



**Estudo e Caracterização de um Revestimento Têxtil Sustentável
Baseado no Reaproveitamento das Aparas de Couro**

Lia Barroso

UMinho | 2021

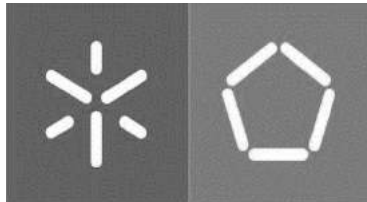


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Lia Nina Diogo Barroso

**Estudo e Caracterização de um Revestimento
Têxtil Sustentável Baseado no
Reaproveitamento das Aparas de Couro**

outubro de 2021



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Lia Nina Diogo Barroso

**Estudo e Caracterização de um
Revestimento Têxtil Sustentável Baseado no
Reaproveitamento das Aparas de Couro**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Maria José Araújo Marques Abreu

outubro de 2021

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

Agradeço a todas as pessoas que me acompanharam ao longo destes anos e que possibilitaram a conclusão do meu mestrado. Um obrigado especial à minha família, pois sem eles este percurso não teria sido possível.

Agradeço à minha orientadora, a Professora Doutora Maria José que sempre se mostrou disponível para esclarecer dúvidas e elucidar-me no caminho ideal a seguir.

A todos os técnicos dos laboratórios da Universidade, nomeadamente, Joaquim Jorge, Anabela, Ângela e Sónia, por toda a paciência que tiveram comigo e pelas indicações dos melhores caminhos a seguir.

Agradeço à empresa ERT que me acolheu neste desafio, mostrando-se ser empenhada e preocupada com o desenvolvimento dos estudantes, a todos os trabalhadores da ERT, que sempre se mostraram disponíveis para me ajudar e que tão bem me integraram na sua empresa. Um obrigado especial ao Engenheiro David Macário, o meu orientador na empresa, que sempre teve disponibilidade para me elucidar todas as questões e sempre me acompanhou, proporcionando-me a oportunidade de me desenvolver profissionalmente nesta área, à Engenheira Linda Costa, que sempre me forneceu todas as informações de que precisei e partilhou a sua experiência, à Mónica Gonçalves que sempre me apoiou e à Ana Rosa que me ajudou na realização dos ensaios laboratoriais realizados na ERT.

Durante este trabalho pude também acompanhar as minhas colegas do 4º ano, Beatriz, Carolina, Eva, Nuna, Adriana, Catarina e Helena, que por terem realizado o projeto interdisciplinar na ERT, utilizaram o couro reciclado estudado nesta dissertação, tendo me ajudado na procura de alguma informação e realização de ensaios laboratoriais.

Como não podia deixar de ser, agradeço também às minhas colegas de curso, que me ajudaram no término da dissertação e sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis ao longo destes anos.

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.

dia Nima Barroso

RESUMO

O presente trabalho consiste no estudo e caracterização de um revestimento têxtil baseado no reaproveitamento das aparas de couro, desenvolvido pela empresa ERT no âmbito do projeto *Texboost* e que prima pela inovação e preocupação com o meio ambiente.

Atualmente, a inovação tem vindo a ser uma área muito discutida e trabalhada, pois cada vez mais se tentam criar novas soluções mais amigas do ambiente para tudo aquilo que nos rodeia. Na última década, têm sido inúmeros os trabalhos desenvolvidos com vista a inovar no setor automóvel, em particular na evolução de materiais com baixo impacte ambiental.

O couro é um material nobre habitualmente usado na indústria automóvel, mas o seu processo de produção tem um enorme impacte ambiental, associado aos resíduos de curtume, emissões gasosas e contaminação dos efluentes gerados. Além do seu processo de obtenção extremamente prejudicial para o ambiente, são ainda desperdiçadas grandes quantidades de couro na fase de corte, tornando-se a reciclagem e valorização de resíduos uma das soluções sustentáveis encontradas para minimizar os seus efeitos nocivos.

Para um correto estudo do material desenvolvido efetuou-se primeiramente um levantamento dos materiais sustentáveis utilizados na indústria automóvel e alternativas às peles de animais e couros reciclados já existentes no mercado. De seguida, estudou-se o conceito chave, o couro, a quantidade de resíduos gerada, o seu destino, quais as alternativas e os vários tipos de revestimentos têxteis, focando o estudo na raclagem, o processo de obtenção do material analisado (couro reciclado).

De forma a averiguar as características do material desenvolvido e a sua possível inserção no mercado realizaram-se diversos ensaios físicos e químicos, tanto ao material desenvolvido, como ao PVC e ao couro natural, proporcionando uma comparação entre as suas características. Os resultados dos ensaios obtidos na Universidade foram analisados em *SPSS*, revelando que o couro reciclado está preparado para ser inserido no mercado, uma vez que foram evidenciadas características não muito dispares dos materiais já utilizados (PVC e couro natural).

PALAVRAS-CHAVE

Inovação; automóvel; reciclagem; sustentabilidade; revestimento têxtil; couro reciclado; PVC; couro natural.

ABSTRACT

The present work consists of the study and characterization of textile coatings based on the reuse of leather shavings, developed by ERT company in the scope of the *Texboost* project, which stands out for its innovation and concern for the environment.

Currently, innovation has been an area that is much discussed and worked on, as more and more attempts have been made to create new, more environmentally friendly solutions for everything around us. In the last decade, countless works have been developed with a view to innovating in the automotive sector, particularly in the evolution of materials with low environmental impact.

Leather is a noble material commonly used in the automotive industry, however its production process has a huge environmental impact, associated with tannery waste, gases emissions, and contamination of the generated effluents. In addition to its process of obtaining extremely harmful to the environment, huge amounts of leather are wasted in the cutting phase, making recycling and waste recovery one of the sustainable solutions found to minimize its harmful effects.

For a correct study of the developed material, a survey of sustainable materials for the automobile industry, alternatives to animal skins, and recycled leathers already existing on the market were first carried out. Then, the key concept was studied, leather, the amount of waste generated, its destination, and the possible alternatives, leading to the study of the various types of textile coverings.

In order to ascertain the characteristics of the material developed and its possible insertion in the market, several physical and chemical tests were carried out, both on the developed material, on PVC and on natural leather, providing a comparison between its characteristics. The test results obtained at the university were analysed in *SPSS*, revealing that recycled leather is ready to be inserted in the market, since its characteristics are not very different from the materials already used.

KEYWORDS

Innovation; automotive; recycling; sustainability; textile coating; recycled leather; PVC; natural leather.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xviii
1. Introdução.....	1
1.1. Identificação do problema.....	1
1.2. Motivação e objetivos.....	1
1.3. Metodologias de investigação.....	2
1.4. Estrutura do documento.....	5
2. Enquadramento teórico.....	6
2.1. Estado da arte.....	6
2.1.1. Análise de mercado.....	9
2.2. Conceitos teóricos.....	13
2.2.1. Sustentabilidade e economia circular.....	13
2.2.2. Rótulos e certificados.....	14
2.2.3. Couro.....	15
2.2.4. Resíduos de couro.....	19
2.2.5. Reciclagem do couro.....	19
2.2.6. Revestimento de têxteis.....	22
2.2.7. Alternativas ao couro.....	26
2.2.8. Indústria automóvel.....	27
3. Desenvolvimento experimental.....	30
3.1. Desenvolvimento das amostras.....	30
3.2. Descrição das amostras produzidas.....	31
3.3. Ensaio e caracterização das amostras.....	35

3.3.1.	Caracterização básica.....	39
3.3.2.	Características e propriedades diversas relacionadas com o acabamento	40
3.3.3.	Resistência Mecânica	46
3.3.4.	pH do extrato aquoso.....	54
3.3.5.	Solidez dos tintos.....	55
3.3.6.	Resistência as condições climatéricas: luz ultravioleta e exposição à humidade	60
3.3.7.	FTIR	61
3.4.	Descrição dos ensaios realizados na ERT.....	65
3.4.1.	Caracterização básica.....	65
3.4.2.	Características e propriedades diversas relacionadas com o acabamento	67
3.4.3.	Resistência mecânica	69
3.4.4.	Ensaio relacionados com as variações dimensionais.....	73
3.4.5.	Discussão de resultados	74
4.	Análise e discussão de resultados	75
4.1.	Análise estatística dos resultados.....	75
4.1.1.	Massa	81
4.1.2.	Espessura	83
4.1.3.	Permeabilidade ao ar.....	85
4.1.4.	Permeabilidade ao vapor de água	87
4.1.5.	Resistência ao rasgo.....	89
4.1.6.	Resistência à rotura e alongamento – Método Grab.....	92
4.1.7.	Resistência à rotura e alongamento – Método da tira	96
4.1.8.	Resistência da costura.....	100
4.1.9.	Coeficiente de atrito.....	104
4.2.	Resumo resultados obtidos na avaliação estatística.....	106
5.	Conclusão e perspectivas Futuras.....	111
	Referências Bibliográficas	114
	Anexo 1 – Ensaio realizados na Universidade sem interesse para aplicações na indústria automóvel	118
	Anexo 1.1 – Ensaio relacionados com as variações dimensionais.....	118
	Anexo 1.2 – Ensaio de solidez dos tintos	121

Anexo 2 – Fichas de especificações	124
Anexo 3 – Fluxograma – Análise estatística	138
.....	138
Anexo 4 - Massa por unidade de superfície.....	139
Anexo 5 – Espessura	142
Anexo 6 – Permeabilidade ao ar	145
Anexo 7 – Permeabilidade ao vapor de água.....	148
Anexo 8 – Resistência ao rasgo.....	151
Anexo 9 – Resistência à rotura e alongamento – Método Grab	156
Anexo 10 – Resistência à rotura e alongamento – Método da Tira	165
Anexo 11 – Resistência da costura.....	174
Anexo 12 – Coeficiente de atrito	183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do documento.....	4
Figura 2: Áreas de aplicação do couro (Pereira et al., 2021).....	16
Figura 3: Regiões do Couro natural (Silva, 2013b).....	17
Figura 4: Representação esquemática do procedimento de obtenção de uma formulação proteica para coating de diferentes substratos (CITEVE, 2017)	21
Figura 5: Processo de raclagem (Almeida, 2010)	25
Figura 6: Tecido com coating de resíduos de couro com imperfeições	31
Figura 7: Tecido revestido com hidrolisado de couro e top coat crack	31
Figura 8: Malha revestida com hidrolisado de couro e adição de pigmento	31
Figura 9: Malha revestida com hidrolisado de couro castanho	32
Figura 10: Malha revestida com hidrolisado de couro castanho com embossing	32
Figura 11: Embossing na calandra.....	33
Figura 12: Couro reciclado.....	45
Figura 13: PVC.....	45
Figura 14: Couro natural.....	45
Figura 15: Couro reciclado.....	54
Figura 16: PVC.....	54
Figura 17: Couro natural.....	54
Figura 18: Espectro Backing couro reciclado.....	62
Figura 19: Espectro couro reciclado.....	63
Figura 20: Medição da flexibilidade	69
Figura 21: Corte de provetes.....	73
Figura 22: Tratamento estatístico.....	77
Figura 23: Continuação tratamento estatístico - Testes paramétricos	78
Figura 24: Continuação tratamento estatístico - Testes não paramétricos.....	79
Figura 25: Massa por unidade de superfície	81
Figura 26: Fluxograma – análise 1	82
Figura 27: Espessura.....	83
Figura 28: Fluxograma – análise 2.....	84
Figura 29: Permeabilidade ao ar	85

Figura 30: Fluxograma – análise 3.....	86
Figura 31: Permeabilidade ao vapor de água.....	87
Figura 32: Fluxograma – análise 4.....	88
Figura 33: Resistência ao rasgo - longitudinal.....	89
Figura 34: Fluxograma - resistência ao rasgo_longitunal.....	90
Figura 35: Resistência ao rasgo – transversal.....	91
Figura 36: Resistência à rotura e alongamento - Método Grab_Força transversal	92
Figura 37: Resistência à rotura e alongamento - Método Grab_Alongamento transversal.....	93
Figura 38: Resistência à rotura e alongamento - Método Grab_Força longitudinal	94
Figura 39: Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_Alongamento longitudinal	95
Figura 40: Resistência à rotura e alongamento-Método da Tira_Força transversal	96
Figura 41: Resistência à rotura e alongamento - Método Tira_Alongamento transversal	97
Figura 42: Resistência à rotura e alongamento - Método Tira_Força longitudinal.....	98
Figura 43: Resistência à rotura e alongamento - Método Tira_ Alongamento longitudinal.....	99
Figura 44: Resistência da costura - Força _transversal	100
Figura 45: Resistência da costura – Alongamento_transversal.....	101
Figura 46: Resistência da costura - Força _longitudinal	102
Figura 47: Resistência da costura – Alongamento - longitudinal.....	103
Figura 48: Coeficiente de atrito máximo	104
Figura 49: Coeficiente de atrito cinético	105
Figura 50: Comparação aspeto couro reciclado.....	120
Figura 51: Comparação aspeto PVC.....	120
Figura 52: Comparação aspeto couro natural.....	120
Figura 53: Fluxograma - Análise estatística	138

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Alternativas sustentáveis na indústria automóvel	9
Tabela 2: Imitação de pele com alternativas naturais.....	10
Tabela 3: Couro reciclado	12
Tabela 4: Parâmetros ideais	33
Tabela 5: Ensaio realizados no laboratório da Universidade do Minho - DET	35
Tabela 6: Ensaio realizados no laboratório da ERT	37
Tabela 7: Resultados obtidos - Massa por unidade de superfície	39
Tabela 8: Resultados obtidos - Espessura.....	40
Tabela 9: Resultados obtidos - Permeabilidade ao ar	41
Tabela 10: Resultados obtidos - Permeabilidade ao vapor de água para o couro reciclado.....	42
Tabela 11: Resultados obtidos - Permeabilidade ao vapor de água para o PVC e couro natural	42
Tabela 12: Resultados obtidos - Resistência ao rasgo	46
Tabela 13: Resultados obtidos - Resistência à rotura e alongamento_Método Grab_Couro reciclado ..	47
Tabela 14: Resultados obtidos - Resistência à rotura e alongamento_Método Grab_PVC.....	48
Tabela 15: Resultados obtidos - Resistência à rotura e alongamento_Método Grab_Couro natural	48
Tabela 16: Resultados obtidos -Resistência à rotura e alongamento_Método Tira_Couro reciclado.....	49
Tabela 17: Resultados obtidos -Resistência à rotura e alongamento_Método Tira_PVC	49
Tabela 18: Resultados obtidos -Resistência à rotura e alongamento_Método Tira_Couro natural	50
Tabela 19: Resultados obtidos -Resistência da costura_Couro reciclado	51
Tabela 20: Resultados obtidos -Resistência da costura_PVC.....	51
Tabela 21: Resultados obtidos -Resistência da costura_Couro natural	52
Tabela 22:: Resultados obtidos -Frictorq.....	53
Tabela 23: Resultados obtidos pH do extrato aquoso.....	55
Tabela 24: Resultados obtidos - solidez à água_Couro reciclado.....	56
Tabela 25: Resultados obtidos - solidez à água_PVC	56
Tabela 26: Resultados obtidos - solidez à água_Couro natural.....	56
Tabela 27: Resultados obtidos - solidez ao suor_Couro reciclado.....	57
Tabela 28: Resultados obtidos - solidez ao suor_PVC	58
Tabela 29: Resultados obtidos - solidez ao suor_Couro natural.....	58
Tabela 30: Resultados obtidos - solidez à fricção a seco e a húmido	59

Tabela 31: Resultados obtidos - solidez à fricção com solventes orgânicos.....	59
Tabela 32: Resultados obtidos - Resistência as condições climatéricas: luz ultravioleta e exposição à humidade.....	61
Tabela 33: Resultados obtidos - massa por unidade de superfície.....	65
Tabela 34: Resultados obtidos - espessura.....	66
Tabela 35: Resultados obtidos - inflamabilidade	67
Tabela 36: Resultados obtidos - Souplesse.....	69
Tabela 37: Resultados obtidos – Resistência à tração.....	69
Tabela 38: Resultados obtidos – Resistência à tração_Alongamentos	70
Tabela 39: Resultados obtidos – Resistência à tração_Alongamentos	71
Tabela 40: Resultados obtidos - Rasgo	72
Tabela 41: Resultados obtidos - Variação dimensional	74
Tabela 42: Distribuição das tabelas nos anexos.....	80
Tabela 43: Resumo da avaliação estatística – materiais estatisticamente semelhantes	106
Tabela 44: Resultados obtidos - aspeto liso	119
Tabela 45: Resultados obtidos - solidez à lavagem doméstica e industrial_Couro reciclado	121
Tabela 46: Resultados obtidos - solidez à lavagem doméstica e industrial_PVC.....	121
Tabela 47: Resultados obtidos - solidez à lavagem doméstica e industrial_Couro natural	122
Tabela 48: Resultados obtidos - solidez à lavagem com sabão _Couro reciclado.....	123
Tabela 49: Resultados obtidos - solidez à lavagem com sabão_PVC	123
Tabela 50: Resultados obtidos - solidez à lavagem com sabão_Couro natural.....	123
Tabela 51: Ficha de especificações segundo os resultados do CITEVE	125
Tabela 52: Ficha de especificações segundo os resultados obtidos na UM.....	131
Tabela 53: Ficha de especificações segundo os resultados obtidos na ERT	136
Tabela 54: Análise descritiva_Massa.....	139
Tabela 55: Testes de normalidade_Massa	140
Tabela 56: Teste homogeneidade de variância _Massa	140
Tabela 57: ANOVA_Massa	140
Tabela 58: Tamahane_Massa.....	140
Tabela 59: Análise descritiva_Espessura	142
Tabela 60: Teste normalidade_Espessura.....	143
Tabela 61: Teste homogeneidade de variâncias _Espessura.....	143

Tabela 62: ANOVA _Espessura	143
Tabela 63: Tamhane_Espessura.....	143
Tabela 64: Análise descritiva_Permeabilidade ao ar	145
Tabela 65: Teste normalidade_Permeabilidade ao ar	146
Tabela 66: Teste homogeneidade_Permeabilidade ao ar	146
Tabela 67: ANOVA _Permeabilidade ao ar.....	146
Tabela 68: Tukey e Scheffe_Permeabilidade ao ar	146
Tabela 69: Análise descritiva_Permeabilidade ao vapor de água.....	148
Tabela 70:Normalidade_Permeabilidade ao vapor de água.....	149
Tabela 71: Teste homogeneidade_Permeabilidade ao vapor de água.....	149
Tabela 72: ANOVA_Permeabilidade ao vapor de água	149
Tabela 73: Tamhane_Permeabilidade ao vapor de água.....	149
Tabela 74: Análise descritiva_Resistência ao rasgo-longitudinal	151
Tabela 75: Teste normalidade_Resistência ao rasgo-longitudinal	152
Tabela 76: Teste homogeneidade_Resistência ao rasgo- longitudinal.....	152
Tabela 77: ANOVA_Resistência ao rasgo- longitudinal	152
Tabela 78: Tamhane_Resistência ao rasgo- longitudinal	152
Tabela 79: Análise descritiva_Resistência ao rasgo- Transversal	153
Tabela 80: Teste normalidade_Resistência ao rasgo- Transversal	154
Tabela 81: Teste homogeneidade_Resistência ao rasgo- Transversal.....	154
Tabela 82: ANOVA_Resistência ao rasgo- Transversal.....	154
Tabela 83: Tamhane_Resistência ao rasgo- Transversal	154
Tabela 84: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal..	156
Tabela 85: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal..	156
Tabela 86: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal	157
Tabela 87: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal.....	157
Tabela 88: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal	157
Tabela 89: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal	158
Tabela 90: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal	159

Tabela 91: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal	159
Tabela 92: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal.....	159
Tabela 93: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal ...	159
Tabela 94: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal.	160
Tabela 95: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal.	161
Tabela 96: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal	161
Tabela 97: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal.....	161
Tabela 98:Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal	162
Tabela 99: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal.....	162
Tabela 100: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal.....	163
Tabela 101: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal.....	163
Tabela 102: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal....	164
Tabela 103: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal	164
Tabela 104: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal ...	165
Tabela 105: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal ...	166
Tabela 106: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal	166
Tabela 107: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal	166
Tabela 108: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal.....	166
Tabela 109: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal	167
Tabela 110: Teste de normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal	168
Tabela 111: Teste de homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal	168
Tabela 112: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal	168
Tabela 113: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal.....	169

Tabela 114: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal ..	169
Tabela 115: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal ..	170
Tabela 116: Teste homogeneidade _Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal	170
Tabela 117: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal.....	171
Tabela 118: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal	171
Tabela 119: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal.....	171
Tabela 120: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal.....	172
Tabela 121: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal.....	172
Tabela 122: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal	173
Tabela 123: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal... ..	173
Tabela 124: Análise descritivos_Resistência da costura-força transversal	174
Tabela 125: Teste normalidade_Resistência da costura-força transversal.....	175
Tabela 126: Teste homogeneidade_Resistência da costura-força transversal	175
Tabela 127: ANOVA_Resistência da costura-força transversal.....	175
Tabela 128: Tamhane _Resistência da costura-força transversal	175
Tabela 129: Análise descritivos_Resistência da costura-alongamento transversal.....	176
Tabela 130: Teste normalidade_Resistência da costura-alongamento transversal.....	177
Tabela 131: Teste homogeneidade_Resistência da costura-alongamento transversal	177
Tabela 132: ANOVA_Resistência da costura-alongamento transversal.....	177
Tabela 133: Tamhane_Resistência da costura- alongamento transversal	177
Tabela 134: Análise descritivos_Resistência da costura-força longitudinal	178
Tabela 135: Teste normalidade_Resistência da costura-força longitudinal.....	179
Tabela 136: Teste homogeneidade_Resistência da costura-força longitudinal	179
Tabela 137: ANOVA_Resistência da costura-força longitudinal.....	179
Tabela 138: Tamhane_Resistência da costura-força longitudinal	179
Tabela 139: Análise descritivos_Resistência da costura- Alongamento longitudinal.....	180
Tabela 140: Teste normalidade_Resistência da costura- Alongamento longitudinal	181
Tabela 141: Teste homogeneidade_Resistência da costura- Alongamento longitudinal	181

Tabela 142: ANOVA_Resistência da costura- Alongamento longitudinal.....	181
Tabela 143: Tamhane_Resistência da costura- Alongamento longitudinal	181
Tabela 144: Análise descritivos_Coeficiente de atrito máximo.....	183
Tabela 145: Teste normalidade_Coeficiente de atrito máximo	184
Tabela 146: Teste homogeneidade_Coeficiente de atrito máximo	184
Tabela 147: Anova_Coeficiente de atrito máximo	184
Tabela 148: Tamhane_Coeficiente de atrito máximo	184
Tabela 149: Análise descritivos_Coeficiente de atrito cinético	185
Tabela 150: Teste normalidade_Coeficiente de atrito cinético.....	186
Tabela 151: Teste homogeneidade_Coeficiente de atrito cinético	186
Tabela 152: ANOVA_Coeficiente de atrito cinético	186
Tabela 153: Tamhane_Coeficiente de atrito cinético	186

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BS – *British Standard*

CITEVE – Centro Tecnológico da Indústria Têxtil e do Vestuário

CO – Algodão

CTIC – Centro Tecnológico das Indústrias do Couro

DET – Departamento de Engenharia Têxtil

DMF – Dimetilformamida

EA – Elastano

EVA – Etil Vinil Acetato

FTIR – *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* – Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

GOTS – *Global Organic Textile Standard*

GRS – *Global Recycled Standard*

NFG – Norma Francesa

NP – Norma Portuguesa

NP EN – Versão Portuguesa da norma europeia

OEKO-TEX 100 – Todos os componentes foram testados quanto à presença de substâncias nocivas, e sendo inofensivo em termos ecológicos humanos

OEKO-TEX STeP – Produção Sustentável de Têxteis e Couro

OEM – *Original Equipment Manufacturer*

PES - Poliéster

PU – Poliuretano

PVC – Policloreto de vinilo

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

UV – Ultravioleta

1. INTRODUÇÃO

1.1. Identificação do problema

A indústria têxtil é responsável pela produção de resíduos em grande escala, sendo que estes acabam por ir parar a aterros sanitários ou incenerações. Nomeadamente na ERT geram-se grandes quantidades de resíduos da fase de corte, tendo sido necessário criar soluções de forma a diminuir o seu impacto ambiental, como por exemplo, o reaproveitamento dos desperdícios gerados, criando um substrato têxtil a partir desses resíduos. Assim, o principal desafio deste estudo centrou-se na perceção da viabilidade deste produto para integrar o mercado não só no setor têxtil moda, mas também automóvel.

1.2. Motivação e objetivos

A indústria têxtil é uma das mais importantes a nível mundial, mas tem também um nível de poluição adjacente elevado, o que levou a um incremento da preocupação com a sustentabilidade ao longo dos anos, tanto a nível social, como económico e ambiental. Atualmente, o consumidor procura um produto de qualidade que satisfaça as suas necessidades sem prejudicar o meio ambiente. Todas estas variáveis afetam o funcionamento do mercado, havendo uma necessidade de criar materiais, processos e formas de comercialização que visem minimizar os impactos ambientais provocados pelo homem (Cardoso, 2020). De forma a corresponder a esta atual consciencialização do consumidor surge a preocupação com os resíduos gerados pela indústria e os seus derivados dos processos produtivos, provenientes da fase de corte associada à produção de componentes para a indústria automóvel.

Neste contexto surgiu a proposta da ERT, uma empresa que produz maioritariamente têxteis técnicos para a indústria automóvel e que se encontra atualmente a investigar estratégias que conduzem à adoção de políticas sustentáveis e de redução do impacto ambiental. Integrado nesta vertente participou no projeto *TexBoost*, referente à sustentabilidade e economia circular, que consistiu na produção de têxteis revestidos com resíduos industriais.

Assim, este trabalho teve como principal objetivo o estudo e caracterização do material têxtil revestido com couro reciclado, proveniente do reaproveitamento das aparas de couro, avaliando o seu potencial de aplicação em áreas técnicas e funcionais, visando incorporar um modelo de economia circular.

De forma a melhor concretizar os objetivos pretendidos foi necessário efetuar um estudo acerca dos materiais mais utilizados na indústria automóvel, com características semelhantes, sendo eles o PVC e o Couro natural. Para identificar quais as características mais relevantes, tanto a nível físico como

químico, foi necessário proceder a vários ensaios comparativos entre os materiais, possibilitando perceber o quão longe o couro reciclado está de poder integrar o mercado.

1.3. Metodologias de investigação

Para o sucesso do desenvolvimento do projeto pretendido realizou-se o planeamento da metodologia de trabalho (figura 1), tendo em conta os métodos e as técnicas a seguir, assegurando o seu progresso.

Primeiramente, realizou-se a pesquisa bibliográfica na qual se executou um levantamento e análise de documentos, de forma a elucidar conceitos relacionados com o revestimento de têxteis, desde a sua definição, aos métodos e benefícios de aplicação desta técnica, bem como produtos já existentes no mercado que a utilizem. O revestimento com couro reciclado é ainda um tipo de revestimento pouco estudado, daí ser também importante fazer uma pesquisa acerca do tema da sustentabilidade e da economia circular, sem descurar a importância de conhecer as características do couro natural e dos seus resíduos, estudando métodos para a sua reciclagem, bem como alternativas já existentes.

Uma vez que o objetivo do trabalho é perceber a viabilidade do couro reciclado na indústria automóvel, considerou-se também de grande relevância recolher informações sobre a mesma, nomeadamente sobre os ensaios laboratoriais essenciais para uma correta certificação.

Na segunda fase, realizou-se o desenvolvimento experimental. Como já foi referido anteriormente, a empresa tem uma elevada quantidade de desperdícios adjacentes à fase de corte do couro, pelo que, de forma a minimizar este problema, faz uma recolha das aparas de couro e envia-as para outra empresa que prepara uma pasta com estes resíduos, possibilitando o revestimento de uma malha por raclagem. Depois deste processo, o objetivo é a sua utilização futura pela ERT na indústria da moda e do automóvel, daí ser necessário avaliar a sua qualidade através de ensaios laboratoriais de controlo de qualidade químicos e físicos. Estes ensaios foram realizados não só ao couro reciclado desenvolvido, mas também, ao PVC e ao couro natural, de forma a melhor verificar se o couro reciclado é efetivamente uma boa solução.

Após o desenvolvimento das amostras recorreu-se ao software *IBM SPSS Statistics 26*, tendo sido efetuados testes *ANOVA* paramétricos e não paramétricos, de forma a identificar diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos nos 3 materiais. A utilização deste software permitiu a análise e discussão dos resultados obtidos, a validação do revestimento têxtil desenvolvido, a perceção da qualidade do substrato e a sua semelhança com têxteis já utilizados pela empresa.

Por último, elaboraram-se as conclusões e perspetivas futuras, as quais permitiram definir que o produto tem comportamentos mecânicos muito bons, comparativamente com o PVC e o couro natural. Como

objetivo futuro, seria importante estudar o aumento da porcentagem de componentes sustentáveis do couro reciclado e realizar uma análise estatística mais detalhada, com um maior número de amostras em cada ensaio.

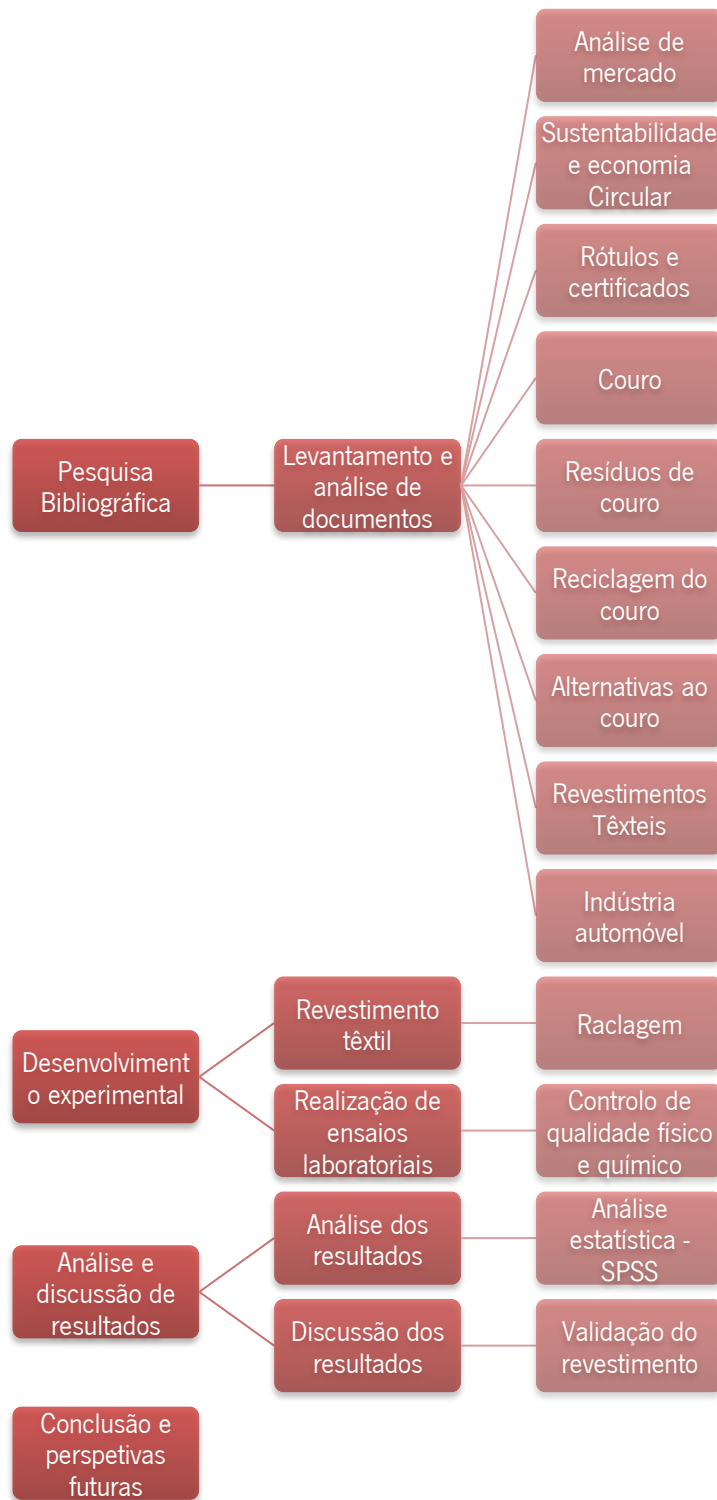


Figura 1: Estrutura do documento

1.4. Estrutura do documento

O primeiro capítulo refere-se à introdução, no qual foi elaborada a identificação do problema, de seguida explicou-se a motivação e os objetivos, indicando-se a metodologia de investigação seguida e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo refere-se à pesquisa bibliográfica, onde foi realizado um enquadramento teórico, explicando o tema e abordando aplicações já existentes no mercado, fundamentando o trabalho através dos conceitos teóricos necessários para a sua boa interpretação.

O terceiro capítulo refere-se ao desenvolvimento experimental, no qual se explicou o processo de obtenção do couro reciclado, fazendo-se posteriormente ensaios físicos e químicos ao substrato, comparando-o com o PVC e couro natural.

Depois de realizados os ensaios, foi possível fazer a análise e discussão de resultados. Sendo que, utilizou-se o software *IBM SPSS Statistic 26* para perceber se existiam diferenças significativas entre os materiais, no que concerne às propriedades de caracterização básica, às características relacionadas com o acabamento (permeabilidade ao ar e ao vapor de água), às propriedades mecânicas (resistência ao rasgo, à rotura e alongamento, segundo o método de *grab* e da tira, resistência à costura e coeficiente de atrito).

Por último, o capítulo 5, refere-se às conclusões e perspetivas futuras.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Estado da arte

O aumento da disponibilidade de produtos baratos produzidos em massa, juntamente com as constantes mudanças nas tendências resultou num desmesurado consumo de produtos nos diferentes setores industriais (Lee & Rahimifard, 2012).

No entanto, houve uma consciencialização da população para esta problemática do consumo e descarte constante de diversos produtos, existindo agora uma preocupação constante, tanto por parte da população consumidora como produtora, com o ciclo de vida de um produto, desde a sua criação ao seu destino final, surgindo assim o conceito de economia circular (Cosme, 2019).

A União Europeia está a atualizar a sua legislação em relação à gestão de resíduos para promover a mudança de uma Economia Linear para uma Economia Circular. Este novo modelo de economia refere-se a um modelo de produção e de consumo que envolve a partilha, a reparação e a reciclagem de materiais e produtos existentes, com a finalidade de aumentar o ciclo de vida desses produtos (Azambuja, 2018). Assim, a reciclagem assume uma importância ainda maior, o que fez com que a indústria têxtil tivesse a necessidade de procurar e conseqüentemente encontrar soluções que permitam melhorar a sua pegada ecológica, com o intuito de deixar de ser umas das indústrias mais poluidoras do mundo (Jornal Têxtil, 2018).

A reciclagem na indústria automóvel é uma contribuição positiva para a redução de vários impactes ambientais. De facto, a utilização de recursos que reutilizam materiais descartados ou que os usam como fontes de energia, reduz os impactes ambientais causados pela deposição destes materiais.

Nos últimos anos têm crescido os problemas ambientais associados à indústria automóvel, especialmente porque o automóvel é a maior fonte de poluição do ar, em particular para automóveis em fim de vida, sendo responsáveis por aproximadamente 30% das emissões nos países industrializados. Por este motivo, os principais fabricantes de automóveis mundiais têm-se concentrado na procura de materiais renováveis, na reciclagem de materiais em processos de fabricação e no uso de materiais menos tóxicos para melhorar a reciclabilidade do automóvel (Mao & Jin, 2014).

A conversão de peles de animais em couro permite a utilização de um resíduo orgânico da indústria alimentar para a criação de produtos valiosos, atendendo aos requisitos do consumidor em termos de conforto e moda (Ferreira et al., 2010). Este nobre material, da indústria dos curtumes, salienta-se pelas suas características únicas de resistência, elasticidade, respirabilidade, durabilidade, porosidade e estética. Em contrapartida, e como grande desvantagem, os seus resíduos são normalmente

classificados como perigosos, devido à utilização de crómio na operação de curtimento, dificultando a sua deposição em aterros industriais e por isso, estes resíduos devem ser reciclados. Não descurando também a elevada quantidade de água gasta e o dispêndio energético (Silva, 2013a).

Com a utilização do couro em grande escala, resulta um grande desperdício deste componente na fase de corte (Zattera et al., 2005). O mecanismo de reaproveitamento dos resíduos de couro exige alguns cuidados especiais, uma vez que este processo de reciclagem é lento e tem limitação técnica quanto à quantidade de resíduos que se pode incorporar no processo, sem comprometer a qualidade do produto (Filho et al., 2002).

A compreensão e desenvolvimento de métodos para reciclagem é de grande importância na indústria. Geralmente envolve trituração ou granulação, de modo que o produto seja dividido em diferentes componentes e/ou tipos de materiais. As tecnologias de reciclagem consideradas economicamente viáveis são: tecnologias de trituração e granulação, dispositivos de separação baseados em ar (as partículas granuladas são separadas com base na diferença de tamanho e massa) e separação de densidade à base de líquido. Assim, é possível recuperar couro, tecidos, espumas e borrachas, existindo para cada um dos materiais uma infinidade de aplicações, desde materiais de pavimentação a placas de isolamento (sonoro e térmico) (Lee & Rahimifard, 2012).

Embora a maioria das aplicações destes materiais provenientes de resíduos sejam consideradas *down-cycling*, ou seja, de menor qualidade do que o original, ainda existe benefício ambiental considerável em comparação com a deposição em aterros. Além disso, devido à variedade de aplicações potenciais, pode-se considerar a reciclagem de materiais promissora (Lee & Rahimifard, 2012).

Ao selecionarem sistemas atuais para a reciclagem de fibras e investirem em inovações para o futuro, as empresas podem conseguir reduções de resíduos e de custos, enquanto respondem à crescente exigência, por parte dos consumidores de sustentabilidade e transparência (Jornal Têxtil, 2018).

Os resíduos têxteis pré-consumo são, atualmente, o recurso mais viável para reciclar e regenerar fibras. Os restos de fios, tecidos e malhas recolhidos em fábricas e os desperdícios resultantes da produção são um recurso valioso que, de outra forma, acabaria em aterros ou incinerações. Como primeiro passo, o foco tem de ser reutilizar os restos da produção, quer integrando-os de novo no processo de design ou reciclando e dando origem a novas fibras (Jornal Têxtil, 2018).

Os têxteis revestidos são compósitos flexíveis que compreendem o revestimento (o polímero) e o substrato (camada têxtil) unidos através de um processo de revestimento específico que confere propriedades adicionais ao têxtil. Existem vários exemplos de têxteis revestidos, nomeadamente (Akovali, 2012):

- tendas militares - material que combina tecido de Poliamida com Cloropreno (Neoprene);
- coletes insufláveis existentes nos aviões - combinação de um tecido de poliéster revestido com poliuretano;
- roupas de proteção para bombeiros;
- casacos impermeáveis;
- estofos para carros.

A procura pelos têxteis revestidos vem da preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade. O desenvolvimento de processos de revestimento que usam menos energia, produzem menos poluição e resíduos perigosos e usam materiais de recursos renováveis ou com alta possibilidade de reciclagem estão a tornar-se práticas cada vez mais comuns (Smith, 2010).

Outro dos fatores que leva a esta crescente procura está adjacente aos avanços em têxteis funcionais e técnicos, o têxtil está a deixar de ser visto como um produto para a comodidade, tornando-se um produto de alta engenharia com propriedades personalizadas. São necessários processos de revestimento mais flexíveis, precisos e diversificados com a capacidade de lidar com uma variedade de materiais de revestimento - substratos, polímeros e filmes. Equipamentos de revestimento versáteis que podem conduzir múltiplos processos de revestimento foram introduzidos no mercado, possibilitando uma flexibilidade do processo, bem como uma rápida resposta à grande procura (Smith, 2010).

Com os avanços tecnológicos, torna-se possível um controlo mais preciso do processo de revestimento, além disso, as inovações acerca da ciência dos materiais, nanotecnologia e biotecnologia estão a trazer novos materiais para o processo de revestimento, destacando-se o desenvolvimento de tecidos considerados inteligentes (Smith, 2010).

O revestimento é uma tecnologia-chave para ampliar as possibilidades dos têxteis, porque podem ser usados para adicionar funções e propriedades valiosas e criar sistemas de alta engenharia. Este método tem sido amplamente utilizado em aplicações têxteis tradicionais, como vestuário e estofos, proporcionando resistência a líquidos, gases e sujidade, conferindo propriedades de retardamento ao fogo e aparência de couro. O revestimento também é uma ferramenta indispensável para têxteis técnicos, como filtração, aplicações automotivas, geotêxteis e artigos de higiene (Smith, 2010).

2.1.1. Análise de mercado

Existem já no mercado diversas marcas que procuram responder às diferentes questões ambientais, surgindo assim produtos inovadores e com uma vertente mais ecológica. Nas tabelas 1,2 e 3, encontram-se descrições de produtos que já existem no mercado e que visam integrar-se no conceito de economia circular. A primeira tabela faz referência a alternativas sustentáveis que existem no setor automóvel, a tabela 2 descreve imitações de pele feitas com materiais naturais e a última tabela descreve produtos que contêm couro reciclado.

Tabela 1: Alternativas sustentáveis na indústria automóvel

Fabricante	Descrição do projeto
Lear – Ford (bio-polymers, 2006b)	Espuma à base de soja nos apoios de cabeça (Lackner, 2015).
Mazda & Teijin Fibers (bio-polymers, 2007)	100% de poliacido láctico (PLA) – plástico feito a partir de ácido láctico, obtido de carboidratos fermentados, como a cana-de-açúcar.
Toyota (Dang, 2011)	Bioplástico feito de cana-de-açúcar. Fazem PET substituindo o monoetileno glicol por um material biológico derivado da cana-de-açúcar.
Buick – Federal Mogul (Federal Mogul, 2011)	<i>QuietShield</i> GRN - Embalagens de papelão e outros materiais, em vez de irem para aterro ou reciclagem, são recolhidos, triturados e combinados com outros materiais reciclados.
Toyota (Lee & Rahimifard, 2012)	Produtos de isolamento acústico reciclados, como painéis de fundo do painel de instrumentos, obtidos a partir da reciclagem de resíduos de trituração automotiva de espumas têxteis .
BMW (<i>Old Plastic for New Bmws</i> , n.d.)	Lã feita de sementes de sumaúma e borra de café - absorve odores.
BMW i3 (Woodyard, n.d.)	Painel feito de eucalipto certificado, couro curtido com folha de oliveira, cânhamo e kenaf. Plástico reciclado nos assentos.
Fiat (O’Dell, 2015)	A Fiat usou poliamidas derivadas de óleo de rícino e poliuretanos derivados de soja (Lackner, 2015)
General Motors (Recycling Today, 2016)	Recicla garrafas de plástico.

Faurecia – Peugeot; Fiat; Jaguar; Land rover; Renault (bio- polymers, 2018)	NAFILEan integra fibras naturais à base de cânhamo, em conjunto com polipropileno, permitindo várias formas e pouco peso.
---	---

Tabela 2: Imitação de pele com alternativas naturais

Fabricante	Descrição do projeto
(B. M. S. Pereira, 2015) Couroecol (eco4u, 2012)	Granulagem dos desperdícios de couro + ligante à base de água com fungicida e bactericida. Prensagem e secagem
J. Vaz Pinheiro (Pinheiro, 2014) - NaturDecoTech	Resíduos de pele animal são selecionados e preparados para reutilização.
Pellemela (Riccio, 2015) Frumat (Ecorebels, n.d.)	Restos das maçãs gerados nas fábricas de sumos, casca e caroço, são desidratados e triturados. Misturando-os depois com pigmentos, água e PU, obtém-se a pasta a ser espalhada sobre um substrato, concebendo um produto semelhante ao couro.
Tree Tribe (Joe, 2017)	Folhas caídas de teca (árvore asiática) ou banana, são embebidas em água, tingidas e depois colocadas juntas a secar, de forma a agrupá-las, produzindo uma grande folha de material colocada sob um tecido de algodão, por cima é colocado um filme que sela a camada da folha e protege enquanto mantém a textura e a sensação das folhas.
Vegea – Wine leather (Madonia, 2019)	Bio óleo obtido a partir dos restos da produção do vinho, que é polimerizado. <i>Coating</i> e acabamento, obtendo-se um produto semelhante ao couro animal.
Ananas Anam – Pinatex (Kohlbacher, 2019)	A fibra extraída das folhas de ananás é lavada, seca e degomada, tornando-se um material flexível e macio como o algodão. Depois é convertido num não tecido por agulhagem. Posteriormente é processado até se obter um material semelhante ao couro, este revestimento contém PLA e resina PU.

