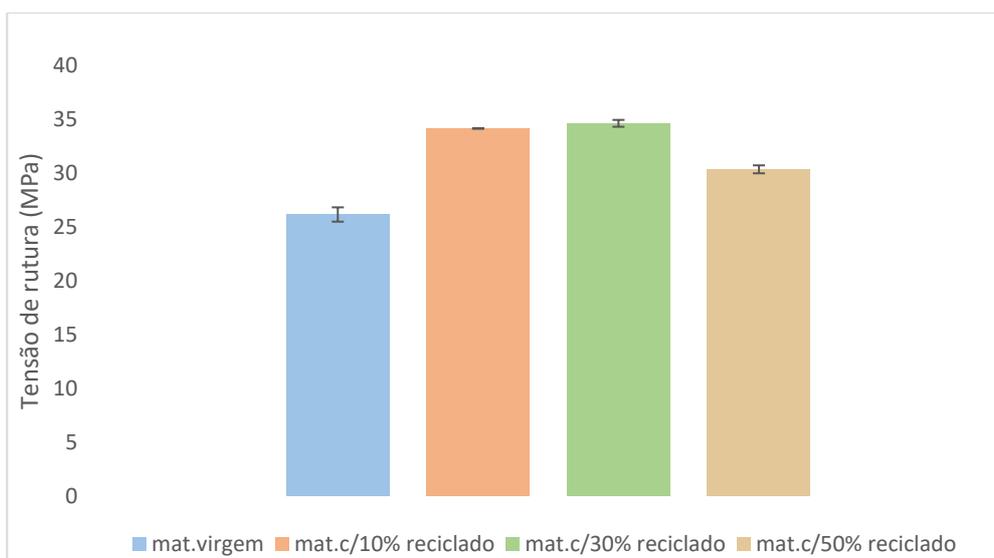


Figura 55. Resultados da tensão de rutura para as diferentes % de material reciclado.

#### 4.3.4 Espessura

Com o intuito de verificar se a utilização de material reciclado nas peças interferiu na espessura do revestimento, mediu-se a espessura da camada de tinta de todas as peças pintadas com as diferentes tintas. Na Figura 56, estão apresentados os resultados dos testes de aderência efetuados.

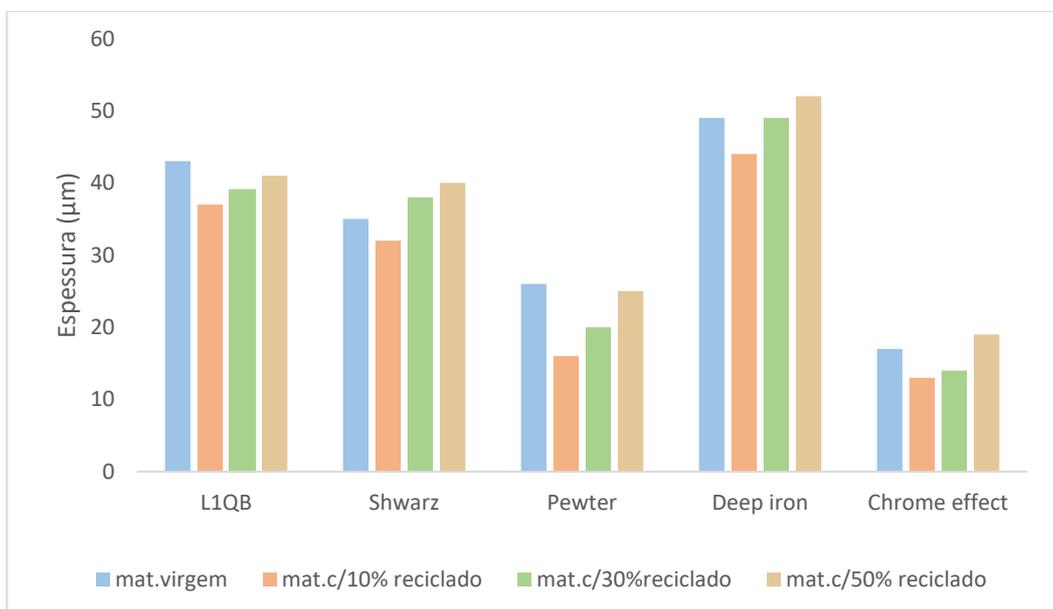


Figura 56. Resultado das espessuras para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

Para todas as tintas, é possível verificar que houve pequenas alterações na espessura da tinta relativamente à espessura da tinta das peças virgens, mas estas alterações não são significativas.

Concluindo-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não tem qualquer interferência na espessura das tintas visto que não existem diferenças consideráveis nas classificações entre as peças virgens e com material reciclado.

#### 4.3.5 Cor e Brilho

Este teste foi realizado para averiguar se o uso de material reciclado no fabrico de novas peças afeta a cor e o brilho das diferentes tintas que são utilizadas para a pintura das peças.

Na Figura 57, estão apresentados os resultados da luminosidade relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado. É possível verificar, que as alterações da luminosidade das peças com material reciclado relativamente ao valor padrão são praticamente nulas à exceção da tinta *chrome effect* onde se verifica uma variação da luminosidade de todas as peças relativamente ao valor padrão. Esta variação foi de cerca de 12%, sendo por isso considerada pouco significativa.

Constata-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não afeta a luminosidade das tintas visto que não existem grandes variações nos valores entre os valores padrões e os valores das peças que contêm material reciclado.

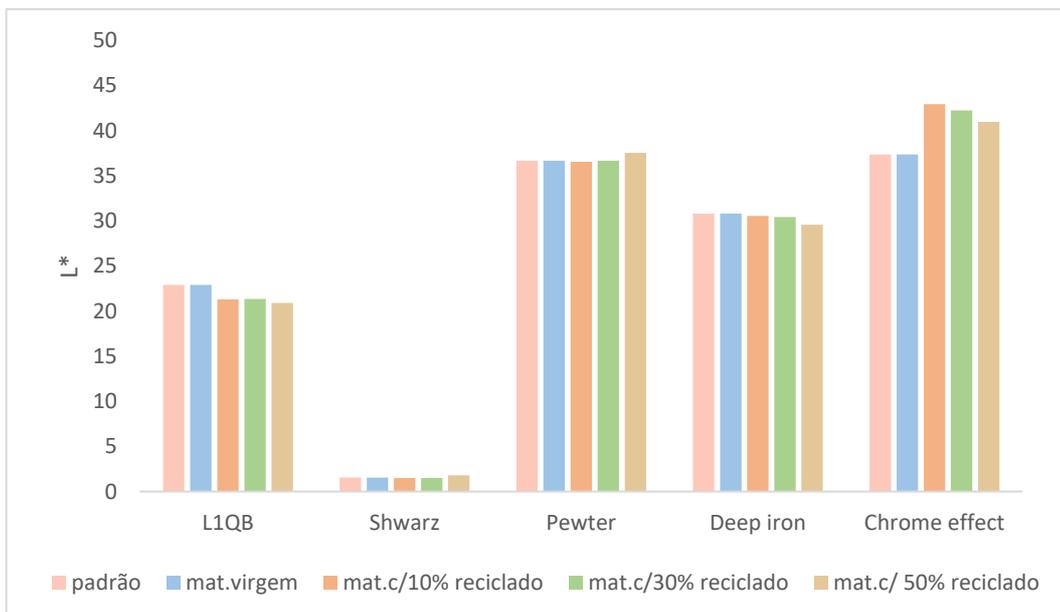


Figura 57. Resultado do  $L^*$  para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

Na Figura 58, estão apresentados os resultados do eixo do  $a^*$  relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado. É possível verificar que as alterações do  $a^*$  das peças com material reciclado relativamente ao valor padrão do  $a^*$ , são praticamente nulas nas tintas *L1QB* e *schwarz*. Já na tinta *pewter,chrome effect e deep iron* existiu uma variação do  $a^*$  de todas as peças

relativamente ao valor padrão. Esta variação foi de cerca de 16% para a tinta *pewter*, 19% para a tinta *deep iron* e 16% para a tinta *chrome effect* sendo por isso, estas alterações pouco significativa.

Concluiu-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não afeta o valor de  $a^*$  das tintas visto que não existem grandes variações nos valores entre os valores padrões e os valores das peças que contêm material reciclado.

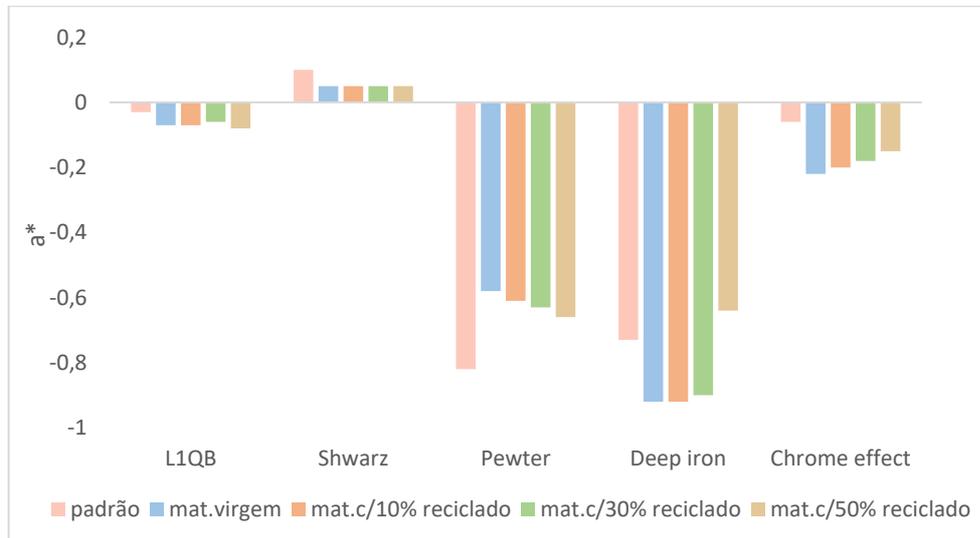


Figura 58. Resultado do  $a^*$  para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

Na Figura 59, estão apresentados os resultados do eixo do  $b^*$  relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado. É possível verificar que existiram alterações do  $b^*$  em todas as tintas das peças com material reciclado relativamente ao valor padrão de  $b^*$ . Esta variação foi de cerca de 15% para a tinta *L1QB*, 7% para a tinta *schwarz*, 9% para a tinta *Pewter*, 16% para a tinta *deep iron* e 9% para a tinta *chrome effect* sendo por isso, estas alterações pouco significativas.

Verifica-se, portanto, que a incorporação de material reciclado nas peças não tem qualquer impacto no  $b^*$  das tintas, uma vez que não se observam diferenças significativas nos valores das peças com material reciclado e o valor padrão.