Nat-2 (nat-2, n.d.)		Utiliza materiais feitos a partir de recursos renováveis como o leite, café, pedras/rochas, folha de canábis e até mesmo flores
Beyond Leather (vegoconomist, 2020)		Faz um revestimento com a polpa da maçã desperdiçada no processo de produção de sidra.
Cactus Leather Desserto (Desserto, 2020)		Folhas dos catos são colhidas e secas, posteriormente transformadas em pó e misturadas com ligantes não tóxicos e corantes.
Zoa da Modern Meadow (Modern Meadow, 2021)		Materiais criados com colagénio, produzido através de células não animais concebidas para esse efeito, que passam por um processo de levedura. Curtição e acabamento semelhante, mas menos perigoso do que o curtimento do couro.
Corn leather	e-Ultra (Luxtra, n.d.) Fiscatech Veja Viridis (Viridis, n.d.)	Substrato têxtil base de CO orgânico com revestimento de Polpa de milho e poliuretano biológico. Sofre um processo de extrusão, onde são adicionados pigmentos. Material passa por rolos aquecidos e depois num cilindro que arrefece, suaviza e endurece a superfície do material.

Tabela 3: Couro reciclado

Fabricante	Descrição do projeto
Buxkin (Biddulph, 2018)	Material flexível feito de couro reciclado proveniente dos restos de couro das solas dos sapatos que são triturados e depois misturados com água, látex, pigmentos coloridos e outros aditivos.
EcoDomo (CITEVE, 2019)	Possui algumas coleções com couro reciclado. Este é obtido por fibras de couro pulverizadas, obtendo materiais com um conteúdo de couro até 70%. Está disponível para diferentes aplicações, tais como mobiliário, painéis, piso, etc.
EmbraceTM (CITEVE, 2019)	Possui diferentes materiais, semelhantes ao couro, obtidos de resíduos de couro (43-58 %), misturados com algodão e poliéster, e um topcoat de PU.
Akto Planning da Coreia do Sul (Paris, 2019)	Desenvolvimento de materiais de couro eco sustentáveis. O EST é obtido pelo método de compressão em molde dos resíduos de couro selecionados e verificados em termos de qualidade. O FLEX também é obtido por um processo similar, tendo ainda um passo extra de formação das folhas de couro reciclado, as quais podem ser customizadas com diferentes efeitos. Este material tem sido usado em malas, calçado, forro de assentos automóveis, mobiliário. O ERLY pode ser obtido 100% de resíduos de couro, usando os processos “convencionais” de obtenção das fibras, cardação e fiação. O ERLT é um têxtil, com diferentes cores, texturas e estruturas, feito com o fio ERLY. Tanto o ERLY como o ERLT possuem características inerentes do couro, como propriedades antibacterianas.
FC Creacio de Espanha (CITEVE, 2019)	Material ousado, obtido por uma camada fina de resíduos de couro (de pele curtida acabada ou não-acabada) que são processados em pequenas fibras, aglomerados e depositados sobre um substrato de algodão 100% reciclado.
ELeather (ELeather, 2020)	Produção de couro a partir de couro tradicional, provenientes da produção de calçado e componentes automóveis, evitando que seja enviado para aterros. Resíduos são moídos e filtrados para produzir fibras de couro individuais que posteriormente são interligadas. O

	substrato têxtil é revestido pelos dois lados por hidro emaranhamento, sem necessidade de adesivos. Finalizado com cor e textura desejada.
NATco (NATco, n.d.)	Restos das aparas de couro unidos através de cola natural. São usados óleos naturais como corantes de forma a alcançar a aparência de pele, evitando o uso de metais tóxicos como o crómio.
Recyc Leather TM (RECYC Leather, n.d.)	Transformação das sobras de couro resultantes da fabricação de luvas de couro – recolha e trituração dos resíduos, “colados” com utilização de latex natural para produzir um novo substrato. 60 % resíduos de couro, 30 % latex (um ligante natural) e 10 % outros produtos

2.2. Conceitos teóricos

2.2.1. Sustentabilidade e economia circular

Para a criação de produtos sustentáveis é necessário não só compreender o conceito, mas também saber interpretá-lo de forma correta. É fundamental ter conhecimento de toda a vida útil do produto e aplicar o conceito em todas as suas fases.

Etimologicamente, a palavra sustentável teve origem no latim *sustentare*, que significa “sustentar”, “apoiar” e “conservar”. Num modo geral, o conceito de sustentabilidade está relacionado com um conjunto de ideais, estratégias e outras atitudes etimologicamente corretas, economicamente viáveis e socialmente justas. A sustentabilidade nada mais é do que a garantia para a sobrevivência dos recursos naturais do planeta (Cardoso, 2020).

A sustentabilidade define ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações (Keeble, 1988).

A economia circular é um conceito estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, e na utilização de novos modelos de negócio (Fernandes et al., 2018):

- Reduzir, implica melhores processos de fabricação para reduzir consumo de matérias-primas, economizando os custos de produção e reduzindo desperdícios;
- Reutilizar implica aumentar os tempos de utilização de componentes para reduzir os recursos consumidos e a emissão de poluentes;

- Recuperar, implica o uso do produto muitas vezes no seu estado primário ao invés de um único, sendo possível a reparação e substituição de peças;
- Reciclar exige que quando os componentes completam as suas funções, estes poderão ser novamente utilizados, ao invés de esperar pela sua eliminação.

Procura conceber produtos, serviços e modelos de negócio que excluam a produção de resíduos e poluição, manter produtos e materiais em utilização pelo máximo tempo possível, assim como garantir a regeneração dos recursos utilizados (Azambuja, 2018).

Para fazer face ao impacte no ambiente, a União Europeia pretende acelerar a transição para uma economia circular. Em março de 2020, a Comissão publicou um novo plano de ação para a economia circular, que abrange uma estratégia da EU para os têxteis, com o objetivo de estimular a inovação e impulsionar a reutilização no setor. Em fevereiro de 2021, o Parlamento votou o novo plano de ação para a economia circular exigindo medidas adicionais para alcançar uma economia neutra em termos de carbono, sustentável, livre de substâncias tóxicas e totalmente circular até 2050, incluindo regras de reciclagem mais rigorosas e metas obrigatórias para a utilização e consumo de materiais até 2030 (Parlamento Europeu, 2021).

Segundo Cosme (2019), a economia circular rege-se por cinco princípios, nomeadamente:

- Desenhar produtos mais duradouros, com maiores ciclos de vida;
- Produzir sem poluir, utilizando menores quantidades de recursos, componentes não tóxicos e processos de produção energeticamente mais eficientes;
- Realizar uma distribuição mais eficiente, privilegiando, por exemplo, os meios de transporte mais sustentáveis;
- Usar o produto durante o máximo de tempo possível, sendo possível a reparação e substituição de peças;
- Transformar o fim de vida útil de um produto num novo princípio, assegurando uma reentrada no ciclo através da reutilização dos materiais ou do aproveitamento dos resíduos.

2.2.2. Rótulos e certificados

A necessidade dos rótulos e certificados advém da necessidade de diferenciar produtos realmente sustentáveis dos demais. O produto em questão neste trabalho foi desenvolvido, tentando corresponder aos rótulos seguintes:

- REACH, é um regulamento criado pela União Europeia com o objetivo de registar, avaliar, autorizar e restringir o uso de produtos químicos. Este regulamento é direcionado a empresas

que utilizem mais de uma tonelada por ano de produtos químicos, sendo bastante comum em empresas de curtumes (Cardoso, 2020).

- RCS – *Recycled Claim Standard*, classifica o material reciclado presente no produto final (Textileexchange, n.d.);
- GRS – *Global Recycled Standard*, tal como anterior é utilizado para classificar materiais reciclados, tendo como objetivo principal quantificar o material reciclado presente no produto final (por rastreabilidade), sendo que para o produto ter o rótulo deve ter no mínimo 50% de material reciclado (Textileexchange, n.d.);
- LCA – *Life Cycle Assessment*, mede os atributos ambientais, sociais e económicos de um produto, material ou processo (Intertek, n.d.).

2.2.3. Couro

De forma geral, o couro é uma pele animal que passou por processos de limpeza, de estabilização (dada pelo curtimento) e de acabamento, para a confeção de calçado, peças de vestuário, revestimentos de mobília e de estofos de automóveis, bem como de outros artigos. A indústria portuguesa de peles e curtumes apresenta há quase uma década indicadores de forte e continuado crescimento. O setor viu o seu volume de negócios aumentar, totalizando 368 milhões de euros em 2017. E parece que nem mesmo a consciência social e a defesa dos animais fazem abrandar a dinâmica (Pereira, 2019).

O principal destino sectorial do couro tem sido tradicionalmente o sector do calçado. Continua a ser ainda o principal destino da produção, representando 38% da produção europeia. Contudo, em anos recentes outros sectores de destino têm reforçado a sua importância, como é o caso do sector da marroquinaria – malas e acessórios – (22%) e dos estofos de automóveis (13%). A indústria de curtumes europeia é a líder mundial em termos de qualidade, e a qualidade significa valor, colocando o couro europeu nos segmentos de topo em todos os principais destinos de mercado sectoriais e geográficos. Estima-se que o segmento de topo representa 25% da produção europeia, seguido pelo segmento médio-alto com cerca de 34% (Cotance, 2020).

O gráfico da figura 2 ilustra os principais destinos da produção europeia do couro.

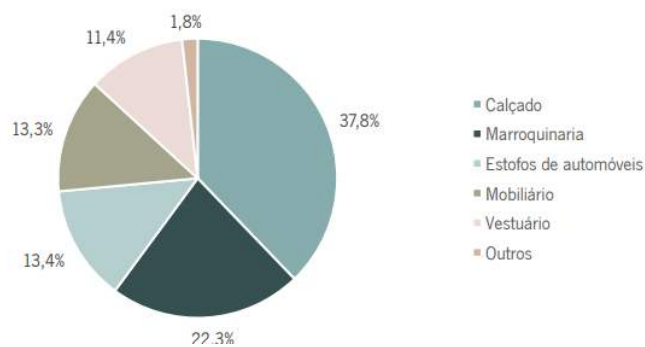


Figura 2: Áreas de aplicação do couro (Pereira et al., 2021)

Dados da UNIDO (2010), referem que na Europa, 14% de todos os novos automóveis têm revestimentos de couro e um adicional de 4% são feitos em combinações de couro, têxteis, materiais compósitos e da imitação de couro. A tendência é para crescer e a percentagem de veículos com capa de couro em assentos é um pouco maior nos EUA do que na Europa.

O couro é um material natural que é extraído de vários animais, sendo os mais comuns os obtidos de peles de animais como vacas, ovelhas, cabras, porcos e cavalos. Foi uma das primeiras grandes descobertas feitas pelo homem, que o começou a usar para se proteger das intempéries, construindo cabanas, peças de vestuário e calçado (Fibrenamics, n.d.). Contudo, as peles, sem tratamento deterioram-se, apodrecendo e adquirindo mau cheiro difícil de suportar. Com o intuito de impedir este processo degenerativo natural foram estudados vários tipos de tratamento com os mais variados produtos. O processo utilizado desde sempre para travar esse processo degenerativo era a exposição das peles ao fumo, o que na verdade era uma espécie de curtimento, eram feitas fogueiras que serviam para secar e conservar as peles (Silva, 2013a).

Pode afirmar-se que os métodos utilizados no curtimento das peles até ao século XIX tinham sido descobertos de forma mais ou menos acidental, sendo que, correntemente é utilizado o couro de curtimento vegetal (taninos), curtimento com crómio (sulfato e outros sais de crómio) e curtimento mineral (com alúmen e aditivos)(Silva, 2013a).

A pele em vida é constituída na sua maioria por água (64%), no entanto, quanto mais velho for o animal, maior será a quantidade de proteína fibrosa e menor a de água. Consoante as suas características e de acordo com a sua qualidade, espessura e elasticidade, a pele é dividida por regiões, como representado na figura 3. As regiões da pele estão sujeitas a diferentes níveis de tração e a elasticidade influencia o aspeto e a qualidade do produto, sendo sempre preciso verificar os sentidos de elasticidade no couro para saber como orientar o corte da peça (Silva, 2013b).

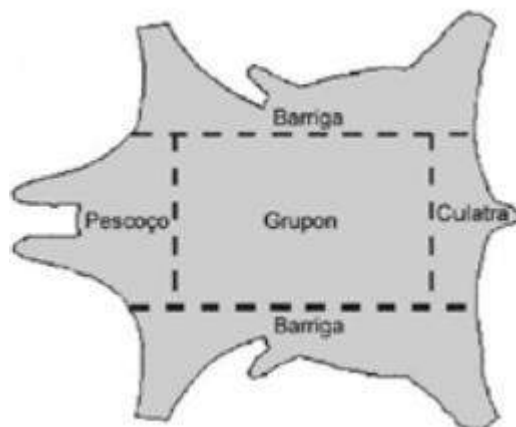


Figura 3: Regiões do Couro natural (Silva, 2013b)

O couro natural passa por um processo de curtume que pode ser químico ou orgânico. Como este processo implica a utilização de químicos poluentes, soluções mais amigas do ambiente começaram a surgir, como os materiais apresentados nas tabelas 1, 2 e 3. O couro tem três vezes mais impacto ambiental que os seus equivalentes sintéticos derivados de poliuretano (PU). Este impacto é causado não só no processo de transformação da pele animal em couro, mas em toda a vida útil do animal, uma vez que a pecuária é também uma das indústrias mais poluentes (Cardoso, 2020).

2.2.3.1. Curtume químico

A pele é transformada em couro através da sua combinação com certos produtos que possuem a capacidade de se ligarem quimicamente, estabilizando a estrutura do colagénio. A revolução industrial introduziu a mecanização e a utilização de novas substâncias químicas, o que permitiu reduzir o tempo de produção do couro. O curtimento com crómio é dos mais utilizados, demorando cerca de 4 a 5 semanas (CTIC, n.d.).

O processo de curtimento com crómio, no qual se obtém um produto de cor azulada, designa-se por o *wetblue*, assim o couro é transformado e preparado, podendo posteriormente receber qualquer tipo de acabamento. As operações de acabamento concedem várias propriedades ao couro, como o toque, a maciez e a aparência desejada. Os tipos de couro mais comuns derivados do *wetblue*, dependendo do seu acabamento são: napa, anilina, *nubuck*, verniz, croco e semi-anilina (Silva, 2013a).

O processo de transformar peles em couros possui várias etapas e estas repetem-se algumas vezes (CTIC, n.d.):

1. extração da pele dos animais, a qual deve ser conservada até começar a ser trabalhada;
2. lavagem das peles, onde se retiram todos os resíduos de gordura, pêlos, etc.;

3. curtume – processamento da pele através de substâncias, transformando-a efetivamente em couro;
4. descanso;
5. acabamentos – aplicação de cores e textura.

Devido às quantidades de crómio utilizado, os resíduos produzidos são considerados demasiado perigosos, esta substância provoca alergias de pele e é extremamente prejudicial para a saúde. O couro curtido com crómio pode ser um risco para a sensibilização e induzir a dermatite alérgica, considerada grave quando comparada com outras alergias de contacto direto (Silva, 2013a).

2.2.3.2. Curtume orgânico

Os couros derivados de curtume vegetal são flexíveis e de cor acastanhada, esta cor altera-se consoante a cor original e o tipo de banho utilizado no curtimento. Não são estáveis em contacto com água, quando imersos em água quente encolhem e depois de secos são rígidos e quebradiços. Por outro lado, os resultantes do curtimento com crómio são mais flexíveis e deformáveis, não encolhem nem descoloram, para além de serem mais fáceis de tingir. Essa evolução a nível dos métodos de curtimento do couro/pele permite obter todos os tipos de artigos (Silva, 2013b).

2.2.3.3. Propriedades do couro

Embora o couro natural apresente como desvantagem o impacto ambiental, é considerado um material excelente, nobre, versátil e com muitas possibilidades de usos, devidos as suas excepcionais propriedades (Silva, 2013a):

- É uma barreira de calor e proporciona um excelente isolamento térmico. O couro contém uma elevada quantidade de ar, sendo mau condutor de calor, o que faz com que seja muito confortável para a pele humana; A propriedade “termostática” do couro torna-o quente no inverno e fresco no verão;
- Resistente ao fogo
- É capaz de armazenar grandes quantidades de vapor de água, como a transpiração humana, e, em seguida, dissipá-la mais tarde;
- Pode ser flexível ou duro, podendo ser moldado numa determinada forma e depois remodelado para uma outra mais tarde;
- Elevada resistência mecânica (rasgo, força de rotura e alongamento), fazendo com que os artigos durem mais tempo, mantendo uma boa aparência;

- Resistente à abrasão, em ambientes secos e molhados, o que faz dele um excelente protetor da pele humana;
- O couro pode ser tingido em muitas cores diferentes, tornando-o atraente para a produção de roupas, mobiliário e para muitas outras aplicações em que a cor seja primordial.

2.2.4. Resíduos de couro

Apesar das muitas metodologias e sistemas estudados e implementados nas últimas décadas, que permitiram a minimização da produção de resíduos durante o fabrico do couro e do seu processamento pelas indústrias (automóvel e calçado), estes processos de produção geram inevitavelmente resíduos de couro (CITEVE, 2017). Os resíduos de couro curtido com crómio têm sido objeto de centenas de estudos e análises, com o objetivo de reciclá-los. Embora, a sua deposição em aterro continue a ser a opção mais frequente, esta é cada vez mais difícil devido a restrições de natureza ambiental, pelo que o estudo e investigação de alternativas sustentáveis para a valorização destes resíduos é permanente, permitindo o fabrico de novos materiais mais sustentáveis (CITEVE, 2017).

Os resíduos de couro tratado com crómio apresentam baixa capacidade de compactação e densidade, apresentando, portanto, altos custos de deposição por unidade de massa. Além disso, o custo de eliminação aumenta à medida que aumenta a sua perigosidade (Ferreira et al., 2010).

Para que os resíduos possam ser aplicados em revestimentos têxteis, é necessário apresentarem uma granulometria adequada. As partículas poderão ser uniformes ou não, dependendo do efeito desejado, mas não poderão ter dimensões elevadas, devido à fraca adesão no substrato têxtil. Para tal, os resíduos terão que ser moídos e as partículas terão que possuir tamanhos pouco variados, para aplicação de revestimentos mais uniformes (CITEVE, 2019).

Os resíduos de couro, para além da moagem, também podem ser usados para extração do colagénio. Para tal processo, existem diferentes métodos, tais como a hidrólise química (alcalina ou ácida) e enzimática. O colagénio consiste numa proteína fibrosa, insolúvel e inerte, que após hidrólise alcalina/ácida/enzimática é dividido em gelatina e colagénio hidrolisado (solúvel), por meio da quebra da ligação crómio-colagénio, estabelecida durante a fase de curtume e da quebra de ligações não covalentes na estrutura da proteína que conduzem ao seu inchaço e solubilização (CITEVE, 2019).

2.2.5. Reciclagem do couro

O processo de reciclagem de couro envolve o tratamento de resíduos que são descartados pelos produtores de curtumes e outras indústrias de produtos de couro para calçado, mobiliário, automóvel,

entre outros. As soluções de reciclagem disponíveis para o couro curtido com crómio podem envolver a aplicação direta dos resíduos, ou a aplicação após tratamento por processos físicos, químicos ou enzimáticos.

Quanto ao processamento físico, este baseia-se maioritariamente na trituração e moagem dos resíduos de couro, para determinadas aplicações podem ser misturados com resinas e catalisadores para posterior prensagem entre moldes metálicos com várias configurações e tamanhos, podendo ser produzidos em várias camadas. Assim, conseguem-se produtos finais com muita boa aparência, sem necessidade de qualquer acabamento adicional, com bom isolamento acústico e até bom isolamento térmico (Green living, 2010). Algumas empresas de reciclagem de couro começam também a preocupar-se com o impacto ambiental dos seus processos de reciclagem, procurando utilizar borracha natural como ligantes dos desperdícios de couro, reduzindo a necessidade de quaisquer substâncias químicas nocivas ou colas duras no seu processo de reciclagem. Usando, por exemplo, óleos naturais e taninos vegetais para colorir os produtos de couro reciclado, alcançando uma aparência desejável de couro de grão integral, evitando o uso de quaisquer metais tóxicos. Este processo resulta em produtos de couro reciclado altamente flexíveis e respiráveis, que podem ser utilizados nas mais delicadas aplicações, como estofos e vestuário (Green living, 2010).

Para obter produtos tratados economicamente mais valiosos, técnicas biotecnológicas envolvendo álcalis e enzimas têm sido estudadas para decompor aparas de couro em gelatina e/ou hidrolisado de proteína com baixo teor de crómio (Ferreira et al., 2010).

A literatura sugere que os resíduos de couro curtido com crómio podem ser tratados através de alternativas tecnológicas mais sustentáveis, nomeadamente por via húmida. A hidrólise de aparas com óxidos, como CaO, NaOH e MgO a temperaturas moderadas e descromação moderada foram estudados para reciclar aminoácidos e peptídeos utilizáveis para alimentação animal, fertilizantes, embalagens para agricultura e para produzir reagentes para fechar o ciclo de curtimento (R. J. Santos et al., 2015).

O tratamento com ácido das aparas de couro curtidas com crómio também foi estudado e leva à remoção e dissolução do crómio III do complexo colagénio-crómio. A hidrólise de ácido sulfúrico foi usada para converter as aparas em produtos finais reutilizáveis no processo de produção de couro. Também foi estudada a descromação de aparas de couro com agente complexante de sulfato de sódio. Mais recentemente, os ácidos fórmico, fosfórico e nítrico foram usados para a hidrólise dos produtos resultantes das aparas de crómio hidrolisadas por via alcalina enzimática.

O estudo realizado por Ferreira et al. (2010) consiste na aplicação de um tratamento com ácido às aparas de couro tratadas com crómio resultantes da indústria do calçado, com o objetivo de recuperar o crómio com ataque à matriz orgânica limitado, com um tratamento de baixo custo, fácil e viável.

Os resíduos de couro podem ainda ser processados por via enzimática, de modo a obter-se colagénio (subproduto) para aplicação em produtos de valor acrescentado. Os processos de hidrólise, além da gelatina rica em colagénio, também geram Cr(VI), para reutilização no processo de curtimento do couro. Outro tipo de processamento químico reportado para a recuperação de Cr(VI) envolve a incineração de aparas curtidas e raspas azuis, e posterior transformação das cinzas por meio da conversão de óxido de crómio(III) em cromato de sódio [Cr(VI)] (Santos, 2013).

Vários estudos indicam que o colagénio hidrolisado tem sido aplicado no processo de fabrico do couro, e na produção de compósitos, com PVP (Polivinilpirrolidona) (Ashokkumar et al., 2010) e derivados de celulose (Ashokkumar et al., 2011), para aplicação em produtos na área do calçado, vestuário, etc. O colagénio nativo e seus derivados têm sido vastamente estudados para a produção de fibras têxteis por *wet spinning* e *electrospinning* para serem utilizadas como matrizes capazes de potenciar o crescimento celular.

Para além da produção de fibras e fios têxteis, o colagénio é também utilizado em formulações de *coating*, dada a facilidade de obtenção de agregados e géis desta proteína. De acordo com o levantamento bibliográfico efetuado, *coatings* de natureza proteica são muito frágeis, sendo necessária a adição de um plastificante à formulação para conferir maior coesão e resistência à quebra do *coating* após aplicação no substrato. É ainda referida a possibilidade de adição de um surfactante ou de um ligante à formulação, com o intuito de melhorar a adesão do *coating* proteico ao substrato. Dadas as propriedades de expansão da sua matriz polimérica na presença de água, um *coating* à base de colagénio poderá ser utilizado para transporte/libertação de agentes ativos. Na Figura 4 encontra-se explicado de forma esquemática o procedimento de obtenção de uma formulação de natureza proteica para *coating*.



Figura 4: Representação esquemática do procedimento de obtenção de uma formulação proteica para coating de diferentes substratos (CITEVE, 2017)

Através destes processos os resíduos de couro têm sido usados em materiais *leather-like*, materiais de construção, como aditivos para compósitos termoplásticos, e como materiais de enchimento para reforço de borrachas (CITEVE, 2017).

2.2.6. Revestimento de têxteis

Os têxteis revestidos são componentes flexíveis, constituídos por um substrato têxtil e um revestimento polimérico. O revestimento pode ser de um só lado, ou em ambos com o mesmo revestimento ou diferentes consoante o lado. A escolha do tipo de fibra depende da aplicação a que se destina. Durante muitos anos o algodão foi a fibra mais usada, mas atualmente a utilização de substratos de origem artificial (viscose) e sintética (poliamida, poliéster) é mais frequente, devido às suas melhores propriedades (Machado, 2015). Em termos de estrutura têxtil, podem ser utilizados quer tecidos, quer malhas ou ainda não-tecidos. A escolha do tipo de fibra, título do fio e estrutura é determinante para as propriedades do material a revestir (Dâmaso, 2009).

Um revestimento químico é uma formulação que pode ser aplicada a qualquer material com o objetivo de potencializar certas propriedades ou dar novas propriedades a esse material. Os diferentes tipos de propriedades que um revestimento químico pode conferir são: repelência à água, retardamento de chama, durabilidade, antiestático e diversas cores (Clifton, 2019).

“O revestimento de têxteis, também conhecido por *coating*, consiste na deposição de uma camada de material polimérico na superfície de um substrato, conferindo novas características ao tecido base” (Silva, 2015).

Existem vários métodos de revestimento, podendo ser classificados com base no equipamento usado (Sen, 2008):

- Revestimento fluído (material de revestimento na forma de pasta, solução ou rede):
 - Revestidores de faca;
 - Envernizadores de rolo: revestidores de rolo reverso, revestidores de beijo, revestidores de gravura, revestidor de imersão, etc.;
 - Impregnadores: o material a ser revestido é mergulhado no fluido e o excesso é removido com rolo de compressão ou lâminas raspadoras;
 - Revestidores de spray: o material é pulverizado diretamente na teia ou num rolo de transferência.
- Revestimento com composto seco (pó sólido ou filme):

- *Hot melt*/Revestimento fundido: revestimento de extrusão, revestimento em pó, etc. O polímero previamente fundido é aplicado sobre o têxtil;
- Calandragem: para polímeros termoplásticos e compostos de borracha;
- Laminagem: colagem de duas superfícies.

A escolha de um método de revestimento depende de vários fatores (Sen, 2008):

- Natureza do substrato têxtil;
- Forma da resina e viscosidade do fluido de revestimento;
- Produto final e precisão de revestimento desejada;
- Economia do processo.

O tecido revestido resultante terá muitas propriedades que não podem ser oferecidas por nenhum dos componentes individualmente e é necessária uma consideração cuidadosa para selecionar o tecido de base e o polímero de revestimento. O substrato têxtil contribui para as propriedades dimensionais, de resistência (rasgo e tração) e alongamento, proporcionando força, estrutura e flexibilidade ao produto (Clifton, 2019).

Como foi referido anteriormente, o algodão foi o primeiro tecido utilizado no revestimento têxtil e ainda é utilizado em grande quantidade. Contudo, em aplicações onde a resistência é necessária, foi substituído por poliamida e poliéster, que têm relações de resistência e peso consideravelmente maiores. O algodão também é vulnerável à humidade e conseqüentemente ao ataque microbiano, mas tem certas vantagens sobre as fibras sintéticas, tal como, melhor adesão do polímero, pois o curto comprimento da fibra e superfície mais áspera, fornecem mais oportunidade para a ancoragem mecânica do polímero.

O algodão em geral, não pode ser diretamente revestido, porque as extremidades da fibra podem causar furos, ou ser raspadas ou arrancadas, causando uma superfície áspera. Porém, não se aplica quando a espessura do revestimento é suficiente para cobrir completamente qualquer extremidade da fibra. Os tecidos que incorporam alguns fios texturizados de filamentos contínuos, como texturizados com falsa torção, podem, em alguns casos, ser revestidos diretamente e a textura do fio pode melhorar a adesão do revestimento por meios mecânicos (Machado, 2015).

Poliéster e Poliamida são as principais fibras utilizadas, devido à sua força e resistência à humidade, óleos, micro-organismos e muitos produtos químicos comuns. Geralmente, o poliéster é mais resistente à luz e à degradação ultravioleta do que a poliamida, enquanto a poliamida é mais resistente à hidrólise. O uso do poliéster cresceu em detrimento da poliamida, por causa da sua melhor estabilidade

dimensional e resistência ao encolhimento, bem como, menor extensibilidade e custo. Os fios de poliamida e poliéster de alta tenacidade são usados em muitos artigos revestidos para fornecer resistência extra.

As fibras de aramida são usadas onde são necessárias propriedades mais especializadas, como alta relação resistência/peso e resistência a altas temperaturas (Fung, 2002).

As fibras acrílicas são usadas para algumas aplicações onde é necessária uma resistência muito alta aos raios ultravioleta, como toldos, tetos de carros e capôs de descapotáveis.

As fibras sintéticas de filamentos contínuos mais suaves frequentemente requerem meios mais especializados de promoção da adesão fibra-polímero, especialmente com PVC e revestimentos de borracha (Fung, 2002).

Dependendo do tipo e quantidade dos componentes, bem como da ligação e do processo de revestimento aplicado, as características do material composto a preparar podem ser planeadas para corresponder ao uso futuro pretendido (Giessmann, 2012).

O revestimento envolve diferentes camadas de materiais e alcançar uma forte ligação entre camadas é um dos principais objetivos desse processo. O nível de adesão é determinado pelas forças de coesão dos materiais, o volume e as interações entre camadas. Outro fator que contribui para a adesão é a difusão interfacial das cadeias poliméricas. Quando há interação e afinidade suficientes entre duas fases, é possível que as moléculas de polímero se difundam além da interface para formar estruturas emaranhadas com a outra fase, ocorrendo normalmente, quando as moléculas de polímero possuem alta mobilidade, ou seja, quando o material é aquecido acima de sua temperatura de transição vítrea, fazendo com que as cadeias de polímero apresentem maior mobilidade, penetrando mais profundamente por difusão e aumentando a força de adesão, se o tempo permitir. Portanto, o tempo e a temperatura no revestimento desempenham um papel importante na força de adesão (Smith, 2010).

Os materiais mais utilizados em revestimentos têxteis são (Akovali, 2012):

- Polímeros termoplásticos, consistem em moléculas individuais de cadeia longa que podem ser amolecidas com a temperatura e, portanto, em princípio, são reprocessáveis.
- Polímeros termofixos, são redes tridimensionais fortes nas quais as moléculas individuais de cadeia longa são interconectadas entre si por fortes ligações covalentes primárias. Os termofixos são geralmente criados na forma final do produto e só podem ser decompostos a altas temperaturas. São duros e vítreos à temperatura ambiente e não podem ser amolecidos pelo calor.

- Elastómeros/Borrachas, têm redes 3D mais flexíveis, são macios e elásticos em temperatura ambiente. Entre as cadeias existem enredamentos físicos que atuam como ligações cruzadas físicas.

O revestimento agrega valor aos têxteis, melhorando e ampliando o seu desempenho e apelo estético. No passado o revestimento chegou a ser visto como um problema ambiental, pois muitos países estavam a tentar banir um dos polímeros mais comumente usado, o PVC, por se prejudicial ao meio ambiente. No entanto, as técnicas e a tecnologia de revestimento têxtil avançaram e diversificaram-se consideravelmente nas últimas duas décadas, à medida que aumentou o uso de têxteis técnicos. Essas técnicas levam cada vez mais em consideração o impacto ambiental, sendo que a sustentabilidade e eficiência são dois importantes benefícios do revestimento têxtil (Clifton, 2019).

2.2.6.1. Raclagem

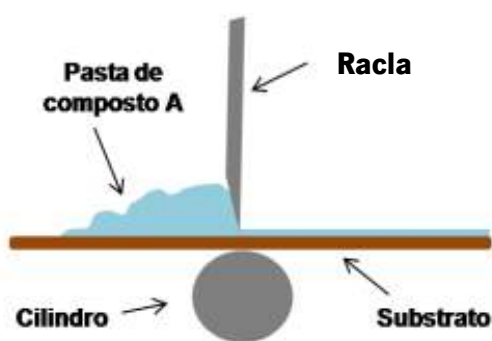


Figura 5: Processo de raclagem (Almeida, 2010)

O processo de raclagem consiste na aplicação de um revestimento sobre o substrato que passa entre a racla e um suporte cilíndrico. A raclagem é efetuada com a ajuda de uma lâmina, denominada de racla, a sua função é eliminar o excesso do material de revestimento à medida que este passa entre a racla e o substrato a uma determinada distância. Esta técnica permite aplicar uma

quantidade de material superior, comparativamente com as outras técnicas, isto pode ser explicado pelo facto da pasta conseguir penetrar também no espaço inter-fibras, permitindo a incorporação de uma maior quantidade de composto num maior volume de fibras (Almeida, 2010).

O tratamento por raclagem requer a formação prévia de uma pasta de composto “A”, esta obtém-se através da agitação vigorosa de uma solução que contém, água, agente tensoativo e composto “A”, com tamanho de partículas compreendido entre 5-15 μ m. O agente tensoativo é necessário quando o composto “A” tem características hidrofóbicas (Almeida, 2010).

Para promover a ligação das partículas do composto “A” ao substrato têxtil pode ser necessário a adição de um ligante, que pode ser por exemplo um poliuretano (PU). Com o aumento da percentagem de PU, as amostras podem tornar-se mais pesadas, e também tornar-se um revestimento quebradiço e pouco homogéneo.

Este processo tem como principal desvantagem, o facto de só permitir o tratamento de substratos compactos e resistentes às forças mecânicas inerentes ao processo (Almeida, 2010).

2.2.7. Alternativas ao couro

As primeiras alternativas ao couro, foram efetivamente os materiais derivados do petróleo, normalmente produzidas com PU ou PVC. Estes surgiram não por uma necessidade ecológica, mas sim pelo fator monetário. A grande vantagem destes materiais, para além do preço e de conseguirem um desempenho muito semelhante ao couro natural, é a possibilidade e facilidade de acabamentos (Cardoso, 2020).

A substituição do couro por materiais petrolíferos, mesmo sendo recicláveis, gera alguma controvérsia, uma vez que são provenientes de recursos não renováveis. A maioria das marcas opta por estes materiais devido ao seu desempenho, as variações mais utilizadas são produzidas com microfibras, possuindo excelentes resultados a nível da aparência e são 100% recicláveis (Cardoso, 2020).

Os consumidores que fazem compras pensando no bem-estar animal e nos muitos produtos químicos usados para fazer o couro, veem no couro sintético uma alternativa. O material de poliuretano ou policloreto de vinilo tem uma sensação e aparência de couro. No entanto, a pele sintética também tem desvantagens: embora o processo de produção seja mais amigo do ambiente não é verde (Ritter, 2014). O poliuretano é tipicamente produzido usando dimetilformamida como solvente em água, mas este é absorvido pela pele e tem sido associado a cancro e defeitos congénitos. Assim, surgiu a necessidade de evitar o solvente nos processos de fabricação, tentando-se substituir por um processo à base de água. A tecnologia de dispersão de poliuretano que gera partículas de poliuretano em solução aquosa já se popularizou na fabricação de adesivos, revestimentos e espumas (Ritter, 2014).

2.2.7.1. Processo de fabrico

Vários investigadores, estão a introduzir tecnologias à base de água para produzir couro sintético de poliuretano, evitando o solvente tóxico dimetilformamida que é atualmente necessário. O processo também usa significativamente menos energia e apenas uma fração da água consumida no processo convencional (Ritter, 2014).

O couro sintético é um composto em camadas feito primeiro pelo revestimento de uma pasta de poliuretano num substrato têxtil. A pasta é coagulada e mergulhada num banho para ajudar as cadeias de poliuretano a alinharem-se e precipitarem, criando uma camada de base porosa que simula a sensação de couro natural, sendo a DMF muito importante na sua criação, mas como é um composto

orgânico volátil difunde-se no ar durante todo o processo de produção, que inclui várias lavagens com água e várias etapas de secagem. Para fazer um sistema baseado em água funcionar, é necessário que a camada porosa não contenha DMF. A equipa da Bayer conseguiu tal feito através de uma espuma composta por nanopartículas de poliuretano de dois tamanhos diferentes, que deixa bolsas de ar na camada de base, simulando o material poroso feito com DMF. Outras vantagens de eliminar o DMF incluem a redução do consumo de energia em 55%, evitando o aquecimento da água, várias etapas de secagem e recuperação de DMF. Embora este novo processo seja à base de água, consome menos 95% do que o tradicional (Ritter, 2014).

Apesar da DMF ajudar a desenvolver a subestrutura porosa da camada base de poliuretano, e dê ao material um toque macio semelhante ao couro, é tóxica. Através da estabilização das partículas de poliuretano com água alcançam-se as mesmas propriedades, eliminando a DMF e economizando energia na secagem (Ritter, 2014).

A produção de imitações de couros sintéticos é relativamente parecida à construção de uma malha ou tecido, por isso estes materiais são considerados têxteis, surgem basicamente através do revestimento de um substrato têxtil com um polímero, através de um processo químico complexo, proporcionando características como a impermeabilidade e cor. As matérias-primas mais comuns na conceção destes materiais são o PP (polipropileno) e PU (poliuretano) ambos derivados do petróleo. Geralmente, a qualidade do couro sintético é inferior, porém hoje em dia já existem opções de couro sintético de ótima qualidade, alguns até com melhores características do que o couro bovino (Cardoso, 2020).

2.2.8. Indústria automóvel

“A Indústria Automóvel é o grande motor da economia, pois é caracterizada pela abrangência global, e por ser o elemento central da mobilidade das pessoas, traduzindo-se num produto de uma indústria global” (Bonaparte, 2019).

Em 2019 foram produzidos 346 mil veículos, número superior ao mercado automóvel nacional, e que coloca Portugal definitivamente no clube dos produtores automóveis. 97% dos veículos fabricados em território nacional tiveram como destino os mercados internacionais, com a Alemanha no topo das vendas (23,3%), seguido de França (15,5%), Itália (13,3%) e Espanha (11,1%). A produção automóvel, em Portugal, representa um volume de negócios de 16 mil milhões de euros, 71 mil empregos diretos e cerca de 600 empresas a montante do processo de fabrico (ACAP, 2020).

2.2.8.1. Economia circular

Como já foi referido anteriormente, os conceitos ligados à política dos 4R's são de elevada relevância na indústria automóvel, para a redução de vários impactes ambientais. De facto, o reaproveitamento dos materiais que resultam de desperdícios de certas fases de produção é uma das formas de reduzir os impactes ambientais, uma vez que de outra forma, estes iriam ser depositados (Mao & Jin, 2014).

2.2.8.2. Qualidade

As exigências do mercado automóvel, levaram os grandes construtores automóveis europeus, americanos e japoneses, a desenvolverem diversos referenciais normativos até ao final da década de 90, tendo como denominador comum base a série de normas a ISO 9001 (Alves, 2016).

Assim, surgiram várias normas que definem quais as propriedades ideais às quais os materiais devem obedecer para serem suficientemente seguros para o condutor/passageiro. Os valores e as normas exigidas variam dependendo da OEM em questão.

Surgiu em 1995 o IATF (*International Automotive Task Force*), que iniciou o desenvolvimento de um referencial comum, que incluísse os requisitos dos vários fabricantes e que fosse reconhecido por todos (Intedya, n.d.).

O IATF consiste num grupo internacional de fabricantes de veículos automóveis e respetivas associações, no qual se inclui a *Ford, GM, Daimler Chrysler, BMW, PSA Peugeot Citroën, Renault SA, Fiat, Volkswagen*, bem como as seguintes associações de comércio automóvel: AIAG (América), VDA/QMC (Alemanha), ANFIA (Itália), FIEV (França) e SMMT (Reino Unido) (Intedya, n.d.).

2.2.8.3. Materiais utilizados

Atualmente, para manter ou alcançar a competitividade as empresas precisam de realizar um controlo de custos. Logo, equilibrar custo, desempenho e qualidade é uma questão importante (testextextile, 2020).

Alguns componentes do carro devem ser ajustados por questões de espaço e limitações em relação ao peso do veículo. Ao projetar carros, os fabricantes esforçam-se para reduzir o seu peso, diminuindo, conseqüentemente, o consumo de combustível. Estima-se que cerca de 15% do peso total de um veículo seja composto por peças plásticas (Knauf Industries Automotive, 2019).

Como já se referiu anteriormente, o couro é um dos materiais mais utilizados na indústria automóvel. No entanto, o PVC tem vindo a ser muito utilizado, por ser o primeiro material de “couro artificial” inventado e aplicado. Muitas empresas diminuíram gradualmente a quantidade de couro genuíno e couro de microfibra nos assentos e adotaram o couro artificial de PVC como um material alternativo, o que não

só pode economizar muito dinheiro, como também tem uma aparência e sensação de toque semelhantes ao couro real (testextextile, 2020).

Assim, o desenvolvimento efetuado neste trabalho vai centrar a comparação das propriedades físicas e químicas do couro reciclado, comparativamente com o PVC e o couro natural, de forma a avaliar a sua possível integração na indústria automóvel.

2.2.8.4. Ensaaios relevantes

Os testes de inflamabilidade são um dos ensaios mais relevantes a ser realizados na indústria automóvel, sendo necessários para avaliar o comportamento ao fogo dos materiais presentes no interior dos automóveis. Os veículos motorizados contêm vários componentes que podem queimar quando expostos a uma fonte de ignição suficientemente grande, por exemplo, assentos, forro do tejadilho e carpete. É muito importante que estes materiais utilizados no habitáculo tenham um elevado grau de resistência à chama, para que os passageiros tenham tempo de escapar do veículo em caso de incêndio. (EUROLAB, n.d.).

No que concerne à resistência à abrasão são utilizados dois métodos de teste: *Taber* e *Martindale*, para verificar a mudança de aparência, mudança de qualidade e mudança de brilho antes e depois do desgaste (testextextile, 2020).

Resultados dos testes levados a cabo pelo *testextile* (2020) mostram que:

- A textura fina ajuda a melhorar a resistência à abrasão do PVC;
- Quando o teor de plastificante aumenta, a resistência à abrasão do PVC é ligeiramente reduzida.

Segundo a *testextextile* (2020), os principais requisitos da indústria automóvel são: resistência ao envelhecimento à luz, resistência ao envelhecimento às intempéries, resistência a altas e baixas temperaturas, resistência à fricção, propriedades mecânicas, resistência química, resistência à abrasão e inflamabilidade.

3. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

A ERT é uma empresa multinacional portuguesa cuja principal área de negócio é a fabricação de componentes para o interior de automóveis. A sede está localizada em São João da Madeira, no coração de um *cluster* da indústria automóvel. Procura ser uma referência na inovação, ambicionando uma melhoria contínua e excelência nos resultados, com o intuito de utilizar o conhecimento em prol da inovação.

A produção de calçado e de componentes para o automóvel gera elevadas quantidades de resíduos, de EVA (etil vinil acetato) e de couro animal, respetivamente, surgindo assim a necessidade de desenvolver produtos têxteis inovadores e mais sustentáveis, baseados no reaproveitamento destes desperdícios.

O desenvolvimento de produtos, processos e soluções têxteis valorizadas com resíduos de origem animal ou sintética promotoras de características estéticas e funcionais inovadoras, tem diversos benefícios a nível ambiental, tornando-se um produto de valor acrescentado, contribuindo para a sustentabilidade ambiental, económica e social uma vez que se trata também de um conceito de economia circular.

A metodologia utilizada para desenvolver o projeto do *Texboost* foi a seguinte:

1. Triagem de resíduos;
2. Adequação de resíduos, através de processos mecânicos ou químicos;
3. Preparação das formulações (pastas de revestimento), com incorporação dos resíduos
4. Valorização estética (*embossing*, *foils*, etc);
5. Validação das soluções/protótipos, através de ensaios de controlo de qualidade químico e físico.

A dissertação interveio nos últimos 2 pontos, a valorização estética, através do *embossing*, e a validação das soluções. Sendo que, este estudo apenas se centrou no couro reciclado, verificando a sua adequação para a integração na indústria automóvel, através de ensaios de controlo de qualidade.

3.1. Desenvolvimento das amostras

No âmbito do projeto testaram-se resíduos de couro e EVA, sendo que, o couro reciclado revelou-se o mais promissor, tendo sido objeto de estudo deste trabalho.

Os ensaios de revestimento têxtil começaram com o processo de revestimento por raclagem com a aplicação de pastas, onde foram incorporados os resíduos de couro triturado ou couro hidrolisado. Foram testadas diferentes formulações, assim como misturas destas e misturas com as pastas de efeitos especiais, aditivadas com fixadores, para uma secagem mais eficiente.

A formulação sobre a qual se trabalhou ainda se encontra sob processo de patente.

3.2. Descrição das amostras produzidas

Através da transformação mecânica do couro, obtiveram-se amostras com *coating* de resíduos de couro triturado, sobre um tecido de tafetá 97% CO/3% EA, no entanto, como se pode verificar, os resultados não foram bons (Figura 6). Os melhores resultados foram obtidos através da transformação química do couro, realizando-se um revestimento por raclagem feito com uma pasta de hidrolisado de couro (5% resíduos de couro).



Figura 6: Tecido com coating de resíduos de couro com imperfeições

Na figura 7 a amostra foi retirada do fim do rolo, no entanto ela cumpria os requisitos visuais estabelecidos (semelhança com o couro natural). Consistiu no mesmo tecido utilizado na amostra descrita anteriormente, revestida com hidrolisado de couro com adição de um *top coat*.

As três amostras seguintes, consistem num *coating* sobre uma malha *jersey*, 100% CO e a pasta é um hidrolisado de couro que posteriormente sofreu a adição de um pigmento (2%), o qual conferiu a cor a cada amostra (figura 8).



Figura 7: Tecido revestido com hidrolisado de couro e top coat crack



Figura 8: Malha revestida com hidrolisado de couro e adição de pigmento

Desenvolveu-se posteriormente uma amostra de cor castanha, que obteve resultados mais consonantes com os espectáveis a nível visual. Consistiu no revestimento de um substrato por raclagem com uma pasta de couro hidrolisado, sendo que apenas 5% da constituição da pasta contém resíduos de couro. Esta amostra difere da preta, uma vez que o revestimento é aplicado sobre uma malha de teia, proporcionando uma estrutura mais flexível, resultando conseqüentemente num melhor resultado (figura 9).



Figura 9: Malha revestida com hidrolisado de couro castanho



Figura 10: Malha revestida com hidrolisado de couro castanho com embossing

Após uma análise a todas as amostras com revestimentos concluiu-se que a amostra castanha é a que apresenta características mais semelhantes à pele animal. Sendo assim, para conferir um aspeto e textura ainda mais real realizou-se um *embossing* a esta amostra (figura 10) .

O *embossing* (em português – gravação), é um acabamento têxtil que tem como principal objetivo, como o nome indica, fazer uma gravação no têxtil. Este efeito é conseguido através da interação entre a face revestida e um papel de impressão, por exemplo, numa calandra (uma máquina constituída essencialmente por cilindros rotativos), em condições de temperatura e pressão controladas. Assim, a textura presente no rolo passa para o têxtil, resultando num padrão com relevo “impresso” no têxtil, funcionando melhor quando se trata de têxteis mais macios.

Neste caso em concreto, recorreu-se à calandra para que o têxtil passasse a ter um aspeto mais semelhante à pele, não tendo sido necessário o uso de nenhum adesivo, pois o calor e pressão são suficientes para passar a textura desejada, presente no rolo utilizado. Noutros casos, podem ser usados *foils* ou *web* que são ativados por calor, ocorrendo a “colagem” no têxtil.

Primeiramente colocou-se o rolo do têxtil a gravar na parte superior da calandra e o rolo da folha com as texturas na parte inferior, ao qual se aplicou um rastilho para acompanhar o rolo, figura 11.

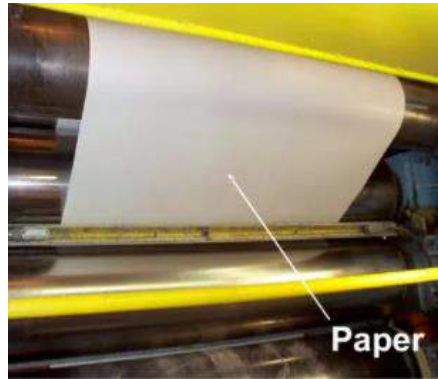


Figura 11: Embossing na calandra

Inicialmente fizeram-se algumas tentativas de forma a acertar os valores dos parâmetros indicados para obter os resultados desejados. Verificou-se que, a espessura do tecido é bastante reduzida e para a textura ficar gravada a abertura dos rolos, ou seja, o *GAP* deve ser o mínimo possível. Para se conseguir a sua gravação, a pressão deveria ser máxima, assim os parâmetros que se tentaram controlar foram a temperatura e a velocidade. Quando a temperatura e a velocidade são elevadas, verifica-se que o têxtil fica menos marcado, mas com temperatura elevada e velocidade reduzida aparecem manchas, assim considerou-se que a temperatura ideal à qual ocorre transferência sem danificação do tecido é 190°C e a velocidade 2, conforme descrito na tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros ideais

Parâmetros			
Velocidade (m/min)	Pressão (bar)	Temperatura (°C)	Abertura do cilindro - <i>gap</i>
2	160	190	-3.5

A temperatura de aplicação do *embossing* não poderia ser muito elevada para não ocorrer a “plastificação” /manchas, no entanto, com a temperatura mais baixa a textura não era gravada, por não ter sido realizada a termofixação do material antes do *embossing*.

Em alguns dos ensaios feitos com os mesmos parâmetros o resultado foi um pouco diferente, tal pode ter acontecido devido ao facto de ter sido necessário fazer ensaios com a temperatura da calandra mais alta e mais baixa, estas oscilações de temperatura, bem como a temperatura ambiente, podem ter influenciado alguns resultados.

Numa fase posterior seria interessante diminuir a área de aplicação da prensa, uma vez que diminuindo a área a força aumenta, tendo em conta que a pressão é diretamente proporcional à intensidade da força e inversamente proporcional à área. Embora pudesse funcionar, esta hipótese não seria muito viável em termos de produção industrial, em grande escala.

Assim, o ideal seria testar um tratamento prévio ao têxtil de forma a aguentar uma temperatura maior, conseguindo-se que a textura ficasse mais gravada no têxtil, sem haver a plastificação do material.

Após discussão com todos os parceiros do projeto chegou-se à conclusão de que o *embossing* deveria ter sido realizado logo após a termofixação, pois para uma boa aplicação é conveniente esperar o menor tempo possível entre as etapas - quanto mais tempo o material estiver em repouso pior será o resultado obtido no *embossing*.

Em suma, a amostra selecionada, é uma malha, constituída por 11% elastano e 89% poliéster, dos quais 69% são poliéster reciclado, revestida por uma pasta de couro hidrolisado. Conferindo ao material final uma excelente flexibilidade e toque delicado. É importante salientar que esta malha tem o rótulo OEKO-TEX 100, OEKO-TEX STeP, GOTS e GRS, tendo sido escolhida precisamente por cumprir os rótulos ecológicos, pela presença de fibra reciclada, por ser leve e conferir bom aspeto ao *coating*, sendo possível esticar o material sem danificar o aspeto final.

O revestimento foi aplicado através do método raclagem. Como descrito anteriormente, o revestimento é depositado sobre a malha com a ajuda de uma lâmina que garante a espessura. Após este processo realizou-se o *embossing*, método de acabamento anteriormente descrito, no qual a superfície do material obtém uma textura, resultando num material com bom aspeto, fino e leve.

3.3. Ensaio e caracterização das amostras

O desenvolvimento experimental deste trabalho foi projetado com o intuito de parametrizar e analisar as propriedades do material concebido, tendo sido por isso efetuada uma comparação através de ensaios químicos e físicos, aos três materiais em estudo (Couro reciclado, PVC e Couro natural), possibilitando verificar com que material se assemelha mais o couro reciclado.

Para testar as características inerentes ao novo produto, nomeadamente, a leveza, a respirabilidade, a impermeabilidade, a resistência ao desgaste e o conforto termofisiológico, são necessários efetuar diversos ensaios físicos e químicos, sendo estes fulcrais para avaliar as propriedades e adequação do material às aplicações idealizadas (setor automóvel).

No decorrer do projeto desenvolvido pela ERT, foram também realizados ensaios laboratoriais ao material, pelo CITEVE. Através dos resultados obtidos, foi possível realizar a ficha de especificações presente anexo 2, tabela 51.

De forma a comprovar os valores obtidos e aprofundar a análise, focando mais em ensaios direcionados para a indústria automóvel, foram realizados no laboratório do DET da Universidade do Minho vários ensaios (tabela 5), obtendo-se a ficha de especificações presente no anexo 2, tabela 52.

Embora, também, na universidade tenham sido realizados ensaios relacionados com as variações dimensionais (variações dimensionais e aspeto liso) e ensaios de solidez dos tintos às lavagens, estes apenas estão descritos nos anexos, pois no caso do estudo da viabilidade do couro reciclado na indústria automóvel não fariam sentido. Estes apenas foram realizados, pois no projeto efetuado pela ERT o material reciclado foi pensado para o setor da moda, no entanto, surgiu a ideia de também o inserir na indústria automóvel, tendo o presente trabalho o foco no estudo da viabilidade da aplicação do couro reciclado nos automóveis.

Numa fase posterior (capítulo 4) foi realizada uma análise estatística detalhada, através do software *IBM SPSS Statistics 26* aos ensaios realizados na Universidade do Minho.

Tabela 5: Ensaio realizados no laboratório da Universidade do Minho - DET

	Propriedade	Aparelho	Norma
Caracterização básica	Massa por unidade de superfície	Balança digital	NP EN 12127:1999
	Espessura	Medidor de espessura	NP EN 5084:1999
Características e propriedades	Permeabilidade ao ar	Permeabilímetro	NP EN ISO 9237:1997

diversas relacionadas com o acabamento	Permeabilidade ao vapor de água	<i>Control dish method</i>	BS 7209:1999
	Resistência à molhagem superficial	Chuveiro	NP EN 24920:1993
	Resistência à penetração da água (pressão hidrostática)	Testador hidrostático de pressão	EN 20811:1992
	Comportamento ao fogo	Flamabilímetro	NF G07 – 182:1985 NF G07-184:1985
Resistência mecânica	Resistência ao rasgo	Dinamómetro	ASTDM 2262:1983
	Resistência à rotura e alongamento – Método Grab	Dinamómetro	ASTM D 5064
	Resistência à rotura e alongamento – Método da tira	Dinamómetro	ASTM D 5035
	Resistência da costura	Dinamómetro	ISO 13935-1:1999
	Coeficiente de atrito	<i>Frictoraq</i>	
	Resistência à formação de borboto pelo método de Martindale	<i>Martindale</i>	ASTM D 4966-12 (2016)
pH do extrato aquoso		Potenciómetro	NP EN 1413:1999
Ensaios relacionados com as variações dimensionais	Variações dimensionais após lavagem e secagem	Esquadro; Máquina de lavar	NP EN ISO 3759:2000; NP EN 6330:2012; NP EN 25077:1995
	Aspetto liso	Máquina de lavar; Padrão de aspeto liso	NP 3568:1998 e a NP EN 6330:2012

Solidez dos tintos	À lavagem doméstica e industrial	Dispositivo mecânico apropriado (<i>Washtec</i>)	NP EN ISO 105-C-06:1999
	À lavagem com sabão	Dispositivo mecânico apropriado (<i>Washtec</i>)	NP EN ISO 105-C10:2006
	À água	placa de aço inoxidável, com peso	NP EN ISO 105-E01:1997
	Ao suor	placa de aço inoxidável, com peso	NP EN ISO 105-E04:1997
	À fricção a seco e a húmido	crockmeter	NP EN ISO 105-X12:2003
	À fricção com solventes orgânicos	<i>crockmeter</i>	NP EN ISO 105-D02:1996
Resistência as condições climáticas: luz ultravioleta e exposição à humidade		Câmara de teste, com lâmpada UV e sistema de humidade	AATCC <i>Test Method</i> 186-2006
FTIR		Espectrofotómetro FTIR	

Uma vez que a ERT também possui um laboratório, o qual segue as normas estabelecidas especificamente para o automóvel, considerou-se também relevante proceder à realização de ensaios (tabela 6). Com os resultados obtidos foi possível elaborar a ficha de especificações apresentada no anexo 2, tabela 53.

Tabela 6: Ensaios realizados no laboratório da ERT

	Propriedade	Aparelho	Norma
Caracterização básica	Massa por unidade de superfície	Balança digital KERN EMM-057	NP EN ISO 2286-2:1998
	Espessura	Medidor de espessura MITUTOYO EMM-069	NP EN ISO 2286-3:1998
Características e propriedades diversas	Combustibilidade	Câmara de combustão EMM-050	D45 1333
	Souplesse	Medidor de souplesse EMM-205	D45 1030

relacionadas com o acabamento			
Resistência mecânica	Alongamentos	Dinamómetro TINIUS OLSEN EMM-042	D41 1029
	Rasgo	Dinamómetro TINIUS OLSEN EMM-042	D41 1126
Ensaio relacionados com as variações dimensionais		Estufa EMM-016	D45 1139

Em seguida, apresentam-se as principais propriedades estudadas, os métodos de ensaio, os resultados obtidos e breves discussões de resultados.

3.3.1. Caracterização básica

3.3.1.1. Massa por unidade de superfície

Com o intuito de determinar a massa por unidade de superfície, seguiu-se a norma NP EN 12127:1999 (Têxteis – Tecidos – Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões). Foi necessário recorrer ao corte de uma área conhecida de tecido, neste caso 100cm², a qual foi posteriormente pesada, obtendo-se um valor em gramas. Por fim, dividiu-se a sua massa pela área, obtendo-se o resultado da massa por unidade de superfície, através da aplicação da seguinte fórmula.

Equação 1: Massa por unidade de superfície

$$M = \frac{m \times 10000}{A}$$

Onde,

M – massa por unidade de superfície;

m – massa de um provete condicionado ou seco em estufa (g);

A – área do mesmo provete (cm²).

3.3.1.1.1. Resultados obtidos

Tabela 7: Resultados obtidos - Massa por unidade de superfície

	Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)
1	468,4	740,2	815,3
2	472,1	739,3	816,6
3	467,1	736,9	820,3
4	470,1	742,1	817,8
5	460,8	741,6	821,1
\bar{x}	467,70	740,02	818,22
σ	3,84	1,85	2,19
CV	4,29%	2,07%	2,45%

3.3.1.2. Espessura

Com vista a realizar o ensaio da determinação da espessura foi essencial utilizar um medidor de espessura, um equipamento laboratorial provido de um calcador com 1cm² de área e uma placa de referência, com uma pressão de 1 kPa. Seguindo a norma NP EN 5084:1999 (Determinação da espessura de têxteis e produtos têxteis), ergueu-se o calcador e colocou-se a amostra de têxtil, sem tensão, distorções ou vincos sobre a placa de referência, baixando-se o calcador. Após 30 segundos leram-se os valores de espessura registados, repetindo-se o ensaio cinco vezes em zonas diferentes.

3.3.1.2.1. Resultados obtidos

Tabela 8: Resultados obtidos - Espessura

	Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio	(mm)	(mm)	(mm)
1	0,92	1,22	1,22
2	0,92	1,22	1,23
3	0,90	1,19	1,19
4	0,91	1,20	1,22
5	0,89	1,21	1,19
\bar{x}	0,908	1,208	1,210
σ	0,013	0,012	0,017
CV	0,013%	0,013%	0,019%

3.3.1.3. Discussão de resultados

Finalizados os ensaios relativos à caracterização básica dos tecidos, tornou-se possível retirar conclusões acerca de alguns aspetos. Através dos resultados obtidos é possível verificar que o couro reciclado fica um pouco distante dos valores obtidos tanto para o PVC, como para o couro natural.

No entanto, todos estes valores obtidos são posteriormente avaliados em SPSS, para de facto averiguar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os materiais.

3.3.2. Características e propriedades diversas relacionadas com o acabamento

3.3.2.1. Permeabilidade ao ar

A execução do presente ensaio visa estudar o comportamento que o têxtil apresenta à permeabilidade ao ar. De modo a proceder à realização do ensaio, seguiu-se a norma NP EN ISO 9237:1997

(Determinação da permeabilidade dos tecidos ao ar), tendo-se medido a permeabilidade do substrato, controlando a quantidade do fluxo de ar que passou perpendicularmente através da área dos provetes, 20 cm² cada, com uma pressão de 200 Pa num determinado intervalo de tempo.

3.3.2.1.1. Resultados obtidos

Tabela 9: Resultados obtidos - Permeabilidade ao ar

	Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio	(l/m ² /s)	(l/m ² /s)	(l/m ² /s)
1	2,83	0,369	0,274
2	2,63	0,406	0,268
3	2,55	0,375	0,267
4	2,68	0,387	0,269
5	2,89	0,353	0,271
6	3,08	0,401	0,270
7	3,06	0,389	0,273
8	2,94	0,382	0,268
9	2,90	0,375	0,271
10	3,03	0,395	0,272
\bar{x}	2.862	0,383	0,270
σ	0,175	0,015	0,002
CV	0,185	0,002	0,002

3.3.2.2. Permeabilidade ao vapor de água

A realização deste ensaio permitiu averiguar a vulnerabilidade do substrato ao vapor de água, uma vez que a água pode circular no interior dos materiais sob a forma de vapor, recorrendo-se *ao control dish method* e à norma BS 7209:1999 (*water vapor permeable apparel fabrics*). Neste ensaio o direito do material foi colocado virado para baixo, ou seja, a testar, uma vez que no caso dos estofos de carros, será o direito o que estará em contacto com o corpo do utilizador.

3.3.2.2.1. Resultados obtidos

Tabela 10: Resultados obtidos - Permeabilidade ao vapor de água para o couro reciclado

	Massa após 1h	Massa após 24h	Perda de massa	Área	WVP	Índice
Padrão	138,383g	135,345g	3,038g	0,000541	5614,8937	
Couro reciclado 1	141,959g	141,180g	0,779g	0,000541	1439,7637	25,64%
Couro reciclado 2	142,090g	141,200g	0,890g	0,000541	1644,9162	29,30%
Couro reciclado 3	144,620g	143,841g	0,779g	0,000541	1439,7637	25,64%
\bar{x}					1508,1479	26,77
σ					96,7098	1,60
CV					118,4449	1,96

Tabela 11: Resultados obtidos - Permeabilidade ao vapor de água para o PVC e couro natural

	Massa após 1h	Massa após 24h	Perda de massa	Área	WVP	Índice
Padrão	140,525g	135,055g	5,47g	0,000541	10109,7658	
PVC 1	143,734g	143,606g	0,128g	0,000541	236,5722	2,34%
PVC 2	145,323g	145,211g	0,112g	0,000541	207,0007	2,05%
PVC 3	145,116g	144,959g	0,157g	0,000541	290,1706	2,87%
\bar{x}					244,5811	2,42
σ					34,4230	0,34
CV					42,1594	0,42
Couro natural 1	145,466g	143,805g	1,661g	0,000541	3069,8942	30,37%
Couro natural 2	144,769g	142,982g	1,787g	0,000541	3302,7699	32,67%

Couro natural						
3	143,668g	141,954g	1,714g	0,000541	3167,8498	31,33%
\bar{x}					3180,1713	31,46
σ					95,4695	0,94
CV					116,9268	1,16

Equação 2: Permeabilidade ao vapor de água

$$WVP = \frac{24 \times M}{At}$$

Em que,

M – perda em massa do conjunto durante o tempo t (g);

T – tempo entre duas pesagens sucessivas (horas);

A – área exposta (=área interna do copo) (m²).

Equação 3: Índice de permeabilidade ao vapor de água

$$I = \frac{(WVP)f}{(WVP)r} \times 100$$

3.3.2.3. Resistência à molhagem superficial

Através da realização deste ensaio pretende-se estudar as propriedades de resistência à molhagem superficial do substrato com água. Para a realização do presente ensaio, seguiu-se a norma NP EN 24920:1993 (Têxteis – Determinação da resistência dos tecidos à molhagem superficial – Ensaio de chuveiro), pulverizaram-se os provetes com 250ml de água, estando colocados num aro a 45° de inclinação. De seguida, o grau de molhagem foi determinado por comparação do aspeto do provete com padrões descritivos e fotográficos.

3.3.2.3.1. Resultados obtidos

Em todos os ensaios realizados aos 3 substratos diferentes: couro reciclado, PVC e couro natural os provetes não ficaram molhados, o que corresponde a um grau 5.

3.3.2.4. Resistência à penetração de água (pressão hidrostática)

Para a realização deste ensaio seguiu-se a norma EN 20811:1992 (*Determination of resistance to water penetration - Hydrostatic pressure test*), a temperatura ambiente. A pressão foi aplicada nos substratos numa área de 100 cm² na parte do direito. A Velocidade aplicada foi de 10cm/min.

3.3.2.4.1. Resultados obtidos

Em todos os substratos verificou-se que não houve passagem de gotas de água, sendo que as pressões máximas registadas foram de 80cm/H₂O para o couro reciclado, 90cm/H₂O para o PVC e 100 cm/H₂O para o couro natural. Estes valores são irrelevantes, uma vez que não houve passagem de água, ou seja, os três substratos são impermeáveis à água.

3.3.2.5. Comportamento ao fogo

Uma vez que o couro não arde, primeiramente, procedeu-se ao ensaio a 0°, de forma a averiguar a área ardida através, seguindo a norma NF G07-184:1985 (*Comportement au feu - Méthode de classement en fonction de la surface brûlée*). No entanto, quando sujeito a este método o substrato de couro reciclado ardeu na sua totalidade.

Assim, no caso do couro reciclado seguiu-se a norma NF G07 – 182:1985 (*Comportement au feu - Détermination des propriétés de propagation de flamme sur éprouvettes orientées à 45°*), para averiguar a velocidade de propagação da chama e não a área ardida. Já no caso do PVC e do couro natural, foi possível seguir a NF G07-184: 1985

O objetivo deste segundo ensaio, consiste na análise do comportamento do material têxtil ao fogo colocado numa posição com 45° de inclinação. Primeiramente, cortaram-se os provetes, os quais foram colocados no suporte do inflamabilímetro, na presença de um rastilho poliéster/algodão, tendo-se ateado fogo numa das zonas demarcadas inicialmente. Contou-se o tempo desde que a chama deflagrou até coincidir com a segunda marcação, possibilitando o cálculo da velocidade de propagação da chama.

3.3.2.5.1. Resultados obtidos

No caso do couro reciclado (figura 12), como já foi referido anteriormente procedeu-se ao ensaio a 45°, em que a velocidade de propagação da chama foi de 0,0049m/s, calculada através da seguinte fórmula.

Equação 4: velocidade de propagação da chama com inclinação a 45°

$$v = \frac{d}{t} = \frac{0,5}{103} = 0,0049m/s$$

Onde:

d – distância percorrida pela chama (m);

t – tempo que a chama demora a percorrer 50 centímetros (s).



Figura 12: Couro reciclado

No caso do PVC (figura 13) e do couro natural (figura 14), como se extinguiram foi possível realizar o ensaio a 0°. Para o cálculo da área de PVC ardida utilizou-se uma folha de papel A4 de área 626,67cm² de 5,0125g, sendo que a área de PVC ardida correspondia a 0,5446g da mesma folha, significa que arderam 68,09cm². Assim, é possível classificar o PVC como um material de classe C, uma vez que se encontra entre 40 e 100 cm², conforme descrito na norma.

No caso do couro natural como se autoextinguiu de imediato, considera-se um material de classe B, pois a área ardida foi inferior a 40 cm².

Desvio à norma: de acordo com a norma seria de prever que se utilizassem 3 provetes na direção das colunas e 3 provetes na direção das fileiras, porém, com vista a economizar material, apenas se realizou o ensaio com um provete no sentido das colunas.



Figura 13: PVC



Figura 14: Couro natural

3.3.2.6. Discussão de resultados

Em consonância com os resultados obtidos para os ensaios referentes às características e propriedades diversas, foi possível retirar algumas ilações.

Nesta medida, para o ensaio da permeabilidade ao ar, verificou-se que os três materiais praticamente não deixam passar o ar.

Os valores de permeabilidade ao vapor de água do couro reciclado são inferiores aos do couro natural, mas são superiores aos do PVC.

De acordo com os valores apurados no caso do teste da resistência à molhagem superficial, verifica-se que o tecido é impermeável, tendo chegado à mesma conclusão através dos ensaios da pressão hidrostática.

Por fim, através da realização do ensaio do comportamento ao fogo, verificou-se para o couro reciclado um pior desempenho, pois a velocidade de propagação da chama, com ângulo a 45°, foi de 0,0049 m/s. Enquanto no caso do PVC e do couro natural realizou-se o ensaio a 0° pois ardeu muito lentamente e autoextinguiu-se, respetivamente. Esta informação é de elevada relevância para a indústria automóvel, pois tal como foi referido no capítulo 2, pretendem-se materiais com pouca probabilidade de incendiarem.

3.3.3. Resistência Mecânica

3.3.3.1. Resistência ao rasgo

Seguiu-se a norma ASTM D 2262:1983 (*Test Method for Tearing Strength of Woven Fabrics by the Tongue (Single Rip) Method (Constant-Rate-of-Traverse Tensile Testing Machine)*) – Método da calça, com o objetivo de determinar a resistência dos substratos ao rasgo, através da aplicação de uma força crescente até à rotura do provete, para tal, utilizou-se um dinamómetro uniaxial.

3.3.3.1.1. Resultados obtidos

Distância entre maxilas (comprimento nominal) = 100mm

Velocidade de ensaio = 100m/min

Tabela 12: Resultados obtidos - Resistência ao rasgo

	Couro reciclado		PVC		Couro natural	
	Força longitudinal (N)	Força transversal (N)	Força longitudinal (N)	Força transversal (N)	Força longitudinal (N)	Força transversal (N)
1	93,56	96,20	36,84	55,40	51,70	48,39
2	98,44	95,72	36,10	60,30	47,47	44,75
3	97,40	106,10	38,63	47,97	44,53	47,33
4	106,74	95,12	42,90	53,60	42,30	34,67
5	97,06	100,62	46,50	64,10	37,20	47,49
\bar{x}	98,64	98,75	40,19	56,27	44,64	44,53

σ	4,38	4,16	3,94	5,56	4,87	5,08
CV	4,90%	4,65%	4,40%	6,21%	5,45%	5,67%

3.3.3.2. Resistência à rotura e alongamento – Método Grab

De modo a determinar a força máxima e do alongamento, utilizou-se a ASTM D 5064.

Montaram-se os provetes entre as duas maxilas presentes nas maxilas do dinamómetro com uma pré-tensão estabelecida, de acordo com a massa/unidade de área de cada tecido. De seguida, acionou-se o movimento da maxila móvel até que o ponto de rotura dos provetes fosse atingido, registando-se, então, a força máxima da resistência ao alongamento na força máxima, efetuando-se este processo para cinco amostras na orientação das colunas e cinco na orientação das fileiras.

3.3.3.2.1. Resultados obtidos

Distância entre maxilas (comprimento nominal) = 100mm;

Velocidade de ensaio=100mm/min

Pré-tensão =2N

Tabela 13: Resultados obtidos - Resistência à rotura e alongamento_ Método Grab_Couro reciclado

Ensaio Couro reciclado	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)
1	434,5	181,0	509	146,0
2	440,5	177,0	553	154,0
3	435,0	180,0	551	152,0
4	437,5	181,8	552	154,0
5	443,0	193,0	555	156,0
\bar{x}	438,1	182,6	544	152,4
σ	3,629	6,110	19,77	3,847
CV	0,828	3,349	3,64	2,525

Tabela 14: Resultados obtidos - Resistência à rotura e alongamento_Método Grab_PVC

Ensaio PVC	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)
1	478,0	93,0	414,0	124,1
2	512,0	81,5	421,0	127,1
3	509,0	80,1	420,0	128,0
4	538,0	85,7	417,0	128,0
5	525,0	83,2	425,5	129,0
\bar{x}	512,0	84,7	419,5	127,2
σ	20,05	4,55	3,87	1,68
CV	22,41%	5,09%	4,33%	1,88%

Tabela 15: Resultados obtidos - Resistência à rotura e alongamento_Método Grab_Couro natural

Ensaio Couro natural	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)
1	1250	52,5	1096	58,8
2	1110	54,0	1006	62,6
3	1280	62,1	976	65,1
\bar{x}	1213,33	56,20	1026	62,2
σ	74,09	4,22	50,99	2,59
CV	90,74%	5,16%	62,45%	3,17%

3.3.3.3. Resistência à rotura e alongamento – Método da tira

A determinação da resistência à rotura e alongamento, consiste na resistência à força máxima e do alongamento, a qual é determinada através da aplicação de uma força crescente até à rotura do provete. De modo a atingir o objetivo previsto, seguiu-se a norma ASTM D 5035: *breaking strenght & elongation strip force*.

Colocaram-se os provetes entre as duas garras presentes nas maxilas do dinamómetro uniaxial com uma pré-tensão estabelecida (5N), de acordo com a massa/unidade de área de cada tecido. De seguida,

acionou-se o movimento da maxila móvel até que o ponto de rotura dos provetes fosse atingido, registando-se, então, a força máxima da resistência ao alongamento na força máxima.

3.3.3.3.1. Resultados obtidos

Distância entre maxilas (comprimento nominal) = 200mm;

Velocidade de ensaio=100m/min

Pré-tensão =5N

Tabela 16: Resultados obtidos -Resistência à rotura e alongamento_Método Tira_Couro reciclado

Ensaio Couro reciclado	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)
1	391,2	198,0	599	172,0
2	398,8	204,5	616	178,0
3	403,0	205,3	578	150,0
4	400,5	213,5	594	154,0
5	380,0	200,5	590	167,6
\bar{x}	394,7	204,4	596	164,3
σ	9,32	5,91	13,71	11,92
CV	2,36	2,89	2,30	7,25

Tabela 17: Resultados obtidos -Resistência à rotura e alongamento_Método Tira_PVC

Ensaio PVC	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)
1	430,5	89,5	330,4	148,4
2	444,5	89,5	326,0	148,0
3	453,0	90,0	337,2	150,4
4	448,0	90,0	333,6	150,0
5	449,5	91,0	331,6	152,0
\bar{x}	365,1	90,0	331,8	149,6
σ	160,49	0,55	3,69	1,41

CV	179,43	0,61	4,12	1,58
-----------	--------	------	------	------

Tabela 18: Resultados obtidos -Resistência à rotura e alongamento_Método Tira_Couro natural

Ensaio	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)
1	825	61,0	821	47,55
2	836	61,5	848	40,50
3	762	56,5	813	33,86
\bar{x}	808	59,7	827,33	40,64
σ	32,60	2,25	14,97	5,59
CV	39,93	2,75	18,34	6,85

3.3.3.4. Determinação da resistência da costura

Para determinar a força máxima à rotura da costura pelo método da tira, seguiu-se a norma ISO 13935-1:1999 (*Seam tensile properties of fabrics and made-up textile articles – Part 1: Determination of maximum force to seam rupture using the strip method*).

Para os fins desta norma, utilizou-se um dinamómetro, um aparelho de ensaio de tração em que uma maxila está fixa enquanto a outra se movimenta a uma velocidade constante de 100m/min, sendo que distam entre si 200mm.

A Costura utilizada foi de 6pontos/cm com uma agulha 110, linha 413 de título 40 tkt e 100% Poliéster de filamento contínuo, utilizando ponto corrido com tamanho ponto entre 2 a 2,5mm.

3.3.3.4.1. Resultados obtidos

O registo da força máxima é feito quando o provete atinge o ponto de rotura. Sendo que é necessário registar se a rotura foi causada por:

- Rasgo do tecido
- Rasgo do tecido nas maxilas
- Rasgo do tecido na costura
- Quebra da linha de costura,
- Esgarçamento dos fios

f) Ou qualquer combinação dos mesmos

Se a rotura for devido a a) ou b) os resultados devem ser excluídos, no entanto, aconteceu isso em praticamente todos os ensaios, uma vez que o nº de pontos juntamente com a linha, é uma combinação muito forte, sendo assim, os substratos rompem primeiro, não sendo possível verificar a resistência das costuras. Já no caso do PVC no sentido das colunas, verificou-se que em alguns dos ensaios houve rompimento do substrato na costura.

Tabela 19: Resultados obtidos -Resistência da costura_Couro reciclado

Ensaio couro reciclado	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Tipo de Rotura	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)	Tipo de Rotura
1	316,8	124,8	a)	311,2	74,0	b)
2	338,4	117,5	b)	370,4	80,5	a)
3	308,0	117,5	a)	341,2	76,0	b)
4	315,2	120,5	b)	322,0	75,5	b)
5	318,4	121,0	b)	392,0	83,5	a)
\bar{x}	319,4	120,3		347,4	77,9	
σ	11,36	3,019		33,59	3,96	
CV	3,56	2,510		9,67	5,08	

Tabela 20: Resultados obtidos -Resistência da costura_PVC

Ensaio PVC	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Tipo de Rotura	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)	Tipo de Rotura
1	328,8	78,9	c)	232,3	124,0	c)
2	357,2	82,0	a)	236,3	130,4	c)
3	318,4	77,0	c)	246,3	138,0	c)
4	340,4	81,0	a)	244,5	133,6	c)
5	307,6	74,5	c)	218,0	121,6	c)
\bar{x}	330,48	78,68		235,48	129,52	

σ	17,23	2,71		10,15	6,04	
CV	19,27	3,03		11,34	6,76	

Tabela 21: Resultados obtidos -Resistência da costura_Couro natural

Ensaio	Força transversal (N)	Alongamento transversal (%)	Tipo de Rotura	Força longitudinal (N)	Alongamento longitudinal (%)	Tipo de Rotura
1	696	69,0	c)	430	100	a)
2	704	53,2	a)	799	62,3	a)
3	515	51,4	a)	810	64,0	a)
4	569	58,5	a)	802	72,0	a)
5	555	56,5	a)	525	88,5	a)
\bar{x}	607,83	57,9		673,2	77,4	
σ	70,64	5,60		162,628	14,634	
CV	77,38	6,13		181,823	16,361	

3.3.3.5. Coeficiente de atrito

O coeficiente de atrito não é uma característica intrínseca de um material, resulta do contacto entre duas superfícies. O atrito é a resistência ao movimento que ocorre quando um corpo sólido desliza sobre outro. A resistência que é necessário vencer para se iniciar o movimento é denominada “atrito estático” ou “atrito máximo” e a força tangencial necessária para se manter o movimento relativo dos dois corpos designa-se por “atrito cinético”. Este é geralmente inferior ao atrito estático (Macedo, 2012).

Assim, os materiais têxteis não devem contribuir como mais um elemento de agravamento do atrito. Seguindo o procedimento interno, realizou-se a avaliação da superfície do couro reciclado, PVC e do couro natural, com o objetivo de comparar os materiais. Os ensaios foram realizados no *Frictorg*, um tribómetro rotativo, que mede o coeficiente de atrito entre uma amostra e um corpo padrão.

3.3.3.5.1. Resultados obtidos

Tabela 22.: Resultados obtidos -Frictora

Ensaio	Couro reciclado	PVC	Couro natural
1	Máximo: 0,2618 Cinético:0,1804	Máximo: 0,4329 Cinético:0,3647	Máximo: 0,1315 Cinético:0,1093
2	Máximo: 0,1985 Cinético:0,1706	Máximo: 0,3821 Cinético:0,3197	Máximo: 0,1315 Cinético:0,1079
3	Máximo: 0,2301 Cinético: 0,1453	Máximo: 0,3679 Cinético: 0,3158	Máximo: 0,1849 Cinético: 0,1148
\bar{x}	Máximo: 0,2300 Cinético:0,1650	Máximo: 0,3943 Cinético:0,3334	Máximo: 0,1493 Cinético: 0,1100
σ	Máximo: 0,258 Cinético:0,015	Máximo: 0,028 Cinético:0,022	Máximo: 0,025 Cinético:0,003
CV	Máximo: 0,032 Cinético:0,018	Máximo:0,034 Cinético:0,027	Máximo: 0,031 Cinético:0,004

3.3.3.6. Resistência à formação de borboto pelo método de *Martindale*

O método do *Martindale*, expresso na norma ASTM D 4966-12(2016) (*Standard Test Method for Abrasion Resistance of Textile Fabrics - Martindale Abrasion Tester Method*), tem como função determinar as condições de formação de borboto nos tecidos, bem como registar outros tipos de alterações na superfície dos materiais provocadas pela abrasão adjacente à utilização do método em questão. De modo a executar o ensaio foi necessário recortar os provetes com o auxílio do molde presente no dispositivo, cortando 1 mm além da marca. Ao colocar os provetes no aparelho foi necessário verificar que a parte do substrato a ensaiar ficasse em contacto com a zona abrasiva, para avançar com o procedimento. Por fim, as amostras ficaram a testar durante 1000 ciclos, comparando-se no final as condições em que se encontrava a superfície do substrato em comparação com as amostras padrão.

Apenas se realizaram 1000 ciclos, pois não houve praticamente alteração das amostras, supondo-se assim que com mais ciclos também não se iam verificar grandes alterações, uma vez que o material é bastante resistente.

3.3.3.6.1. Resultados obtidos

No caso dos substratos têxteis estudados efetuou-se a avaliação da alteração da cor, uma vez que como não é tecido não há formação de borboto.

No caso do couro reciclado (figura 15), não se verificaram alterações.

No caso do PVC (figura 16) verificou-se um ligeiro aumento do brilho e no couro natural, ligeira alteração da cor (figura 17), após os 1000 ciclos.



Figura 15: Couro reciclado



Figura 16: PVC



Figura 17: Couro natural

3.3.3.7. Discussão de resultados

Uma vez realizados os ensaios alusivos à resistência mecânica retiraram-se conclusões relativamente a esses campos de ensaio. Inicialmente, realizou-se o ensaio do rasgo, tendo o couro reciclado apresentado valores superiores aos outros dois materiais. Já no caso da força máxima e alongamento à força máxima, verificou-se um alongamento máximo para o couro reciclado, mas uma força máxima para o couro natural, sendo que no sentido longitudinal o couro reciclado apresentou um valor superior ao do PVC e também no sentido transversal quando se seguiu o método da tira.

Dada a aplicação dos materiais, uma vez que serão colocados no automóvel e, portanto, existirão costuras, realizou-se o teste com a linha normalizada, no entanto, como esta é uma linha muito grossa e resistente este ensaio não apresenta valores muito fiáveis, pois apenas no PVC se verificou efetivamente o rasgo da costura e não do material.

O coeficiente de atrito é um dos indicadores determinantes para a avaliação objetiva do conceito vulgarmente conhecido por “toque de um tecido”. O couro natural apresentou um coeficiente de atrito máximo e cinético inferior ao do couro reciclado, por sua vez inferior ao PVC, o que significa que o couro reciclado proporciona um melhor conforto comparativamente ao PVC.

No caso do ensaio *Martindale*, o couro reciclado não apresentou qualquer alteração, sendo muito favorável à sua aplicação final.

3.3.4. pH do extrato aquoso

O valor do pH do extrato aquoso de têxteis constitui um índice importante, pois cada vez é mais comum haver exigências quanto à alcalinidade e acidez de um têxtil, nas suas várias formas. O seguinte ensaio tem como principal objetivo a verificação do cumprimento em termos ecológicos do tecido usado. Ou seja, se o pH do extrato aquoso se encontra entre 4-7,5. Recorrendo-se para tal, ao procedimento descrito na norma NP EN 1413:1999 (Determinação do pH d extrato aquoso), colocaram-se os provetes em frascos de rolha esmerilada com 100ml de solução, agitando-a mecanicamente cerca de 2 horas, fazendo-se posteriormente a avaliação do pH do extrato aquoso com o auxílio do elétrodo de vidro.

3.3.4.1. Resultados obtidos

Tabela 23: Resultados obtidos pH do extrato aquoso

Ensaio	Couro reciclado	PVC	Couro natural
1	5,57	5,90	4,39
2	5,78	6,09	4,16
3	5,80	6,26	4,33
\bar{x}	5,72	6,08	4,29
σ	0,10	0,15	0,10
CV	0,13	0,18	0,12

3.3.4.2. Discussão de resultados

Um valor de pH muito elevado ou muito baixo pode provocar queimaduras na pele das pessoas. Todavia, o valor mais indicado ecologicamente é entre 4 e 7,5, verificando-se que os resultados obtidos cumprem os requisitos ecológicos.

3.3.5. Solidez dos tintos

3.3.5.1. Solidez à água

O presente ensaio laboratorial tem com objetivo determinar a resistência dos tintos dos têxteis utilizados, à imersão em água. Para tal faz-se imergir o provete em água, juntamente com o tecido testemunho, posteriormente são espremidos e colocados entre duas placas de vidro sob uma pressão especificada. Após 4 horas na estufa procede-se à avaliação da alteração de cor do provete e manchamento do tecido testemunho, com o auxílio da escala de cinzentos. Para este ensaio seguiu-se a NP EN ISO 105 E01:1997 (Solidez dos tintos – Parte E01: Ensaio de solidez à água).

3.3.5.1.1. Resultados obtidos

Couro reciclado

Tabela 24: Resultados obtidos - solidez à água_Couro reciclado

	Avaliação de alteração da cor	Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Poliamida 6.6	Poliéster
Solidez à água	3-4	4-5	4-5	3-4	4	3-4	4-5

PVC

Tabela 25: Resultados obtidos - solidez à água_PVC

	Avaliação de alteração da cor	Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Poliamida 6.6	Poliéster
Solidez à água	5	5	5	5	4-5	5	4-5

Couro natural

Tabela 26: Resultados obtidos - solidez à água_Couro natural

	Avaliação de alteração da cor	Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Poliamida 6.6	Poliéster
Solidez à água	5	5	5	4-5	4-5	5	5

3.3.5.2. Solidez ao suor

Este ensaio tem como objetivo avaliar a solidez do tinto ao suor humano, para tal são necessários provetes de 10x4 cm, os quais devem ser colocados juntamente com um tecido testemunho em duas soluções diferentes, uma contendo solução de suor ácido e outra suor alcalino. De seguida, devem ser espremidos, com o auxílio de duas varetas e colocados entre duas placas de vidro sob uma certa pressão. Depois de secos separadamente na estufa a cerca de 37°C, é possível avaliar a alteração de cor do provete e do manchamento do tecido testemunho, com auxílio da escala de cinzentos. Para tal, seguiu-se a norma NP EN ISO 105 E04:1997 (Solidez dos tintos – Parte E04: Ensaio de solidez ao suor), e prepararam-se as quantidades de solução indicadas abaixo.

Solução alcalina:

- pH=8
- 0,5g de (C₆H₉O₂N₃HClH₂O) num litro solução; 0,05g em 100ml
- 5g de NaCl num litro de solução; 0,5g em 100ml
- 5g de (Na₂HPO₄·12H₂O) num litro de solução; 0,5g em 100ml

Solução ácida:

- pH=5,5
- 0,5g de (C₆H₉O₂N₃HClH₂O) num litro solução; 0,05g em 100ml
- 5g de NaCl num litro de solução; 0,5g em 100ml
- 2,2g de (NaH₂PO₄·2H₂O) num litro de solução; 0,22g em 100ml

3.3.5.2.1. Resultados obtidos

Couro reciclado

Tabela 27: Resultados obtidos - solidez ao suor_Couro reciclado

	Avaliação de alteração da cor	Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Poliamida 6.6	Poliéster
Suor básico	4-5	4	4	3	3	3	4
Suor ácido	4-5	4-5	4-5	3	3	3-4	4-5

PVC

Tabela 28: Resultados obtidos - solidez ao suor_PVC

	Avaliação de alteração da cor	Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Poliamida 6.6	Poliéster
Suor básico	5	5	5	4-5	4-5	4-5	5
Suor ácido	5	5	5	5	4-5	4-5	4-5

Couro natural

Tabela 29: Resultados obtidos - solidez ao suor_Couro natural

	Avaliação de alteração da cor	Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Poliamida 6.6	Poliéster
Suor básico	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Suor ácido	5	4	4-5	4	3-4	4	4-5

3.3.5.3. Solidez à fricção a seco e a húmido

O ensaio realizado tem como principal objetivo avaliar a solidez dos tintos presentes nos têxteis à fricção tanto a seco como a húmido. Para a realização do ensaio, seguiu-se a norma NP EN ISO 105-X12:2003 (Solidez dos tintos – Parte X12: Ensaio de solidez à fricção). Para tal, recorreu-se a um aparelho (*crockmeter*) que permitia que os provetes têxteis sofressem fricção com um tecido seco e com um tecido húmido de algodão. Após perfazer 10 ciclos de fricção, removeu-se o testemunho e com o auxílio da escala de cinzentos procedeu-se à avaliação do grau de manchamento do mesmo.

3.3.5.3.1. Resultados obtidos

Tabela 30: Resultados obtidos - solidez à fricção a seco e a húmido

		Longitudinal	Transversal
Couro reciclado	seco	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5
	húmido	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5
PVC	seco	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5
	húmido	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
Couro natural	seco	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
	húmido	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5

3.3.5.4. Solidez dos tintos à fricção com solventes orgânicos

A parte D02 da norma EN ISO 105, destina-se a fixar um método para a determinação da resistência dos tintos dos têxteis, à ação combinada da fricção e dos solventes orgânicos, usada na remoção de nódoas, na limpeza localizada efetuada à mão.