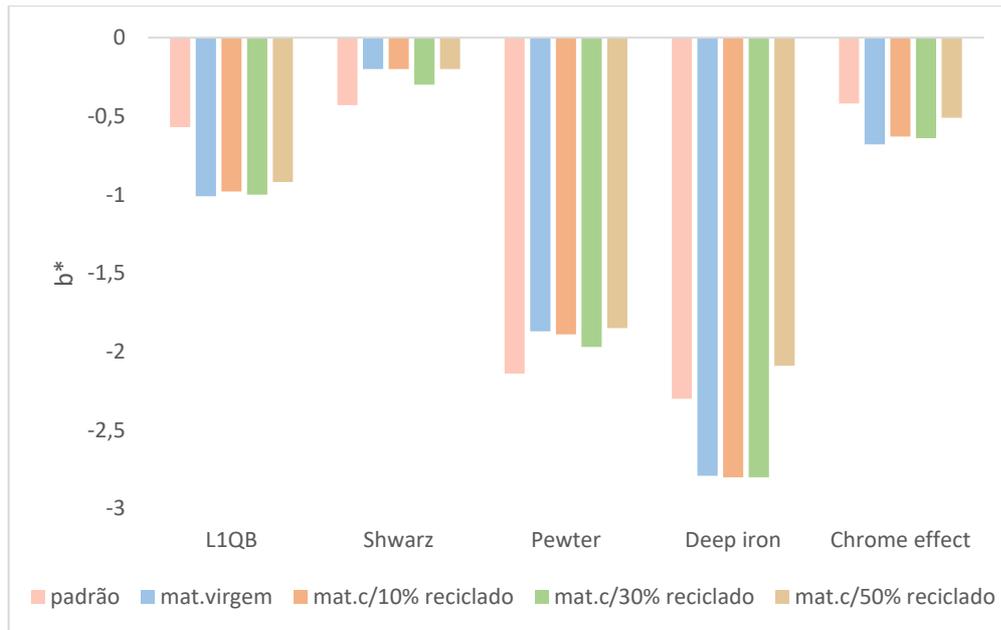


Figura 59. Resultado do  $b^*$  para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

A partir da Figura 60, é possível verificar que as alterações do brilho das peças com material reciclado relativamente ao valor padrão do brilho, são praticamente nulas. Exceto na tinta *chrome effect* em que existiu uma grande variação do brilho de todas as peças relativamente ao valor padrão. Como as peças que contêm material virgem também tem uma diferença significativa comparando com o valor padrão e muito próxima dos valores das peças que contêm material reciclado, este é um problema ou da tinta ou do material virgem. Esta variação foi de cerca de 16% para a tinta *pewter*, 19% para a tinta *deep iron* e 16% para a tinta *chrome effect*, sendo por isso estas alterações pouco significativa.

Verifica-se, assim, que a incorporação de material reciclado nas peças não tem qualquer efeito no brilho das tintas, uma vez que não se registam grandes variações nos valores entre os padrões e os das peças que contêm material reciclado.

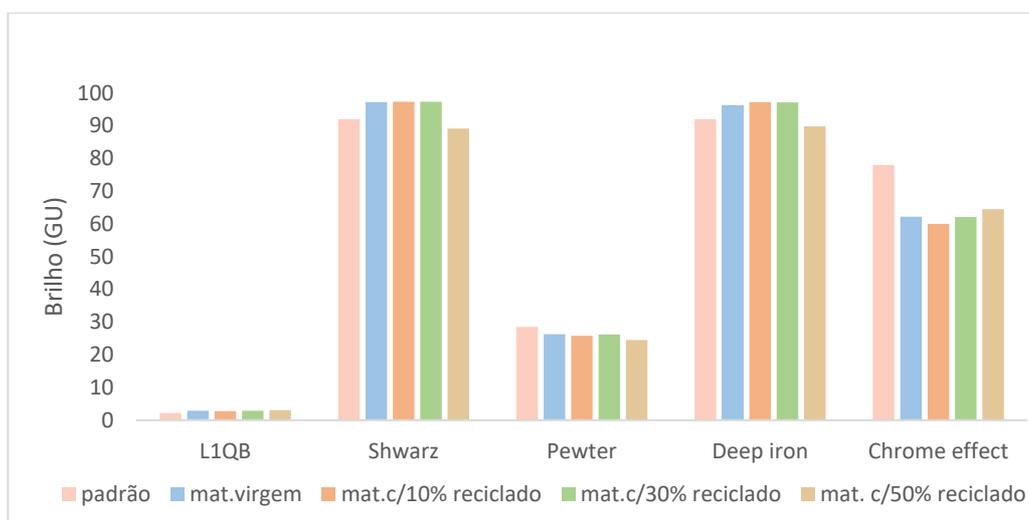


Figura 60. Resultado do brilho para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

#### 4.3.6 Cross cut

Com o objetivo de avaliar se a utilização de material reciclado nas peças afetou o revestimento, procedeu-se à realização de um teste *crosscut* em todas as peças pintadas com as diversas tintas. Na Tabela 5, estão apresentados os resultados dos testes de aderência efetuados.

Tabela 5. Resultado do teste *Crosscut* para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

Tinta		Resultado teste
L1QB	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
Schwarz	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
Deep Iron	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
Chrome effect	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]

	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Pewter</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt1 [OK]

Para todas as tintas, as peças foram classificadas com o nível Gt0 exceto as peças pintadas com a tinta *chrome effect* que foram classificadas com o nível Gt1. Além de nem todas as peças serem classificadas com o mesmo nível, todos os revestimentos passaram no teste de aderência uma vez que, segundo a norma imposta pelo cliente, são admitidos resultados de aderência entre (revestimento-substrato) até Gt1.

Concluindo-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não tem qualquer interferência na aderência das tintas ao substrato visto que não existem diferenças nas classificações entre as peças virgens e com material reciclado.

No apêndice 1, encontram-se as imagens do resultado do teste de *crosscut* relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado utilizado

#### 4.3.7 Resistência ao risco

Para avaliar a resistência do revestimento ao risco, testou-se todas as peças pintadas com as diversas cores. Na Tabela 6 encontram-se os resultados relativos a este teste.

Tabela 6. Resultado do teste da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

Tinta		Resultado teste
<b>L1QB</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Schwarz</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK

<b>Deep Iron</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Chrome effect</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Pewter</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK

Após a realização deste teste, é possível verificar que o uso de material reciclado nas peças não tem qualquer influência na resistência ao risco. Posteriormente, verificou-se que apenas ficou visível a marca resultante da pressão exercida pela caneta na superfície das peças, não existindo levantamentos da pintura na superfície das mesmas.

#### 4.3.8 Hidrólise

O teste de hidrólise é realizado para avaliar a qualidade da pintura quando as peças estão sujeitas a condições ambientais extremas, como humidade e temperatura. Assim, foram realizados novos testes ao revestimento, mas após sujeitar as peças a este teste.

##### Teste de aderência (*crosscut*)

Com a finalidade de perceber se o uso de material reciclado nas peças teve algum impacto no revestimento, após as peças serem sujeitas a um teste de hidrólise, foi efetuado um *crosscut* em todas as peças pintadas com diferentes tintas. Na Tabela 7, estão apresentados os resultados dos testes de aderência efetuados para as diferentes tintas.

*Tabela 7. Resultado do Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de hidrólise.*

Tinta	Resultado teste
-------	-----------------

<b>L1QB</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]
	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Schwarz</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
<b>Deep Iron</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
<b>Chrome effect</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]
	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Pewter</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]

Todas as peças pintadas com as diferentes tintas foram classificadas com o nível Gt0, exceto as pintadas com a tinta *chrome effect*, que foram classificadas com o nível Gt1. Todos os revestimentos passaram no teste de aderência, uma vez que, de acordo com a norma estabelecida pelo cliente, os resultados de aderência (revestimento-substrato) até o nível Gt1 são aceitáveis.

Afirmando-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não tem qualquer interferência na aderência das tintas ao substrato visto que não existem diferenças nas classificações entre as peças virgens e com material reciclado.

No apêndice 2 encontram-se as figuras do resultado do teste de *crosscut* relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado utilizado

#### Teste ao risco

Na Tabela 8, estão os resultados relativos ao teste de resistência ao risco efetuado após a hidrólise.

*Tabela 8. Resultado do risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de hidrólise.*

Tinta		Resultado teste
<b>L1QB</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Schwarz</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Deep Iron</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	Ok
<b>Chrome effect</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Pewter</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK

Após a hidrólise, o teste de resistência ao risco apresenta bons resultados em todas as cores testadas.

Assim sendo, dado que apenas foi detetada a marca da pressão exercida pela caneta e não houve levantamentos da tinta nas peças, podemos concluir que a inclusão de diferentes percentagens de material reciclado na fabricação das peças não afeta a resistência ao risco, mesmo quando expostas a condições ambientais extremas de humidade e temperatura.

### 4.3.9 Envelhecimento por calor

Com o intuito de avaliar se a incorporação de material reciclado nas peças teve influência no revestimento, procedeu-se à realização de um *crosscut* em todas as peças pintadas com diferentes tintas. Na Tabela 9, estão apresentados os resultados dos testes de aderência efetuados para as diferentes tintas.

*Tabela 9. Resultado do Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de envelhecimento por calor.*

Tinta		Resultado teste
<b>L1QB</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]
	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Schwarz</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
<b>Deep Iron</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
<b>Chrome effect</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]
	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Pewter</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]

Para as tintas *schwarz*, *pewter* e *deep iron* as peças foram classificadas com o nível Gt0, já as peças pintadas com a tinta *chrome effect* e *L1QB* foram classificadas com o nível Gt1. Todos os

revestimentos passaram no teste de aderência uma vez que, segundo a norma imposta pelo cliente, são admitidos resultados de aderência (revestimento- substrato) até Gt1.

Comprova-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não tem qualquer interferência na aderência das tintas ao substrato visto que não existem diferenças nas classificações entre as peças virgens e com material reciclado

No apêndice 3 encontram-se as figuras do resultado do teste de *crosscut* relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado utilizado

### Teste ao risco

Na Tabela 10, estão os resultados relativos ao teste de resistência ao risco efetuado após a hidrólise.

*Tabela 10. Resultado da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de envelhecimento por calor.*

Tinta		Resultado teste
<b>L1QB</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Schwarz</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Deep Iron</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Chrome effect</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
	Virgem	OK

<b>Pewter</b>	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK

Após o teste de envelhecimento por calor, o teste de resistência ao risco apresenta bons resultados em todas as cores testadas.

Dessa forma, considerando que apenas se notou a marca da pressão feita pela caneta e que não houve levantamentos da pintura das peças, podemos concluir que a incorporação de diversas proporções de material reciclado na produção das peças não influencia a sua resistência ao risco, mesmo quando expostas a um envelhecimento acelerado.

#### 4.3.10 Teste ao ciclo ambiental

O teste ao ciclo ambiental é realizado para avaliar a qualidade da pintura quando as peças estão sujeitas a diferentes temperaturas. Deste modo, foram realizados novos testes ao revestimento, mas após sujeitar as peças a este teste.

#### Teste de aderência (*crosscut*)

Para verificar se houve interferência da utilização de material reciclado das peças no revestimento depois de as peças serem submetidas ao teste do ciclo ambiental, realizou-se um *crosscut* em todas as peças pintadas com as diferentes tintas. Na Tabela 11, estão apresentados os resultados dos testes de aderência efetuados para as diferentes tintas.

*Tabela 11. Resultado do Crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste ao ciclo ambiental.*

<b>Tinta</b>		<b>Resultado teste</b>
<b>L1QB</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]
	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Schwarz</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
	Virgem	Gt0 [OK]

<b>Deep Iron</b>	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]
<b>Chrome effect</b>	Virgem	Gt1 [OK]
	10%	Gt1 [OK]
	30%	Gt1 [OK]
	50%	Gt1 [OK]
<b>Pewter</b>	Virgem	Gt0 [OK]
	10%	Gt0 [OK]
	30%	Gt0 [OK]
	50%	Gt0 [OK]

Para as tintas *schwarz*, *pewter* e *deep iron*, as peças receberam a classificação Gt0, enquanto as peças pintadas com as tintas *chrome effect* e *L1QB* foram classificadas com o nível Gt1. Embora nem todas as peças tenham obtido a classificação Gt0, todos os revestimentos passaram no teste de aderência, pois de acordo com a norma estabelecida pelo cliente, os resultados de aderência (revestimento-substrato) até ao nível Gt1 são aceitáveis.

Concluindo-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não tem qualquer interferência na aderência das tintas ao substrato visto que não existem diferenças nas classificações entre as peças virgens e com material reciclado

No apêndice 4 encontram-se as figuras do resultado do teste de *crosscut* relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado utilizado

### Teste ao risco

Na Tabela 12, estão os resultados relativos ao teste de resistência ao risco efetuado após a hidrólise.

*Tabela 12. Resultado da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste ao ciclo ambiental.*

Tinta		Resultado teste
<b>L1QB</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK

	50%	OK
<b>Schwarz</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Deep Iron</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Chrome effect</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Pewter</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK

Após o teste do ciclo ambiental, o teste de resistência ao risco apresenta bons resultados em todas as cores testadas.

Portanto, como ficou apenas visível a marca resultante da pressão exercida pela caneta e não existiram levantamentos da tinta nas peças, é possível concluir que a adição de diferentes percentagens de material reciclado na produção de peças não tem interferência, mesmo após serem expostas a diferentes temperaturas, na resistência ao risco.

#### 4.3.11 Teste de resistência aos cremes

Para avaliar a resistência do revestimento à ação dos cremes, testou-se todas as peças pintadas com as diversas cores. Na Tabela 13 encontram-se os resultados relativos a este teste.

##### Teste de aderência (*crosscut*)

*Tabela 13. Resultado do crosscut para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de resistência aos cremes.*

Tinta	Resultado teste
-------	-----------------

<b>L1QB</b>	Virgem	Creme das mãos	Gt1 [OK]
		Protetor solar	Gt1 [OK]
	10%	Creme das mãos	Gt1 [OK]
		Protetor solar	Gt1 [OK]
	30%	Creme das mãos	Gt1 [OK]
		Protetor solar	Gt1 [OK]
50%	Creme das mãos	Gt1 [OK]	
	Protetor solar	Gt1 [OK]	
<b>Schwarz</b>	Virgem	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	10%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	30%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
50%	Creme das mãos	Gt0 [OK]	
	Protetor solar	Gt0 [OK]	
<b>Deep Iron</b>	virgem	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	10%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	30%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
50%	Creme das mãos	Gt0 [OK]	
	Protetor solar	Gt0 [OK]	
<b>Chrome Effect</b>	virgem	Creme das mãos	Gt1 [OK]
		Protetor solar	Gt1 [OK]
	10%	Creme das mãos	Gt1 [OK]
		Protetor solar	Gt1 [OK]
	30%	Creme das mãos	Gt1 [OK]
		Protetor solar	Gt1 [OK]
50%	Creme das mãos	Gt1 [OK]	

		Protetor solar	Gt1 [OK]
Pewter	virgem	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	10%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	30%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]
	50%	Creme das mãos	Gt0 [OK]
		Protetor solar	Gt0 [OK]

A seguir à realização deste teste, as peças foram sujeitas a um teste de *crosscut* e todas foram classificadas com o nível Gt0 exceto as peças pintadas com a tinta *L1QB* e *chrome effect* que foram classificadas com o nível Gt1. Apesar de algumas peças não serem classificadas com Gt0, todos os revestimentos foram aprovados no teste de aderência, uma vez que, de acordo com a norma exigida pelo cliente, resultados de aderência (revestimento-substrato) até ao nível Gt1 são considerados aceitáveis.

No apêndice 5 encontram-se as figuras do resultado do teste de cremes relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado utilizado

É possível verificar também, que as peças pintadas com *L1QB* ficaram manchadas com a ação do protetor solar, como pode ser visto na Figura 61, mas isto não foi causado pela adição de material reciclado pois já é um problema desta tinta, uma vez que é possível verificar que as peças virgens também ficaram manchadas, como é possível verificar na Figura 61.

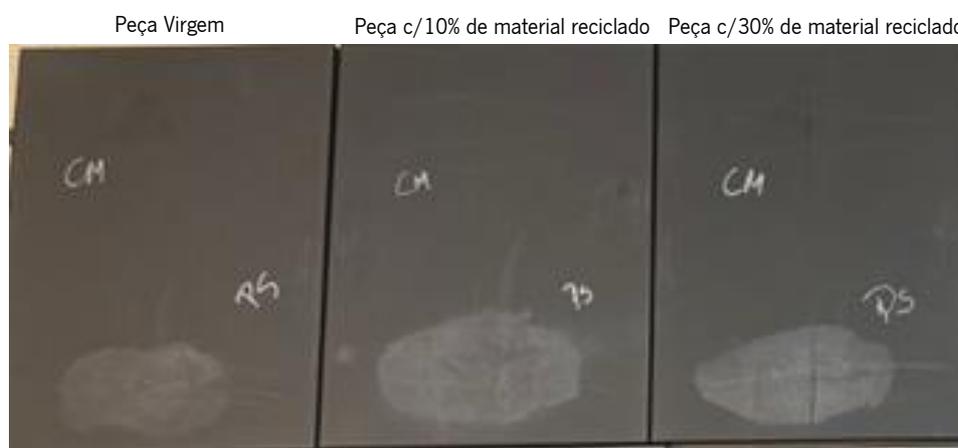


Figura 61. Resultado do teste de cremes nas peças pintadas com *L1QB*.

Portanto, é possível concluir que a fabricação de peças com material reciclado, não têm qualquer influência na capacidade do revestimento resistir à ação dos cremes.

### Teste ao risco

Na Tabela 14, estão os resultados relativos ao teste de resistência ao risco efetuado após a hidrólise.

*Tabela 14. Resultado da resistência ao risco para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas, realizado para o teste de resistência aos cremes.*

Tinta		Resultado teste
<b>L1QB</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Schwarz</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Deep Iron</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Chrome effect</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK
<b>Pewter</b>	Virgem	OK
	10%	OK
	30%	OK
	50%	OK

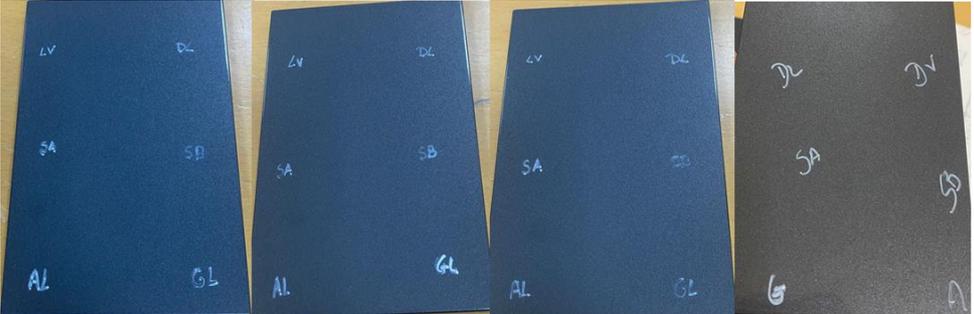
Depois de realizado o teste de resistência ao risco, é possível verificar que apresenta bons resultados em todas as cores testadas.

Deste modo, como ficou apenas visível a marca resultante da pressão exercida pela caneta e não existiram alterações na tinta das peças, é possível inferir que a adição de diferentes percentagens de material reciclado na produção de peças não tem interferência, mesmo após serem expostas a cremes.

### 4.3.12 Teste da gota

Para avaliar a resistência do revestimento á ação das diferentes substâncias referidas no capítulo anterior, testou-se todas as peças pintadas com as diversas cores. Na Tabela 15 encontram-se os resultados relativos a este teste.

Tabela 15. Resultados do teste da gota para as diferentes % de material reciclado e diferentes tintas.

Tinta	Imagem
L1QB	 <p>Peça virgem      Peça C/10% material reciclado      Peça C/30% material reciclado      Peça c/50% material reciclado</p>
Schwarz	 <p>Peça virgem      Peça C/10% material reciclado      Peça C/30% material reciclado      Peça c/50% material reciclado</p>
Deep Iron	 <p>Peça virgem      Peça C/10% material reciclado      Peça C/30% material reciclado      Peça c/ 50% material reciclado</p>



A seguir à realização deste teste, as peças foram sujeitas a um teste de inspeção visual. Pela inspeção visual efetuada, é possível verificar que as peças não sofreram qualquer alteração na superfície depois de estarem em contato com as diferentes substâncias.

Sendo possível concluir, que o uso de material reciclado não afeta em nada as características das peças e estas podem estar em contato com estes materiais que não vão sofrer alterações.