Para tal, friccionou-se o provete com um tecido de algodão para fricção embebido em solvente. Posteriormente, avaliou-se, com auxílio da escala de cinzentos a alteração da cor do provete e o manchamento do tecido de algodão para fricção.

3.3.5.4.1. Resultados obtidos

Tabela 31: Resultados obtidos - solidez à fricção com solventes orgânicos

		Longitudinal	Transversal
Couro reciclado		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
PVC		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5

	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
Couro natural	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5

3.3.5.5. Discussão de resultados

No caso da solidez à água, o couro reciclado apresenta piores resultados tanto para a alteração da cor, como para o manchamento dos testemunhos, comparativamente com os outros dois materiais, constatando-se o mesmo no caso da solidez ao suor.

Observou-se ainda que todos os materiais apresentam ótima solidez à fricção a seco e a húmido e com solventes orgânicos.

Apesar do couro reciclado nem sempre apresentar valores tão bons como os do PVC, em todos os parâmetros os seus resultados foram superiores ou iguais a 3, sendo que por vezes foram até superiores aos do couro natural, podendo-se concluir que o material tem um bom desempenho.

Na indústria da moda seria suficiente, no entanto, para o produto ser aceite na indústria automóvel, dependerá das exigências da OEM (*Original Equipment Manufacturer*) em questão.

3.3.6. Resistência as condições climatéricas: luz ultravioleta e exposição à humidade

Para proceder a este ensaio seguiu-se o método descrito na AATCC *Test Method* 186-2006 (*Weather Resistance: UV Light and Moisture Exposure*), este método de teste fornece um procedimento para a exposição de materiais têxteis de todos os tipos num aparelho de laboratório para exposição a intempéries, usando lâmpadas fluorescentes UV como fonte de luz e usando humidade de condensação e/ou spray de água para humedecer.

Os provetes foram expostos de 4 em 4 horas, a uma luz UV fluorescente a 60°C e a condensação a 50°C, alternadamente, perfazendo um total de 48 horas de ensaio. Tendo-se recorrido ao espectrofotómetro antes e depois de cada ciclo de 24 horas, com o propósito de avaliar a degradação dos materiais.

3.3.6.1. Resultados obtidos

Tabela 32: Resultados obtidos - Resistência as condições climáticas: luz ultravioleta e exposição à humidade

Ensaio	1	2	3
Couro reciclado	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 4	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 4	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 4
	Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 3-4	Alteração da cor do provete ao fim de 48h:4	Alteração da cor do provete ao fim de 48h:4
PVC	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 5	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 5	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 5
	Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 5	Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 5	Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 5
Couro natural	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 4-5	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 4-5	Alteração da cor do provete ao fim de 24h: 4-5
	Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 4-5	Alteração da cor do provete ao fim de 48h:4-5	Alteração da cor do provete ao fim de 48h:4-5

3.3.6.2. Discussão de resultados

Através deste ensaio foi possível determinar como os materiais se comportam em condições climáticas extremas, ou seja, tentou-se avaliar qual seria o seu comportamento ao longo do tempo. O ensaio foi realizado apenas durante 48 horas, uma vez que no final das primeiras 24 já se notavam alterações significativas no caso do couro reciclado. Assim, pode-se concluir que o couro reciclado não aguenta condições de temperatura e humidade tão extremas como o PVC e o couro natural. Apesar disso, verificou-se que ao fim das 48 horas o seu aspeto ainda é aceitável.

3.3.7. FTIR

A espectroscopia de infravermelhos (IV) com transformadas de Fourier é uma técnica que permite obter uma vasta gama de espetros, através do espectrofotómetro FTIR e tem como princípio de funcionamento a recolha de informação espectral com comprimento de onda compreendido entre os 1 μm e os 50 μm , que correspondem ao número de onda dos 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} , conseguindo-se, reconhecer os compostos presentes numa determinada amostra por correlação pico a pico.

Os dados obtidos no espetro de radiação da espectroscopia de infravermelho têm como base de funcionamento as transformadas de Fourier. Esta técnica baseia-se no facto das ligações químicas das substâncias possuírem frequências de vibração específicas, às quais correspondem níveis de energia da

molécula - níveis vibracionais, constitui uma boa confirmação de identidade, pois não é provável dois compostos terem o mesmo espectro de IV (com exceções) (Amorim, 2017).

3.3.7.1. Resultados obtidos no *backing* do couro reciclado – Malha branca

Após a obtenção do espectro, figura 18, foi possível verificar os picos mais relevantes.

Um dos picos a $2920,23\text{ cm}^{-1}$ é atribuído à ligação C-H características do poliéster. A presença desta fibra sintética é visível através da vibração do grupo carbonilo, do grupo éster a $1712,79\text{ cm}^{-1}$, do pico $1238,30\text{ cm}^{-1}$ atribuído à ligação química C-O, do grupo funcional éster e do pico a $721,38\text{ cm}^{-1}$ atribuído à ligação química C-H, do Benzeno. Em geral, o estiramento C-O próximo do grupo carbonilo do éster é uma das bandas mais fortes e largas do espectro. Apesar de alguns grupos carbonilo de ésteres aparecerem nas mesmas regiões de cetonas, podem-se normalmente eliminar ao observarem-se as vibrações de estiramento C-O fortes (PAVIA et al., 2013).

É possível observar vários picos de absorção para os números de onda que contém os grupos funcionais característicos dos ésteres, pois a malha tem na maior parte da sua constituição poliéster. Sendo, por isso, possível encontrar semelhanças com o espectro padrão do poliéster.

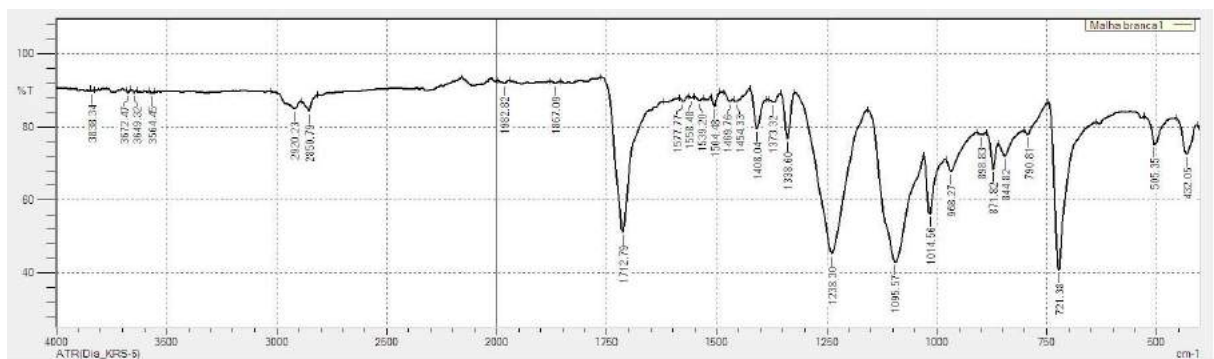


Figura 18: Espectro *Backing* couro reciclado

3.3.7.2. Resultados obtidos na face exterior do revestimento com couro reciclado

Na figura 19 são visíveis alguns picos característicos do colagénio. Observa-se no espectro em 3265 cm^{-1} o pico de estiramento da ligação N-H da amida A, em 2929 cm^{-1} o estiramento da ligação CH_2 da amida B. A $1539,20\text{ cm}^{-1}$ pode ser referente ao estiramento da ligação N-H da amida II, e a $1257,59\text{ cm}^{-1}$ da amida III, geralmente apresenta menor intensidade e corresponde às vibrações estiramento C-N e

deformação N-H. No entanto, o pico referente ao estiramento das ligações carbonila (C=O) da amida I a 1628 cm^{-1} , não está presente (CHANG; TANAKA, 2002).

Por outro lado, os picos $2927,94$ e $2858,51$ que podem ser atribuídos às deformações axiais assimétrica e simétrica, respetivamente, do grupo CH_2 (C-H) estão também presentes no poliuretano, assim como o pico de $1728,22\text{ cm}^{-1}$ que é atribuído à carbonilo de ésteres. Também os picos referentes à amida II e III são característicos dos PUS (Lando, 2013).

Analisando os espectros de infravermelho (Figura 21), verifica-se que poderá haver formação do complexo tris- (8-hidroxiquinolato) de crómio (III). A banda que pode ser característica da vibração Cr-ligando no Cr(III) é observada a $470,63\text{ cm}^{-1}$, no entanto a de 8-HQ deveria se verificar num pico perto dos 530 , o que não se verifica, logo podemos não estar na presença deste composto.

Um pico a 2360 cm^{-1} está relacionado com os fosfonatos que indicam o envolvimento de grupos de adsorção de Cr^{3+} (Lima et al., 2016), no entanto, este pico também não está presente no espectro, pelo que talvez não exista realmente presença do composto na amostra do material ensaiado.

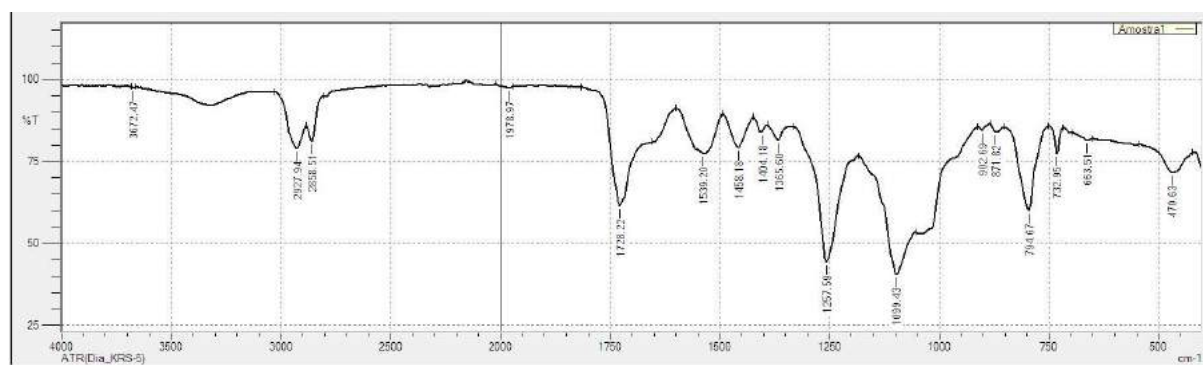


Figura 19: Espectro couro reciclado

3.3.7.3. Discussão de resultados

Este ensaio foi realizado com o intuito de avaliar os compostos presentes na amostra de couro reciclado, tanto na parte do direito como do avesso. Sendo que se verificou que a malha é efetivamente constituída por poliéster. A face exterior apresenta vários picos característicos das amidas, os quais podem estar associados à presença de colagénio, o que faria sentido uma vez que comprovaria a existência de resíduos de couro, no entanto estes grupos podem também estar associados à existência de poliuretano, que é também um dos constituintes maioritários da pasta de revestimento.

Este ensaio foi ainda realizado com o objetivo de averiguar a presença de crómio III, no entanto, toda a análise é muito subjetiva pois vários compostos diferentes que poderão estar presentes têm na sua

constituição os mesmos grupos químicos, concluindo-se que não é possível fazer uma identificação correta da composição do material através do FTIR, neste caso teria sido vantajoso recorrer a mais análises complementares.

3.4. Descrição dos ensaios realizados na ERT

No laboratório da ERT procedeu-se também à realização de alguns ensaios laboratoriais, pois é uma empresa certificada, que segue as normas específicas para a indústria automóvel, sendo relevante verificar alguns resultados obtidos anteriormente nos laboratórios da Universidade do Minho.

De seguida, apresentam-se os ensaios realizados no âmbito desta dissertação:

3.4.1. Caracterização básica

3.4.1.1. Massa por unidade de superfície

Com o intuito de determinar a massa por unidade de superfície, seguiu-se a norma NP EN ISO 2286-2:1998 (*Rubber – or plastics – coated fabrics – Determination of roll characteristics – Part 2: Methods for determination of total mass per mass unit area, mass per unit area of coating and mass per unit area of substrate*). Foi necessário recorrer ao corte de uma área conhecida de tecido, neste caso 100cm², a qual foi posteriormente pesada, obtendo-se um valor em gramas. Por fim, divide-se a sua massa pela área, obtendo-se o resultado da massa por unidade de superfície, através da aplicação da seguinte fórmula.

Equação 5: Massa por unidade de superfície

$$M = \frac{m \times 10000}{A}$$

Onde,

M – massa por unidade de superfície;

m – massa de um provete condicionado ou seco em estufa (g);

A – área do mesmo provete (cm²).

3.4.1.1.1. Resultados obtidos

Tabela 33: Resultados obtidos - massa por unidade de superfície

	Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/m ²)
1	470	746	861
2	449	738	895
3	448	738	877
4	441	742	870

5	465	752	888
\bar{x}	454,6	743,2	878,2
σ	11,0	5,3	12,1
CV	12,3%	5,9%	13,6%

3.4.1.2. Espessura

A espessura consiste na distância entre a parte da frente e traseira do material, medida como a distância vertical entre o prato de referência, onde o material é colocado, e o calçador paralelo que aplica a pressão no tecido.

Assim, com vista a realizar o ensaio da determinação da espessura foi essencial utilizar um medidor de espessura, um equipamento laboratorial provido de um calçador e uma placa de referência. Seguindo a norma NP EN ISO 2286-3:1998 (*Rubber – or plastics – coated fabrics – Determination of roll characteristics – Part 3: Method for determination of thickness*), ergueu-se o calçador e colocou-se a amostra de tecido, sem tensão, distorções ou vincos sobre a placa de referência, baixando-se o calçador. Após 30 segundos leram-se os valores de espessura registados, repetindo-se o ensaio dez vezes em zonas diferentes.

3.4.1.2.1. Resultados obtidos

Tabella 34: Resultados obtidos - espessura

Ensaio	Couro reciclado	PVC	Couro natural
	Espessura (mm)		
1	0,95	1,27	1,24
2	0,96	1,25	1,24
3	0,96	1,25	1,23
4	1,03	1,20	1,24
5	1,03	1,26	1,23
\bar{x}	0,99	1,25	1,24
σ	0,04	0,03	0,005
CV	0,04%	0,02%	0,005%

3.4.2. Características e propriedades diversas relacionadas com o acabamento

3.4.2.1. Inflamabilidade

O método de teste utilizado, D45 1333 (*Test Method – Horizontal Flammability for Automotive Materials*), especifica um método para determinar a taxa de queima horizontal de materiais usados no habitáculo de automóveis de passageiros, após exposição a uma pequena chama. Este método permite o teste de materiais e partes do equipamento do veículo individualmente (interior e sob o capô) ou em combinação até uma espessura de 13 mm. É usado para avaliar a uniformidade dos lotes de produção desses materiais com relação ao seu comportamento de queima.

Este padrão especifica o método de teste para inflamabilidade de materiais automotivos. O objetivo deste ensaio é determinar a taxa de combustão horizontal e o tipo de combustão que pode ocorrer nos materiais que se encontram no habitáculo do veículo (especialmente no interior) ou sob o capô.

O teste pode ser realizado no material de superfície, em um compósito incorporando tal material de superfície e ligado a uma superfície subjacente, e no material subjacente.

3.4.2.1.1. Resultados obtidos

Equação 6: velocidade de propagação da chama

$$v = d \times \frac{60}{t}$$

onde

d - é a distância entre as duas marcas (254mm)

t - é a duração da combustão (s)

Tabela 35: Resultados obtidos - inflamabilidade

Couro reciclado		PVC		Couro natural	
Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
$254 \times \frac{60}{117}$ = 130,25mm /min	$254 \times \frac{60}{181}$ = 84,19mm /min	$35 \times \frac{60}{98}$ = 21,43mm /min	$65 \times \frac{60}{91}$ = 42,86mm /min	0mm/min – não ardeu	0mm/min – não ardeu

3.4.2.2. *Souplesse*

O objetivo deste método é avaliar a flexibilidade dos materiais, aplicando-se a têxteis revestidos.

Para a realização deste ensaio seguiu-se a norma D45 1030 (*Plastics or Rubber Coated Textiles Textiles – Plastic Film – Straps Flexibility of a loop*), o provete de formato retangular é curvado e mantido contra um plano vertical de modo a formar um *loop* tangencial a este plano. A flexibilidade do material é caracterizada pela relação entre a altura e a espessura do laço.

Para a realização deste ensaio é necessária:

- uma placa de 20mm de espessura, equipada com alças localizadoras e ventosas magnéticas na área que constitui a parte inferior da maxila fixa;
- uma barra em liga de luz de 210mmx10mmx10mm que pode ser inserido em duas ranhuras da placa construídas para o efeito, uma correspondendo à posição inicial, a outra à posição final; esta barra está equipada com ventosas magnéticas e constitui a parte inferior da maxila móvel;
- uma pequena régua de aço de 210mmx10mmx1,5mm, constituindo a parte superior da maxila fixa e uma de 230mmx10mmx1,5mm, na parte superior da maxila móvel;
- uma pinça;
- um cronômetro.

As dimensões do provete devem ser de 270 mm (± 1 mm) de comprimento, 100 mm (± 1 mm) de largura. Devem ser cortados 3 espécimes de teste na direção longitudinal e 3 espécimes de teste na direção transversal, sendo que os provetes devem sempre ser cortados de áreas sem dobras ou marcas. As medições devem ser repetidas ao fim de 1 minuto, no sentido longitudinal e transversal.

3.4.2.2.1. Resultados obtidos

Equação 7: flexibilidade do material

$$\frac{a}{b}$$

Em que,

a – distância entre as 2 planos horizontais, tangenciais ao “*loop*” (mm);

b – distância entre a placa e o outro plano vertical paralelo à placa (mm);

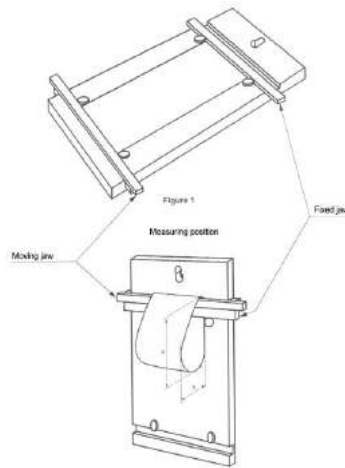


Figura 20: Medição da flexibilidade

Tabela 36: Resultados obtidos - Souplesse

Couro reciclado		Couro natural	
Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
$\frac{113}{43} = 2,62$	$\frac{115}{45} = 2,55$	$\frac{117}{60} = 1,95$	$\frac{111}{52} = 2,13$

3.4.3. Resistência mecânica

3.4.3.1. Resistência à tração

Para a realização deste ensaio seguiu-se a norma D41 1126-C (*tensile strength*), o provete é sujeito a uma força até atingir o ponto de rotura, através de um aparelho que indica a força aplicada e o alongamento do provete.

As maxilas do dinamómetro devem ser maiores do que o provete a testar, sendo que a velocidade de ensaio foi de 100mm/min e estando a 200mm uma da outra.

Para a realização deste ensaio são necessários 5 provetes no sentido longitudinal e transversal, para cada força especificada, de dimensões de 300x50mm. Fazendo-se o ensaio para uma força de 20N, 25N, 50N e 100N.

3.4.3.1.1. Resultados obtidos

Tabela 37: Resultados obtidos – Resistência à tração

Ensaio		Couro reciclado	PVC	Couro natural	Couro reciclado	PVC	Couro natural
		Força máxima (N)			Alongamento na rotura (%)		
longitudinal	1	570,3	424,8	611,8	176	87,2	50,8

	2	591,0	445,1	666,9	176	89,2	73,4
	3	569,5	435,0	651,5	177	88,8	53,3
	4	605,4			182		
	5	485,4			161		
\bar{x}		564,3	435,0	643,4	174,4	88,4	59,2
σ		41,7	8,29	23,21	7,06	0,86	10,12
CV		46,6%	10,15%	28,43%	7,89%	1,06%	12,39%
transversal	1	380,6	246,5	959,6	216	120	50,1
	2	412,7	240,8	666,8	237	115	51,7
	3	391,8	235,7	687,0	228	120	46,9
	4	383,8			231		
	5	394,9			222		
\bar{x}		392,8	241,0	771,1	226,8	118,33	49,6
σ		11,24	4,41	133,521	6,62	2,36	2,00
CV		12,56%	5,40%	163,529%	7,25%	2,89%	2,44%

Tabela 38: Resultados obtidos – Resistência à tração_Alongamentos

		Couro reciclado	PVC	Couro natural	Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio		Alongamento força 20N			Alongamento força 25N		
longitudinal	1	5,87	4,50	2,27	7,99	5,38	2,78
	2	6,17	4,20	2,28	8,29	5,18	2,95
	3	6,56	4,81	2,48	9,04	5,88	3,07
	4	6,01			8,57		
	5	5,63			7,73		
\bar{x}		6,05	4,50	2,34	8,32	5,48	2,93
σ		0,31	0,25	0,10	0,46	0,29	0,12
CV		0,35%	0,31%	0,12%	0,51%	0,36%	0,15%
transversal	1	8,02	9,30	2,13	11,5	11,4	2,63
	2	8,55	9,17	2,54	12,1	11,3	3,26
	3	10,3	11,0	2,02	14,8	13,4	2,49

	4	10,4			15,3		
	5	9,11			12,9		
\bar{x}		9,28	9,83	2,23	13,32	12,0	2,79
σ		0,94	0,83	0,22	1,36	0,97	0,33
CV		1,05%	1,02%	0,27	1,49%	1,18%	0,41%

Tabela 39: Resultados obtidos – Resistência à tração_Alongamentos

		Couro reciclado	PVC	Couro natural	Couro reciclado	PVC	Couro natural	Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio		Alongamento força 50N			Alongamento força 100N			Alongamento força 200N		
longitudinal	1	26,0	11,5	5,73	66,1	28,4	11,7	101	52,5	21,3
	2	25,1	11,6	7,37	63,2	29,5	17,7	98,3	52,0	36,4
	3	29,6	12,9	6,17	68,9	30,8	11,8	103	53,2	20,6
	4	29,7			69,1			103		
	5	25,3			63,7			99,8		
\bar{x}		27,1	12,0	6,42	66,2	29,6	13,7	101	52,6	26,1
σ		2,07	0,64	0,69	2,49	0,98	2,81	1,67	0,49	7,29
CV		2,32%	0,78%	0,85%	2,78%	1,20%	3,44%	1,83%	0,60%	8,93%
transversal	1	40,8	23,1	5,00	95,6	49,0	9,02	150	101	15,9
	2	42,8	22,8	6,58	97,8	48,4	12,2	153	98,9	21,4
	3	48,9	26,1	4,98	102	53,9	9,63	155	106	17,5
	4	51,9			106			161		
	5	43,3			95,7			150		
\bar{x}		45,5	24,0	5,52	99,42	50,4	10,30	153,8	101,9	18,27
σ		4,16	1,49	0,75	4,21	2,46	1,38	4,07	2,98	2,31
CV		4,66%	1,82%	0,92%	4,50%	3,02	1,69%	4,55%	3,65%	2,83%

3.4.3.2. Rasgo

Para a realização deste ensaio seguiu-se a norma D41 1126-C (*dechirement*). Este método define as condições para medir a carga de propagação de um rasgo iniciado, usando uma máquina de tração.

Aplica-se a malhas revestidas, nos quais o rasgo se propaga na direção dos constituintes longitudinais da amostra. Não é válido quando o material é destruído por escorregamento ou desenrolamento de fios. O método consiste em medir, por meio de um dinamómetro, a força necessária para a propagação de um rasgo iniciado.

O dinamómetro deve estar a uma velocidade de 100mm/min, sendo que as maxilas devem distar entre si 100mm. A aba do provete deve estar colocada na maxila, com o pequeno lado não marcado, permanecendo livre, de modo que o início do rasgo seja paralelo à direção de tração, e que a extremidade esteja equidistante das 2 maxilas, ou seja, uma das abas é apertada na metade esquerda de uma das maxilas e a outra aba na metade direita da outra maxila, sendo a peça apenas esticada entre as duas maxilas.

Os provetes devem ser de 200x50mm.

No caso em que o material tenha uma orientação (por exemplo malha ou malha revestida), é necessário realizar o rasgo no sentido das colunas e das fileiras.

3.4.3.2.1. Resultados obtidos

Tabela 40: Resultados obtidos - Rasgo

		Couro reciclado	PVC	Couro natural
Ensaio		Força rasgo (N)		
longitudinal	1	30,3	10,6	31,2
	2		4,19	16,6
	3		10,9	13,5
\bar{x}		30,3	8,58	20,4
σ			3,80	9,45
CV			44,3	46,3
transversal	1	19,5	11,6	20,0
	2		12,3	23,7
	3		12,7	9,38
\bar{x}		19,5	12,2	17,7
σ			0,534	7,43
CV			4,38	42,0

3.4.4. Ensaio relacionados com as variações dimensionais

3.4.4.1. Variação dimensional

O objetivo deste método é determinar as variações dimensionais, bem como as mudanças na aparência dos materiais de estofamento (têxteis revestidos de plástico, folhas de plástico, tecidos, malhas, não tecidos, forro do tejadilho, etc.) sujeitos à ação do calor, para tal seguiu-se a norma D45 1139 (*variations dimensionnelles et changements d'aspect a la chaleur*).

Para este ensaio é necessário uma estufa, ou seja, um dispositivo de ventilação de ar forçado que permite obter uma boa uniformidade de temperatura em todo o espaço útil e manter a temperatura escolhida durante toda a duração do ensaio, sendo que deve ser provido de um dispositivo de controle tal que a temperatura não varie em mais de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ em torno do valor escolhido durante o ensaio e em mais de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de ponta a ponta. O provete não deve tocar nas paredes do forno ou no chão, para não perturbar a circulação do ar.

Os provetes devem ser cortados em quadrados de 300mm, lateralmente paralelos à direção longitudinal do material, sendo que devem ser recortados a uma distância superior a 150 mm das bordas e extremidades (figura 21).

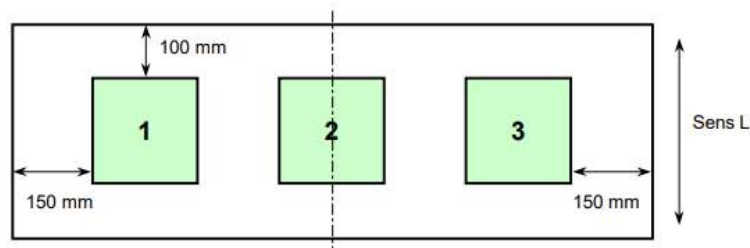


Figura 21: Corte de provetes

Em cada amostra, devem efetuar-se duas marcas com 250 mm de distância, as quais devem estar equidistantes das bordas.

Os provetes devem ser colocados na estufa, de forma que fiquem planos, voltados para baixo sobre a grade e em contato com o ar quente na maior superfície possível. Após 22 horas 0 ± 30 minutos, ou qualquer outro tempo indicado nos documentos normativos, retirar os corpos-de-prova do forno.

Após 4 horas ou qualquer outro período indicado nos documentos normativos, mede-se as distâncias entre as marcas e observa-se a aparência dos provetes.

O condicionamento foi realizado a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $50\% \pm 5\%$ de humidade relativa.

Desvio à norma: na ERT não se faz o acondicionamento prévio e o tempo na estufa é de apenas 4h.

3.4.4.1.1. Resultados obtidos

Equação 8: Variações dimensionais

$$\frac{d2 - d1}{d1} \times 100$$

Onde,

D2 é a medida entre as duas marcas após a permanência na estufa (mm);

D1 é a medida inicial entre as duas marcas (mm).

Tabela 41: Resultados obtidos - Variação dimensional

Couro reciclado		PVC		Couro natural	
Colunas	Fileiras	Longitudinal/colunas	Transversal/fileiras	Longitudinal	Transversal
$\frac{245-250}{250} \times 100$ = -0,8%	$\frac{247-250}{250} \times 100$ = -1,2%	$\frac{245-250}{250} \times 100 = -2\%$	$\frac{251-250}{250} \times 100 = 0,4\%$	$\frac{241-250}{250} \times 100 = -3,6\%$	$\frac{241-250}{250} \times 100 = -3,6\%$

3.4.5. Discussão de resultados

Os ensaios realizados na ERT não serão analisados em SPSS, uma vez que em alguns deles o ensaio só foi realizado uma vez, e noutras apenas se repetiu três, sendo assim ineficiente a análise em SPSS, uma vez que este software é mais fiável quando trabalha com bases de dados maiores. No entanto, através dos ensaios realizados é possível tirar algumas conclusões semelhantes às obtidas no laboratório da Universidade.

A massa por unidade de superfície do couro reciclado é consideravelmente mais baixa do que a do PVC e do couro natural, o que até pode ser uma vantagem, uma vez que os automóveis se querem mais leves, como foi referido no capítulo 2.

Também a espessura do couro reciclado é inferior à do PVC e couro natural.

Segundo a norma utilizada pela ERT, o comportamento ao fogo do couro reciclado (130,25mm/s e 84,19mm/s) embora não seja muito bom já deu um valor mais próximo do obtido no PVC (21,43mm/s e 42,86mm/s).

Quanto à resistência à tração verificaram-se alongamentos do couro reciclado superiores tanto aos do PVC, como aos do couro natural. Já a força máxima do couro reciclado, segundo os ensaios realizados na ERT, revelou-se superior ao PVC, mas inferior ao couro natural, em ambos os sentidos. No caso do ensaio da resistência ao rasgo também o couro reciclado apresentou um valor superior aos outros materiais.

No laboratório da ERT foi ainda possível realizar alguns ensaios distintos dos da universidade, nomeadamente o *souplesse*, no qual se obteve um valor superior para o couro reciclado, quando comparado com o couro natural. Realizou-se ainda o ensaio das variações dimensionais na estufa a 23°C e 50% de humidade, simulando as condições a que o material estará sujeito, obtendo-se valores piores para o couro natural (-3,6 e -3,6), o encolhimento no comprimento do couro reciclado (0,8) foi também menor do que no PVC (2), já as variações na largura foram superiores no couro reciclado (-1,2), quando comparado com o PVC (+0,4).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. Análise estatística dos resultados

Com o intuito de analisar de uma forma mais correta os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, efetuados na Universidade, realizou-se uma análise estatística dos dados. Assim, foi possível comparar os 3 materiais, e verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre eles. Para tal recorreu-se ao *IBM SPSS Statistics 26*.

Em primeiro lugar realizou-se um estudo estatístico dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, de forma a avaliar os parâmetros de tendência central (média e mediana), de dispersão (coeficiente de variação), intervalos de confiança a 95%, amplitude, erro padrão e valores máximos e mínimos, essenciais para o estudo da reprodutibilidade (Abreu, 2004).

Em segundo lugar, todas as propriedades, foram testadas de modo a confirmar se a sua distribuição segue a distribuição normal. Pois, por vezes, podem verificar-se dados anómalos, devido a algum tipo de erro proveniente das medições efetuadas nos equipamentos de medida. No entanto, a variabilidade de todas as propriedades que se decidiram medir deverá seguir uma distribuição normal. Se assim não suceder, erros sistemáticos ou do operador deverão ser identificados como extremos e *outliers* (Rebelo, 2010).

Assim, para a avaliação da normalidade, considera-se como hipótese nula a premissa “segue uma distribuição normal”. Ou seja, quando alfa, ou também chamado de *sig*, apresenta um valor superior a 0,05, os dados seguem uma distribuição normal, por outro lado, quando algum dos materiais apresenta um valor de *sig* inferior a 0,05, poderá haver o risco de não seguir uma distribuição normal.

De seguida, recorreu-se ao teste de homogeneidade de variância para avaliar a utilização ou não de testes paramétricos. Tem-se como hipótese nula: “variâncias idênticas”, logo quando os valores de *sig*, tanto para a média como para a mediana, forem inferiores a 0,05 as variâncias podem ser consideradas

idênticas, podendo-se usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA. No caso de tal não acontecer é necessário recorrer a testes não paramétricos.

Recorreu-se à ANOVA com o objetivo de verificar se existiam ou não diferenças estatisticamente significativas entre os materiais, em que a hipótese nula se define como “não existem diferenças estatisticamente significativas entre os materiais”. Quando a hipótese nula é rejeitada e importa saber quais são os materiais diferentes, procede-se à realização de testes *post hoc*.

Os testes *post hoc*, no caso dos ensaios que apresentam variâncias idênticas e, portanto, seguem os testes paramétricos são o *Scheffe* ou *Tukey*. Neste caso, tem-se como hipótese nula “os materiais são idênticos entre si”, a qual é aceite quando alfa é superior a 0,05.

Por outro lado, quando a hipótese nula na ANOVA é rejeitada e importa saber quais são os materiais diferentes, no entanto as variâncias não são idênticas, é necessário recorrer aos testes não paramétricos. Usa-se o teste *post-hoc* TAMHANE, o qual considera que quando sig é maior do que 0,05, aceita-se a hipótese nula, que refere que os materiais são idênticos entre si.

De forma a melhor entender como foi realizada toda esta a análise estatística para cada uma das amostras, foi realizado um fluxograma representado nas figuras, 22, 23 e 24, dividido nas diferentes fases do tratamento estatístico.

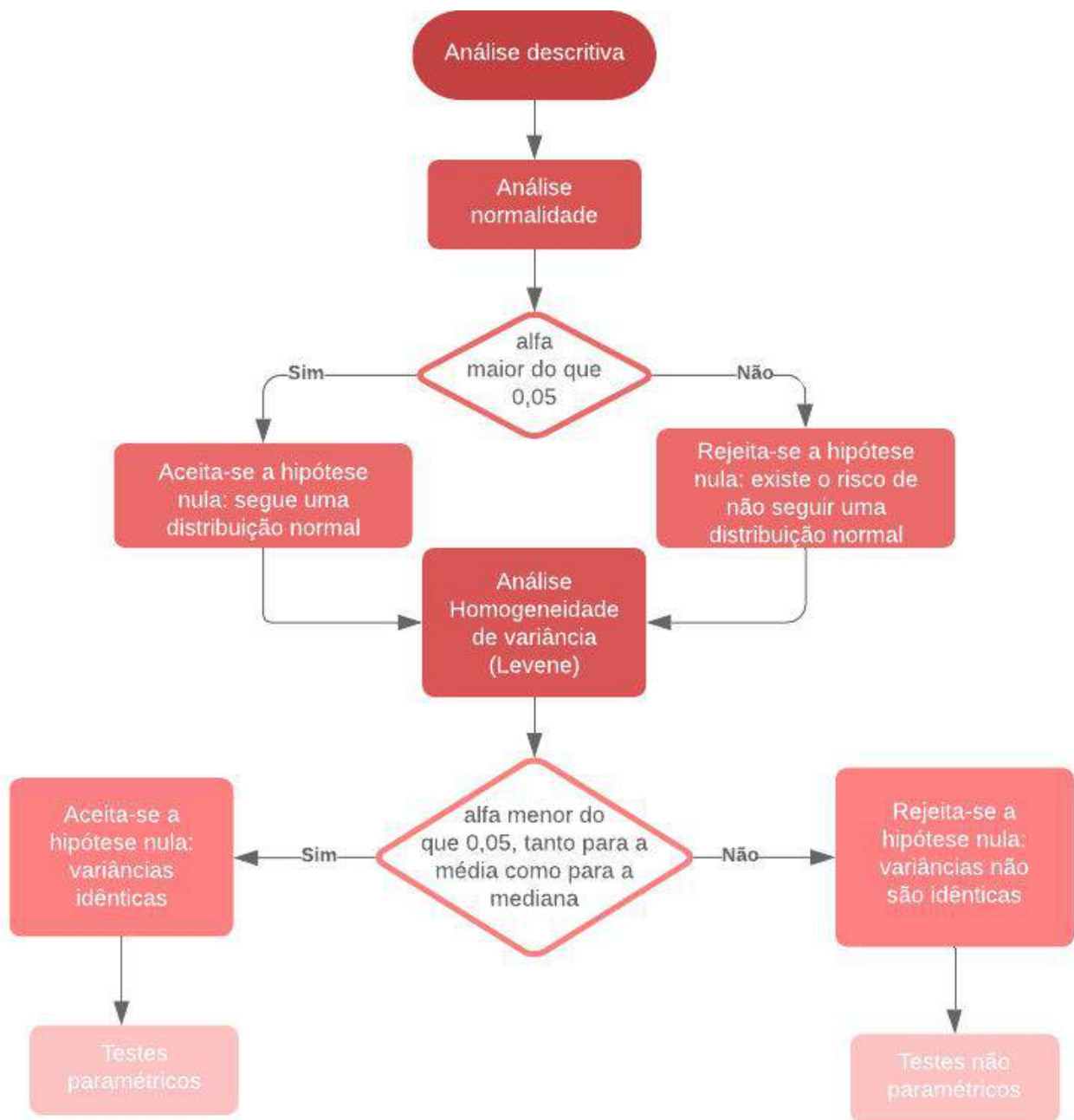


Figura 22: Tratamento estatístico

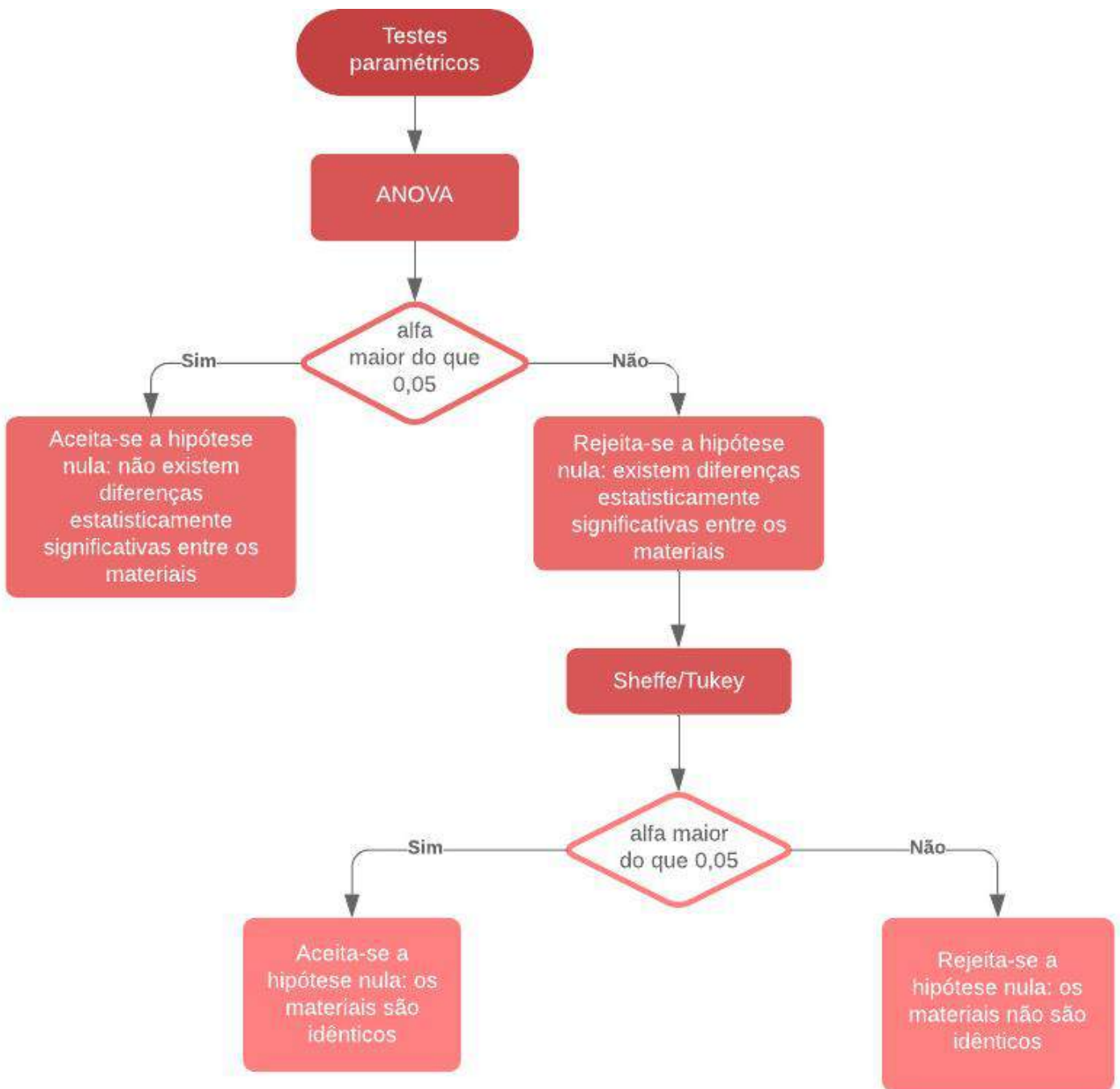


Figura 23: Continuação tratamento estatístico - Testes paramétricos

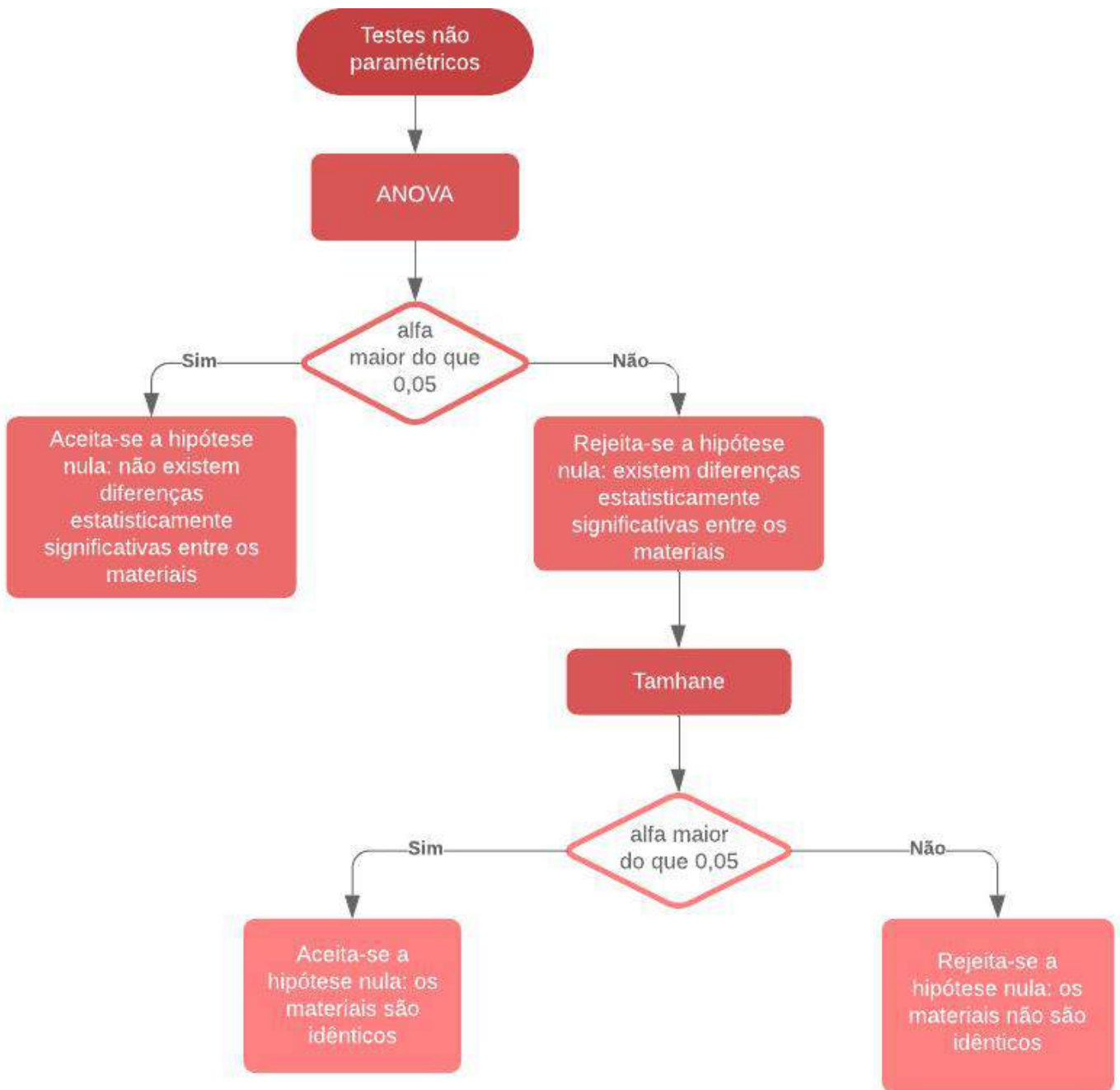


Figura 24: Continuação tratamento estatístico - Testes não paramétricos

As tabelas resultantes da análise estatística efetuada, encontram-se nos anexos 4 a 12. Sendo que, através da tabela seguinte (42) é possível analisar como foram distribuídas nos anexos.

Tabela 42: Distribuição das tabelas nos anexos

		Primeira fase: Análise exploratória			Segunda fase: ANOVA		
		Descritivos	Teste de normalidade	Homogeneidade de variância	ANOVA	Teste paramétrico SCHEFFE	Teste não paramétrico TANHANE
Anexo 4 Massa		tabela 54	tabela 55	tabela 56	tabela 57	*	tabela 58
Anexo 5 Espessura		tabela 59	tabela 60	tabela 61	tabela 62	*	tabela 63
Anexo 6 Permeabilidade ao ar		tabela 64	tabela 65	tabela 66	tabela 67	tabela 68	*
Anexo 7 Permeabilidade ao vapor de água		tabela 69	tabela 70	tabela 71	tabela 72	*	tabela 73
Anexo 8 Resistência ao rasgo	longitudinal	tabela 74	tabela 75	tabela 76	tabela 77	*	tabela 78
	transversal	tabela 79	tabela 80	tabela 81	tabela 82	*	tabela 83
Anexo 9 Resistência à rotura e alongamento – Grab	força transversal	tabela 84	tabela 85	tabela 86	tabela 87	*	tabela 88
	alongamento transversal	tabela 89	tabela 90	tabela 91	tabela 92	*	tabela 93
	força longitudinal	tabela 94	tabela 95	tabela 96	tabela 97	*	tabela 98
	alongamento longitudinal	tabela 99	tabela 100	tabela 101	tabela 102	*	tabela 103
Anexo 10 Resistência à rotura e alongamento – Tira	força transversal	tabela 104	tabela 105	tabela 106	tabela 107	*	tabela 108
	alongamento transversal	tabela 109	tabela 110	tabela 111	tabela 112	*	tabela 113
	força longitudinal	tabela 114	tabela 115	tabela 116	tabela 117	*	tabela 118
	alongamento longitudinal	tabela 119	tabela 120	tabela 121	tabela 122	*	tabela 123
Anexo 11 Resistência da costura	força transversal	tabela 124	tabela 125	tabela 126	tabela 127	*	tabela 128
	alongamento transversal	tabela 129	tabela 130	tabela 131	tabela 132	*	tabela 133
	força longitudinal	tabela 134	tabela 135	tabela 136	tabela 137	*	tabela 138
	alongamento longitudinal	tabela 139	tabela 140	tabela 141	tabela 142	*	tabela 143
Anexo 12 Coeficiente de atrito	atrito máximo	tabela 144	tabela 145	tabela 146	tabela 147	*	tabela 148
	atrito cinético	tabela 149	tabela 150	tabela 151	tabela 152	*	tabela 153

4.1.1. Massa

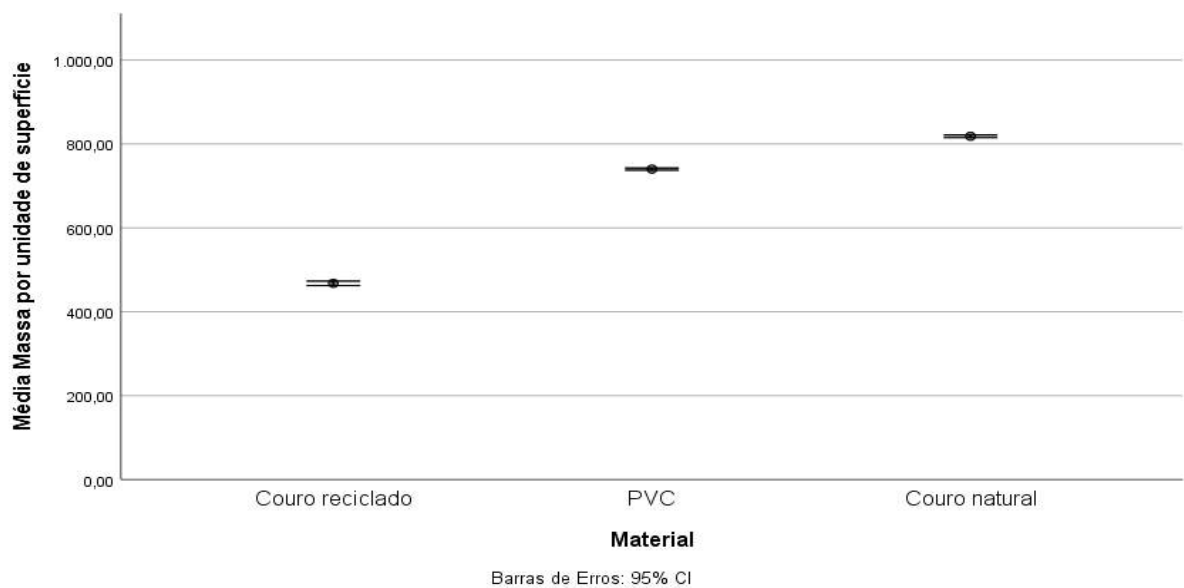


Figura 25: Massa por unidade de superfície

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade estudada. Através do gráfico da figura 25 pode dizer-se que a média da massa do couro reciclado é menor do que a do PVC, que por sua vez é menor que a do couro natural.

Como exemplo e para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística representada no fluxograma da figura 26.

Através da tabela 55 do anexo 4, verifica-se que sig é maior que 0,05, aceita-se hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, presente na tabela 56 indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias não podem ser consideradas idênticas (a homogeneidade da variância falhou, pois, a significância é superior a 0,05). Assim sendo não se pode usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

O teste ANOVA (tabela 57) mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de massa por unidade de superfície são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 58 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual indica que a massa por unidade de superfície dos materiais, não é estatisticamente semelhante.

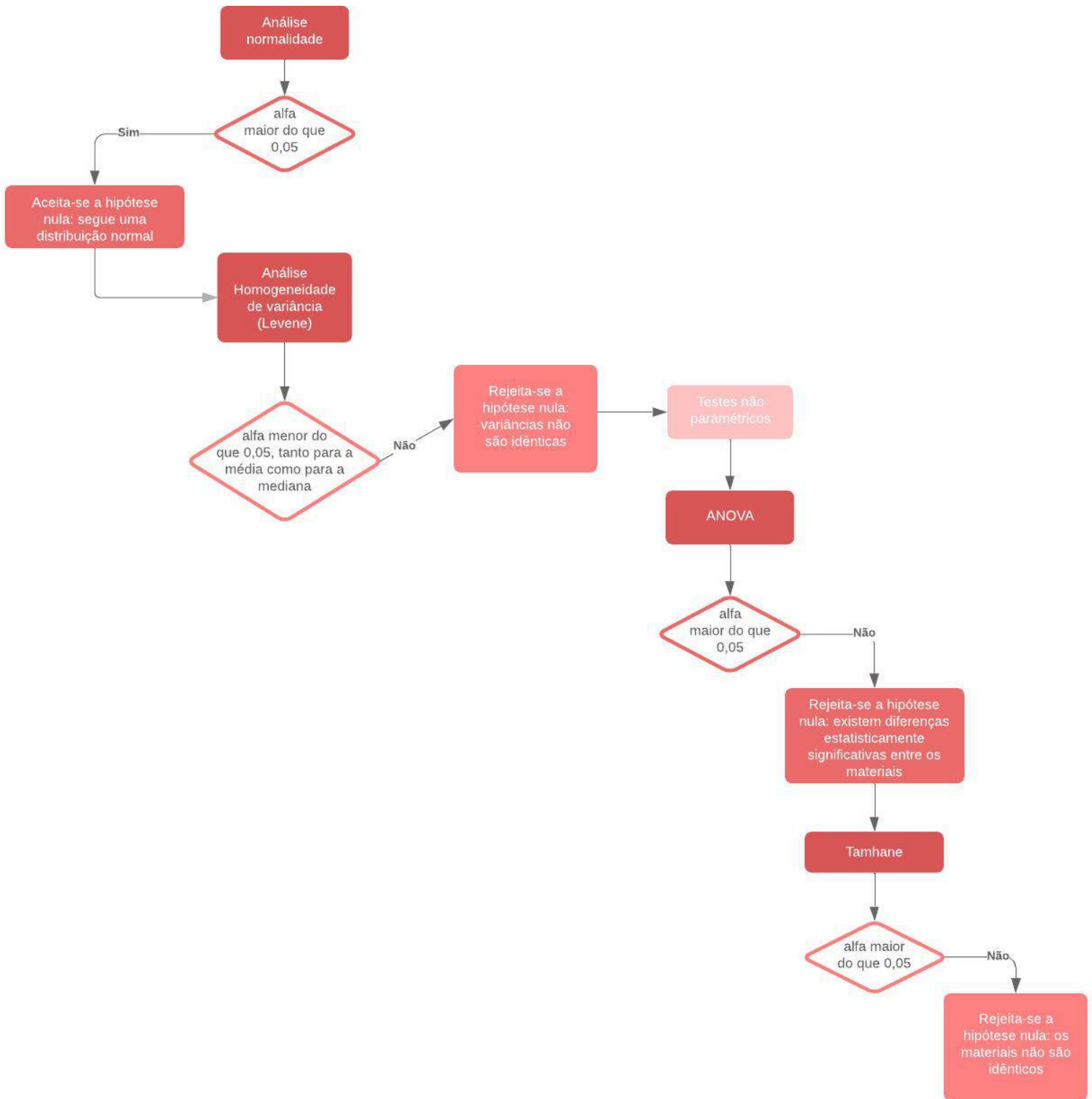


Figura 26: Fluxograma – análise 1

4.1.2. Espessura

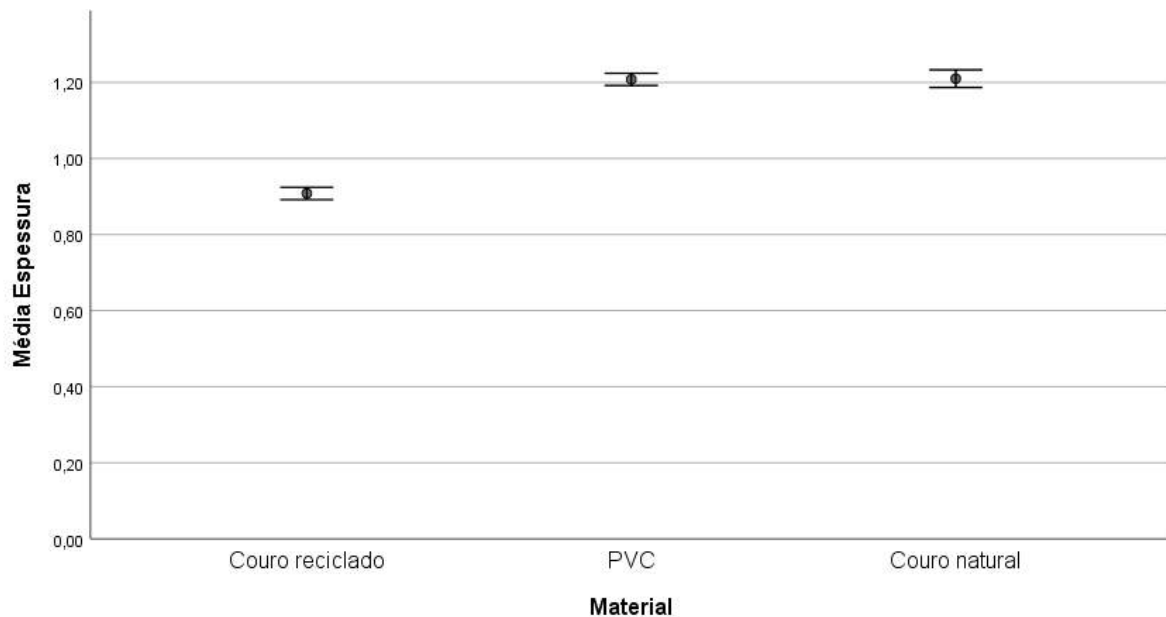


Figura 27: Espessura

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade estudada. Através da análise do gráfico da figura 27, percebe-se que os valores médios de espessura do PVC e do couro natural são praticamente iguais, sendo que a amplitude dos valores registados no couro natural é ligeiramente maior. Por outro lado, verifica-se que a espessura do couro reciclado é inferior à dos outros dois materiais.

Como exemplo e para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística representada no fluxograma da figura 28.

Através da tabela 60 do anexo 5 observa-se que sig é menor que 0,05, para o couro reciclado e PVC, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, existe o risco de não seguir uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância da tabela 61 indica que, tanto para a média como para mediana as variâncias são diferentes. Assim, não se podem usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

Na tabela 62, nota-se que o valor de sig é menor do que 0,05, ou seja, existem diferenças estatisticamente significativas. Na tabela 63 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual indica que o PVC e o couro natural são considerados estatisticamente semelhantes relativamente à espessura, já o couro reciclado é estatisticamente diferente desses outros dois materiais.

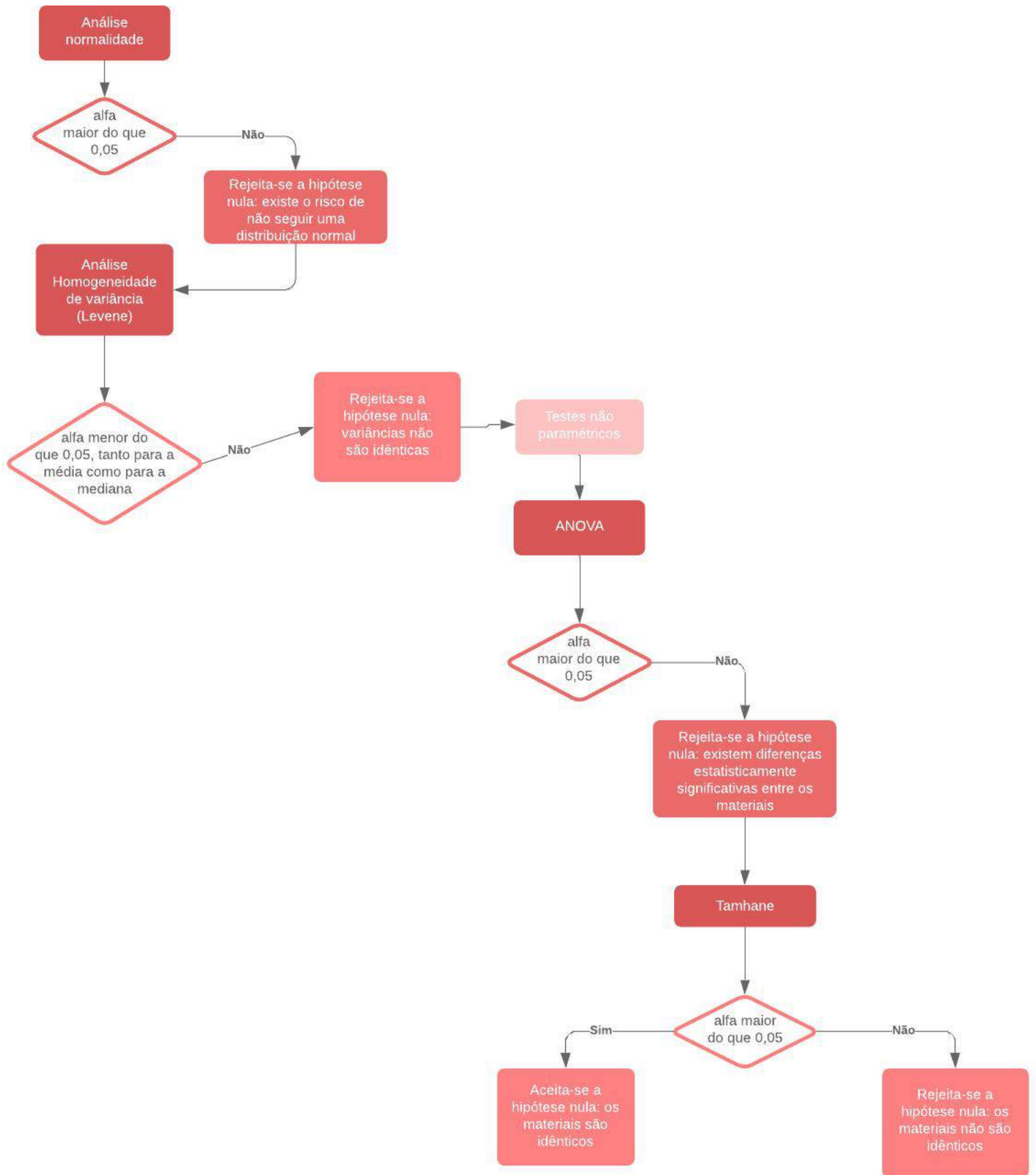


Figura 28: Fluxograma – análise 2

4.1.3. Permeabilidade ao ar

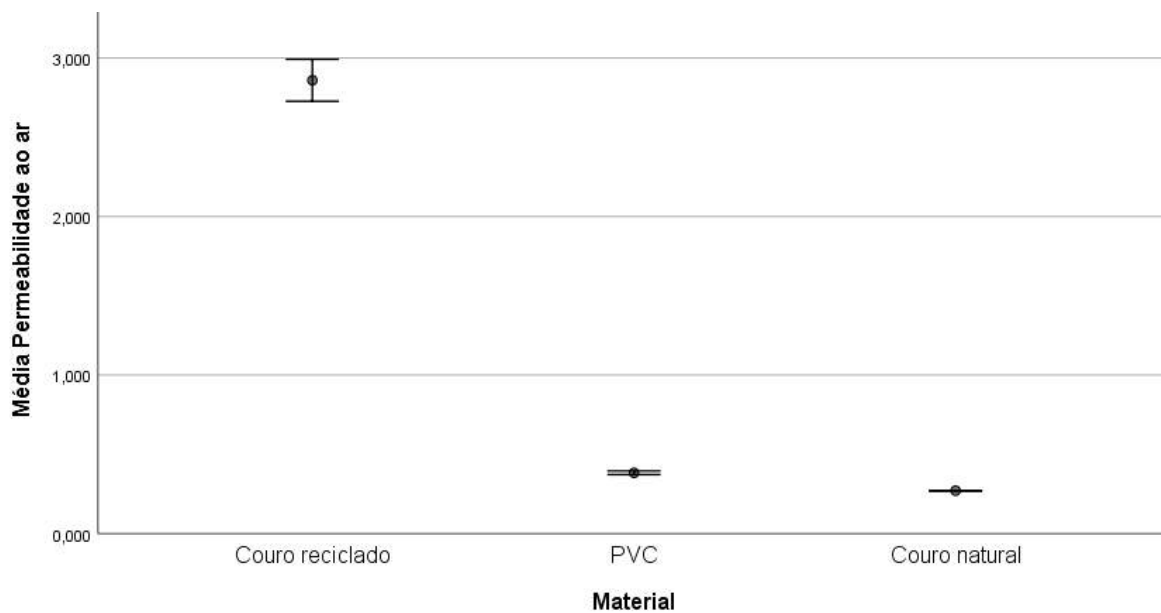


Figura 29: Permeabilidade ao ar

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade estudada. Através do gráfico da figura 29, nota-se que a permeabilidade ao ar do couro reciclado é mais elevada do que a do PVC, que por sua vez é ligeiramente superior à registada no couro natural.

Como exemplo e para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística representada no fluxograma da figura 30.

Através da tabela 65 do anexo 6 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 66 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias podem ser consideradas idênticas. Assim pode-se usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA. Na tabela 67 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de permeabilidade ao ar para os materiais analisados são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 68 está representado o teste paramétrico SCHEFFE de forma a determinar-se quais os materiais que são consideradas estatisticamente idênticos. Isto acontece quando sig é maior do que 0,05, ou seja, o couro natural e o PVC são considerados estatisticamente idênticos e diferentes quanto ao couro reciclado.

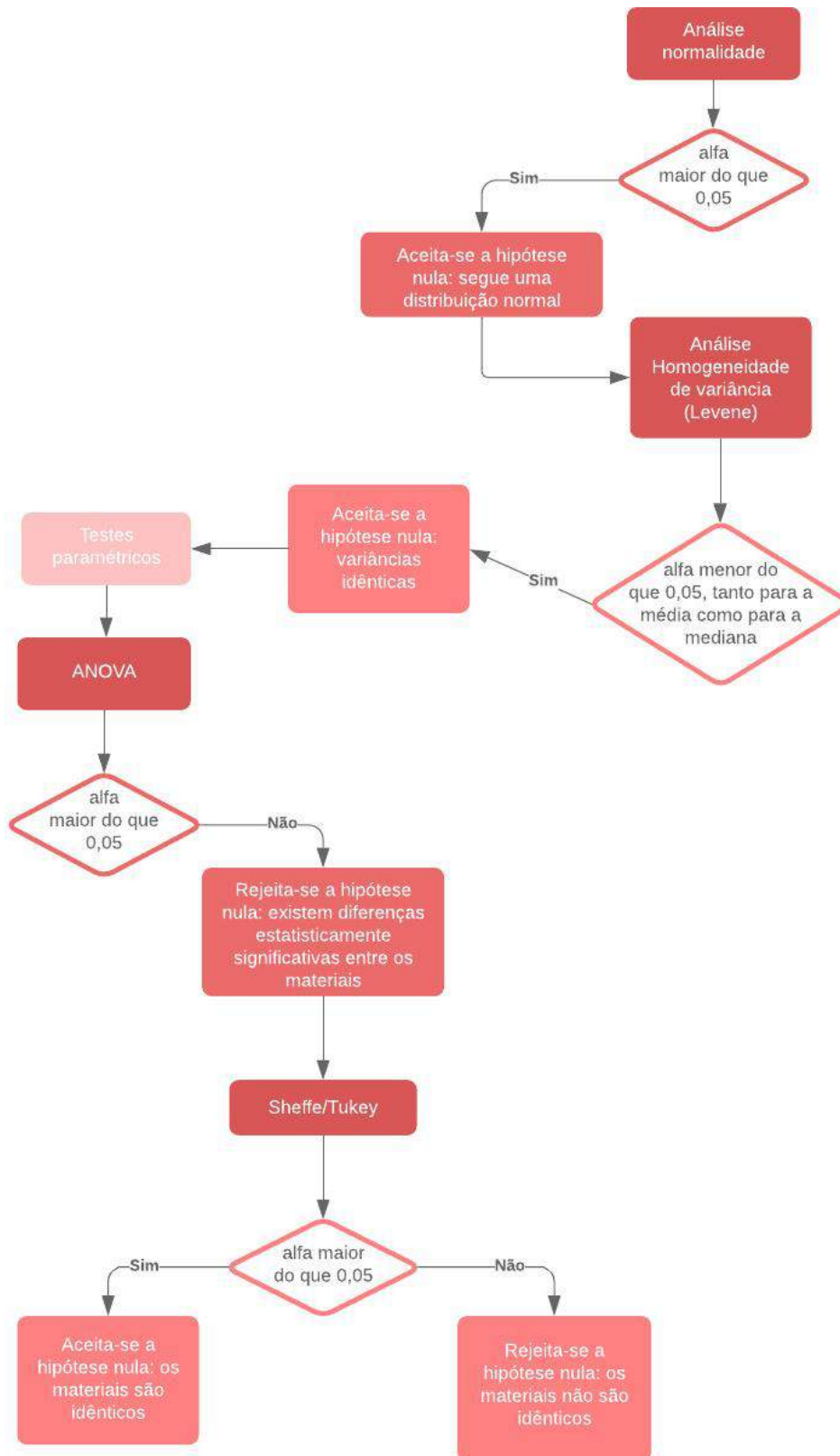


Figura 30: Fluxograma – análise 3

4.1.4. Permeabilidade ao vapor de água

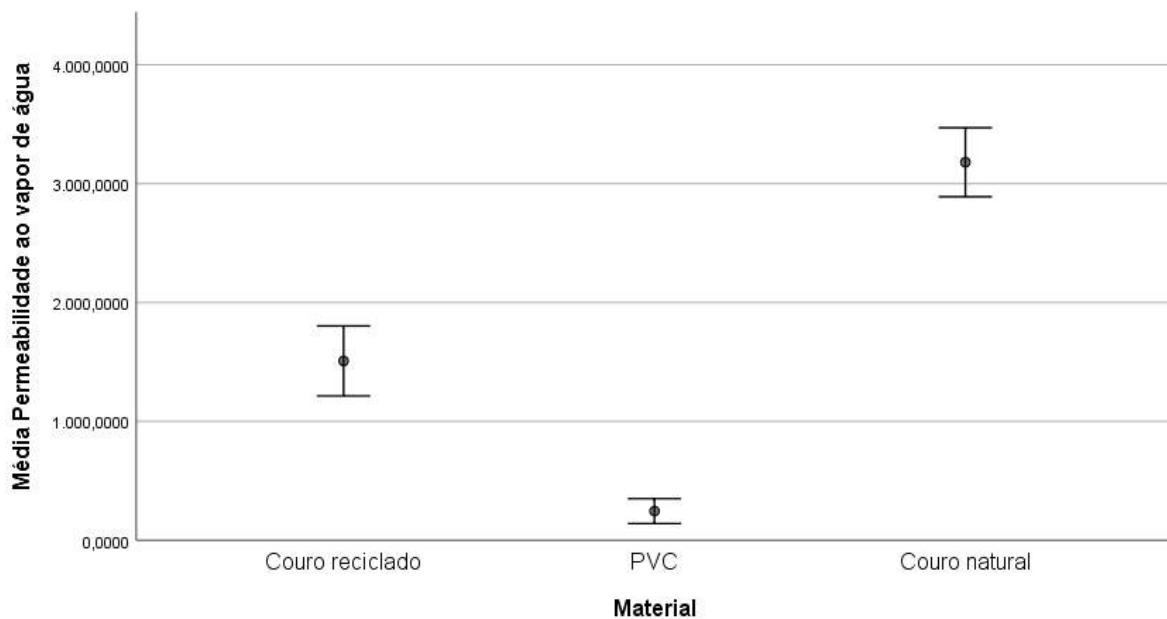


Figura 31: Permeabilidade ao vapor de água

Como é de conhecimento geral, estes materiais são bastante hidrófobos e como não podia deixar de ser, a sua permeabilidade ao vapor de água apresenta também valores baixos, uma vez que não há grande passagem de água, sob a forma de vapor. Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade estudada. Através da análise do gráfico da figura 31, pode-se concluir que o couro natural é o que apresenta maior valor de permeabilidade ao vapor de água, seguido do couro reciclado e finalmente do PVC.

Como exemplo e para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística representada no fluxograma da figura 32.

Através da tabela 70 do anexo 7 observa-se que sig é menor que 0,05, para o couro reciclado, logo não se aceita a hipótese nula, ou seja, não segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, presente na tabela 71 indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias não podem ser consideradas idênticas (significância superior a 0,05). Assim sendo, não se pode usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

O teste ANOVA (tabela 72) mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de permeabilidade ao vapor de água são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 73 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual indica que a permeabilidade ao vapor de água de todos os materiais estudados, não são estatisticamente idênticos.

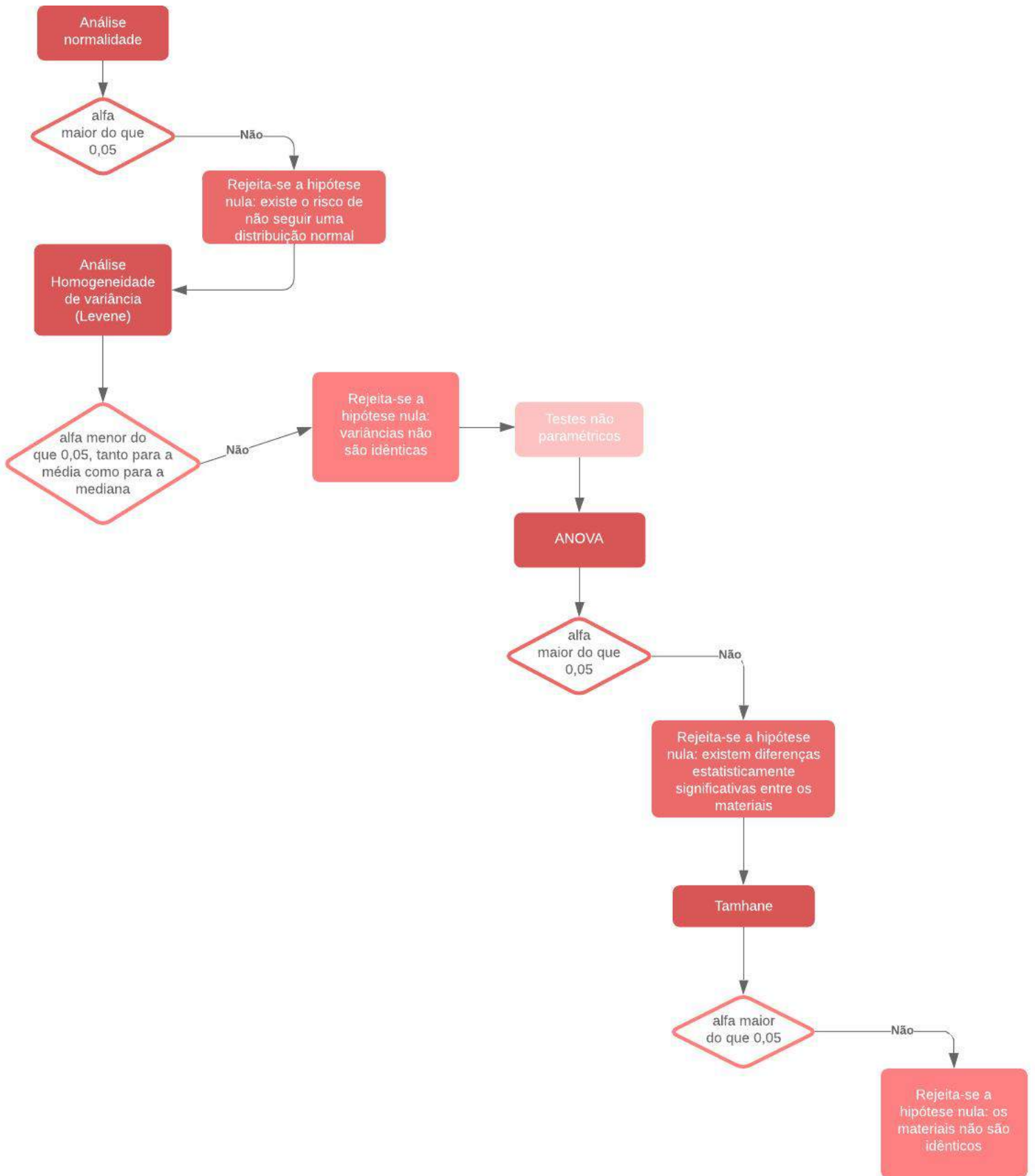


Figura 32: Fluxograma – análise 4

4.1.5. Resistência ao rasgo

4.1.5.1. Longitudinal

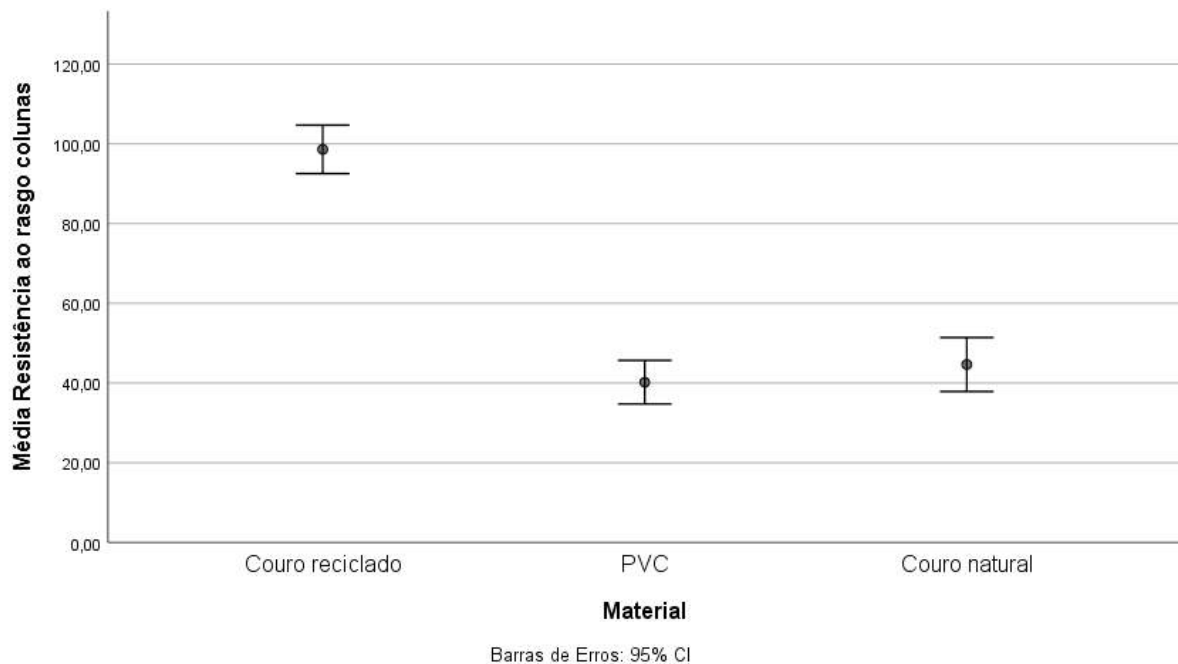


Figura 33: Resistência ao rasgo - longitudinal

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade em questão. Através do gráfico da figura 33, entende-se que a força necessária para provocar um rasgo no couro reciclado é superior à do PVC e couro natural, sendo que o valor médio do PVC é ligeiramente inferior ao do couro natural. A resistência ao rasgo é um dos ensaios relevantes tanto na indústria da moda como no automóvel.

Como o couro reciclado apresenta valores superiores aos materiais comumente usados (PVC e couro natural), considera-se que cumpre os requisitos necessários.

Como exemplo e para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística representada no fluxograma da figura 34.

Através da tabela 75 do anexo 8 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, tabela 76, indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias são diferentes. Assim não se podem usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

Uma vez que não existe homogeneidade da variância utilizaram-se testes não paramétricos para a determinação da ANOVA. Na tabela 77 está representado o teste ANOVA, que mostra que existem

diferenças estatisticamente significativas. Os valores de resistência ao rasgo, no sentido longitudinal, para os materiais analisadas são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 78 está representado o teste não paramétrico TAMHANE de forma a determinar quais os materiais que são consideradas estatisticamente idênticos. Como sig é superior a 0,05 entre o couro natural e o PVC, considera-se que estes materiais apresentam valores estatisticamente idênticos entre si, ao contrário do que acontece com couro reciclado.

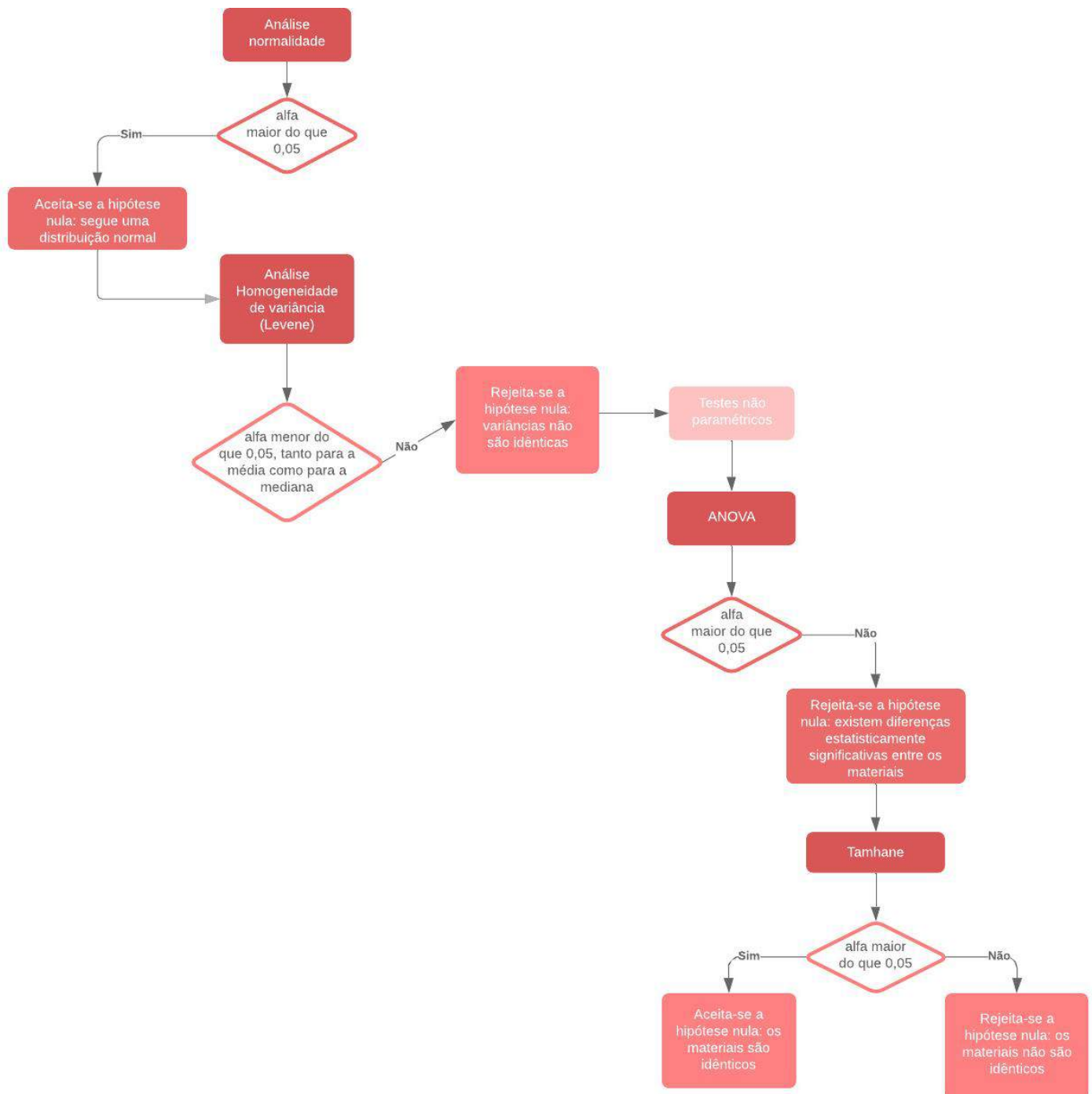


Figura 34: Fluxograma - resistência ao rasgo_longitunal

4.1.5.2. Transversal

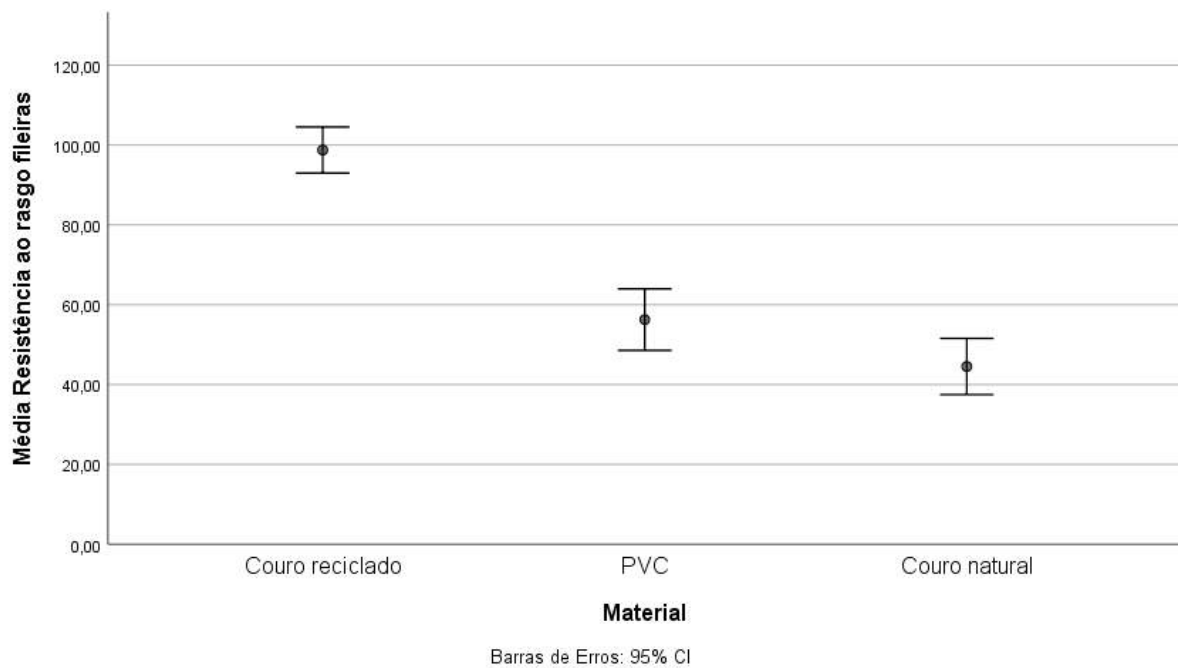


Figura 35: Resistência ao rasgo – transversal

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade estudada. Através da figura 35, verifica-se que quanto à resistência ao rasgo, no sentido transversal, o couro reciclado cumpre os requisitos, pois apresenta valores superiores aos materiais convencionalmente utilizados (PVC e couro natural).

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 80 do anexo 8 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, tabela 81, indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias são diferentes. Assim não se podem usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

Uma vez que não existe homogeneidade da variância utilizaram-se testes não paramétricos para a determinação da ANOVA. Na tabela 82 está representado o teste ANOVA, que mostra que existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de resistência ao rasgo, no sentido transversal, para os materiais analisadas são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 83 está representado o teste não paramétrico TAMHANE de forma a determinar quais os materiais que

são consideradas estatisticamente idênticos. Como sig é inferior a 0,05 entre todos os materiais, considera-se que estes materiais são estatisticamente diferentes entre si.

4.1.6. Resistência à rotura e alongamento – Método Grab

4.1.6.1. Força transversal

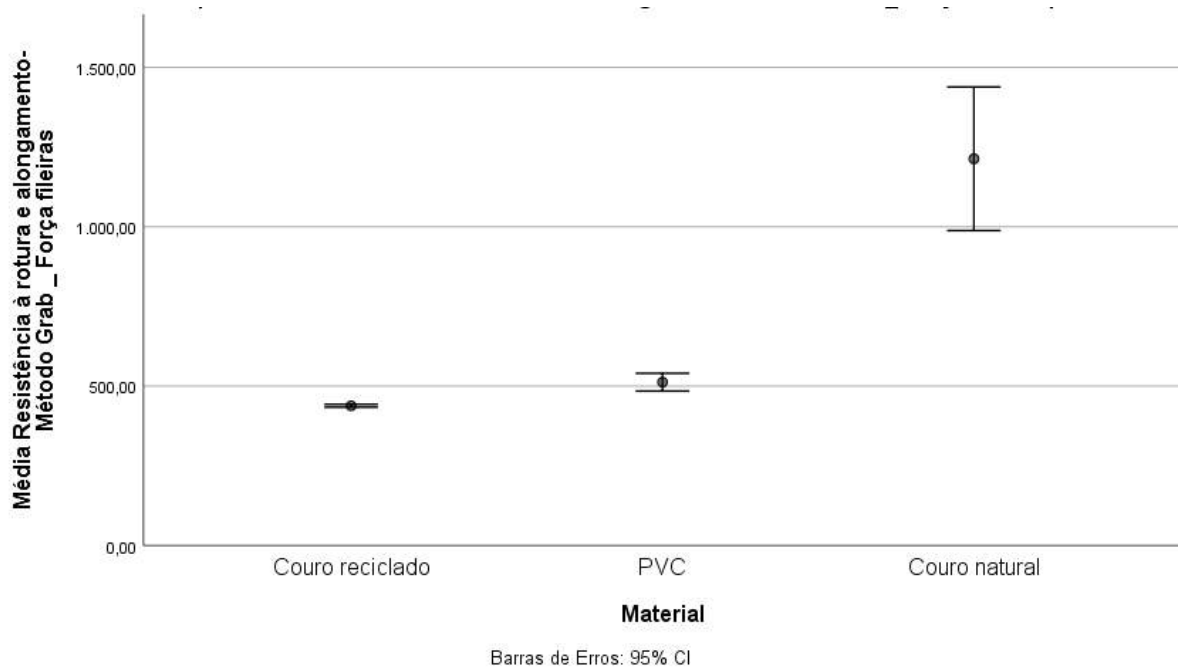


Figura 36: Resistência à rotura e alongamento - Método Grab_Força transversal

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade em questão. Através da análise do gráfico da figura 36, conclui-se que a força máxima para a rotura, no sentido transversal, apresenta valores mais elevados para o couro natural, seguido do PVC e couro reciclado, os quais têm valores mais próximos. No entanto, os valores do couro natural podem apresentar alguns erros, uma vez que amplitude é maior.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 85 do anexo 9 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 86 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, para a média as variâncias podem ser consideradas como idênticos, ao contrário da mediana. Assim sendo pode-se usar os testes paramétricos ou não para a realização de testes ANOVA, tendo-se

optado pelos testes não paramétricos. Na tabela 87 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 88 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os todos os materiais são diferentes.