#### 4.3.13 Teste de resistência química e ao comportamento em exposição à abrasão (*Strokes*)

Após a realização do teste *strokes*, tem de ser realizada uma inspeção visual das superfícies da peça, através dos seguintes graus apresentados na Figura 62:

- Grau 1 - a peça não tem vestígios de abrasão visíveis, ou seja, não existem alterações
- Grau 2 - a peça possui vestígios de abrasão dificilmente detetáveis, ou seja, existem alterações pouco perceptíveis na superfície da peça
- Grau 3 - a peça tem alterações na cor ou danos na superfície, ou seja, existem alterações perceptíveis na superfície da peça
- Grau 4 - a peça fica com o material do substrato visível, ou seja, existem alterações pronunciadas na superfície da peça.

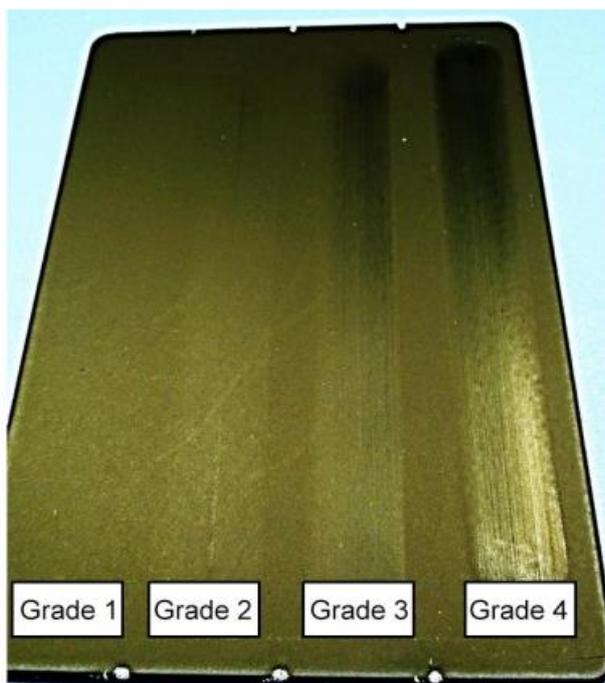


Figura 62. Graus de comparação presentes na PV 3906 para o teste de abrasão.

Para avaliar a resistência á abrasão das diferentes peças, testou-se todas as peças pintadas com as diversas cores e depois avaliou-se as superfícies com base nos grades da norma. Nas Tabela 16, Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19 encontram-se os resultados relativos a este teste.

Tabela 16. Resultados do teste strokes.

		Testes							
		100 passagens c/ tecido seco				100 passagens c/ água destilada			
		Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.	Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.
Tinta	L1QB	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Schwarz	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Chrome effect	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Deep Iron	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Pewter	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1

Tabela 17. Resultado do teste strokes

		Testes							
		2000 passagens c/ tecido seco				10 passagens c/ limpa vidros			
		Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.	Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.
Tinta	L1QB	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Schwarz	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Chrome effect	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Deep Iron	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Pewter	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1

Tabela 18. Resultado do teste strokes.

		Testes							
		10 passagens c/ suor B				10 passagens c/ suor A			
		Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.	Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.
Tinta	L1QB	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Schwarz	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Chrome effect	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Deep Iron	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Pewter	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1

Tabela 19. Resultados do teste strokes.

		Testes							
		10 passagens c/ álcool				10 passagens c/ gasolina			
		Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.	Mat. virgem	Mat.c/ 10% rec.	Mat.c/ 30% rec.	Mat.c/ 50% rec.
Tinta	L1QB	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Schwarz	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Chrome effect	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2	Grade 2
	Deep Iron	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1
	Pewter	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1	Grade 1

A partir dos graus e das notas presentes na norma TL226 para este teste, apresentadas no anexo 4, nas tintas *L1QB* e *chrome effect*, as peças foram classificadas com o grade 2 e as peças pintadas com a tinta *schwarz*, *deep iron* e *pewter* foram classificadas com o grade 1. Além de nem todas as peças serem classificadas com o mesmo grade e na norma estar que para o *strokes* de 2000 passagens o grade deve ser menor ou igual a 2 e para todos os outros testes deve ser menor ou igual que 1, e apesar de as tintas *L1QB* e *chrome effect* serem classificadas com o grade 2 em todos os testes, todos os revestimentos passaram no teste da abrasão uma vez que as peças que apenas foram produzidas com material virgem também foram avaliadas com o mesmo grade.

Concluindo-se assim, que a adição de material reciclado nas peças não tem qualquer interferência na abrasão das tintas visto que não existem diferenças nas classificações entre as peças virgens e com material reciclado.

No apêndice 6 encontram-se as figuras do resultado do teste de abrasão relativos às diferentes tintas e diferentes percentagens de material reciclado utilizado.

#### 4.4 Estudo de custos

Este estudo foi realizado para peças *Blende BFS*, pois o objetivo deste trabalho é estudar a possibilidade de incorporação de material reciclado para produzir essas peças.

O estudo foi executado tendo em conta as produções anuais. Pela Tabela 20, é possível verificar que o custo de fabrico das peças *Blende BFS* com material 100% virgem tem um custo de 1,84€ por peça, tendo a empresa um custo anual para a produção destas peças de 428605,40€.

Tabela 20. Custo fabrico peça em PC/ABS virgem

	<b>Peças virgens</b>
Total de peças/ano	233488
Custo total matéria prima/ano	254925,56€
Custo total processo injeção/ano	173679,84€
Custo total fabrico das peças	428605,40€
<b>Custo fabrico por peça</b>	<b>1,84€</b>

Pela Tabela 21, é possível visualizar que a mistura de 30% de material reciclado com 70% de material virgem tem um custo de 1,59€ por peça, tendo a empresa um custo de 373687,99€ anuais na produção de peças *Blende BFS* com material reciclado e virgem.

Tabela 21. Custo fabrico de peças em PC/ABS com mistura de material reciclado e virgem.

	<b>30% material reciclado</b>	<b>70% material virgem</b>	<b>Peças c/mistura</b>
Preço reciclagem/ton	940€	--	--
Peso total do material reciclado	21362 kg	--	--
Preço total reciclagem/ano	20080,83€	--	--
Total de peças/ano	--	--	233488
Custo total matéria prima/ano	--	178447,86€	--
Custo total processo injeção/ano	--	175159,35€	--
Custo total fabrico das peças	--	--	373687,99€
<b>Custo fabrico por peça</b>	--	--	<b>1,59€</b>

**5. CAPÍTULO**

---

**CONCLUSÕES**

A elevada percentagem de rejeição das peças com acabamento de alto brilho conduziu ao tema deste projeto de dissertação uma vez que a necessidade de reaproveitar as peças pintadas com defeitos é cada vez mais uma preocupação numa tentativa de diminuir o número elevado de peças elevado que acabam no lixo comum, uma vez que recursos naturais devem ser utilizados pelas empresas de modo sustentável sendo conseguido através de um consumo e produção responsável.

Este estudo teve como objetivo a análise da incorporação de diferentes percentagens de material reciclado de peças pintadas com material virgem na produção de novas peças e, posteriormente a pintura e análise do revestimento.

Para conseguir atingir o objetivo, em primeiro lugar as peças defeituosas *Blende BFS* pintadas com tinta *schwarz* (tinta preta de alto brilho) foram enviadas para o fornecedor Use & Reuse que efetuou a extrusão e granulação das peças e as transformou em matéria-prima reciclada pronta para ser utilizada no fabrico de novas peças. Depois da matéria-prima reciclada ter chegado à empresa, efetuou-se uma caracterização do material reciclado efetuando um MFI tanto do material virgem como do material reciclado.

Os resultados obtidos pelo MFI permitem concluir que o índice de fluidez aumenta com o aumento da adição de material reciclado. Este resultado já era de esperar, uma vez que o material reciclado possui piores propriedades em relação ao material virgem. Deste modo, a fluidez do material irá aumentar.

Numa segunda fase, após a caracterização da matéria-prima, procedeu-se à produção e pintura das peças. Verificou-se que, com o aumento do material reciclado, a presença de pequenos “brilhos” na superfície das peças era maior.

Relativamente à pintura, comprovou-se que todas as tintas ocultavam qualquer defeito presente nas peças injetadas, à exceção da tinta *schwarz*, uma vez que torna o defeito mais visível.

Quanto aos testes realizados de acordo com a norma TL226, verificou-se que as peças com as diferentes percentagens de material reciclado e as diferentes cores apresentaram resultados positivos, bem como os testes mecânicos para as diferentes percentagens de material reciclado.

Uma vez que os resultados para os testes realizados deram todos positivos, verificou-se através do teste de tração que as peças com incorporação de 50% de material reciclado começavam a perder propriedades, nomeadamente módulo de elasticidade, tensão de cedência e rutura.

Foi ainda realizada uma análise de custos entre as peças *Blende BFS* produzidas com 100% material virgem e peças com incorporação de material reciclado (30% de material reciclado), onde se obtiveram os valores por peça de 1,84€ e 1,59€, respetivamente. Com a adição de 30% material reciclado para o fabrico de peças *Blende BFS*, a empresa poupa anualmente 54917,40€.

De forma geral, é possível concluir que a produção de peças com 30% de material reciclado e posterior pintura com tinta *L1QB, deep iron, pewter e chrome effect* comprovou ser, tanto a nível económico como a nível de propriedades visuais e mecânicas, a melhor opção.

Além disso, é ainda possível concluir que os objetivos definidos para este projeto foram cumpridos, uma vez que foram obtidos resultados positivos em relação à incorporação de diferentes percentagens de material reciclado de peças pintadas com material virgem.

## 6. CAPÍTULO

---

## TRABALHOS FUTUROS

Uma das propostas de trabalho futuro para um aprofundamento do tema deste projeto de dissertação passa por um estudo mais detalhado da superfície das peças injetadas com material reciclado. Torna-se fundamental perceber a origem dos brilhos que surgem, uma vez que estes podem influenciar na qualidade estética e funcional das peças. Assim, torna-se possível saber as causas/origem destes brilhos, possibilitando melhorias/alterações no processo.

Outra proposta para trabalho futuro é a análise mais aprofundada dos custos associados à incorporação de material reciclado no processo de fabrico de novas peças. Ou seja, avaliar de forma mais detalhada os custos envolvidos em todo o processo, desde a reciclagem das peças até à produção. O objetivo deste estudo é a empresa perceber se é viável produzir peças com a incorporação de material reciclado.

Uma última proposta de trabalho futuro é passar do estudo realizado em placas de teste para a produção em escala de peças escolhidas para este tema. Esta é uma etapa importante para avaliar a viabilidade prática deste trabalho e perceber se é realmente possível em termos de propriedades estéticas e mecânicas a incorporação de 30% de material reciclado.