4.1.6.2. Alongamento transversal

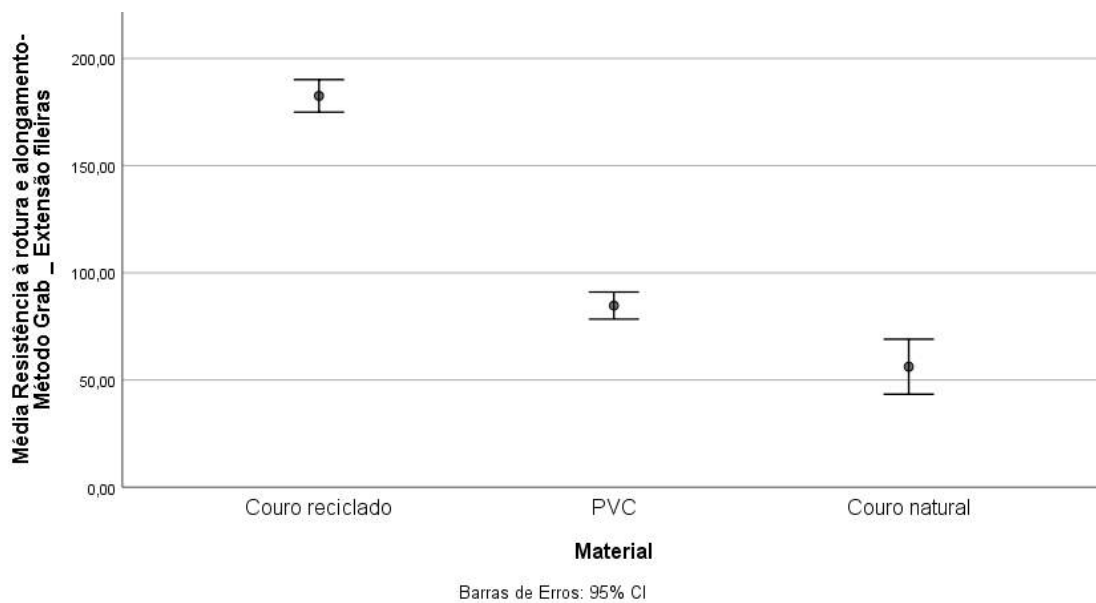


Figura 37: Resistência à rotura e alongamento - Método Grab_Alongamento transversal

Para uma primeira análise dos dados elaborou-se um gráfico com identificação das médias da propriedade em questão. Através da análise do gráfico da figura 37, conclui-se que o alongamento máximo até à rotura, no sentido transversal é maior para o couro reciclado, comparativamente com o PVC e o couro natural.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 90 do anexo 9 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 91 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, tanto para a média como para a mediana as variâncias são diferentes. Assim sendo, usam-se testes não paramétricos. Na tabela 92 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 93 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os materiais não são idênticos.

4.1.6.3. Força longitudinal

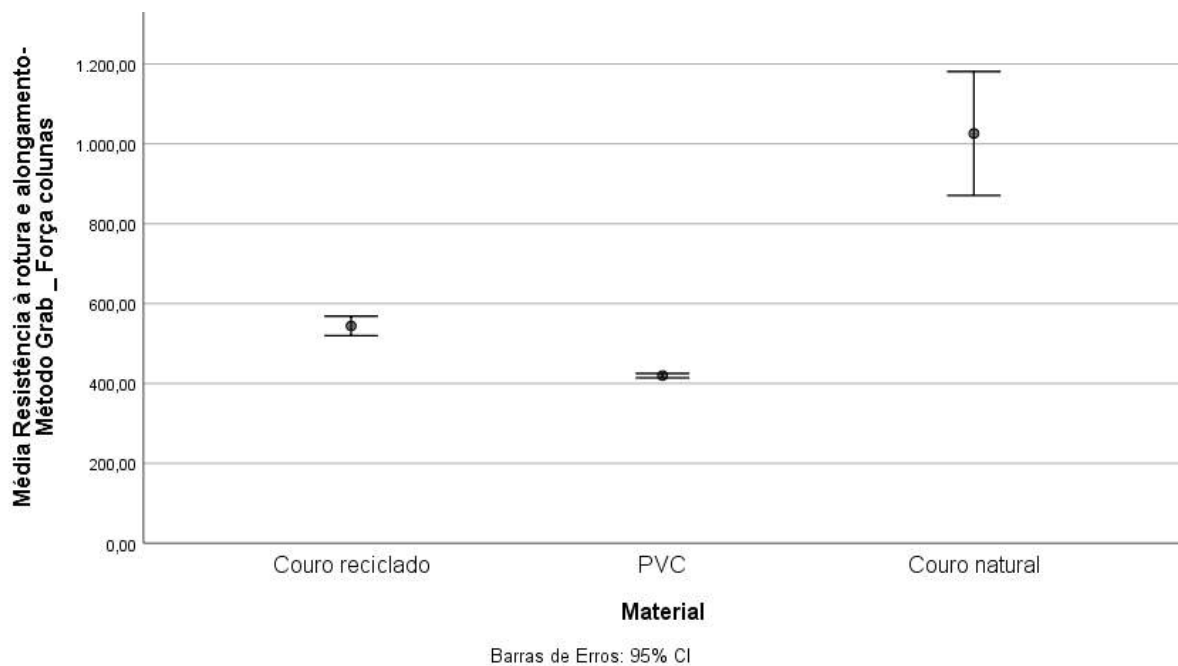


Figura 38: Resistência à rotura e alongamento - Método Grab_Força longitudinal

Tal como no sentido transversal, verifica-se através da análise do gráfico da figura 38, que a força máxima para a rotura no sentido longitudinal é maior no couro natural. No entanto, no sentido transversal, o PVC teve valores ligeiramente mais baixos do que o couro reciclado, sendo aquele que apresenta uma menor amplitude e, portanto, uma menor probabilidade de erros associados às medições.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 32.

Através da tabela 95 do anexo 9 observa-se que sig é menor que 0,05, no caso do couro reciclado, logo rejeita-se a hipótese nula, ou seja, existe o risco de não seguir uma distribuição normal.

Na tabela 96 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, para a média as variâncias podem ser consideradas como idênticas, ao contrário da mediana. Assim sendo pode-se usar os testes paramétricos ou não para a realização de testes ANOVA, tendo-se optado pelos testes não paramétricos. Na tabela 97 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 98 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os materiais não são idênticos.

4.1.6.4. Alongamento longitudinal

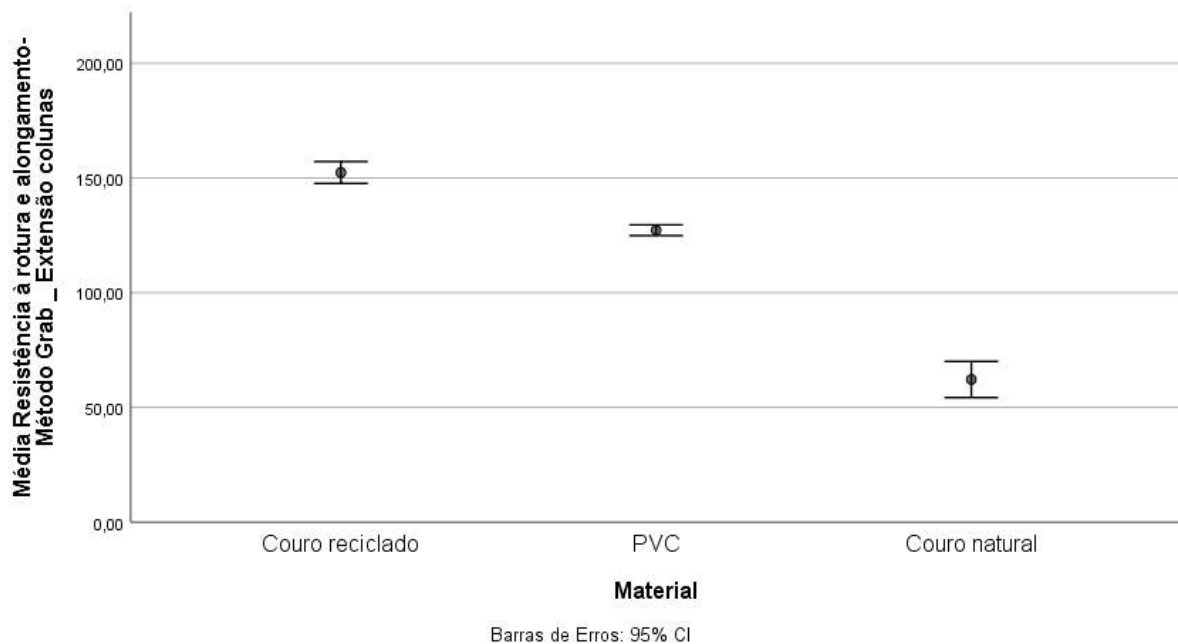


Figura 39: Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_Alongamento longitudinal

No caso do alongamento máximo, no sentido longitudinal, verifica-se (figura 39) o mesmo que no sentido transversal. Um alongamento superior para o couro reciclado, seguido do PVC e por fim o couro natural. Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 100 do anexo 9 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 101 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, para a média as variâncias podem ser consideradas como idênticos, ao contrário da mediana. Assim sendo, usam-se testes não paramétricos. Na tabela 102 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 103 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os materiais não são idênticos.

4.1.7. Resistência à rotura e alongamento – Método da tira

4.1.7.1. Força transversal

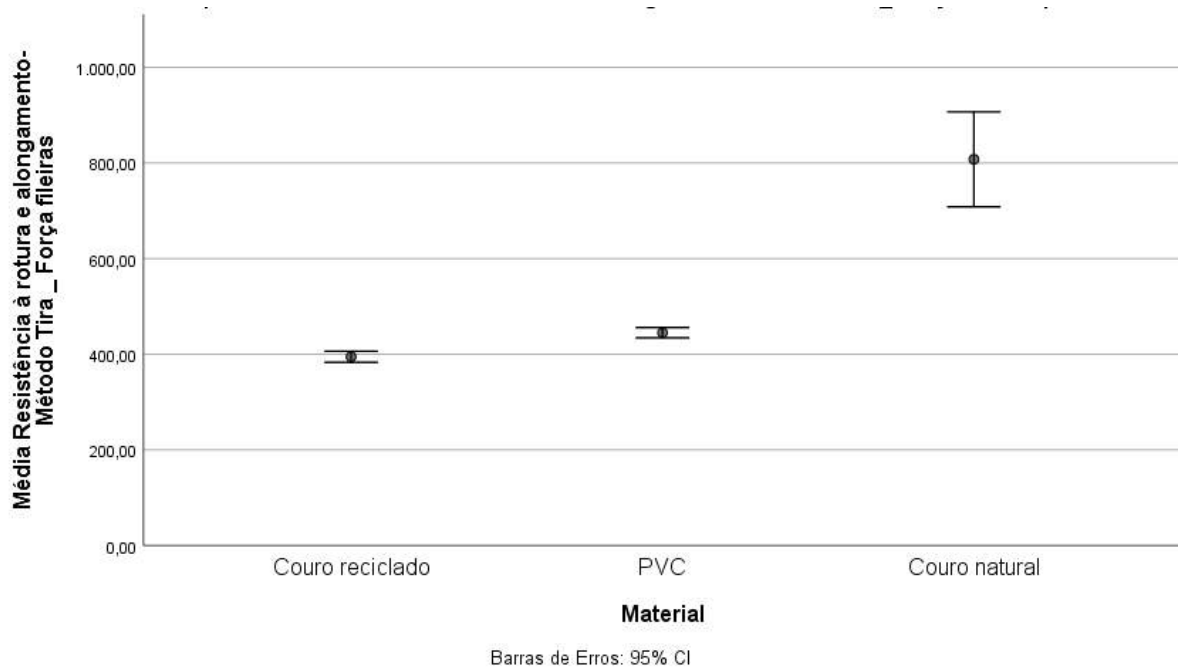


Figura 40: Resistência à rotura e alongamento-Método da Tira_Força transversal

Tal como pelo método de Grab, através do método da tira averigua-se qual a força máxima a que o provete está sujeito até à rotura. Tal como no método anterior os valores observados no gráfico da figura 40 são muito idênticos.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 105 do anexo 10 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 106 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, tanto para a média como para a mediana as variâncias são diferentes. Assim sendo, usam-se testes não paramétricos. Na tabela 107 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 108 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os materiais não são idênticos.

4.1.7.2. Alongamento transversal

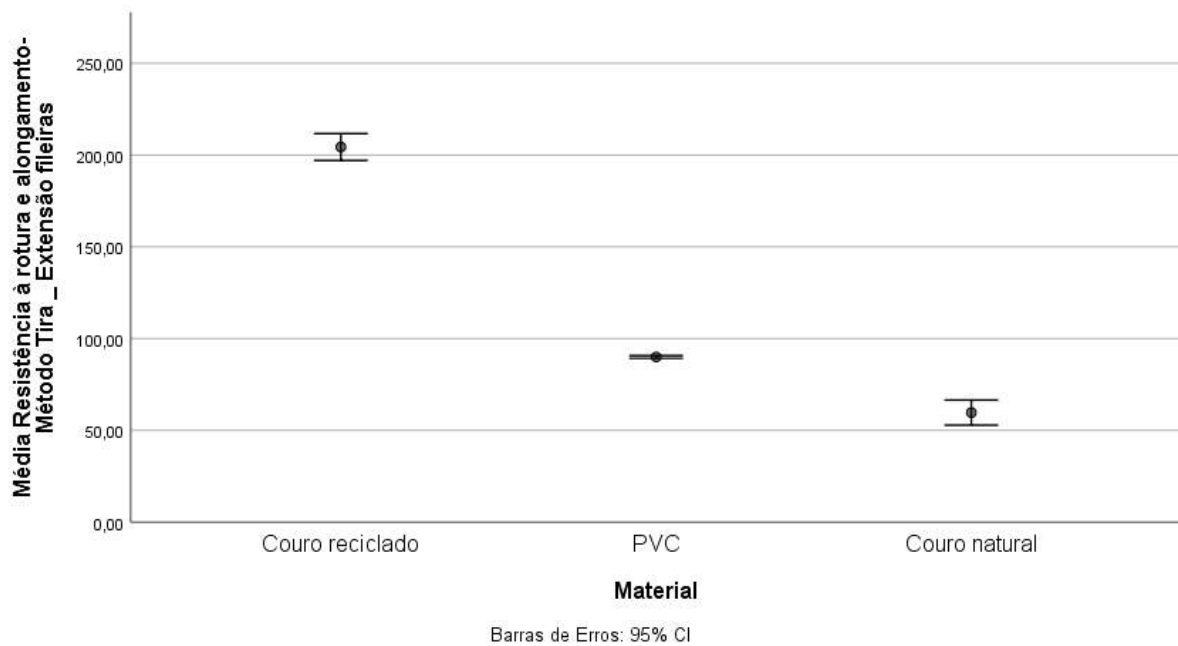


Figura 41: Resistência à rotura e alongamento - Método Tira_Alongamento transversal

Através da análise do gráfico da figura 41, entende-se que o couro reciclado, apresenta um valor maior de alongamento, comparativamente com o PVC e o couro natural.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 110 do anexo 10 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 111 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, tanto para a média como para a mediana as variâncias são diferentes. Assim sendo, usam-se testes não paramétricos. Na tabela 112 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 113 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os materiais não são idênticos.

4.1.7.3. Força longitudinal

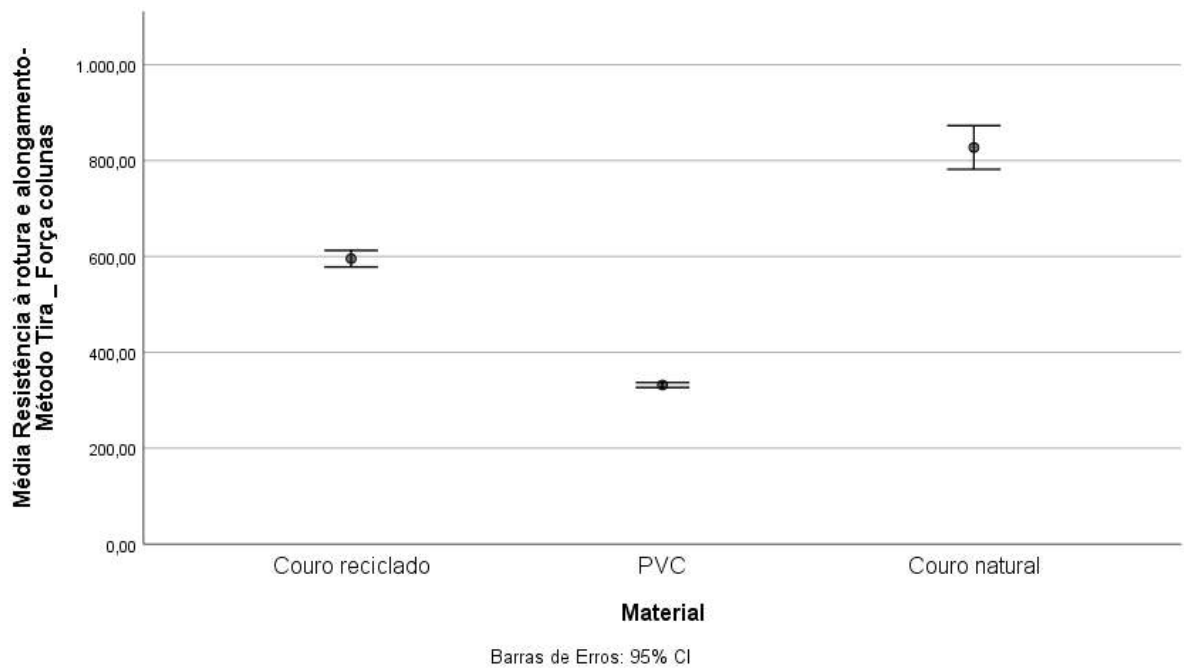


Figura 42: Resistência à rotura e alongamento - Método Tira_Força longitudinal

Tal como verificado nos anteriores, o couro natural tem vindo a apresentar valores de resistência à rotura superiores (figura 42).

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 115 do anexo 10 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 116 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, tanto para a média como para a mediana as variâncias são diferentes. Assim sendo, usam-se testes não paramétricos. Na tabela 117 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 118 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que os materiais não são idênticos.

4.1.7.4. Alongamento longitudinal

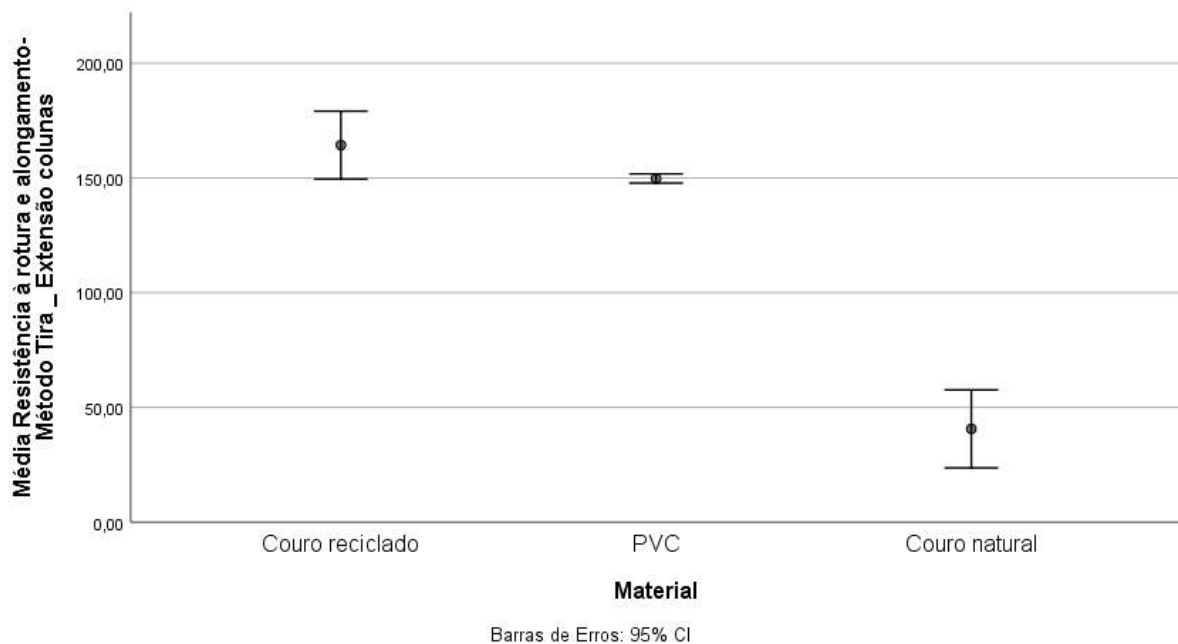


Figura 43: Resistência à rotura e alongamento - Método Tira_ Alongamento longitudinal

Através do gráfico da figura 43, verifica-se que existe maior probabilidade de terem ocorrido erros de medição no couro natural e no reciclado, uma vez que apresentam uma maior amplitude. Sendo que, o couro reciclado apresenta valor médio de alongamento superior ao PVC e couro natural.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 34.

Através da tabela 120 do anexo 10 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

Na tabela 121 estão representados os resultados do teste de homogeneidade da variância, o qual indica que, para a média as variâncias são idênticas, mas para a mediana não. Assim sendo, usam-se testes não paramétricos. Na tabela 122 está representado o teste ANOVA, que mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela 123 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual determina que o couro reciclado e o PVC são idênticos.

4.1.8. Resistência da costura

4.1.8.1. Força transversal

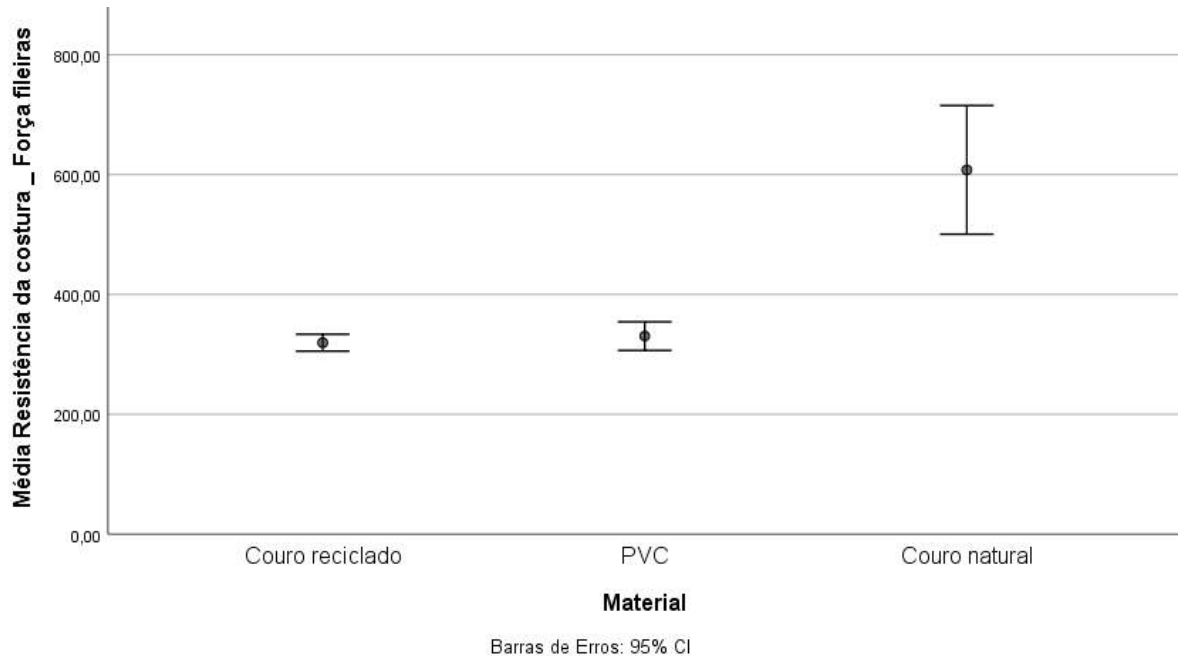


Figura 44: Resistência da costura - Força _transversal

Este é um ensaio relevante, pois tanto para a indústria da moda como do automóvel estes materiais possuem várias costuras, as quais se exige resistência. No entanto, como a linha utilizada nestes ensaios era bastante “forte” e os pontos eram apertados, os valores obtidos nem sempre se consideraram reais, pois apenas no PVC ocorreu efetivamente rasgo na costura. Apesar disso, procedeu-se igualmente a uma análise dos resultados obtidos. Através da análise do gráfico da figura 44, percebe-se que os valores médios da resistência da costura, relativos à força máxima, no sentido transversal são mais elevados para o couro natural, sendo que pode haver erros, uma vez que a amplitude dos valores é elevada. Os valores relativos ao couro reciclado e PVC são mais baixos.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 34.

Através da tabela 125 do anexo 11 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, tabela 126, indica que, para a média as variâncias podem ser consideradas como semelhantes, ao contrário da mediana. Assim sendo pode-se usar os testes

paramétricos ou não para a realização de testes ANOVA, tendo-se optado pelos testes não paramétrico. O teste ANOVA, tabela 127, mostra que de facto existe diferenças estatisticamente significativas, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 128 está representado o teste não paramétrico TAMHANE de forma a se determinar quais os materiais que são consideradas semelhantes ou não. Neste caso, como sig é superior a 0,05 entre o PVC e o couro reciclado, considera-se a existência de semelhanças entre estes dois materiais.

4.1.8.2. Alongamento transversal

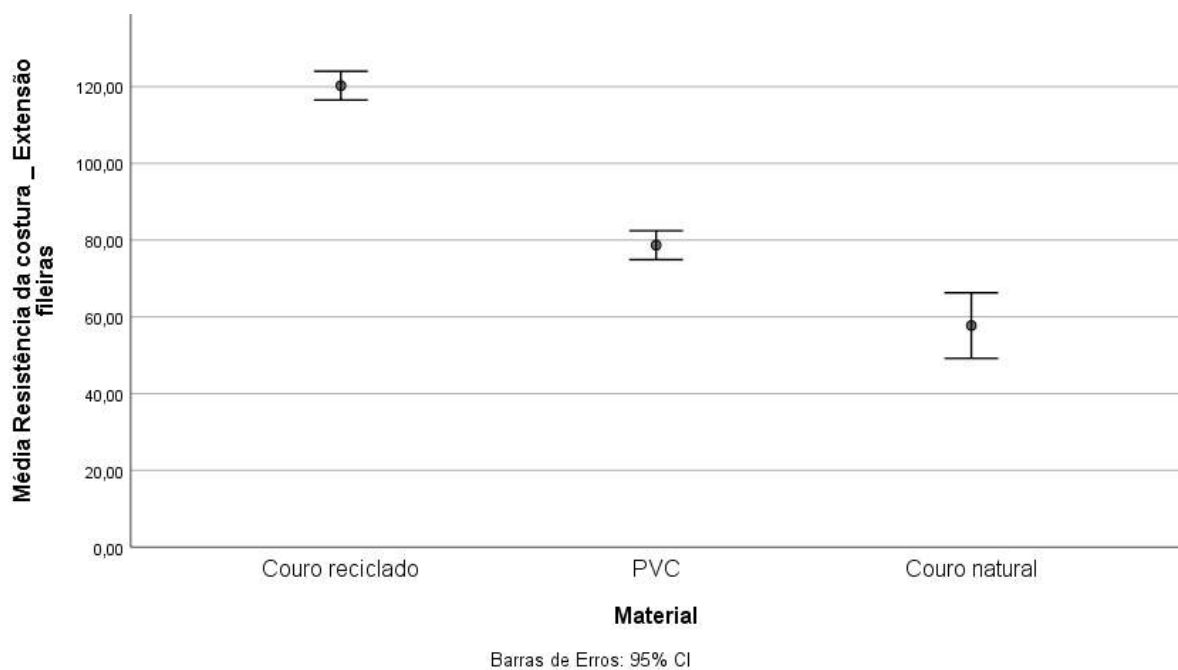


Figura 45: Resistência da costura – Alongamento_transversal

Como já foi referido anteriormente os valores relativos ao ensaio da resistência da costura podem não ser reais, uma vez que, apenas o PVC sofreu o rompimento na costura. De qualquer forma, avaliaram-se os resultados obtidos.

Através do gráfico da figura 45, percebe-se que o valor relativo ao alongamento da costura, no sentido transversal é superior no couro reciclado, seguido do PVC e por fim do couro natural.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 32.

Através da tabela 130 do anexo 11 observa-se que sig é menor que 0,05, no caso do couro reciclado, logo rejeita-se a hipótese nula, ou seja, não segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, tabela 131, indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias são diferentes. Assim usam-se testes não paramétricos para a realização de

testes ANOVA. O teste ANOVA, tabela 132, mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 133 está representado o teste não paramétrico TAMHANE o qual indica que não existem semelhanças entre os materiais.

4.1.8.3. Força longitudinal

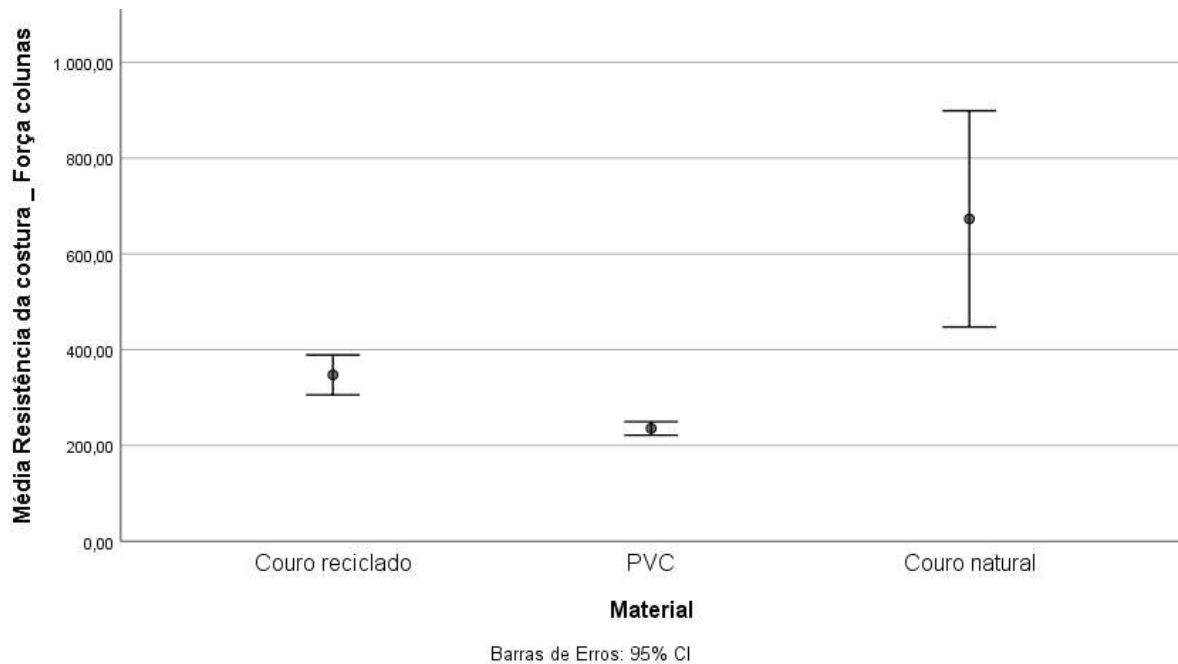


Figura 46: Resistência da costura - Força longitudinal

Como já foi referido anteriormente os valores relativos ao ensaio da resistência da costura podem não ser reais, uma vez que, apenas o PVC sofreu o rompimento na costura. De qualquer forma, avaliaram-se os resultados obtidos.

Através do gráfico da figura 46, percebe-se que o valor relativo à resistência da costura, no sentido longitudinal é superior no couro natural, seguido do couro reciclado e por fim do PVC, sendo que, os valores do couro natural apresentaram uma grande amplitude, pelo que se conclui que podem ter existido vários erros de medição associados.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 135 do anexo 11 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, tabela 136, indica que, para a média as variâncias podem ser consideradas como semelhantes, ao contrário da mediana. Assim sendo, pode-se usar os testes

paramétricos ou não para a realização de testes ANOVA, tendo-se optado pelos testes não paramétrico. O teste ANOVA, tabela 137, mostra que de facto existe diferenças estatisticamente significativas, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 138 está representado o teste não paramétrico TAMHANE de forma a determinar quais os materiais que são consideradas idênticos ou não. Neste caso, como sig é inferior a 0,05, considera-se que existem diferenças entre todos os materiais.

4.1.8.4. Alongamento longitudinal

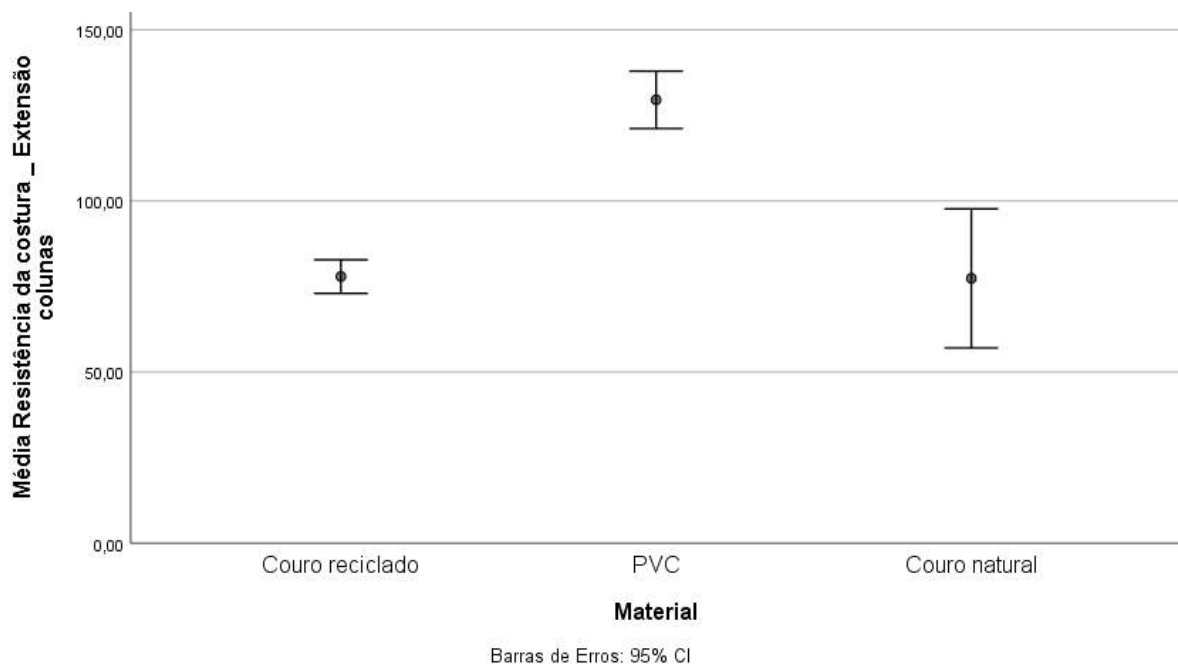


Figura 47: Resistência da costura – Alongamento - longitudinal

Este é um ensaio relevante, pois tanto para a indústria da moda como do automóvel estes materiais possuem várias costuras, as quais se exige resistência. No entanto, como a linha utilizada nestes ensaios era bastante “forte” e os pontos eram apertados, os valores obtidos nem sempre se consideraram reais, pois apenas no PVC ocorreu efetivamente rasgo na costura. Apesar disso, procedeu-se igualmente a uma análise dos resultados obtidos.

Através da análise do gráfico da figura 47, percebe-se que os valores médios da resistência da costura, relativos ao alongamento, no sentido longitudinal são mais elevados para o PVC, seguido do couro reciclado e por fim do couro natural.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 34.

Através da tabela 140 do anexo 11 observa-se que sig é maior que 0,05, logo aceita-se a hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, presente na tabela 141 indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias não podem ser consideradas idênticas (a homogeneidade da variância falhou, pois, a significância é superior a 0,05). Assim sendo não se pode usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

O teste ANOVA (142) mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de massa por unidade de superfície são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 143 está representado o teste *post hoc* TAMHANE, o qual indica que existem semelhanças entre o couro natural e o couro reciclado.

4.1.9. Coeficiente de atrito

4.1.9.1. Atrito máximo

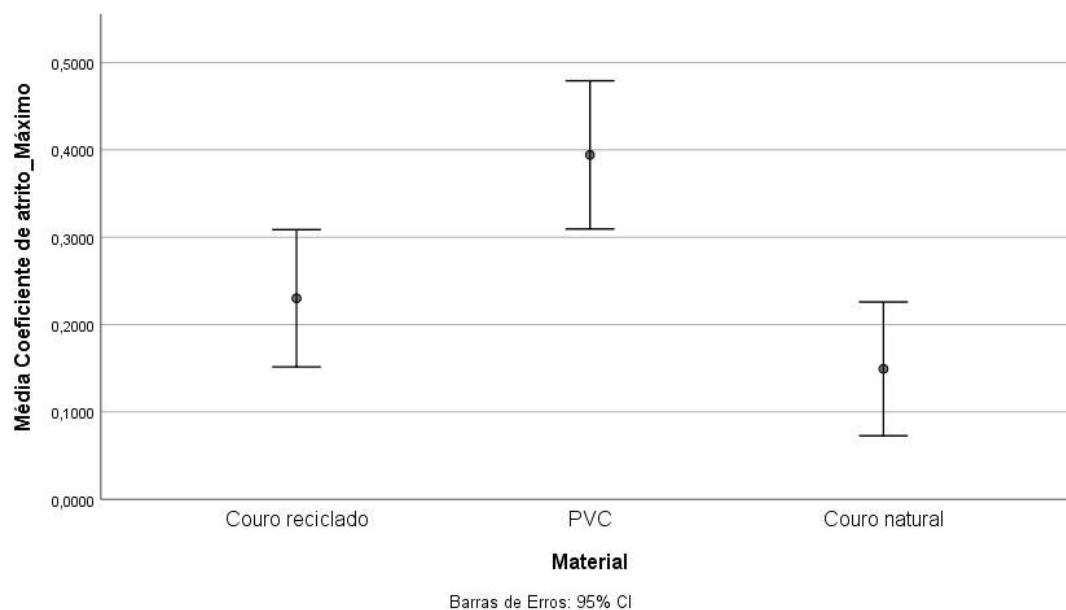


Figura 48: Coeficiente de atrito máximo

Através do gráfico da figura 48 pode-se dizer que o coeficiente de atrito máximo do couro natural é menor do que o do couro reciclado, que por sua vez é menor que o do PVC.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 28.

Através da tabela 145 do anexo 12, verifica-se que sig no caso do couro natural não é maior que 0,05, logo pode não seguir uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, presente na tabela 146 indica que, tanto para a média como para a mediana, as variâncias não podem ser consideradas idênticas (a homogeneidade da variância falhou, pois, a significância é superior a 0,05). Assim sendo não se pode usar testes paramétricos para a realização de testes ANOVA.

O teste ANOVA (tabela 147) mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de coeficiente de atrito máximo são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 148 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual indica que o coeficiente de atrito máximo entre o couro reciclado e o couro natural é estatisticamente semelhante, já o PVC é estatisticamente diferente do couro reciclado e do couro natural.

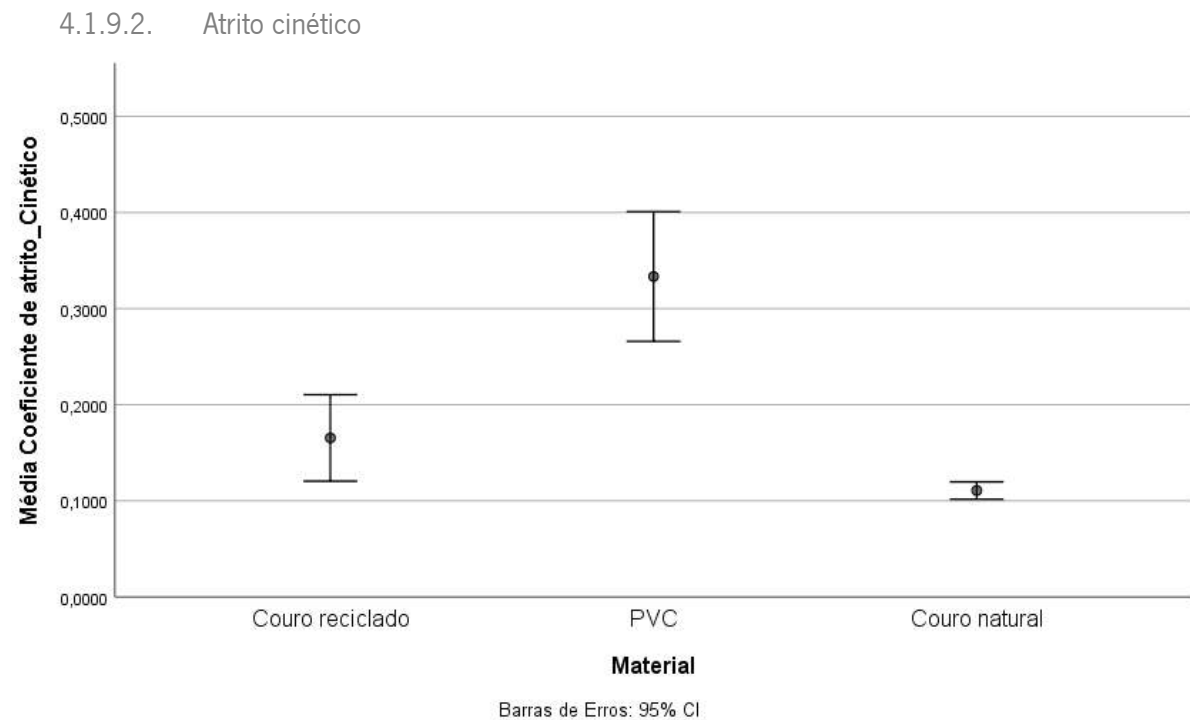


Figura 49: Coeficiente de atrito cinético

Através do gráfico da figura 49 pode-se dizer que o coeficiente de atrito cinético do couro natural é menor do que o do couro reciclado, que por sua vez é menor que o do PVC, sendo que este apresenta valores com maior amplitude e por isso pode estar associado a algum erro.

Para perceber se realmente os materiais são comparáveis entre si, procedeu-se à análise estatística descrita, a qual está também representada através do fluxograma da figura 26.

Através da tabela 150 do anexo 12, verifica-se que sig é maior que 0,05, aceita-se hipótese nula, ou seja, segue uma distribuição normal.

O teste de homogeneidade de variância, presente na tabela 151 indica que, tanto para a mediana, as variâncias não podem ser consideradas idênticas (a homogeneidade da variância falhou, pois, a significância é superior a 0,05). Assim sendo optou-se por usar testes não paramétricos para a realização de testes ANOVA.

O teste ANOVA (tabela 152) mostra que de facto existem diferenças estatisticamente significativas. Os valores de coeficiente de atrito cinético são estatisticamente diferentes, pois a significância é inferior a 0,05. Na tabela 153 está representado o teste não paramétrico TAMHANE, o qual indica que o coeficiente de atrito cinético dos materiais é estatisticamente diferente.

4.2. Resumo resultados obtidos na avaliação estatística

A tabela 43 consiste num resumo das propriedades estudadas, evidenciando os resultados obtidos, após estudo estatístico.

Tabela 43: Resumo da avaliação estatística – materiais estatisticamente semelhantes

Propriedade	Material		Diferenças estatisticamente significativas	Valor superior e inferior
Massa	Couro reciclado	PVC	Diferentes	inferior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Diferentes	superior
Espessura	Couro reciclado	PVC	Diferentes	inferior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Idênticos	superior
Permeabilidade ao ar	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Idênticos	inferior
Permeabilidade ao vapor de água	Couro reciclado	PVC	Idênticos	superior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Diferentes	superior

Resistência ao rasgo - longitudinal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Idênticos	superior
Resistência ao rasgo - transversal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Idênticos	inferior
Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_força transversal	Couro reciclado	PVC	Idênticos	inferior
		Couro natural	Idênticos	inferior
	Couro natural	PVC	Idênticos	superior
Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_Alongamento transversal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Idênticos	inferior
Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_força longitudinal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Idênticos	inferior
	Couro natural	PVC	Idênticos	superior
Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_Alongamento longitudinal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Diferentes	inferior
Resistência à rotura e alongamento – Método da	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Diferentes	superior

Tira_Força transversal				
Resistência à rotura e alongamento – Método da Tira_Alongamento transversal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Idênticos	inferior
Resistência à rotura e alongamento – Método da Tira_Força longitudinal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Diferentes	superior
Resistência à rotura e alongamento – Método da Tira_Alongamento longitudinal	Couro reciclado	PVC	Idênticos	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Diferentes	inferior
Resistência da costura – Força transversal	Couro reciclado	PVC	Idênticos	inferior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Diferentes	superior
Resistência da costura – Alongamento transversal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Diferentes	inferior
Resistência da costura – Força longitudinal	Couro reciclado	PVC	Diferentes	superior
		Couro natural	Diferentes	inferior
	Couro natural	PVC	Diferentes	superior
Resistência da costura –	Couro reciclado	PVC	Diferentes	inferior
		Couro natural	Idênticos	superior

Alongamento longitudinal	Couro natural	PVC	Diferentes	inferior
Coefficiente de atrito – máximo	Couro reciclado	PVC	Diferentes	inferior
		Couro natural	Idênticos	superior
	Couro natural	PVC	Diferentes	inferior
Coefficiente de atrito – cinético	Couro reciclado	PVC	Diferentes	inferior
		Couro natural	Diferentes	superior
	Couro natural	PVC	Diferentes	inferior

Através da tabela 43, verifica-se que o couro reciclado apenas se comprovou estatisticamente idêntico ao PVC nas seguintes propriedades:

- Permeabilidade ao vapor de água;
- Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_força transversal;
- Resistência à rotura e alongamento – Método da Tira_Alongamento longitudinal;
- Resistência da costura – Força transversal.