Estas propostas tornam-se relevantes para a aplicabilidade prática deste tema e consolida o conteúdo deste tema de dissertação

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Group Fehst, “Fehst.” <https://www.fehstgroup.com/pt/>
- [2] H.-J. Streitberger and A. Goldschmidt, *BASF Handbook Basics of Coating Technology*. 2019. doi: 10.1515/9783748600251.
- [3] P. Weiss, “La chimie des polymères,” *Société Francoph. Biomatériaux Dent.*, p. 17, 2009. Available: <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap3/site/html/cours.pdf>
- [4] R. Scaffaro, L. Botta, and G. Di Benedetto, “Physical properties of virgin-recycled ABS blends: Effect of post-consumer content and of reprocessing cycles,” *Eur. Polym. J.*, vol. 48, no. 3, pp. 637–648, 2012, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2011.12.018.
- [5] M. Kumar, R. Ramakrishnan, A. Omarbekova, and K. R. Santhosh, “Experimental characterization of mechanical properties and microstructure study of polycarbonate (PC) reinforced acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) composite with varying PC loadings,” *AIMS Mater. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 18–28, 2021, doi: 10.3934/matensci.2021002.
- [6] J. Diani and K. Gall, “Finite Strain 3D Thermoviscoelastic Constitutive Model,” *Society*, pp. 1–10, 2006, doi: 10.1002/pen.
- [7] “ABS.” <https://www.textoscientificos.com/polimeros/abs> (accessed Mar. 08, 2023).
- [8] F. Ronkay, “Effect of recycling on the rheological, mechanical and optical properties of polycarbonate,” *Acta Polytech. Hungarica*, vol. 10, no. 1, pp. 209–220, 2013, doi: 10.12700/aph.10.01.2013.1.12.
- [9] V. K. Stokes, “Injection Molding and Its Variants,” *Introd. to Plast. Eng.*, pp. 447–553, 2020, doi: 10.1002/9781119536550.ch17.
- [10] D. A. Kurasov, “Injection Molding Technology,” *Mater. Res. Proc.*, vol. 21, pp. 251–254, 2022, doi: 10.21741/9781644901755-44.
- [11] H. Ardebili, J. Zhang, and M. G. Pecht, “Injection molding,” *Encapsulation Technol. Electron. Appl.*, pp. 183–194, 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-811978-5.00004-3.
- [12] J. Viana, “Apontamentos fornecidos sobre Moldação por injeção.”
- [13] U. Bruder, “Injection-Molding Methods,” *User’s Guid. to Plast.*, pp. 110–116, 2019, doi: 10.3139/9781569907351.012.
- [14] C. I. Pereira, “Estudo da variação da espessura de tinta em peças plásticas,” 2016.
- [15] S. Ebnesajjad and A. H. Landrock, *Material Surface Preparation Techniques*. 2015. doi: 10.1016/b978-0-323-35595-7.00003-6.

- [16] S. Ebnesajjad, *Material Surface Preparation Techniques*. Elsevier Inc., 2010. doi: 10.1016/B978-1-4377-4461-3.10005-7.
- [17] Infra Tech, “What paint curing is and the techniques you can use.” <https://infratech-solutions.co.uk/what-paint-curing-is-and-the-techniques-you-can-use/>
- [18] R. Schwalm, *UV Coatings: Basics, Recent Developments and New Applications*. Elsevier Inc. Available: [https://books.google.pt/books?id=vu7OU2EWKPoC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=vu7OU2EWKPoC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [19] S. A. Abagale, S. K. Twumasi, and J. A. M. Awudza, “Chemical Studies on the Composition of Natural Paint Pigment Materials from the Kassena-Nankana District of the Upper East region of Ghana,” *Chem. Mater. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–22, 2013. Available: <http://iiste.org/Journals/index.php/CMR/article/view/3874>
- [20] P. Manufacture, “Occupational exposures in paint manufacture and painting,,” *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.*, vol. 47, pp. 329–442, 1989.
- [21] D. D. Kopeliovich, “Composition Of Paints,,” vol. 53, no. 13, pp. 1272–1275, 2014. Available: <http://www.substech.com>
- [22] Nippon Paint, “water based paints vs solvent based paints.” <https://www.nipponpaint.co.in/difference-between-water-based-vs-solvent-based-paints/>
- [23] PG ( Paint & Design), “THE DIFFERENCE BETWEEN WATER BASED PAINTS AND SOLVENT BASED PAINT.” <https://pgpaintanddesign.com/painting-tips/the-difference-between-water-based-paints-and-solvent-based-paint/>
- [24] Fujitsu, “Fujitsu Laboratories Develops Industry’s First Bio-Derived, Water-based Paint.” <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2014/1210-01.html>
- [25] L. Techno-UMG Co., “Painting Defects.” [https://www.t-umg.com/de/troubleguide\\_umg/5\\_list\\_detail.html](https://www.t-umg.com/de/troubleguide_umg/5_list_detail.html)
- [26] F. I. C. Only, “Paint defects,,” pp. 1–36.
- [27] P. Measures and R. Methods, “6 . Common Defects,,” 2011.
- [28] P. E. Correção, “Defeitos de Pintura - WEG Repintura Automotiva”.
- [29] I. S. Jawahir and R. Bradley, “Technological Elements of Circular Economy and the Principles of 6R-Based Closed-loop Material Flow in Sustainable Manufacturing,,” *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 103–108, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.01.067.
- [30] A. J. Minson, “Circular economy,,” *Indian Concr. J.*, vol. 94, no. 1, pp. 19–23, 2020.
- [31] D. sc. M. Drljača, “( Concept of Efficient Waste Management ),,” pp. 35–44, 2015.

- [32] I. Aykut, "Circular economy," *Build. Eng.*, vol. 95, no. 9, p. 7, 2020.
- [33] Quercus, "Reduzir, Reutilizar e Reciclar." <https://quercus.pt/2021/03/10/os-3-rs/>
- [34] Endesa, "Reciclagem: Como funciona e quais as vantagens?". Available: <https://www.endesa.pt/particulares/news-endesa/sustentabilidade/a-importancia-reciclagem>
- [35] L. Shen and E. Worrell, *Plastic Recycling*. Elsevier Inc., 2014. doi: 10.1016/B978-0-12-396459-5.00013-1.
- [36] S. K. Yeğin and M. Öksüz, "Recycling of painted and varnished acrylonitrile butadiene styrene (ABS) materials with maleic anhydride additives to obtain polycarbonate/ABS blends," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2380, 2021, doi: 10.1063/5.0058803.
- [37] R. T. Louis-Ferdinand and S. W. Patterson, "Saturn corporation recycling painted thermoplastic bumper fascia," *SAE Tech. Pap.*, no. 41 2, 1993, doi: 10.4271/930540.
- [38] A. Sover, "Research on the Process of Paint Removal from Thermoplastic Materials by Laser," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 564, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/564/1/012028.
- [39] P. E. R. Michl and A. E. Asinovsky, "United States Patent (19)," no. 19, pp. 3–10, 1995.
- [40] A. Sover, M. Zink, and M. Michalak, "Paint removal from thermoplastic materials and its influence on the physical-mechanical properties for the recycling of the polymer," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1037, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1037/1/012032.
- [41] R. D. Report, "Surface Coating of Plastic Parts : Industry Profile Surface Coating of Plastic Parts : Industry Profile Revised Draft Report," no. 68, 2001.
- [42] Prestogroup, "Requirements of TEstin in Automotive Industry." <https://www.prestogroup.com/articles/requirements-of-testing-in-automotive-industry/> (accessed Mar. 02, 2023).
- [43] P. Uglum, "Plastics Decorating." <https://plasticsdecorating.com/articles/2021/testing-decorated-plastic-parts-understanding-and-applying-tests-for-decorating-success/> (accessed Mar. 03, 2023).
- [44] K. Philips, "What You Need to Know About Gloss Standards." <https://www.hunterlab.com/blog/what-you-need-to-know-about-gloss-standards/> (accessed Feb. 28, 2023).
- [45] L. R. and S. T. A., "PAINT AND SURFACE COATINGS Theory and Practice R LAMBOURNE and T A STRIVENS," *Paint Surf. Coatings Theory Pract.*, p. 800, 1999.
- [46] D. Satas, A. A. Tracton, and A. J. Rafanelli, *Coatings Technology Handbook, Second Edition*, vol.

- 124, no. 1. 2002. doi: 10.1115/1.1446069.
- [47] B. Robert and E. B. Brown, *Automotive paints and coatings*, no. 1. 2004.
- [48] TA Instruments, “Thermal Analysis Application Brief - Proximate Analysis of Coal and Coke,” *Therm. Anal. Rheol.*, no. TA-129, pp. 1–2, 2022. Available: <https://www.tainstruments.com/pdf/literature/TA129.pdf>
- [49] J. Derosé, “How Digital Microscopy Can Contribute to Efficient Workflows for Microelectronics and Electronics”.
- [50] J. L. Nadeau, M. W. Davidson, and R. G. Connell, “Reflected-Light Optical Microscopy,” *Charact. Mater.*, 2012, doi: 10.1002/0471266965.com057.pub2.
- [51] A. Savadori, “Impact testing of plastics: Present knowledge,” *Polym. Test.*, vol. 5, no. 3, pp. 209–241, 1985, doi: 10.1016/0142-9418(85)90039-X.
- [52] Nextgen, “The Process of Plastic Impact Testing and Impact Sample Preparation for Plastics.” <https://www.nextgentest.com/blog/the-process-of-plastic-impact-testing-and-impact-sample-preparation-for-plastics/> (accessed Mar. 15, 2023).
- [53] Intertek, “Tensile Testing of Polymers and Composites Materials.” <https://www.intertek.com/polymers/tensile-testing/> (accessed Mar. 16, 2023).
- [54] atslab, “PLASTIC TENSILE STRENGTH TESTING APPLIED TECHNICAL SERVICES (ATS).” <https://atslab.com/polymer-testing/plastic-tensile-strength-testing/> (accessed Mar. 15, 2023).
- [55] B. C. K. Ly, E. B. Dyer, J. L. Feig, A. L. Chien, and S. Del Bino, “Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement,” *J. Invest. Dermatol.*, vol. 140, no. 1, pp. 3-12.e1, 2020, doi: 10.1016/j.jid.2019.11.003.
- [56] Hunter Laboratories, “Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L\*a\*b\*,” *Hunt. Lab*, p. 4, 2012, doi: 10.1128/AEM.02997-13.
- [57] S. Andrade, F. Gonçalves, and R. Pinho, “Physical-chemical properties of Corema album (white crowberry or camarinha),” *Int. Conf. Eng. Eng. Soc.*, no. January, p. 9, 2015.
- [58] Corrosionpedia, “Crosscut Adhesion Test.” <https://www.corrosionpedia.com/definition/1902/crosscut-adhesion-test> (accessed May 16, 2023).
- [59] S. Murdan, L. Kerai, and B. Hossin, “To what extent do in vitro tests correctly predict the in vivo residence of nail lacquers on the nail plate?,” *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, vol. 25, no. February, pp. 23–28, 2015, doi: 10.1016/j.jddst.2014.11.002.
- [60] Erichsen, “Hardness Test Pencil ERICHSEN SmartPen.” <https://us-erichsen.de/product->