E estatisticamente idêntico ao couro natural nas seguintes propriedades:

- Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_força transversal;
- Resistência à rotura e alongamento – Método Grab_força longitudinal;
- Resistência da costura – Alongamento longitudinal;
- Coeficiente de atrito – máximo;

A tabela 43 fornece ainda informação comparativa entre os valores obtidos, sendo que o couro reciclado apresenta:

- massa inferior ao PVC e couro natural;
- espessura inferior ao PVC e couro natural;
- permeabilidade ao ar superior ao PVC e couro natural;
- permeabilidade ao vapor de água superior ao PVC e inferior ao couro natural;
- resistência ao rasgo superior ao PVC e couro natural na direção longitudinal e transversal;
- resistência à rotura e alongamento pelo Método Grab, força inferior ao PVC e couro natural no sentido transversal e superior ao PVC no sentido longitudinal;
- resistência à rotura e alongamento pelo Método Grab, alongamento superior ao PVC e couro natural nos dois sentidos (longitudinal e transversal);

- resistência à rotura e alongamento pelo Método da Tira, força inferior ao couro natural e superior ao PVC nos sentidos transversal e longitudinal;
- resistência à rotura e alongamento pelo Método da Tira, alongamento superior ao PVC e couro natural nos dois sentidos (longitudinal e transversal);
- resistência da costura, força inferior ao PVC e couro natural no sentido transversal e superior ao PVC no sentido longitudinal;
- resistência da costura, alongamento superior ao PVC e couro natural no sentido transversal e inferior ao PVC no sentido longitudinal;
- coeficiente de atrito máximo e cinético inferior ao PVC, mas superior ao couro natural;

Em suma, uma massa e espessura inferiores, representam bons resultados, dado que na indústria automóvel, se procuram materiais mais leves. Quanto à permeabilidade, como o material não está em contacto direto com a pele, pode-se considerar que um valor inferior seria melhor. Neste caso, como o couro reciclado apresenta valores de permeabilidade ao ar superiores ao PVC e couro natural significa que deixa passar mais ar. Quanto à permeabilidade ao vapor de água, verificou-se que o couro natural é mais permeável do que o couro reciclado e, portanto, mais poroso.

No que concerne às resistências quanto mais elevado for o valor da força e do alongamento, melhor será, o que significa que o couro reciclado tem ótimas propriedades de resistência ao rasgo, de alongamento à rotura e até mesmo de força à rotura no sentido longitudinal quando comparado com o PVC, uma vez que apresenta valores superiores. Apenas a força no sentido transversal, a resistência da costura no sentido transversal e nos sentidos longitudinais quando comparado com o couro natural apresentaram valores piores (inferiores).

A propriedade do coeficiente de atrito máximo e cinético são referentes ao toque, representando um melhor valor do que o PVC, mas pior do que o couro natural.

5. CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

O presente trabalho teve como ponto fulcral o estudo e a caracterização de um têxtil sustentável, revestido com o reaproveitamento das aparas de couro, desenvolvido pela ERT. A elevada quantidade de desperdícios de couro, aliada à sua perigosidade, representam um problema para o qual é necessário encontrar uma solução. Assim, surgiu o desenvolvimento de um revestimento têxtil com uma pasta constituída pelas aparas de couro desperdiçadas. Para a base do revestimento foi escolhida uma malha com grande percentagem de poliéster reciclado, no entanto, no futuro seria interessante aumentar ainda mais essa percentagem, para se conseguir obter o GRS. Outra proposta interessante para uma melhoria do material seria a integração de um derivado de poliuretano “verde” na pasta de revestimento, tornando o material ecologicamente mais sustentável.

Para que o material revestido tivesse uma aparência mais semelhante ao couro natural foi realizado um *embossing*, no entanto, concluiu-se que o ideal seria realizá-lo logo que o material sai da termofixação na râmola, ou então, não termofixar o material antes de realizar o *embossing*, pois, só se não ocorrer a termofixação é que o material pode ficar a “repousar” sem ocorrer reticulação. No entanto, este processo: aplicação da pasta – secagem – *embossing* – termofixação, seria mais dispendioso do que efetuar logo o *embossing*: aplicação da pasta – secagem – termofixação – *embossing*.

De forma a estudar, caracterizar e avaliar a possibilidade de integração do material desenvolvido na indústria automóvel, foram realizados ensaios laboratoriais tanto na Universidade do Minho como na ERT. Os ensaios laboratoriais realizados na ERT beneficiaram a verificação e validação de alguns dos ensaios feitos no DET, uma vez que no laboratório da ERT são seguidas as normas específicas do ramo automóvel.

Uma vez que não foi possível ter os valores padrão para a indústria automóvel, repetiram-se os procedimentos utilizados no PVC e no couro natural propositadamente, possibilitando uma análise comparativa da aproximação do material aos materiais comumente utilizados neste setor. Assim, foi possível fazer uma comparação das propriedades, recorrendo ao software *IBM Statistics SPSS 26*.

Concluiu-se que os valores de massa e espessura do couro reciclado são inferiores aos do PVC e do couro natural, sendo que através da análise realizada em SPSS, apenas se consideram estatisticamente semelhantes o PVC e o couro natural, relativamente à espessura. Como já foi referido, este resultado pode ser benéfico para a indústria automóvel, dado que se procuram materiais mais leves.

O couro reciclado apresentou um comportamento ao fogo mau, tendo nos ensaios realizados na universidade, obtido um valor de 291mm/min. No entanto, segundo a norma seguida no laboratório da

ERT, definida para o automóvel, obteve-se um valor de 130,25 e 84,19 mm/min, ou seja, já mais próximo do PVC (21,43 e 42,86 mm/min).

Quanto aos ensaios de resistência mecânica, deviam ter sido submetidas a ensaio mais amostras para ser possível a sua comparação no software, apesar disso, através dos resultados obtidos concluiu-se que o couro reciclado:

- Tem uma boa resistência ao rasgo, apresentando valores superior ao PVC e couro natural;
- Não suporta forças de rotura tão elevadas como o couro natural, no entanto no sentido longitudinal é superior ao PVC;
- Apresenta uma boa elasticidade, provada com alongamentos superiores tanto ao couro natural como ao PVC, o que pode estar relacionado com o facto da sua base ser uma malha;
- O ensaio da costura não foi esclarecedor, uma vez que, apenas no PVC se verificou efetivamente o rasgo da costura e não do material.
- O coeficiente de atrito máximo e atrito cinético apresentou um valor mais baixo que o PVC, mas superior ao couro natural, podendo-se considerar que apresenta um toque melhor que o do PVC, mas pior do que o do couro natural;
- No caso do ensaio *Martindale*, o couro reciclado não apresentou qualquer alteração, sendo muito favorável à sua aplicação final;

Quanto aos ensaios químicos mais relevantes:

- Verificou-se pior solidez dos tintos à água e ao suor, no couro reciclado
- A solidez dos tintos fricção a seco e húmido e com solventes orgânicos revelou-se boa, com resultados quase sempre máximos (5).

Através da análise FTIR não foi possível confirmar com exatidão as substâncias presentes no couro reciclado, sendo que seria necessário recorrer a mais ensaios complementares para perceber a existência ou não de alguns compostos, como por exemplo, o crómio III.

No caso do ensaio de simulação de condições climáticas extremas, os resultados obtidos ao fim de 24h foram mais baixos, tendo ainda piorado ao fim de 48h, todavia, através da avaliação no espectrofotómetro estes valores obtiveram resultados superiores a 3, pelo que se pode concluir que é um resultado satisfatório.

Assim, verificou-se que as piores propriedades do material foram obtidas no ensaio de comportamento ao fogo e nos ensaios em que foi sujeito à presença de líquidos ou vapor, ocorrendo alteração da cor e

manchamento dos tecidos de outras fibras em contacto. Já as melhores propriedades foram obtidas nas resistências, sendo muito semelhantes e em alguns casos até melhores do que o PVC.

No futuro, para se conseguir precisar com exatidão a viabilidade do material, na indústria automóvel, deverá ser realizada uma análise segundo as normas específicas para esta indústria, sendo ainda necessária a testagem de várias amostras, de forma a poder obter-se uma análise estatística completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, Ma. J. A. M. A. (2004). *Contribuição para o Estudo da Parametrização de Têxteis Hospitalares*.
- ACAP. (2020). *ACAP ANALISA 2019 E AVANÇA COM CINCO PROPOSTAS PARA O GOVERNO*.
<https://acap.pt/pt/noticia/230/acap-analisa-2019-e-avanca-com-cinco-propostas-para-o-governo>
- Akovali, G. (2012). *Advances in Polymer Coated Textiles*. Smithers Rapra Technology.
https://books.google.pt/books?id=VAImDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=textile+coating&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiS_K3PIfvsAhU7DmMBHFUHAACQ6AEwA3oEACAcQAg#v=onepage&q=textile+coating&f=false
- Almeida, L. (2010). *Desenvolvimento de estruturas têxteis com elevado isolamento térmico*.
- Alves, F. F. (2016). *Análise dos requisitos de cliente : Estudo de caso na indústria automóvel*.
- Amorim, T. (2017). *Apontamentos Resumo - espectrofotometria, IV*.
- Ashokkumar, M., Thanikaivelan, P., Krishnaraj, K., & Chandrasekaran, B. (2011). Transforming Chromium Containing Collagen Wastes Into Flexible Composites Sheets Using Cellulose Derivatives: Structural, Thermal, and Mechanical Investigations. *Polymers and Polymer Composites*.
<https://doi.org/10.1002/pc>
- Ashokkumar, M., Thanikaivelan, P., Murali, R., & Chandrasekaran, B. (2010). Preparation and characterization of composite sheets from collagenous and chromium-collagen complex wastes using polyvinylpyrrolidone: Two problems, one solution. *Waste and Biomass Valorization*.
<https://doi.org/10.1007/s12649-010-9030-x>
- Azambuja, P. de P. (2018). *Valorização de resíduos têxteis através do Design de Superfície aplicado à Decoração de Interiores*.
- Biddulph, J. (2018). *IN CONVERSATION WITH BUXKIN*. <https://www.material-lab.co.uk/journal/conversation-buxkin/>
- bio-polymers. (2007). *Mazda Develops Biofabric Made With 100% Plant-Derived Fiber for Vehicle Interiors*.
<https://www.greencarcongress.com/2007/09/mazda-develops-.html>
- bio-polymers. (2018). *Faurecia gaining market momentum with hemp-based biomaterial NAFILean*.
<https://www.greencarcongress.com/2018/03/20180317-faurecia-1.html>
- Bonaparte, M. E. (2019). *A Indústria Automóvel e o Caminho para a Sustentabilidade*.
- Cardoso, H. I. R. (2020). *Criação de um acessório de moda em réplicas de couro sustentáveis*.
- CITEVE. (2017). *PPS5 Sustentabilidade e Economia Circular*. 1–35.
- CITEVE. (2019). *PPS5 Sustentabilidade e Economia Circular*.
- Clifton, J. (2019). *What are textile coatings?* https://www.reagent.co.uk/what-are-textile-coatings/#textile_coatings
- Cosme, I. M. (2019). *A importância das certificações ecológicas para a sustentabilidade na Indústria Têxtil e de Vestuário*.
- Cotance. (2020). *Relatório Social e Ambiental 2020*.
- CTIC. (n.d.). *Processo de Fabrico do Couro*. Retrieved December 21, 2020, from <http://www.ctic.pt/index.php/pt/ctic/curtumes-menu/processo-de-fabrico-do-couro>
- Dâmaso, H. M. (2009). *Obtenção De Substratos têxteis Com propriedades térmicas e ignífugas*.
- Dang, A. (2011). *Toyota develops new sugar cane bio-plastic for car interiors*.
<https://www.manmonthly.com.au/news/toyota-develops-new-sugar-cane-bio-plastic-for-car-interiors/>
- Desserto. (2020). *Desserto*. <https://desserto.com.mx/>
- eco4u. (2012). *Em Franca/SP, arquiteto cria tijolos feitos de resíduos de couro, material abundante na*

- cidade. <https://eco4u.wordpress.com/tag/tijolo-ecologico/>
- Ecorebels. (n.d.). *Apple skin*. Retrieved November 28, 2020, from <https://eco-rebels.com/APPLE-SKIN>
- ELeather. (2020). *What is engineered leather and how to work with it?* <https://www.eleathergroup.com/what-is-engineered-leather-and-how-to-work-with-it/>
- EUROLAB. (n.d.). *Teste de inflamabilidade das peças do interior do carro*. Retrieved October 9, 2021, from <https://www.labaratuar.com/pt/testler/endustriyel/araba-ic-kisimlarinin-yanmazlik-testi/>
- Federal Mogul. (2011). *Federal-Mogul's Innovative QuietShield® Material Helps Quiet 2012 Buick Verano*. <https://www.prnewswire.com/news-releases/federal-moguls-innovative-quietshield-material-helps-quiet-2012-buick-verano-124274949.html>
- Fernandes, A. C., Ribeiro, R., Rodrigues, S., & Fernandes, A. C. (2018). *Relatório do ambiente PORTUGAL 2018 - APA*.
- Ferreira, M. J., Almeida, M. F., Pinho, S. C., & Santos, I. C. (2010). Finished leather waste chromium acid extraction and anaerobic biodegradation of the products. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.12.006>
- Fibrenamics. (n.d.). *Resíduos couro*. Retrieved October 18, 2020, from <http://green.fibrenamics.com/residuos-couro>
- Filho, R. S. P., de Melo, A. B., & Barbosa, N. P. (2002). *A reciclagem de resíduos da indústria de calçados (EVA) na execução de painéis de vedação na construção civil: avaliação de desempenho*.
- Fung, W. (2002). *Coated and laminated textiles*. https://books.google.pt/books?id=UORh-TrvMz4C&printsec=frontcover&dq=textile+coating&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiS_K3PIfvsAhU7DmMBHFUHAAcQ6AEwAXoECAgQAg#v=onepage&q=textile+coating&f=false
- Giessmann, A. (2012). *Coating Substrates and Textiles: A Practical Guide to Coating and Laminating Technologies*. https://books.google.pt/books?id=ljnSnvYlrb8C&printsec=frontcover&dq=textile+coating&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiS_K3PIfvsAhU7DmMBHFUHAAcQ6AEwAnoECAkQAg#v=onepage&q=textile+coating&f=false
- Green living. (2010). *What is recycled leather? A guide to recycled leather*. <https://www.brighthub.com/environment/green-living/articles/91891/>
- Intedya. (n.d.). *A Qualidade aplicada ao Setor Automóvel - ISO/TS 16949*. Retrieved October 10, 2021, from <http://www.intedya.pt/internacional/243/noticia-a-qualidade-aplicada-ao-setor-automovel-isots-16949.html>
- Intertek. (n.d.). *Life Cycle Assessment (LCA)*. Retrieved May 26, 2021, from <https://www.intertek.com/sustainability/lca/>
- Joe. (2017). *what is leaf leather*. <https://tree-tribe.com/blogs/tree-tribe-vibe/what-is-leaf-leather>
- Jornal Têxtil. (2018). *Ataque à reciclagem*. <https://www.portugaltexil.com/ataque-a-reciclagem/>
- Keeble, B. R. (1988). The Brundtland Report: "Our Common Future." *Medicine and War*. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Knauf Industries Automotive. (2019). *Por que o polipropileno expandido (EPP) é geralmente um dos materiais mais escolhidos pelos fabricantes de automóveis?* <https://knaufautomotive.com/pt-br/por-que-o-polipropileno-expandido-epp-e-geralmente-um-dos-materiais-mais-escolhidos-pelos-fabricantes-de-automoveis/>
- Kohlbacher, C. (2019). *Pinatex – Is Pineapple Leather The Fabric Of The Future?* <https://danandmez.com/blog/pinatex/>
- Lackner, M. (2015). *Bioplastics: Biobased plastics as renewable and/or biodegradable alternatives to petroplastics*. <https://doi.org/10.1002/0471238961.koe00006>
- Lando, G. (2013). *Estudo da biodegradação por fungos filamentosos de poliuretano modificado superficialmente por irradiação UV assistida* Porto Alegre.

- <https://doi.org/10.13140/2.1.2001.7926>
- Lee, M. J., & Rahimifard, S. (2012). An air-based automated material recycling system for postconsumer footwear products. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.008>
- Lima, L. K. S., Silva, M. G. C., & Vieira, M. G. A. (2016). Study of binary and single biosorption by the floating aquatic macrophyte salvinia natans. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 33(3), 649–660. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20160333s20150483>
- Luxtra. (n.d.). *Corn*. Retrieved November 29, 2020, from <https://luxtralondon.com/pages/corn>
- Macedo, D. P. de. (2012). *FRICTORQ ®: Avaliação do coeficiente de atrito na presença de cremes cosméticos*.
- Machado, J. A. M. (2015). *Efeitos inovadores em tecidos para vestuário e acessórios de Moda obtidos através de acabamentos especiais*.
- Madonia, D. (2019). *Grape Leather – Everything You Need To Know*. <https://danandmez.com/blog/grape-leather/>
- Mao, Z., & Jin, Y. (2014). *Reverse Logistics in Automotive Industry*. May.
- Modern Meadow. (2021). *ZOA: OUR WORLD OF BIOFABRICATED MATERIALS*. <https://www.modernmeadow.com/zoa>
- nat-2. (n.d.). *nat-2™ | german engineered sustainable footwear*. Retrieved May 17, 2021, from <https://nat-2.eu/eco/>
- NATco. (n.d.). *THINK NATco. THINK GREEN*. <http://natcoglobal.com/NATco Sustainable WEB.pdf>
- O'Dell, J. (2015). *Renewable and Recycled Materials Are Making Cars Greener*. <https://www.edmunds.com/car-technology/renewable-and-recycled-materials-help-make-cars-green.html>
- Old plastic for new bmws*. (n.d.). Retrieved December 8, 2020, from <https://www.bmwgroup.com/en/responsibility/sustainable-stories/popup-folder/old-plastic-for-new-bmws.html>
- Paris, P. V. (2019). *KNOW HOW LEATHER: New processing methods to improve responsibility*. <https://www.premierevision.com/en/magazine/know-how-leather-new-processing-methods-to-improve-responsibility/>
- Parlamento Europeu. (2021). *O impacto da produção e dos resíduos têxteis no ambiente (infografia)*. <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20201208STO93327/o-impacto-da-producao-e-dos-residuos-texteis-no-ambiente-infografia>
- PAVIA, D. L., LAMPMAN, G. M., S. KRIZ, G., & VYVYAN, J. R. (2013). *Introdução à espectroscopia*.
- Pereira, B. M. S. (2015). *Reutilização de resíduos de couro como material construtivo na área arquitetónica*.
- Pereira, S. S. (2019). *Indústria de peles e curtumes cresce mais de 50% numa década*. <https://www.dinheirovivo.pt/economia/industria-de-peles-e-curtumes-cresce-mais-de-50-numa-decada-12784344.html>
- Pinheiro, J. V. (2014). *Naturdecotech*. <https://www.homify.pt/profissionais/520594/j-vaz-pinheiro-lda>
- Rebelo, O. L. M. (2010). *Prevenção do Pé Diabético através do Estudo de Novos Materiais Têxteis*.
- RECYC Leather. (n.d.). *RECYC Leather*. Retrieved October 30, 2020, from <http://www.recycleather.com/>
- Recycling Today. (2016). *GM recycles water bottles into parts for its Chevy Equinox*. <https://www.recyclingtoday.com/article/gm-recycles-water-bottles/>
- Riccio, C. (2015). *Aiming to recycle organic waste, engineer Alberto Volcan created an eco-friendly leather bag made of apple scraps*. <https://www.lifegate.com/leather-bag-apple-scraps>
- Ritter, S. K. (2014). *Synthetic Leather's Green Revival*. <https://cen.acs.org/articles/92/i33/Synthetic-Leathers-Green-Revival.html>
- Santos, M. (2013). *processo para reciclagem de residuos de couro* (Patent No. 10 2013 028947 7 A2).

- <https://www.escavador.com/patentes/43747/processo-para-reciclagem-de-residuos-de-couro>
- Santos, R. J., Agostini, D. L. S., Cabrera, F. C., Budenberg, E. R., & Job, A. E. (2015). Recycling Leather Waste: Preparing and Studying on the Microstructure, Mechanical, and Rheological Properties of Leather Waste/Rubber Composite. *Polymers and Polymer Composites*. <https://doi.org/10.1002/pc>
- Sen, A. K. (2008). *Coated Textiles: Principles and Applications*. CRC Press. [https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=4K7-VM6T2A4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=coated textiles&ots=4I1mJMb6I_&sig=m79A5V_Mq7bDY7o33pVGTdixPnM&fbclid=IwAR30aIRCRsi1amAeektSrZ7mCg2tUWlvdhsmz3j1c6ZUBsVLKKwJ-t2w6jk#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=4K7-VM6T2A4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=coated%20textiles&ots=4I1mJMb6I_&sig=m79A5V_Mq7bDY7o33pVGTdixPnM&fbclid=IwAR30aIRCRsi1amAeektSrZ7mCg2tUWlvdhsmz3j1c6ZUBsVLKKwJ-t2w6jk#v=onepage&q&f=false)
- Silva, C. M. G. P. (2015). *Revestimentos têxteis com poliuretano hot-melt para uso hospitalar*. 1–110.
- Silva, Â. C. A. da. (2013a). *Estudo da substituição do couro pela pele de cortiça para aplicação em calçado / vestuário*. 1–151. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/28670>
- Silva, Â. C. A. da. (2013b). *Estudo da substituição do couro pela pele de cortiça para aplicação em calçado / vestuário*. 1–9. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/28670>
- Smith, W. (2010). *Smart Textile Coatings and Laminates*. Woodhead Publishing. [https://books.google.pt/books?id=L4hwAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=textile+coating&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiS_K3PIfvsAhU7DmMBHfUHAAcQ6AEwBHoECAMQAg#v=onepage&q=textile coating&f=false](https://books.google.pt/books?id=L4hwAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=textile+coating&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiS_K3PIfvsAhU7DmMBHfUHAAcQ6AEwBHoECAMQAg#v=onepage&q=textile%20coating&f=false)
- testextextile. (2020). *3 fatores que influenciam a resistência à abrasão do couro de PVC da cadeirinha de carro e a solução*. <https://www.testextextile.com/pt/3-fatores-que-influenciam-a-resistencia-a-abrasao-do-couro-pvc-do-assento-do-carro-e-a-solucao/>
- Textileexchange. (n.d.). *What are the RCS and GRS?* Retrieved May 25, 2021, from <https://textileexchange.org/standards/recycled-claim-standard-global-recycled-standard/>
- UNIDO. (2010). Future Trends in the World Leather. *United Nations Industrial Development Organization*, 120.
- vegoconomist. (2020). *Beyond Leather Materials Wins Climate Award, Can Produce a Square Meter of Vegan Leather From Just 5Kg of Apple Pulp*. <https://vegconomist.com/fashion-und-beauty/beyond-leather-materials-wins-climate-award-can-produce-a-square-meter-of-vegan-leather-from-just-5kg-of-apple-pulp/>
- Viridis. (n.d.). *TURNING CORN INTO A GREEN FABRIC*. Retrieved December 5, 2020, from <https://www.viridis-leather.it/features.html>
- Woodyard, C. (n.d.). *Eco-eager automakers hype sustainable wood in cars*. Retrieved December 9, 2020, from <https://eu.usatoday.com/story/money/cars/2013/06/27/wood-fisker-bmw-ram-lexus-gses/2413611/>

ANEXO 1 – ENSAIOS REALIZADOS NA UNIVERSIDADE SEM INTERESSE PARA APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Anexo 1.1 – Ensaio relacionados com as variações dimensionais

Variações dimensionais após lavagem e secagem

A presente atividade laboratorial tem como objetivo a determinação das variações dimensionais do substrato, quando submetido a uma combinação apropriada de processos de lavagem e secagem especificadas. De modo a efetuar este ensaio, seguiu-se a norma NP EN ISSO 3759:2000 (Têxteis; preparação, medição e marcação de provetes de tecido e vestuário em ensaios para a determinação das variações dimensionais), a NP EN 6330:2012 (Procedimentos e lavagens e secagens domésticas para ensaios de têxteis) e a NP EN 25077:1995 (Determinação das variações dimensionais na lavagem e secagem).

Primeiramente mediram-se os provetes com o auxílio do esquadro, antes de serem submetidos aos processos apropriados de lavagem e secagem. Seguidamente colocaram-se as amostras no interior do tambor da máquina de lavar durante 55 minutos, uma temperatura de 40°C, acompanhadas pelo balastro - grande tecido, 100% poliéster, de cerca de 2,5 Kg - cuja função se prende com o facto de exercer peso no interior do tambor, pois apenas as amostras cortadas, não iriam fazer o peso necessário para assegurar o bom desempenho da máquina. Neste ensaio recorreu-se à secagem em plano, quando o tecido se encontrava seco procedeu-se a nova medição do provete, possibilitando assim, o cálculo das variações dimensionais sofridas.

Resultados obtidos

Couro reciclado:

Variação na largura:

Equação 9: variação na largura_couro reciclado

$$\frac{49,3 - 50}{50} \times 100 = -1,4\%$$

Variação no comprimento:

Equação 10: variação no comprimento_couro reciclado

$$\frac{50,8 - 50}{50} \times 100 = 1,6\%$$

PVC:

Variação na largura:

Equação 11: variação na largura_PVC

$$\frac{50,2 - 50}{50} \times 100 = 0,4\%$$

Variação no comprimento:

Equação 12: variação no comprimento_PVC

$$\frac{50,1 - 50}{50} \times 100 = 0,2\%$$

Couro natural:

Variação na largura:

Equação 13: variação na largura_Couro natural

$$\frac{50,1 - 50}{50} \times 100 = 0,2\%$$

Variação no comprimento:

Equação 14: variação no comprimento_couro natural

$$\frac{50,1 - 50}{50} \times 100 = 0,2\%$$



Aspetto liso

Este ensaio tem por objetivo a avaliação da conservação do aspecto liso dos tecidos, por determinação do grau de amarrotamento, após lavagem e secagem doméstica. Depois destas operações é feita a avaliação do aspecto dos provetes, através da comparação com padrões, que variam entre DP-1 e Dp-5, do que possui mais vincos para o que possui menos. Seguindo-se sempre o procedimento descrito na norma NP 3568:1998 (Avaliação do aspecto liso dos tecidos após lavagem e secagem domésticas) e a NP EN 6330:2012 (Procedimentos e lavagens e secagens domésticas para ensaios de têxteis) que fornece indicações acerca da lavagem e secagem.

Resultados obtidos

Tabela 44: Resultados obtidos - aspecto liso

Material	Avaliação do aspecto liso	Imagem
-----------------	----------------------------------	---------------

Couro reciclado	DP-2	 <p><i>Figura 50: Comparação aspeto couro reciclado</i></p>
PVC	DP-3.5	 <p><i>Figura 51: Comparação aspeto PVC</i></p>
Couro natural	DP-2	 <p><i>Figura 52: Comparação aspeto couro natural</i></p>

Discussão de resultados

O couro reciclado sofreu um encolhimento de 1,4% na largura e um aumento de 1,6% no comprimento, o PVC sofreu um aumento de 0,4% na largura e 0,2% no comprimento, já o couro natural foi aquele que sofreu uma menor variação, apenas um aumento de 0,2% na largura e comprimento. Assim, verifica-se um pior comportamento no caso do couro reciclado. Também no ensaio do aspeto liso obtiveram-se resultados péssimos.

Estes ensaios apenas foram realizados, uma vez que, também já tinham sido realizados no decorrer do projeto desenvolvido à priori pela ERT, de forma a avaliar o desempenho do couro reciclado quanto à finalidade na indústria da moda. No entanto, estes ensaios realizados na universidade não foram os mais indicados, pois a norma que se conseguiu seguir refere-se a têxteis tipo tecidos e não peles.

No caso do couro reciclado ser aplicado no automóvel não iria sofrer lavagem e secagem, pelo que apesar de não serem bons aceitam-se os resultados.

Anexo 1.2 – Ensaio de solidez dos tintos

Solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial

Com o intuito de avaliar a solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial, seguiu-se a norma NP EN ISO 105-C06:1999 (Solidez dos tintos – Parte C06: Solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial). Colocaram-se os provetes a ensaiar em contacto com tecidos testemunhos normalizados e lavados, em condições de temperatura, alcalinidade, ação abrasiva e branqueamento, adequadas. Realizou-se o ensaio A1S (sem perborato de sódio) e A2S (com perborato de sódio), à temperatura de 40°C, usando detergente ECE e 10 bolas de aço em cada copo que foi colocado no linetest. De forma a avaliar as alterações ocorridas, nomeadamente a alteração da cor do provete e manchamento dos testemunhos, recorreu-se à utilização das escalas de cinzentos numa câmara de observação com luz artificial (verivide) e no espectrofotómetro.

5.1.1.1.1. Resultados obtidos

Couro reciclado

Tabela 45: Resultados obtidos - solidez à lavagem doméstica e industrial_Couro reciclado

Avaliação Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do de testemunho							
	alteração da cor	Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Nylon	Poliéster
Lavagem com perborato	3-4	4	4	3	3-4	4	4-5
Lavagem sem perborato	4	4	4-5	3	5	3-4	4-5

PVC

Tabela 46: Resultados obtidos - solidez à lavagem doméstica e industrial_PVC

Avaliação Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do de testemunho							
		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Nylon	Poliéster

	alteração da cor						
Lavagem com perborato	5	5	4-5	5	4-5	5	5
Lavagem sem perborato	5	5	5	5	4-5	5	5

Couro natural

Tabela 47: Resultados obtidos - solidez à lavagem doméstica e industrial_Couro natural

Avaliação Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do de testemunho

	alteração da cor	Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Nylon	Poliéster
Lavagem com perborato	4-5	4-5	3	1-2	3	2-3	2-3
Lavagem sem perborato	4-5	4	3-4	2	3	3	3-4

Solidez à lavagem com sabão

Para avaliar a solidez dos tintos à lavagem com sabão, seguiu-se a norma NP EN ISO 105-C10:2006 (Solidez dos tintos – Parte C10: Solidez dos tintos à lavagem com sabão ou sabão e soda). Colocou-se o provete têxtil a ensaiar junto com um tecido testemunho especificado, numa solução de sabão agitada mecanicamente sob condições de tempo e temperatura especificadas. De seguida, o provete é enxaguado e seco, avaliando-se a alteração da cor do provete e manchamento do tecido testemunho, recorrendo às escalas de cinzentos.

Resultados obtidos

Couro reciclado

Tabela 48: Resultados obtidos - solidez à lavagem com sabão_Couro reciclado

Avaliação de alteração da cor		Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
alteração da cor		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Nylon	Poliéster
Lavagem com sabão	3	4-5	4-5	2-3	4	4	5

PVC

Tabela 49: Resultados obtidos - solidez à lavagem com sabão_PVC

Avaliação de alteração da cor		Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
alteração da cor		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Nylon	Poliéster
Lavagem com sabão	4-5	5	5	5	4-5	5	5

Couro natural

Tabela 50: Resultados obtidos - solidez à lavagem com sabão_Couro natural

Avaliação de alteração da cor		Escala cinzenta para a avaliação do manchamento do testemunho					
alteração da cor		Acetato	Acrílico	Algodão	Lã	Nylon	Poliéster
Lavagem com sabão	4-5	4-5	3	2-3	3	3	3-4

ANEXO 2 – FICHAS DE ESPECIFICAÇÕES

Tabela 51: Ficha de especificações segundo os resultados do CITEVE

1. Propriedades Técnicas| Technical Properties

Composição|Composition Malha: 89% PES (69% PES Rec)/ 11% EA + coating
resíduos de couro (sob consulta)

Cor|Color Castanho

Características especiais|Special characteristics Material reciclado com estudo LCA

Etiquetagem|Label



1.1. Caracterização Básica|Basic Characterization

Massa por unidade de superfície|Weight per unit mass 473 g/m²
NP EN 12127:1999

Espessura|Thickness 0,73mm
ISO 5084:1996

1.2. Características e propriedades relacionadas com a contextura e acabamentos | Characteristics and properties related to the thread count and finishes

Permeabilidade ao ar| Air permeability 32,3 l/m²/s
NP EN ISO 9237:1997

Permeabilidade ao vapor de água|Water vapor permeability 0
ISO 14268:2012

Comportamento ao fogo |Flammability, burning rate 0,49cm/s = 0,0049m/s
NF G07 – 182:1985

Solidez à gota de água >30min| Droplet test >30min Empol 30min:nenhum
ISO 15700:1998 Manchamento 30min: ligeiro
Empol 16h: nenhum

**Resistência à penetração da água (pressão hidrostática)|
Resistance to water penetration (hydrostatic pressure)** 1836 cm H₂O
EN ISSO 811:2018

1.3. Propriedades mecânicas|Mechanical Properties

Resistência ao rasgo|Tear strenght 26,5(+/-3,8)N
ISO 3377-1:2011 x=22,1 (+/-1,7)N

	$y=30,8(+/-1,2)N$
Resistência à tração Tensile strenght ISO 3376:2011	13,6N/mm ² $x=11,9N/mm^2$ $Y=15,2N/mm^2$
Alongamento à rotura Extension break ISO 3376:2011	186% $x=210\%$ $Y=162\%$
Força máxima à rotura - método Grab Maximum breaking strength – Grab method ISO 1421:2016	$x=576N$ $y=464N$
Força máxima à rotura - método da tira Maximum breaking strength – strip method ISO 1421:2016	$x=499N$ $y=332N$
Força da costura Seam strenght ISO 139361-1:2004	>200N
Resistência à flexão Flexing endurance ISO 7854-A:1995	N. total de flexões: 3000 Aparência global: 0,5 (ligeira alteração) Avaliação fendas: NIL (sem rotura da camada)
Resistência à abrasão Martindale abrasion ISO 17704:2004	Alteração da cor a seco: 4/5
Resistência à fricção Veslic Rub fastness ISO 11640:2012	Manchamento seco 500 ciclos: 5 Manchamento seco 2000 ciclos: 5 Alteração da cor seco 500 ciclos: 4 Alteração da cor seco 2000 ciclos: 4

	Manchamento húmido 75 ciclos: 5
	Alteração da cor húmido 75 ciclos: 4-5
	Alteração da cor húmido 500 ciclos: 3-4
	Manchamento húmido 500 ciclos: 4-5

Souplesse

D45 1030

X= 2,62mm; Y= 2,55mm

1.4. Solidez dos tintos|Color fastness

Solidez da cor à fricção |color fastness to rubbing
ISO 105-X12:2016

Manchamento seco:4-5
Manchamento húmido:4-5

Solidez da cor à luz |Color fastness to light
ISO 105-B02

3-4

Lavagem doméstica e industrial|
Domestic and commercial laundering
NP EN ISO 105-C06:1999

Com perborato|with
perborate

Alteração da cor do provete:
3
Manchamento do
testemunho: CA:4; CO:2-3;
PA:3-4; PES:4-5; PAN:3-4;
WO:4

Sem perborato|without
perborate

Alteração da cor do provete:
3
Manchamento do
testemunho: CA:4; CO:2-3;
PA:3-4; PES:4; PAN:4-5;
WO:5

Lavagem com sabão|Laundry with soap
NP EN ISO 105-C10:2007

Alteração da cor do provete:
3

		Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:2-3; PA:4; PES:5; PAN:4-5; WO:4	
Solidez à água Water fastness NP EN ISO 105 E01:2013		Alteração da cor do provete: 4	
		Manchamento do testemunho: CA:2-3; CO:2; PA:2; PES:3; PAN:3-4; WO:4	
		Alteração da cor do provete: 4-5	
Solidez ao suor Sweat fastness NP EN ISO 105 E04:1997	alcalino alkali	Manchamento do testemunho: CA:4; CO:2-3; PA:2-3; PES:4; PAN:4; WO:3	
		Alteração da cor do provete: 4-5	
	ácido acid	Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:2-3; PA:2-3; PES:4-5; PAN:4; WO:3	
		Alteração da cor do provete:4-5	
Prensagem a quente Hot pressing NP EN 105-X11:1994	seco dry	Alteração da cor do provete:4-5	
	110	húmido humid	Alteração da cor do provete:4-5
			Manchamento do testemunho:4-5
		molhado wet	Alteração da cor do provete:4-5
		Manchamento do testemunho:4-5	
150	seco dry	Alteração da cor do provete:4-5	
	húmido humid	Alteração da cor do provete:4-5	

Fricção a seco e a húmido Fastness to rubbing NP EN ISO 105-X12:1996		Manchamento do testemunho:4-5
	molhado wet	Alteração da cor do provete:4-5 Manchamento do testemunho:4-5
	Seco dry	Manchamento do testemunho: 4-5
	Húmido humid	Manchamento do testemunho: 4-5
1.5. Aspeto liso Smooth appearance		
Aspeto liso após lavagem e secagem domésticas Smooth appearance after domestic laundering and drying NP EN ISO 6330:2012		DP-2
1.6. Estabilidade dimensional Dimensional stability		
Variações dimensionais após lavagem e secagem Dimensional variation after laundering and drying NP EN ISO 6330:2012		x=-0,4%;y=-0,3%
Variações dimensionais após armazenamento na estufa Dimensional variation after heat and humidity storage D45 1139		x=-1,2%;y=-0,8%
1.7. pH do extrato aquoso pH of aqueous extract		
pH do extrato aquoso pH of aqueous extract NP EN 3071:2005		5

Tabela 52: Ficha de especificações segundo os resultados obtidos na UM

Ensaio	Resultados Couro reciclado	Resultados PVC	Resultados Couro
Espessura NP EN 5084:1999	0,908 mm	1,208mm	1,210mm
Massa/unidade de superfície NP EN 12127:1999	467,7 g/m ²	740,02 g/m ²	818,22 g/m ²
Permeabilidade ao ar NP EN ISO 9237:1997	2,862 l/m ² /s	0,3832 l/m ² /s	0,2703 l/m ² /s
Permeabilidade ao vapor de água BS 7209:1999	WVP = 1508,1479 I = 26,86%	WVP = 244,5812 I = 2,42%	WVP = 3180,1713 I = 31,42%
Resistência à molhagem superficial NP EN 24920:1993	Grau 5	Grau 5	Grau 5
Propagação da chama a 45° NF G07 – 182:1985	0,49cm/s = 0,0049m/s	Classe B – área ardida: 68,09 cm ²	Classe A – autoextinguiu-se
Resistência à penetração da água (pressão hidrostática)	Impermeável à água	Impermeável à água	Impermeável à água

NP EN 20811:1992							
Resistência à rotura – método de grab ASTMD 5064		Colunas	Fileiras	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
	Força máxima	544N	538,1N	419,5N	512N	1026N	1213,3N
	Alongamento na rotura	152,4%	182,6%	127,2%	84,7%	62,2%	56,17%
Resistência à rotura – método da tira ASTMD 5035		Colunas	Fileiras	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
	Força máxima	596N	394,7N	331,8N	445,1N	808N	849N
	Alongamento na rotura	164,3%	204,4%	149,8%	90,0%	59,7%	40,84%
Determinação da resistência da costura ISO 13935:1999		Colunas	Fileiras	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
	Força	369,4N	315N	235,5N	330,5N	608N	
	Alongamento	134,8%	206,6%	129,5%	78,7%	57,7%	
Resistência ao rasgo ASTMD 2262:1993		Colunas	Fileiras	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
		98,64N	98,752N	40,19N	56,3N	44,52N	44,64N
Coefficiente de atrito – FRIQTORQ		Máximo: 0,230 Cinético:0,165		Máximo: 0,3943 Cinético:0,3334		Máximo: 0,1493 Cinético: 0,11	

Resistência à formação de borbotão pelo método de Martindale ASTM D 4790 – 89		Alteração da cor: Grau 4-5	Alteração da cor: Grau 4-5	Alteração da cor: Grau 4-5			
pH do extrato aquoso NP EN 1413:1999		5,72	6,09	4,29			
Variação dimensional após lavagem e secagem NP EN ISO 3259:2000 NP EN ISO 6330:2012 NP EN ISO 25077:1995		Colunas	Fileiras	Longitudinal/colunas	Transversal	Longitudinal	Transversal
		1,6%	-1,4%	-2%	0,4%	-3,6%	-3,6%
Aspetto liso NP EN ISO 3568:1998 NP EN ISO 6330:2012		DP-2	DP-3.5	DP-2			
Solidez do tinto à lavagem doméstica e industrial	Com perborato	Alteração da cor do provete: 3 Manchamento do testemunho: CA:4; CO:2-3; PA:3-4; PES:4-5; PAN:3-4; WO:4	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:5; PA:5; PES:5; PAN:4-5; WO: 4-5	Alteração da cor do provete: 4-5 Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:1-2; PA:2-3; PES:2-3; PAN:3; WO:3			
	Sem perborato	Alteração da cor do provete: 3 Manchamento do testemunho: CA:4; CO:2-3; PA:3-4; PES:4; PAN:4-5; WO:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:5; PA:5; PES:5; PAN:5; WO:4-5	Alteração da cor do provete: 4-5 Manchamento do testemunho: CA:4; CO:2; PA:2-3; PES:4; PAN:3-4; WO:3			

NP EN ISO 105- C06:1999							
Solidez do tinto à lavagem com sabão NP EN ISO 105-C10:2006		Alteração da cor do provete: 3 Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:2-3; PA:4; PES:5; PAN:4-5; WO:4		Alteração da cor do provete: 4-5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:5; PA:5; PES:5; PAN:5; WO:4-5		Alteração da cor do provete: 4-5 Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:2-3; PA:3; PES:3-4; PAN:3; WO:3	
Solidez do tinto à água NP EN ISO 105 E01:1997		Alteração da cor do provete: 3-4 Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:3-4; PA:3-4; PES:4-5; PAN:4-5; WO:4		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:5; PA:5; PES:4-5; PAN:5; WO:4-5		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:4-5; PA:5; PES:5; PAN:5; WO:4-5	
Solidez do tinto ao suor NP EN ISO 105 E04:1997	alcalino	Alteração da cor do provete: 4-5 Manchamento do testemunho: CA:4; CO:3; PA:3; PES:4; PAN:4; WO:3		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:4- 5; PA:4-5; PES:5; PAN:5; WO:4-5		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:4-5; PA:4-5; PES:4-5; PAN:4-5; WO:4-5	
	ácido	Alteração da cor do provete: 4-5 Manchamento do testemunho: CA:4-5; CO:3; PA:3-4; PES:4-5; PAN:4-5; WO:3		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:5; CO:5; PA:4-5; PES:4-5; PAN:5; WO:4-5		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho: CA:4; CO:4; PA:4; PES:4-5; PAN:4-5; WO:3-4	
Solidez dos tintos à fricção a		Colunas	Fileiras	Colunas	Fileiras	Colunas	Fileiras
	seco	Alteração da cor do provete: 5	Alteração da cor do provete: 5	Alteração da cor do provete: 5	Alteração da cor do provete: 5	Alteração da cor do provete: 5	Alteração da cor do provete: 5

seco e húmido NP EN ISO 105-X12:2003		Manchamento do testemunho:4-5	Manchamento do testemunho:4-5	Manchamento do testemunho:4-5	Manchamento do testemunho:4-5	Manchamento do testemunho:5	Manchamento do testemunho:5
	húmido	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:4-5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
Solidez dos tintos à fricção com solventes orgânicos NP EN ISSO 105-D02:1996		Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5	Alteração da cor do provete: 5 Manchamento do testemunho:5
QUV AATCC test method 186-2006		Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 4		Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 5		Alteração da cor do provete ao fim de 48h: 4-5	