- pages/hardness-test-pencil-erichsen-smartpen (accessed May 18, 2023).
- [61] J. J. Licari and D. W. Swanson, *Test and Inspection Methods*. 2011. doi: 10.1016/b978-1-4377-7889-2.10007-5.
- [62] Eurolab, “VW PV 3983 Environmental Resistance of Plastics and Thermoplastic Elastomers in Relation to Mechanical Stresses.” <https://www.eurolab.net/en/testler/otomotiv-testleri/vw-pv-3983-mekanik-streslerle-baglanti-olarak-plastiklerin-ve-termoplastik-elastomerlerin-ortam-direnci/> (accessed May 18, 2023).
- [63] Micom inc., “Standard Practice for Heat Aging of Plastics Without Load.” <https://www.micomlab.com/micom-testing/astm-d3045/> (accessed May 18, 2023).
- [64] Ceway, “Stability and Compatibility Testing of Cosmetic Products.” <https://news.ceway.eu/cosmetic-stability-compatibility-testing/> (accessed May 18, 2023).
- [65] Productdraft, “What Property of Dishwashing Liquid Detergent.” <https://productdraft.com/what-property-of-dishwashing-liquid-detergent/> (accessed Jun. 01, 2023).
- [66] Jaime, “The Pros And Cons Of Glass Cleaner With Alcohol.” <https://learnglassblowing.com/the-pros-and-cons-of-glass-cleaner-with-alcohol/>
- [67] E. Jakab and M. Omastová, “Thermal decomposition of polyolefin/carbon black composites,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 74, no. 1–2, pp. 204–214, 2005, doi: 10.1016/j.jaap.2005.02.001.
- [68] A. K. Nikolaidis and D. S. Achilias, “Thermal degradation kinetics and viscoelastic behavior of poly(methyl methacrylate)/ organomodified montmorillonite nanocomposites prepared via in situ bulk radical polymerization,” *Polymers (Basel)*, vol. 10, no. 5, 2018, doi: 10.3390/polym10050491.

APÊNDICE 1 – RESULTADOS TESTE *CROSSCUT*

Tinta	L1QB			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Schwarz			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Deep Iron			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Pewter			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Chrome effect			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

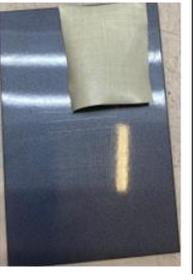
## APÊNDICE 2 – RESULTADOS TESTE DE HIDRÓLISE-CROSSCUT

Tinta	L1QB			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

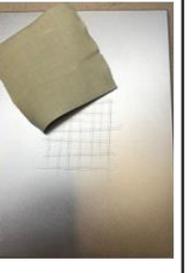
\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Schwarz			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Deep Iron			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

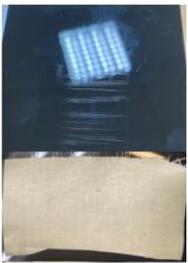
Tinta	Pewter			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Chrome effect			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

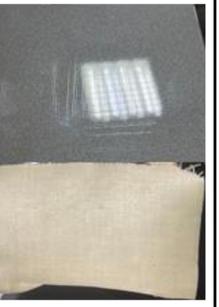
### APÊNDICE 3 – RESULTADOS TESTE DE ENVELHECIMENTO POR CALOR-CROSSCUT

Tinta	Schwarz			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Pewter			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

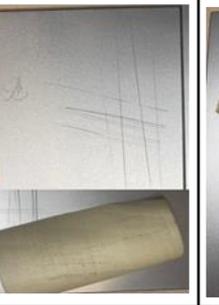
\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Deep Iron			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	L1QB			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Chrome Effect			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

APÊNDICE 4 – RESULTADOS TESTE AO CICLO AMBIENTAL- *CROSSCUT*

Tinta	Schwarz			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

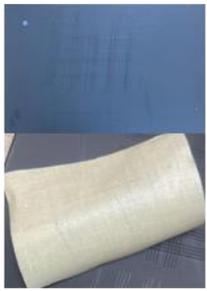
\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Pewter			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Deep Iron			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	L1QB			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta	Chrome Effect			
	virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

## APÊNDICE 5 – RESULTADOS TESTE DE RESISTÊNCIA AOS CREMES - *CROSSCUT*

Tinta		L1QB			
		virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação	Creme mãos				
	Protetor solar				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta		Schwarz			
		virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação	Creme mãos				
	Protetor solar				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta		Deep Iron			
		virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação	Creme mãos				
	Protetor solar				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

Tinta		Chrome effect			
		virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação	Creme mãos				
	Protetor solar				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

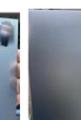
Tinta		Pewter			
		virgem*	10%*	30%*	50%*
Classificação	Creme mãos				
	Protetor solar				

\*- material virgem, material c/10% material reciclado, material c/30% material reciclado, material c/50% material reciclado

APÊNDICE 6 – RESULTADO DOS TESTES *STROKES*

		Teste											
		100 passagens c/ tecido seco				100 passagens c/ água destilada				2000 passagens c/ tecido seco			
<b>Tinta</b>	<b>Schwarz</b>												
	<b>L1QB</b>												
	<b>Deep Iron</b>												
	<b>Pewter</b>												
	<b>Chrome Effect</b>												

		<b>Teste</b>											
		10 passagens c/ detergente loiça				10 passagens c/ limpa vidros				10 passagens c/ suor B			
<b>Tinta</b>	<b>Schwarz</b>												
	<b>L1QB</b>												
	<b>Deep Iron</b>												
	<b>Pewter</b>												
	<b>Chrome Effect</b>												

		Teste											
		10 passagens c/ suor A				10 passagens c/ gasóleo				10 passagens c/álcool			
Tinta	Schwarz	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado
	L1QB	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado
	Deep Iron	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado
	Pewter	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado
	Chrome Effect	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado	 Peça virgem	 Peça c/10% mat. reciclado	 Peça c/30% mat. reciclado	 Peça c/50% mat. reciclado

# ANEXO 1 – FICHA DE ENSAIOS INTERNOS REFRENTES À NORMA TL226

		<b>Relatório Ensaaios Internos TL226</b>	<b>Interno</b>
<b>1. Dados Gerais</b>			
Cliente / Projeto: _____ / _____		Nº Protocolo: _____	
Designação Peça: _____			
Ref FCL / Ref Cliente - Index: _____ / _____			
Elaborado por: _____		Data: _____	
Aprovado por: _____		Data: _____	
<b>2. Dados Técnicos</b>			
Data / Nº Ensaio _____		[Imagem peça de teste]	
Anexo TL226: ver anexo Especificações Fornecedor			
<b>3. Adesão</b>			
<b>3.1 Cross-Cut Test</b>		Página 1	
Norma: DIN EN ISO 2409			
<u>Condição ensaio:</u> - Realizar teste Cross-cut com o equipamento especificado; - Limpar a superfície de corte, retirando as partículas causadas pelo corte; - Utilizar Fita Adesiva: TESA 4657 para avaliação de aderência.			
<u>Especificação:</u> Teste de adesão $\leq$ Gt1			
Resultado: _____		[Imagem com zona de teste]	

### 3.2 Scratch Resistance: Caneta Erichsen

Condição ensaio:

Caneta de dureza tipo 318 a) ou 318 S a), com carga de 10 N e ponta de teste de diâmetro de 0,75 mm

Especificação: Teste Caneta Erichsen: sem remoção de tinta

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

## 4. Ensaios de Estabilidade Térmica e Resistência a Ciclo Ambiental

### 4.1 Heat Aging

Norma: TL226

Condição ensaio: Colocar 3 peça durante 240h à temperatura de  $90\pm 2$  °C em cabine

Especificação: - Sem alteração de aparência ou propriedades táteis, Grau  $\geq 4$

- Teste de adesão:  $\leq Gt1$ ;
- Teste Caneta Erichsen: sem remoção de tinta

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

### 4.2 Environmental Cycle Test

Norma: TL226 / PV1200

Condição ensaio: Colocar 3 peças durante 96h à temperatura de  $+80^{\circ}\text{C} / -40^{\circ}\text{C}$  em câmara climática

Especificação: - Sem alteração de aparência ou propriedades táteis, Grau  $\geq 4$

- Teste de adesão:  $\leq Gt1$ ;
- Teste Caneta Erichsen: sem remoção de tinta

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

Página 2

<b>5.</b>	<b>Resistência Climática e Resistência ao Envelhecimento</b>
<b>5.1</b>	<b>Hydrolysis Aging</b>
<p><u>Norma:</u> TL226</p> <p><u>Condição ensaio:</u> Colocar 3 peças durante 72h à temperatura de 90±2°C e com humidade relativa na câmara de 95±3%</p> <p><u>Especificação:</u> - Sem alteração de aparência ou propriedades táteis, Grau ≥ 4  - Teste de adesão: ≤ Gt1;  - Teste Caneta Erichsen: sem remoção de tinta</p> <p><u>Resultado:</u> _____</p> <div style="border: 1px dashed black; width: 300px; height: 100px; margin-left: auto; margin-right: auto; text-align: center; padding-top: 50px;"> [Imagem com zona de teste] </div>	
<b>6.</b>	<b>Resistência química e ao comportamento em exposição à abrasão</b>
<b>6.1</b>	<b>Strokes</b>
<p><u>Norma:</u> TL226 / PV3906</p> <p><u>Condição ensaio:</u> - Posicionar 1 placa na base do equipamento crockmeter com tecido de teste;  - colocar uma carga de 10N;  - Realizar ciclos de teste de acordo com o especificado.</p> <p><u>Especificação:</u>  <u>2000 Strokes:</u> - Sem alteração de aparência ou propriedades táteis na superfície pintada, Grau ≤ 2;  - Superfície de esponja com coloração correspondente ao grau de esclada dos cinzas ≥ 4.</p> <p><u>100/10 Strokes:</u> - Sem alteração de aparência ou propriedades táteis na superfície pintada, Grau ≤ 1;  - Superfície de esponja com coloração correspondente ao grau de esclada dos cinzas ≥ 4.</p>	

**6.1.1 100 Strokes, dry**

Condição ensaio: Ciclo de teste com tecido seco

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

Página 3

**6.1.2 100 Strokes, wet**

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de água destilada no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.1.3 2000 Strokes, dry**

Condição ensaio: Ciclo de teste com tecido seco

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.1.4 10 Strokes, with aqueous solution with 0,5 volume percent tenside**

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de detergente lava-loiça no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.1.5 10 Strokes, with ammoniac, alcoholic cleaning solution**

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de detergente limpa vidros no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.1.6 10 Strokes, with cleaner's naphtha**

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de gasolina / gasóleo no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.1.7 10 Strokes, with methylated spirit**

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de álcool no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.1.8 10 Strokes, with synthetic sweat solution A**

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de solução de suor artificial A no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

### 6.1.9 10 Strokes, with synthetic sweat solution B

Condição ensaio: Ciclo de teste com adição de solução de suor artificial B no tecido

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

Página 5

### 6.2 Drop Test

Norma: TL226 / PV3906

Condição ensaio: - 1 zona da placa por teste;

- Colocar uma gota de 0,1ml na placa com o auxílio de uma pipeta;
- Expôr a placa durante 10 min à temperatura ambiente, seguido de 30min à temperatura de 60°C na estufa;
- Retirar e limpar a superfície com tecido limpo e água destilada;
- Realizar avaliação da superfície após 24h.

Especificação: Sem alteração de aparência ou propriedades táteis na superfície pintada

Condição ensaio: Gota de detergente lava-loiça

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

### 6.2.2 Ammoniac, alcoholic cleaning solution

Condição ensaio: Gota de detergente limpa vidros

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.2.3 Cleaner's naphtha**

Condição ensaio: Gotas de gasolina / gasóleo

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.2.4 Methylated spirit**

Condição ensaio: Gotas de álcool

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.2.5 Synthetic sweat solution A**

Condição ensaio: Gotas de solução de suor artificial A

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

**6.2.6 Synthetic sweat solution B**

Condição ensaio: Gotas de solução de suor artificial B

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

Página 6

### 6.3 Cream Resistance

Norma: TL226 / PV3964

Condição ensaio: - 1 peça;

- Colocar um quadrado de gaze por cima da peça;
- Colocar uma camada fina de creme por cima da gaze com o auxílio de uma espátula;
- Colocar na estufa durante 24h à temperatura de 80°C;
- Retirar e limpar a superfície com tecido limpo e detergente;
- Realizar avaliação da superfície após 4h: aspeto ótico, cross-cut test e caneta Erichson.

Especificação: - Sem alteração de aparência ou propriedades táteis, Grau  $\geq 4$

- Teste de adesão  $\leq Gt1$ ;
- Teste Caneta Erichsen: sem remoção de tinta

#### 6.3.1 Hand Cream

Condição ensaio: Utilizar creme de mãos Tipo B

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

#### 6.3.2 Sun Protection

Condição ensaio: Utilizar protetor solar Tipo A

Resultado: \_\_\_\_\_

[Imagem com zona de teste]

## ANEXO 2 – DATASEET DO PC/ABS CYCOLOY

### CYCOLOY™ Resin XCY620S

#### Europe-Africa-Middle East: COMMERCIAL

TYPICAL PROPERTIES <sup>1</sup>	TYPICAL VALUE	Unit	Standard
<b>THERMAL</b>			
CTE, -40°C to 40°C, xflow	7.E-05	1/°C	ASTM E 831
Ball Pressure Test, 75°C +/- 2°C	PASSES	-	IEC 60695-10-2
Ball Pressure Test, approximate maximum	100	°C	IEC 60695-10-2
Vicat Softening Temp, Rate B/120	130	°C	ISO 306
HDT/Bf, 0.45 MPa Flatw 80*10*4 sp=64mm	126	°C	ISO 75/Bf
HDT/Af, 1.8 MPa Flatw 80*10*4 sp=64mm	106	°C	ISO 75/Af
<b>PHYSICAL</b>			
Specific Gravity	1.14	-	ASTM D 792
Mold Shrinkage, flow, 3.2 mm (5)	0.5 - 0.7	%	SABIC Method
Mold Shrinkage, xflow, 3.2 mm (5)	0.5 - 0.7	%	SABIC Method
Density	1.14	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
Water Absorption, 23°C/24hrs	0.3	%	ISO 62-1
Water Absorption, (23°C/sat)	0.4	%	ISO 62
Moisture Absorption (23°C / 50% RH)	0.13	%	ISO 62
Melt Volume Rate, MVR at 260°C/5.0 kg	20	cm <sup>3</sup> /10 min	ISO 1133
Melt Volume Rate, MVR at 265°C/5.0 kg	25	cm <sup>3</sup> /10 min	ISO 1133
<b>ELECTRICAL</b>			
Volume Resistivity	>1.E+16	Ohm-cm	IEC 60093
Surface Resistivity, ROA	>1.E+16	Ohm	IEC 60093
Dielectric Strength, in oil, 0.8 mm	39	kV/mm	IEC 60243-1
Dielectric Strength, in oil, 1.6 mm	25	kV/mm	IEC 60243-1
Dielectric Strength, in oil, 3.2 mm	17	kV/mm	IEC 60243-1

### ANEXO 3 – FICHA DE PARÂMETROS DO PROCESSO DE INJEÇÃO

FEHST		Ficha de Parâmetros do Processo				FT014.17.05	
 		Injeção - ARBURG				Pág. 1/2	
		Sim <input checked="" type="checkbox"/>		Não <input type="checkbox"/>			
Ref.FCL:		Designação: <b>BLENDE OHEN FES</b>					
Ref.Cliente:		Nº Molde: <b>91172032</b>		Nº Cavidades: <b>1</b>		Máquina: <b>J132</b>	
Programa da máquina de Injeção: <b>2GA711525C</b>				Programa do Robot:			
<b>Caraterística Especial</b>		Sim <input checked="" type="checkbox"/>		Não <input type="checkbox"/>		Descrição: Temp. do molde, curso de comutação, estufagem do material	
<b>Matéria-Prima</b>							
Ref.Material:		Designação: <b>PC/ABS virgem + PC/ABS reciclado pintado</b>					
Temperatura Secagem		<b>80</b> °C ± 5°C		Tempo de Secagem: <b>4</b> horas			
<b>Refrigeração</b>							
<b>Temperaturas</b>		<b>Lado Injeção</b>		<b>Lado Extração</b>		<b>Movimentos</b>	
		Água Quente <input checked="" type="checkbox"/> Água Rede <input type="checkbox"/>		Água Quente <input checked="" type="checkbox"/> Água Refrigerador <input type="checkbox"/>		Água Quente <input type="checkbox"/> Água Refrigerador <input type="checkbox"/>	
		<b>80</b> °C ± 5°C		<b>80</b> °C ± 5°C		°C ± 5°C	
<b>Aquecimento</b>							
<b>Cilindro</b>							
Temp. T805	Temp. T804	Temp. T803	Temp. T802	Temp. T801	Temp.	Temp.	Temp. Zona
270	260	250	240	240			°C ± 5°C
<b>Molde (Temperatura dos Bicos Injectores e Distribuidor)</b>							
Temp.	Temp.	Temp.	Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	°C
Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	Temp. Zona	°C
							± 5°C
<b>Movimentos Molde</b>							
<b>Abertura</b>				<b>Fecho</b>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1				Etapa 1			
Etapa 2				Etapa 2			
Etapa 3				Etapa 3			
Etapa 4				Etapa 4			
<b>Extração</b>							
<b>Avanço</b>				<b>Recuo</b>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1				Etapa 1			
Etapa 2				Etapa 2			
Etapa 3				Etapa 3			
Etapa 4				Etapa 4			
<b>Avanço Vibração</b>				<b>Recuo Vibração</b>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1				Etapa 1			
			Nº intervalos:				
<b>Avanço c/ Paragem Intermédia</b>				<b>Recuo c/ Paragem Intermédia</b>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1				Etapa 1			

<b>Injeção</b>							
<i>Injecção</i>	Comutação por: Tempo <input type="checkbox"/>			<i>2ª Pressão</i>			
	Curso <input checked="" type="checkbox"/>						
	Tempo (s)	Fim Curso (mm)	Pressão (bar)	Veloc. (mm/s)		Tempo (s)	Pressão (bar)
Etapa 1		65	1000	5	Etapa 1		900
Etapa 2		60	1000	15	Etapa 2	0,10	
Etapa 3		20	1000	50	Etapa 3		1100
Etapa 4					Etapa 4	3	
Etapa 5					Etapa 5		80
Etapa 6					Etapa 6	0,10	
Etapa 7					Etapa 7		
Etapa 8							
Etapa 9							Velocidade (mm/s)
Etapa 10					Velocidade de 2ª Pressão		20
± 0,1mm							
<b>Plastificação</b>							
	Curso de alimentação(mm)		Contra-Pressão(bar)		Vel.Rotação Fuso(mm/s)		Descompressão(mm)
Etapa 1	70		250		250		2
Etapa 2							
Etapa 3							
Etapa 4							
Etapa 5							
Tempo de Arrefecimento:		11	s		Tempo de Ciclo:		20
		± 0,5s					± 1s

## ANEXO 4 – NORMA TL226 – TESTES *STROKES* (ABRASÃO)

No.	Property	Requirement
6	Resistance to chemicals and behavior when exposed to abrasion, see section 4.5 (visual evaluation, see section 4.3)	
6.1	Abrasion behavior: Test as per PV 3906 taking account of section 4.6	
6.1.1 <sup>a)</sup>	2 000 double strokes, dry (for components in areas exposed to high loads: e.g., steering wheel, controls, buttons, gearshift/selector lever handle)	Painted surface: ≤ grade 2 as per PV 3906. Changes must only be indicated if they cannot be removed using a cloth moistened with distilled water. Rubbing fabric: Staining of the rubbing fabric according to gray-scale fastness grade ≥ 4 as per DIN EN ISO 105-A03
6.1.2 <sup>a)</sup>	100 double strokes, dry	Painted surface: Grade 1 as per PV 3906. Changes must only be indicated if they cannot be removed using a cloth moistened with distilled water. Rubbing fabric: Staining of the rubbing fabric according to gray-scale fastness grade ≥ 4 as per DIN EN ISO 105-A03
6.1.3	100 double strokes, wet (distilled water)	
6.1.4	10 double strokes with tenside solution (volume fraction $\varphi$ (tenside, e.g., Pril <sup>®b)</sup> ) = 0,5%)	
6.1.5	10 double strokes with ammoniacal alcoholic cleaning solution, e.g., Ajax <sup>®</sup> glass cleaner <sup>b)</sup>	
6.1.6	10 double strokes with cleaner's naphtha (boiling range from 80 °C to 100 °C)	
6.1.7 <sup>a)</sup>	10 double strokes with methylated spirit (ethanol 99%, denatured with 1% methyl ethyl ketone, for analysis)	
6.1.8	10 double strokes with synthetic perspiration solution A (volume fraction $\varphi$ (acetic acid) = 0,75% in water)	
6.1.9	10 double strokes with synthetic perspiration solution B (ammonia mass fraction $w$ (NH <sub>3</sub> ) = 0,036%, and sodium chloride $w$ (NaCl) = 0,5% in water. (Procedure: 1 g NH <sub>3</sub> solution (25%, z. A.) is filled up with distilled water to 690,72 g (691 g for practical purposes), and 3,47 g NaCl is added))	
6.2	Droplet test as per section 4.7	
6.2.1	Tenside solution	No visible changes compared with the as-received condition. Changes need only be indicated if they cannot be removed with a cloth moistened with distilled water.
6.2.2	Ammonia-based alcohol solution	
6.2.3	Cleaner's naphtha	
6.2.4 <sup>a)</sup>	Methylated spirit	
6.2.5	Synthetic sweat solution A	
6.2.6	Synthetic sweat solution B	

## ANEXO 5 – DATASHEET TINTA LIQB

### Technical Information

Gloss level	60 °   1,1 - 1,5 GL		
Delivery Viscosity	6 mm   19 - 21 sec (DIN)		
Storage Life	180 Days (protect from freezing)	<b>solid content</b>	31,30 - 34,30 %

### Processing Recommendation 2c-machine

Hardener	P95023-02	<b>Thinner to 1. component</b>	dist Water (if needed)
Ratio by Volume	5:1		
Processing Time	<= 0,5 h (20 °C)	<b>Processing Viscosity</b>	20 °C (DIN)

### Conditions of application

Type of application	Spraying air pressure (spray gun), Spraying air pressure (membrane pump / pressure vessel), Spraying automatic machine		
layer-thickness (dry)	15 - 35 µm		
Air atomizing	3,5 - 4,5 bar	<b>nozzle size</b>	1,0 mm

### Processing Recommendation

<b>Substrate</b>	ABS, ABS/PC
<b>Pre-treatment</b>	substrates must be free from dust, grease and any parting agents
<b>Application</b>	one-layer, multi-layer on other substrates
<b>Recommendation</b>	
<b>Pre-Drying</b>	15 min   20 °C
<b>Oven drying</b>	30 min   80 °C
<b>Specific details</b>	Processing at 45-65 % rel. Humidity and 18-24 °C is recommended. The effect depends on viscosity, size of nozzle, material pressure and amount applied. The containers must be stored at a temperature of 3 to 35 °C. Keep barrels closed. Tools have to be cleaned with water immediately after finishing work. Material has to be stirred up carefully.

## ANEXO 6 – DATASHEET TINTA PEWTER

### Technical Information

<b>Gloss level</b>	60 °   23,0 - 28,0 GL	<b>Density</b>	20,0 °C   0,900 - 1,000 g/cm <sup>3</sup>
<b>Delivery Viscosity</b>	4 mm   37 - 41 sec (DIN)		
<b>Flash Point</b>	<21,00 °C		
<b>solid content</b>	9,00 - 10,00 %		

### Processing Recommendation 2c-machine

<b>Hardener</b>	P95023-02	<b>Thinner to 1. component</b>	dist Water (if needed)
<b>Ratio by Volume</b>	5:1		
<b>Processing Time</b>	<= 0,5 h (20 °C)	<b>Processing Viscosity</b>	20 °C (DIN)

### Conditions of application

<b>Type of application</b>	Spraying air pressure (spray gun), Spraying air pressure (membrane pump / pressure vessel), Spraying automatic machine		
<b>layer-thickness (dry)</b>	15 - 35 µm		
<b>Air atomizing</b>	3,5 - 4,5 bar	<b>nozzle size</b>	1,0 mm

### Processing Recommendation

<b>Substrate</b>	ABS/PC, ABS, PC with Primer
<b>Pre-treatment</b>	substrate must be free from dust, grease and any parting agents
<b>Application Recommendation</b>	one-layer on ABS and ABS/PC, two-layer on PC with P61946-08
<b>Pre-Drying</b>	15 min   20 °C
<b>Oven drying</b>	30 min   80 °C
<b>Specific details</b>	Processing at 45-65% rel. Humidity and 18-24 °C is recommended The effect depends on viscosity, size of nozzle, material pressure and amount applied. The containers must be stored at a temperature of 3 °C to 35 °C

## ANEXO 7 – DATASHEET TINTA DEEP IRON

### Technical Information

Density	20,0 °C   1,000 - 1,050 g/cm <sup>3</sup>
Delivery Viscosity	4 mm   20 °C   15 - 20 sec (DIN)
Flash Point	>23,00 °C
solid content	34,00 - 38,00 %
Specific details	

### Processing Recommendation manual preparation

Hardener	P85022		
Ratio by Weight	10:1		
Processing Time	3,0 - 4,0 h (20 °C)	Processing Viscosity	4 mm   20 °C   11 - 13 sec (DIN)
Thinner	P86065   100 %		
Specific details	The type and amount of thinner for adjusting the processing viscosity is heavily dependent on the application methode and the used substrate. It is possible that it may vary from the above given information. Please contact our applications technology department for further information		

### Conditions of application

Type of application	Spraying air pressure (spray gun), Spraying air pressure (membrane pump / pressure vessel), Spraying automatic machine		
layer-thickness (dry)	10 - 15 µm		
Air atomizing	3,0 - 4,0 bar	nozzle size	1,0 - 1,2 mm
Material Pressure	0,5 - 1,0 bar		

### Processing Recommendation

Top Coat	P68996-04
Substrate	ABS, ABS/PC
Pre-treatment	- substrate must be free from dust and grease - as well as free from any parting agents
Application Recommendation	2-layer-system
Pre-Drying	5 min   20 °C
Oven drying	30 min   80 °C
Specific details	Processing at 45-65% rel. Humidity and 18-24 °C is recommended

The effect depends on viscosity, size of nozzle, material pressure and amount applied.

The containers must be stored at a temperature of 3 °C to 35 °C

## ANEXO 8 – DATASHEET TINTA SCHWARZ

### Technical Information

<b>Gloss level</b>	60 °   85,0 - 95,0 GL	<b>Density</b>	20,0 °C   0,980 - 1,020 g/cm <sup>3</sup>
<b>Delivery Viscosity</b>	4 mm   20 °C   50 - 60 sec (DIN)		
<b>Flash Point</b>	>23,00 °C		
<b>Storage Life</b>	365 Days	<b>solid content</b>	36,00 - 41,00 %

### Processing Recommendation manual preparation

<b>Hardener</b>	P85022-04		
<b>Ratio by Weight</b>	3:1		
<b>Hardener 2</b>	P85022-05		
<b>Ratio by Weight</b>	2,5:1		
<b>Processing Time</b>	3,0 - 4,0 h (20 °C)	<b>Processing Viscosity</b>	4 mm   20 °C   12 - 14 sec (DIN)
<b>Thinner</b>	P26059   60 - 80 %		
<b>Specific details</b>	Alternative thinner:		
	P26063 60-100% (All-Adjustment)		
	P26012 20%-30%		
	P86078 20%-30%		

### Conditions of application

<b>Type of application</b>	Spraying air pressure (spray gun), Spraying automatic machine		
<b>layer-thickness (dry)</b>	35 - 40 µm		
<b>Air atomizing</b>	3,0 - 4,0 bar	<b>nozzle size</b>	0,8 - 1,2 mm
<b>Material Pressure</b>	0,5 - 1,0 bar		

**theoretical consumption** (45 µm) 120 g/m<sup>2</sup>

### Processing Recommendation

<b>Substrate</b>	PC/PET, ABS, ABS/PC
<b>Pre-treatment</b>	- substrate must be free from dust and grease - as well as free from any parting agents
<b>Application Recommendation</b>	PC with Primer: P61946-08 PA with Primer: P61900
<b>Pre-Drying</b>	10 - 15 min   25 °C
<b>Oven drying</b>	30 - 60 min   80 °C
<b>Specific details</b>	Corresponds to the VW TL226 for highly stressed components

Processing at 45-65% rel. Humidity and 18-24 °C is recommended

The effect depends on viscosity, size of nozzle, material pressure and amount applied.

The containers must be stored at a temperature of 3 °C to 35 °C

## ANEXO 9 – DATASHEET TINTA CHROME EFFECT

### Technical Information

<b>Gloss level</b>	glossy	<b>Density</b>	20,0 °C   0,850 - 0,880 g/cm <sup>3</sup>
<b>Storage Life</b>	365 Days	<b>solid content</b>	9,50 - 10,50 %

### Processing Recommendation manual preparation

<b>Hardener</b>	P85022-05
<b>Ratio by Weight</b>	12,5:1
<b>Processing Time</b>	4,0 - 6,0 h (20 °C)
<b>Thinner</b>	P76088   80 - 180 %
<b>Retarder</b>	P86045   20 - 30 %
<b>Specific details</b>	<b>Attention:</b> It is absolutely necessary to use min. 20% P 86045 as thinner.

### processing viscosity:

80% Thinner	76"/2mm
100% Thinner	72"/2mm
120% Thinner	64"/2mm
140% Thinner	60"/2mm
160% Thinner	57"/2mm
180% Thinner	55"/2mm

All the information above is subject to a variance of +/- 3sec.

### Conditions of application

<b>Type of application</b>	Spraying air pressure (spray gun), Spraying air pressure (membrane pump / pressure vessel), Spraying automatic machine		
<b>layer-thickness (dry)</b>	8 - 12 µm		
<b>Air atomizing</b>	2,0 - 3,0 bar	<b>nozzle size</b>	0,5 - 1,2 mm
<b>Material Pressure</b>	0,5 - 1,0 bar		

**theoretical consumption** (1 µm) 15 g/m<sup>2</sup>

### Processing Recommendation

<b>Substrate</b>	ABS, ABS/PC (e.g. T65, T65XF, T85, T85XF); PC (with Primer P61946-08)
<b>Pre-treatment</b>	substrates must be free from dust, grease and any parting agents
<b>Application</b>	- one layer
<b>Recommendation</b>	- For PC Substrate P61946-08 as Primer is needed (Laser application)
<b>Pre-Drying</b>	5 - 15 min   20 - 25 °C
<b>Oven drying</b>	30 - 60 min   75 - 85 °C
<b>Specific details</b>	Processing at 50-65% rel. Humidity and 20-22 °C is recommended

The effect depends on viscosity, size of nozzle, material pressure and amount applied.

The containers must be stored at a temperature of 3°C to 35°C