Tabela 53: Ficha de especificações segundo os resultados obtidos na ERT

Ensaio		Resultados Couro reciclado		Resultados PVC		Resultados Couro natural	
Espessura NP EN 2286 T3:1998		0,986 mm		1,246 mm		1,236 mm	
Massa/unidade de superfície NP EN 2286 T2:1998		455,4 g/m ²		743,2 g/m ²		878,2 g/m ²	
Combustibilidade D45 1333		Longitudinal/colunas	Transversal	Longitudinal/colunas	Transversal	Longitudinal	Transversal
		130,25mm/min	84,49mm/min	21,43mm/min	42,86mm/min	0mm/min	0mm/min
Souplesse D45 1030		Colunas	Fileiras			Longitudinal	Transversal
		2,62mm	2,55mm			1,95mm	2,13mm
Alongamentos D41 1029		Colunas	Fileiras	Colunas	Fileiras	Longitudinal	Transversal
	Força máxima	564,3N	392,7N	435,0N	241,0N	643,4N	771,1N
	Alongamento na rotura	174%	227%	88,4%	118%	59,2%	49,6%
	Tensão 20N	6,05%	9,28%	4,50%	9,84%	2,34%	2,23%
	Tensão 25N	8,32%	13,3%	5,48%	12,0%	2,93%	2,79%
	Tensão 50N	27,1%	45,5%	12,0%	24,0%	6,42%	5,52%
	Tensão 100N	66,2%	99,3%	29,6%	50,4%	13,7%	10,3%
Rasgo		Colunas	Fileiras	Colunas	Fileiras	Longitudinal	Transversal

D41 1126	30,3N	19,5N	8,58N	12,2N	20,4N	17,7N
Varição dimensional	Colunas	Fileiras	Longitudinal/colunas	Transversal	Longitudinal	Transversal
D45 1139	-1,2%	-0,8%	-2%	0,4%	-3,6%	-3,6%

ANEXO 3 – FLUOXOGRAMA – ANÁLISE ESTATÍSTICA

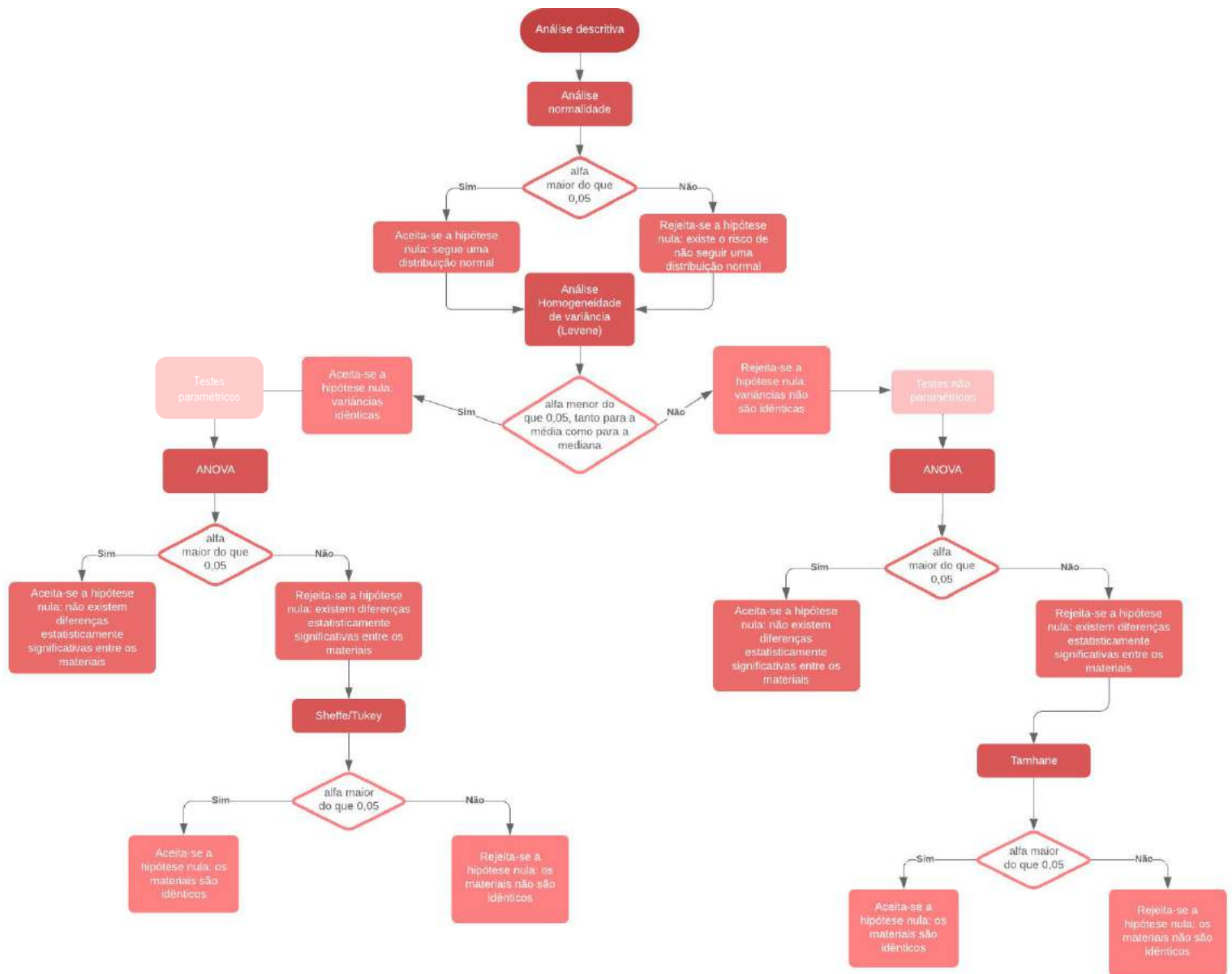


Figura 53: Fluxograma - Análise estatística

ANEXO 4 - MASSA POR UNIDADE DE SUPERFÍCIE

Tabela 54: Análise descritiva_Massa

Descritivos

Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		469,2000	1,49778
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	462,7556	
		Limite superior	475,6444	
	Mediana		468,4000	
	Variância		6,730	
	Erro Padrão		2,59422	
	Mínimo		467,10	
	Máximo		472,10	
	Amplitude		5,00	
	PVC	Média		738,8000
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	734,5624	
		Limite superior	743,0376	
Mediana			739,3000	
Variância			2,910	
Erro Padrão			1,70587	
Mínimo			736,90	
Máximo			740,20	
Amplitude			3,30	
Couro natural		Média		817,4000
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	810,9556	
		Limite superior	823,8444	
	Mediana		816,6000	
	Variância		6,730	
	Erro Padrão		2,59422	
	Mínimo		815,30	
	Máximo		820,30	
	Amplitude		5,00	

Tabela 55: Testes de normalidade_Massa

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,929	3	0,484
PVC	0,936	3	0,510
Couro natural	0,929	3	0,484

Tabela 56: Teste homogeneidade de variância_Massa

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Massa por unidade de superfície	Com base em média	0,885	2	12	0,438
	Com base em mediana	0,612	2	12	0,559
	Com base em mediana e com df ajustado	0,612	2	6,981	0,569
	Com base em média aparada	0,836	2	12	0,457

Tabela 57: ANOVA_Massa

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Massa por unidade de superfície	Entre Grupos	338562,821	2	169281,411	17720,236	0,000
	Nos grupos	114,636	12	9,553		
	Total	338677,457	14			

Tabela 58: Tamahane_Massa

(I) Material		Comparações múltiplas				
		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	-272,32000*	2,12941	0,000	-279,3929	-265,2471
	Couro natural	-350,52000*	2,20826	0,000	-357,6096	-343,4304
PVC	Couro reciclado	272,32000*	2,12941	0,000	265,2471	279,3929
	Couro natural	-78,20000*	1,43276	0,000	-82,5350	-73,8650
Couro natural	Couro reciclado	350,52000*	2,20826	0,000	343,4304	357,6096

PVC	78,20000*	1,43276	0,000	73,8650	82,5350
-----	-----------	---------	-------	---------	---------

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 5 – ESPESSURA

Tabela 59: Análise descritiva_Espessura

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		0,9133	0,00667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,8846	
		Limite superior	0,9420	
	Mediana		0,9200	
	Variância		0,000	
	Erro Padrão		0,01155	
	Mínimo		0,90	
	Máximo		0,92	
	Amplitude		0,02	
	PVC	Média		1,2100
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	1,1670	
		Limite superior	1,2530	
Mediana			1,2200	
Variância			0,000	
Erro Padrão			0,01732	
Mínimo			1,19	
Máximo			1,22	
Amplitude			0,03	
Couro natural		Média		1,2133
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	1,1616	
		Limite superior	1,2650	
	Mediana		1,2200	
	Variância		0,000	
	Erro Padrão		0,02082	
	Mínimo		1,19	
	Máximo		1,23	
	Amplitude		0,04	

Tabela 60: Teste normalidade_Espessura

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,750	3	0,000
PVC	0,750	3	0,000
Couro natural	0,923	3	0,463

Tabela 61: Teste homogeneidade de variâncias_Espessura

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Espessura	Com base em média	1,574	2	12	0,247
	Com base em mediana	0,242	2	12	0,788
	Com base em mediana e com df ajustado	0,242	2	7,523	0,791
	Com base em média aparada	1,554	2	12	0,251

Tabela 62: ANOVA_Espessura

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Espessura	Entre Grupos	0,302	2	0,151	656,551	0,000
	Nos grupos	0,003	12	0,000		
	Total	0,305	14			

Tabela 63: Tamhane_Espessura

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	-,30000*	0,00825	0,000	-0,3248	-0,2752
	Couro natural	-,30200*	0,01020	0,000	-0,3336	-0,2704
PVC	Couro reciclado	,30000*	0,00825	0,000	0,2752	0,3248
	Couro natural	-0,00200	0,01020	0,997	-0,0336	0,0296

Couro natural	Couro reciclado	,30200*	0,01020	0,000	0,2704	0,3336
	PVC	0,00200	0,01020	0,997	-0,0296	0,0336

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 6 – PERMEABILIDADE AO AR

Tabela 64: Análise descritiva_Permeabilidade ao ar

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		2,67000	0,083267
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2,31173	
		Limite superior	3,02827	
	Mediana		2,63000	
	Variância		0,021	
	Erro Padrão		0,144222	
	Mínimo		2,550	
	Máximo		2,830	
	Amplitude		0,280	
	PVC	Média		0,38333
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	0,33400	
		Limite superior	0,43266	
Mediana			0,37500	
Variância			0,000	
Erro Padrão			0,019858	
Mínimo			0,369	
Máximo			0,406	
Amplitude			0,037	
Couro natural		Média		0,26967
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,26026	
		Limite superior	0,27907	
	Mediana		0,26800	
	Variância		0,000	
	Erro Padrão		0,003786	
	Mínimo		0,267	
	Máximo		0,274	
	Amplitude		0,007	

Tabela 65: Teste normalidade_Permeabilidade ao ar

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,942	3	0,537
PVC	0,868	3	0,290
Couro natural	0,855	3	0,253

Tabela 66: Teste homogeneidade_Permeabilidade ao ar

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Permeabilidade ao ar	Com base em média	21,049	2	27	0,000
	Com base em mediana	14,172	2	27	0,000
	Com base em mediana e com df ajustado	14,172	2	9,118	0,002
	Com base em média aparada	20,033	2	27	0,000

Tabela 67: ANOVA_Permeabilidade ao ar

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Permeabilidade ao ar	Entre Grupos	42,812	2	21,406	1859,539	0,000
	Nos grupos	0,311	27	0,012		
	Total	43,123	29			

Tabela 68: Tukey e Scheffe_Permeabilidade ao ar

		Comparações múltiplas					
Variável dependente: Permeabilidade ao ar						Intervalo de Confiança 95%	
(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Limite inferior	Limite superior	
Tukey HSD	Couro reciclado	PVC	2,475800*	0,047982	0,000	2,35683	2,59477
		Couro natural	2,588700*	0,047982	0,000	2,46973	2,70767
	PVC	Couro reciclado	-2,475800*	0,047982	0,000	-2,59477	-2,35683
		Couro natural	0,112900	0,047982	0,065	-0,00607	0,23187

	Couro natural	Couro reciclado	-2,588700*	0,047982	0,000	-2,70767	-2,46973
		PVC	-0,112900	0,047982	0,065	-0,23187	0,00607
Scheffe	Couro reciclado	PVC	2,475800*	0,047982	0,000	2,35152	2,60008
		Couro natural	2,588700*	0,047982	0,000	2,46442	2,71298
	PVC	Couro reciclado	-2,475800*	0,047982	0,000	-2,60008	-2,35152
		Couro natural	0,112900	0,047982	0,081	-0,01138	0,23718
	Couro natural	Couro reciclado	-2,588700*	0,047982	0,000	-2,71298	-2,46442
		PVC	-0,112900	0,047982	0,081	-0,23718	0,01138

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 7 – PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Tabela 69: Análise descritiva_Permeabilidade ao vapor de água

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		1508,147867	68,3841667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	1213,914545	
		Limite superior	1802,381188	
	Mediana		1439,763700	
	Variância		14029,183	
	Erro Padrão		118,4448511	
	Mínimo		1439,7637	
	Máximo		1644,9162	
	Amplitude		205,1525	
	PVC	Média		244,563320
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	139,905451	
		Limite superior	349,221189	
Mediana			236,572200	
Variância			1774,976	
Erro Padrão			42,1304619	
Mínimo			207,0007	
Máximo			290,1171	
Amplitude			83,1164	
Couro natural		Média		3180,171300
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2889,711567	
		Limite superior	3470,631033	
	Mediana		3167,849800	
	Variância		13671,637	
	Erro Padrão		116,9257775	
	Mínimo		3069,8942	
	Máximo		3302,7699	
	Amplitude		232,8757	

Tabela 70: Normalidade_Permeabilidade ao vapor de água

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,750	3	0,000
PVC	0,973	3	0,685
Couro natural	0,992	3	0,825

Tabela 71: Teste homogeneidade_Permeabilidade ao vapor de água

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Permeabilidade ao vapor de água	Com base em média	1,721	2	6	0,257
	Com base em mediana	0,324	2	6	0,735
	Com base em mediana e com df ajustado	0,324	2	3,480	0,743
	Com base em média aparada	1,556	2	6	0,285

Tabela 72: ANOVA_Permeabilidade ao vapor de água

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Permeabilidade ao vapor de água	Entre Grupos	13010102,480	2	6505051,240	662,074	0,000
	Nos grupos	58951,592	6	9825,265		
	Total	13069054,072	8			

Tabela 73: Tamhane_Permeabilidade ao vapor de água

		Comparações múltiplas				
Variável dependente:		Permeabilidade ao vapor de água				
Tamhane						
(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	1263,5845467*	72,5813534	0,003	846,428147	1680,740946
	Couro natural	-1672,0234333*	96,0916580	0,000	-2050,710998	-1293,335869
PVC	Couro reciclado	-1263,5845467*	72,5813534	0,003	-1680,740946	-846,428147

	Couro natural	-2935,6079800*	71,7556345	0,000	-3345,805664	-2525,410296
Couro natural	Couro reciclado	1672,0234333*	96,0916580	0,000	1293,335869	2050,710998
	PVC	2935,6079800*	71,7556345	0,000	2525,410296	3345,805664

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 8 – RESISTÊNCIA AO RASGO

Longitudinal

Tabela 74: Análise descritiva_ Resistência ao rasgo-longitudinal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		98,6200	2,19225
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	92,5333	
		Limite superior	104,7067	
	Mediana		97,4000	
	Variância		24,030	
	Erro Padrão		4,90202	
	Mínimo		93,50	
	Máximo		106,74	
	Amplitude		13,24	
	PVC	Média		40,1940
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	34,7270	
		Limite superior	45,6610	
Mediana			38,6300	
Variância			19,386	
Erro Padrão			4,40296	
Mínimo			36,10	
Máximo			46,50	
Amplitude			10,40	
Couro natural		Média		44,6400
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	37,8762	
		Limite superior	51,4038	
	Mediana		44,5300	
	Variância		29,673	
	Erro Padrão		5,44733	
	Mínimo		37,20	
	Máximo		51,70	
	Amplitude		14,50	

Tabela 75: Teste normalidade_ Resistência ao rasgo-longitudinal

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,866	5	0,250
PVC	0,904	5	0,435
Couro natural	0,998	5	0,999

Tabela 76: Teste homogeneidade_ Resistência ao rasgo- longitudinal

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência ao rasgo longitudinal	Com base em média	0,078	2	12	0,925
	Com base em mediana	0,115	2	12	0,892
	Com base em mediana e com df ajustado	0,115	2	11,363	0,892
	Com base em média aparada	0,099	2	12	0,907

Tabela 77: ANOVA_ Resistência ao rasgo- longitudinal

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência ao rasgo longitudinal	Entre Grupos	10578,675	2	5289,337	217,104	0,000
	Nos grupos	292,357	12	24,363		
	Total	10871,032	14			

Tabela 78: Tamhane_ Resistência ao rasgo- longitudinal

Comparações múltiplas						
Variável dependente:		Resistência ao rasgo longitudinal				
Tamhane						
(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	58,42600*	2,94672	0,000	49,5468	67,3052
	Couro natural	53,98000*	3,27729	0,000	44,1057	63,8543
PVC	Couro reciclado	-58,42600*	2,94672	0,000	-67,3052	-49,5468

	Couro natural	-4,44600	3,13240	0,479	-13,9622	5,0702
Couro natural	Couro reciclado	-53,98000*	3,27729	0,000	-63,8543	-44,1057
	PVC	4,44600	3,13240	0,479	-5,0702	13,9622

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Transversal

Tabela 79: Análise descritiva_ Resistência ao rasgo- Transversal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		98,7480	2,07997
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	92,9731	
		Limite superior	104,5229	
	Mediana		96,2000	
	Variância		21,631	
	Erro Padrão		4,65095	
	Mínimo		95,10	
	Máximo		106,10	
	Amplitude		11,00	
	PVC	Média		56,2740
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	48,5615	
		Limite superior	63,9865	
Mediana			55,4000	
Variância			38,581	
Erro Padrão			6,21139	
Mínimo			47,97	
Máximo			64,10	
Amplitude			16,13	
Couro natural		Média		44,5260
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	37,4810	
		Limite superior	51,5710	
	Mediana		47,3300	
	Variância		32,192	
	Erro Padrão		5,67382	
	Mínimo		34,67	
	Máximo		48,39	
	Amplitude		13,72	

Tabela 80: Teste normalidade_Resistência ao rasgo- Transversal

Testes de normalidade			
Material	Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,834	5	0,148
PVC	0,986	5	0,965
Couro natural	0,743	5	0,026

Tabela 81: Teste homogeneidade_Resistência ao rasgo- Transversal

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência ao rasgo transversal	Com base em média	0,162	2	12	0,852
	Com base em mediana	0,151	2	12	0,862
	Com base em mediana e com df ajustado	0,151	2	10,857	0,862
	Com base em média aparada	0,179	2	12	0,838

Tabela 82: ANOVA_Resistência ao rasgo- Transversal

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência ao rasgo Transversal	Entre Grupos	8136,802	2	4068,401	132,084	0,000
	Nos grupos	369,620	12	30,802		
	Total	8506,422	14			

Tabela 83: Tamhane_Resistência ao rasgo- Transversal

		Comparações múltiplas				
Variável dependente:		Resistência ao rasgo transversal				
Tamhane						
(I) Material		Intervalo de Confiança 95%				
		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	42,47400*	3,47024	0,000	31,8369	53,1111
	Couro natural	54,22200*	3,28096	0,000	44,2682	64,1758

PVC	Couro reciclado	-42,47400*	3,47024	0,000	-53,1111	-31,8369
	Couro natural	11,74800*	3,76228	0,042	0,4207	23,0753
Couro natural	Couro reciclado	-54,22200*	3,28096	0,000	-64,1758	-44,2682
	PVC	-11,74800*	3,76228	0,042	-23,0753	-0,4207

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 9 – RESISTÊNCIA À ROTURA E ALONGAMENTO – MÉTODO GRAB

Força Transversal

Tabela 84: Análise descritivos_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		438,1000	1,62327
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	433,5931	
		Limite superior	442,6069	
	Mediana		437,5000	
	Variância		13,175	
	Erro Padrão		3,62974	
	Mínimo		434,50	
	Máximo		443,00	
	Amplitude		8,50	
	PVC	Média		512,4000
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	484,5718	
		Limite superior	540,2282	
Mediana			512,0000	
Variância			502,300	
Erro Padrão			22,41205	
Mínimo			478,00	
Máximo			538,00	
Amplitude			60,00	
Couro natural		Média		1213,3333
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	987,9283	
		Limite superior	1438,7383	
	Mediana		1250,0000	
	Variância		8233,333	
	Erro Padrão		90,73772	
	Mínimo		1110,00	
	Máximo		1280,00	
	Amplitude		170,00	

Tabela 85: Teste normalidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal

Testes de normalidade

Material	Shapiro-Wilk		Sig.
	Estatística	gl	
Couro reciclado	0,924	5	0,554
PVC	0,952	5	0,753
Couro natural	0,878	3	0,317

Tabela 86: Teste homogeneidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal

Teste de Homogeneidade de Variâncias

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Força transversal	Com base em média	14,005	2	10	0,001
	Com base em mediana	2,397	2	10	0,141
	Com base em mediana e com df ajustado	2,397	2	2,326	0,272
	Com base em média aparada	12,561	2	10	0,002

Tabela 87: ANOVA_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Força transversal	Entre Grupos	1270955,856	2	635477,928	342,972	0,000
	Nos grupos	18528,567	10	1852,857		
	Total	1289484,423	12			

Tabela 88: Tamhane_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força transversal

Comparações múltiplas

Variável dependente: Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Força transversal

Tamhane

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	-74,30000*	10,15357	0,005	-113,1731	-35,4269
	Couro natural	-775,23333*	52,41259	0,013	-1171,5544	-378,9123

PVC	Couro reciclado	74,30000*	10,15357	0,005	35,4269	113,1731
	Couro natural	-700,93333*	53,33765	0,013	-1067,7216	-334,1450
Couro natural	Couro reciclado	775,23333*	52,41259	0,013	378,9123	1171,5544
	PVC	700,93333*	53,33765	0,013	334,1450	1067,7216

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Alongamento transversal

Tabela 89: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		182,5600	2,73379
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	174,9698	
		Limite superior	190,1502	
	Mediana		181,0000	
	Variância		37,368	
	Erro Padrão		6,11294	
	Mínimo		177,00	
	Máximo		193,00	
	Amplitude		16,00	
	PVC	Média		84,7000
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	78,3827	
		Limite superior	91,0173	
Mediana			83,2000	
Variância			25,885	
Erro Padrão			5,08773	
Mínimo			80,10	
Máximo			93,00	
Amplitude			12,90	
Couro natural		Média		56,2000
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	43,3712	
		Limite superior	69,0288	
	Mediana		54,0000	
	Variância		26,670	
	Erro Padrão		5,16430	
	Mínimo		52,50	
	Máximo		62,10	
	Amplitude		9,60	

Tabela 90: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal

Testes de normalidade			
Material	Shapiro-Wilk		Sig.
	Estatística	gl	
Couro reciclado	0,820	5	0,116
PVC	0,888	5	0,346
Couro natural	0,864	3	0,278

Tabela 91: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Alongamento transversal	Com base em média	0,025	2	10	0,975
	Com base em mediana	0,006	2	10	0,994
	Com base em mediana e com df ajustado	0,006	2	9,433	0,994
	Com base em média aparada	0,013	2	10	0,988

Tabela 92: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Alongamento transversal	Entre Grupos	37776,999	2	18888,499	616,562	0,000
	Nos grupos	306,352	10	30,635		
	Total	38083,351	12			

Tabela 93: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento transversal

Comparações múltiplas					
Variável dependente:		Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Alongamento transversal			
Tamhane					
(I) Material	Diferença média (I-J)	Erro	Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%

					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	97,86000*	3,55677	0,000	87,0845	108,6355
	Couro natural	126,36000*	4,04519	0,000	112,1370	140,5830
PVC	Couro reciclado	-97,86000*	3,55677	0,000	-108,6355	-87,0845
	Couro natural	28,50000*	3,75060	0,004	14,2717	42,7283
Couro natural	Couro reciclado	-126,36000*	4,04519	0,000	-140,5830	-112,1370
	PVC	-28,50000*	3,75060	0,004	-42,7283	-14,2717

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Força longitudinal

Tabela 94: Análise descritivos_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal

Descritivos			
Material			
Couro reciclado	Média		544,0000
		95% de Intervalo de Confiança para Média	
		Limite inferior	519,6368
		Limite superior	568,3632
		Mediana	552,0000
		Variância	385,000
		Erro Padrão	19,62142
		Mínimo	509,00
		Máximo	555,00
		Amplitude	46,00
PVC	Média		419,5000
		95% de Intervalo de Confiança para Média	
		Limite inferior	414,1234
		Limite superior	424,8766
		Mediana	420,0000
		Variância	18,750
		Erro Padrão	4,33013
		Mínimo	414,00
		Máximo	425,50
		Amplitude	11,50
Couro natural	Média		1026,0000
		95% de Intervalo de Confiança para Média	
		Limite inferior	870,8656
		Limite superior	1181,1344
	Mediana		1006,0000

Variância	3900,000
Erro Padrão	62,44998
Mínimo	976,00
Máximo	1096,00
Amplitude	120,00

Tabela 95: Teste normalidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal

Testes de normalidade

Material	Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,626	5	0,001
PVC	0,988	5	0,973
Couro natural	0,923	3	0,463

Tabela 96: Teste homogeneidade_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal

Teste de Homogeneidade de Variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Força longitudinal	Com base em média	9,823	2	10	0,004
	Com base em mediana	2,416	2	10	0,139
	Com base em mediana e com df ajustado	2,416	2	3,402	0,222
	Com base em média aparada	8,671	2	10	0,007

Tabela 97: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Força longitudinal	Entre Grupos	722307,692	2	361153,846	383,594	0,000
	Nos grupos	9415,000	10	941,500		
	Total	731722,692	12			

Tabela 98: Tamhane_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_força longitudinal

Comparações múltiplas

Variável dependente: Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Força longitudinal

Tamhane

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	124,50000*	8,98610	0,000	90,8507	158,1493
	Couro natural	-482,00000*	37,10795	0,011	-723,8654	-240,1346
PVC	Couro reciclado	-124,50000*	8,98610	0,000	-158,1493	-90,8507
	Couro natural	-606,50000*	36,10748	0,010	-878,0355	-334,9645
Couro natural	Couro reciclado	482,00000*	37,10795	0,011	240,1346	723,8654
	PVC	606,50000*	36,10748	0,010	334,9645	878,0355

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Alongamento longitudinal

Tabela 99: Análise descritivos_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		152,4000	1,72047
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	147,6232	
		Limite superior	157,1768	
	Mediana		154,0000	
	Variância		14,800	
	Erro Padrão		3,84708	
	Mínimo		146,00	
	Máximo		156,00	
	Amplitude		10,00	
PVC	Média		127,2400	0,84060
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	124,9061	
		Limite superior	129,5739	
	Mediana		128,0000	
	Variância		3,533	
	Erro Padrão		1,87963	

	Mínimo		124,10	
	Máximo		129,00	
	Amplitude		4,90	
Couro natural	Média		62,1667	1,83151
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	54,2863	
		Limite superior	70,0470	
	Mediana		62,6000	
	Variância		10,063	
	Erro Padrão		3,17228	
	Mínimo		58,80	
	Máximo		65,10	
	Amplitude		6,30	

Tabela 100: Teste normalidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal

Testes de normalidade				
Material	Shapiro-Wilk		gl	Sig.
	Estatística			
Couro reciclado	0,859		5	0,223
PVC	0,854		5	0,207
Couro natural	0,986		3	0,774

Tabela 101: Teste homogeneidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal

Teste de Homogeneidade de Variâncias					
		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Alongamento longitudinal	Com base em média	0,775	2	10	0,486
	Com base em mediana	0,335	2	10	0,723
	Com base em mediana e com df ajustado	0,335	2	7,133	0,726
	Com base em média aparada	0,732	2	10	0,505

Tabela 102: ANOVA_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal

		ANOVA					
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.	
Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Alongamento longitudinal	Entre Grupos	15498,041	2	7749,021	829,139	0,000	
	Nos grupos	93,459	10	9,346			
	Total	15591,500	12				

Tabela 103: Tamhane_ Resistência à rotura e alongamento-Método Grab_alongamento longitudinal

Comparações múltiplas

Variável dependente: Resistência à rotura e alongamento-Método Grab _ Alongamento longitudinal

Tamhane

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	25,16000*	1,91484	0,000	18,8169	31,5031
	Couro natural	90,23333*	2,51286	0,000	81,4693	98,9973
PVC	Couro reciclado	-25,16000*	1,91484	0,000	-31,5031	-18,8169
	Couro natural	65,07333*	2,01520	0,000	54,9580	75,1887
Couro natural	Couro reciclado	-90,23333*	2,51286	0,000	-98,9973	-81,4693
	PVC	-65,07333*	2,01520	0,000	-75,1887	-54,9580

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 10 – RESISTÊNCIA À ROTURA E ALONGAMENTO – MÉTODO DA TIRA

Força transversal

Tabela 104: Análise descritivos_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		394,7000	4,16941
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	383,1239	
		Limite superior	406,2761	
	Mediana		398,8000	
	Variância		86,920	
	Erro Padrão		9,32309	
	Mínimo		380,00	
	Máximo		403,00	
	Amplitude		23,00	
	PVC	Média		445,1000
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	434,2808	
		Limite superior	455,9192	
Mediana			448,0000	
Variância			75,925	
Erro Padrão			8,71350	
Mínimo			430,50	
Máximo			453,00	
Amplitude			22,50	
Couro natural		Média		807,6667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	708,4773	
		Limite superior	906,8561	
	Mediana		825,0000	
	Variância		1594,333	
	Erro Padrão		39,92910	
	Mínimo		762,00	
	Máximo		836,00	
	Amplitude		74,00	

Tabela 105: Teste normalidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal

Testes de normalidade			
Material	Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,884	5	0,328
PVC	0,860	5	0,228
Couro natural	0,859	3	0,264

Tabela 106: Teste homogeneidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal

Teste de Homogeneidade de Variâncias		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força transversal	Com base em média	10,719	2	10	0,003
	Com base em mediana	1,506	2	10	0,268
	Com base em mediana e com df ajustado	1,506	2	2,782	0,360
	Com base em média aparada	9,387	2	10	0,005

Tabela 107: ANOVA_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal

ANOVA						
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força transversal	Entre Grupos	353341,910	2	176670,955	460,075	0,000
	Nos grupos	3840,047	10	384,005		
	Total	357181,957	12			

Tabela 108: Tamhane_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força transversal

Comparações múltiplas					
Variável dependente:		Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força transversal			
Tamhane					
(I) Material	Diferença média (I-J)	Erro	Erro	Intervalo de Confiança 95%	
				Sig.	Limite inferior Limite superior

Couro reciclado	PVC	-50,40000*	5,70693	0,000	-67,5666	-33,2334
	Couro natural	-412,96667*	23,42709	0,007	-575,6417	-250,2916
PVC	Couro reciclado	50,40000*	5,70693	0,000	33,2334	67,5666
	Couro natural	-362,56667*	23,38011	0,010	-526,6283	-198,5050
Couro natural	Couro reciclado	412,96667*	23,42709	0,007	250,2916	575,6417
	PVC	362,56667*	23,38011	0,010	198,5050	526,6283

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Alongamento transversal

Tabela 109: Análise descritivos_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal

Descritivos				
Material			Estadística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		204,3600	2,64379
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	197,0197	
		Limite superior	211,7003	
	Mediana		204,5000	
	Variância		34,948	
	Erro Padrão		5,91168	
	Mínimo		198,00	
	Máximo		213,50	
	Amplitude		15,50	
	PVC	Média		90,0000
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	89,2396	
		Limite superior	90,7604	
Mediana			90,0000	
Variância			0,375	
Erro Padrão			0,61237	
Mínimo			89,50	
Máximo			91,00	
Amplitude			1,50	
Couro natural		Média		59,6667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	52,8259	
		Limite superior	66,5074	
	Mediana		61,0000	
	Variância		7,583	
	Erro Padrão		2,75379	
	Mínimo		56,50	

Máximo	61,50
Amplitude	5,00

Tabela 110: Teste de normalidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira- alongamento transversal

Testes de normalidade

Material	Shapiro-Wilk		Sig.
	Estatística	gl	
Couro reciclado	0,940	5	0,663
PVC	0,833	5	0,146
Couro natural	0,824	3	0,174

Tabela 111: Teste de homogeneidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira- alongamento transversal

Teste de Homogeneidade de Variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Alongamento transversal	Com base em média	2,898	2	10	0,102
	Com base em mediana	2,433	2	10	0,138
	Com base em mediana e com df ajustado	2,433	2	5,498	0,175
	Com base em média aparada	2,984	2	10	0,096

Tabela 112: ANOVA_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira- alongamento transversal

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Alongamento transversal	Entre Grupos	50369,178	2	25184,589	1609,664	0,000
	Nos grupos	156,459	10	15,646		
	Total	50525,637	12			

Tabela 113: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-alongamento transversal

Comparações múltiplas

Variável dependente: Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Alongamento transversal

Tamhane

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	114,36000*	2,65793	0,000	104,0135	124,7065
	Couro natural	144,69333*	3,08502	0,000	134,5195	154,8672
PVC	Couro reciclado	-114,36000*	2,65793	0,000	-124,7065	-104,0135
	Couro natural	30,33333*	1,61331	0,006	19,0441	41,6225
Couro natural	Couro reciclado	-144,69333*	3,08502	0,000	-154,8672	-134,5195
	PVC	-30,33333*	1,61331	0,006	-41,6225	-19,0441

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Força longitudinal

Tabela 114: Análise descritivos_Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal

Descritivos			
Material		Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média	595,4000	6,20967
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	578,1592
		Limite superior	612,6408
	Mediana	594,0000	
	Variância	192,800	
	Erro Padrão	13,88524	
	Mínimo	578,00	
	Máximo	616,00	
	Amplitude	38,00	
PVC	Média	331,7600	1,84434
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	326,6393
		Limite superior	336,8807
	Mediana	331,6000	
	Variância	17,008	
	Erro Padrão	4,12408	
	Mínimo	326,00	

	Máximo		337,20	
	Amplitude		11,20	
Couro natural	Média		827,3333	10,58825
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	781,7758	
		Limite superior	872,8909	
	Mediana		821,0000	
	Variância		336,333	
	Erro Padrão		18,33939	
	Mínimo		813,00	
	Máximo		848,00	
	Amplitude		35,00	

Tabela 115: Teste normalidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal

Testes de normalidade			
Material	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
	Estatística		
Couro reciclado	0,976	5	0,909
PVC	0,992	5	0,987
Couro natural	0,911	3	0,420

Tabela 116: Teste homogeneidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força longitudinal	Com base em média	2,824	2	10	0,107
	Com base em mediana	1,178	2	10	0,347
	Com base em mediana e com df ajustado	1,178	2	5,473	0,376
	Com base em média aparada	2,684	2	10	0,117

Tabela 117: ANOVA_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal

		ANOVA					
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.	
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força longitudinal	Entre Grupos	479110,864	2	239555,432	1584,468	0,000	
	Nos grupos	1511,899	10	151,190			
	Total	480622,763	12				

Tabela 118: Tamhane_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira-força longitudinal

Comparações múltiplas

Variável dependente: Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força longitudinal

Tamhane

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	263,64000*	6,47778	0,000	240,1959	287,0841
	Couro natural	-231,93333*	12,27482	0,000	-285,5521	-178,3146
PVC	Couro reciclado	-263,64000*	6,47778	0,000	-287,0841	-240,1959
	Couro natural	-495,57333*	10,74768	0,001	-570,6523	-420,4944
Couro natural	Couro reciclado	231,93333*	12,27482	0,000	178,3146	285,5521
	PVC	495,57333*	10,74768	0,001	420,4944	570,6523

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Alongamento longitudinal

Tabela 119: Análise descritivos_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal

Descritivos			
Material		Estadística	
Couro reciclado	Média	164,3200	
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	149,5180
		Limite superior	179,1220
	Mediana	167,6000	
	Variância	142,112	
	Erro Padrão	11,92107	
	Mínimo	150,00	
	Máximo	178,00	

	Amplitude		28,00	
PVC	Média		149,7600	0,72222
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	147,7548	
		Limite superior	151,7652	
	Mediana		150,0000	
	Variância		2,608	
	Erro Padrão		1,61493	
	Mínimo		148,00	
	Máximo		152,00	
	Amplitude		4,00	
Couro natural	Média		40,6367	3,95255
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	23,6302	
		Limite superior	57,6431	
	Mediana		40,5000	
	Variância		46,868	
	Erro Padrão		6,84602	
	Mínimo		33,86	
	Máximo		47,55	
	Amplitude		13,69	

Tabela 120: Teste normalidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,927	5	0,575
PVC	0,946	5	0,708
Couro natural	1,000	3	0,967

Tabela 121: Teste homogeneidade_ Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Alongamento longitudinal	Com base em média	8,115	2	10	0,008
	Com base em mediana	3,441	2	10	0,073
	Com base em mediana e com df ajustado	3,441	2	5,261	0,111

Com base em média aparada	8,043	2	10	0,008
---------------------------	-------	---	----	-------

Tabela 122: ANOVA_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Alongamento longitudinal	Entre Grupos	31798,606	2	15899,303	236,380	0,000
	Nos grupos	672,616	10	67,262		
	Total	32471,222	12			

Tabela 123: Tamhane_Resistência à rotura e alongamento-Método tira- Alongamento longitudinal

Comparações múltiplas

Variável dependente: Resistência à rotura e alongamento-Método Tira _ Força longitudinal

Tamhane

(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	14,56000	5,37996	0,147	-6,2091	35,3291
	Couro natural	123,68333*	6,63665	0,000	101,9402	145,4265
PVC	Couro reciclado	-14,56000	5,37996	0,147	-35,3291	6,2091
	Couro natural	109,12333*	4,01799	0,003	81,2702	136,9765
Couro natural	Couro reciclado	-123,68333*	6,63665	0,000	-145,4265	-101,9402
	PVC	-109,12333*	4,01799	0,003	-136,9765	-81,2702

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 11 – RESISTÊNCIA DA COSTURA

Força transversal

Tabela 124: Análise descritivos_ Resistência da costura-força transversal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		319,3600	5,08110
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	305,2526	
		Limite superior	333,4674	
	Mediana		316,8000	
	Variância		129,088	
	Erro Padrão		11,36169	
	Mínimo		308,00	
	Máximo		338,40	
	Amplitude		30,40	
	PVC	Média		330,4800
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	306,5590	
		Limite superior	354,4010	
Mediana			328,8000	
Variância			371,152	
Erro Padrão			19,26531	
Mínimo			307,60	
Máximo			357,20	
Amplitude			49,60	
Couro natural		Média		638,3333
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	372,8171	
		Limite superior	903,8496	
	Mediana		696,0000	
	Variância		11424,333	
	Erro Padrão		106,88467	
	Mínimo		515,00	
	Máximo		704,00	
	Amplitude		189,00	

Tabela 125: Teste normalidade_ Resistência da costura-força transversal

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,852	5	0,202
PVC	0,987	5	0,967
Couro natural	0,782	3	0,071

Tabela 126: Teste homogeneidade_ Resistência da costura-força transversal

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência da costura _ Força transversal	Com base em média	23,474	2	12	0,000
	Com base em mediana	3,787	2	12	0,053
	Com base em mediana e com df ajustado	3,787	2	4,411	0,110
	Com base em média aparada	23,195	2	12	0,000

Tabela 127: ANOVA_ Resistência da costura-força transversal

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência da costura _ Força transversal	Entre Grupos	267046,117	2	133523,059	50,166	0,000
	Nos grupos	31939,760	12	2661,647		
	Total	298985,877	14			

Tabela 128: Tamhane_ Resistência da costura-força transversal

Comparações múltiplas						
Variável dependente:		Resistência da costura _ Força transversal				
Tamhane						
(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	-11,12000	10,00240	0,665	-43,0253	20,7853
	Couro natural	-288,44000*	39,02253	0,005	-439,2635	-137,6165
PVC	Couro reciclado	11,12000	10,00240	0,665	-20,7853	43,0253

	Couro natural	-277,32000*	39,63799	0,005	-425,6251	-129,0149
Couro natural	Couro reciclado	288,44000*	39,02253	0,005	137,6165	439,2635
	PVC	277,32000*	39,63799	0,005	129,0149	425,6251

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Alongamento transversal

Tabela 129: Análise descritivos_ Resistência da costura- alongamento transversal

Descritivos				
Material			Estadística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		120,2600	1,35004
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	116,5117	
		Limite superior	124,0083	
	Mediana		120,5000	
	Variância		9,113	
	Erro Padrão		3,01877	
	Mínimo		117,50	
	Máximo		124,80	
	Amplitude		7,30	
	PVC	Média		78,6800
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	74,9165	
		Limite superior	82,4435	
Mediana			78,9000	
Variância			9,187	
Erro Padrão			3,03101	
Mínimo			74,50	
Máximo			82,00	
Amplitude			7,50	
Couro natural		Média		57,8667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	33,8111	
		Limite superior	81,9222	
	Mediana		53,2000	
	Variância		93,773	
	Erro Padrão		9,68366	
	Mínimo		51,40	
	Máximo		69,00	
	Amplitude		17,60	

Tabela 130: Teste normalidade_ Resistência da costura- alongamento transversal

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,890	5	0,358
PVC	0,963	5	0,832
Couro natural	0,826	3	0,178

Tabela 131: Teste homogeneidade_ Resistência da costura- alongamento transversal

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência da costura _ Alongamento transversal	Com base em média	1,374	2	12	0,290
	Com base em mediana	0,953	2	12	0,413
	Com base em mediana e com df ajustado	0,953	2	6,137	0,436
	Com base em média aparada	1,270	2	12	0,316

Tabela 132: ANOVA_ Resistência da costura- alongamento transversal

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência da costura _ Alongamento transversal	Entre Grupos	10132,449	2	5066,225	231,239	0,000
	Nos grupos	262,908	12	21,909		
	Total	10395,357	14			

Tabela 133: Tamhane_ Resistência da costura- alongamento transversal

		Comparações múltiplas				
Variável dependente:		Resistência da costura _ alongamento transversal				
Tamhane						
(I) Material		Intervalo de Confiança 95%				
		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	41,58000*	1,91311	0,000	35,8318	47,3282

	Couro natural	62,54000*	3,36274	0,000	51,1546	73,9254
PVC	Couro reciclado	-41,58000*	1,91311	0,000	-47,3282	-35,8318
	Couro natural	20,96000*	3,36494	0,003	9,5763	32,3437
Couro natural	Couro reciclado	-62,54000*	3,36274	0,000	-73,9254	-51,1546
	PVC	-20,96000*	3,36494	0,003	-32,3437	-9,5763

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Força longitudinal

Tabela 134: Análise descritivos_ Resistência da costura-força longitudinal

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		347,3600	15,02031
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	305,6569	
		Limite superior	389,0631	
	Mediana		341,2000	
	Variância		1128,048	
	Erro Padrão		33,58643	
	Mínimo		311,20	
	Máximo		392,00	
	Amplitude		80,80	
	PVC	Média		235,4800
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	221,3943	
		Limite superior	249,5657	
Mediana			236,3000	
Variância			52,000	
Erro Padrão			7,21110	
Mínimo			232,30	
Máximo			246,30	
Amplitude			14,00	
Couro natural		Média		679,6667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	142,3784	
		Limite superior	1216,9549	
	Mediana		799,0000	
	Variância		46780,333	
	Erro Padrão		216,28762	
	Mínimo		430,00	
	Máximo		810,00	
	Amplitude		380,00	

Tabela 135: Teste normalidade_Resistência da costura-força longitudinal

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,947	5	0,719
PVC	0,919	5	0,525
Couro natural	0,772	3	0,049

Tabela 136: Teste homogeneidade_Resistência da costura-força longitudinal

		Teste de Homogeneidade de Variâncias			
		Estatística de			
		Levene	df1	df2	Sig.
Resistência da costura _ Força longitudinal	Com base em média	36,538	2	12	0,000
	Com base em mediana	2,106	2	12	0,164
	Com base em mediana e com df ajustado	2,106	2	4,100	0,235
	Com base em média aparada	30,183	2	12	0,000

Tabela 137: ANOVA_Resistência da costura-força longitudinal

		ANOVA				
		Soma dos		Quadrado		
		Quadrados	df	Médio	Z	Sig.
Resistência da costura _ Força longitudinal	Entre Grupos	517146,064	2	258573,032	22,605	0,000
	Nos grupos	137265,760	12	11438,813		
	Total	654411,824	14			

Tabela 138: Tamhane_Resistência da costura-força longitudinal

		Comparações múltiplas				
Variável dependente:		Resistência da costura _ Força longitudinal				
Tamhane						
(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	111,88000*	15,85396	0,003	55,6032	168,1568
	Couro natural	-325,84000*	82,68948	0,044	-639,8841	-11,7959
PVC	Couro reciclado	-111,88000*	15,85396	0,003	-168,1568	-55,6032

	Couro natural	-437,72000*	81,47195	0,017	-757,3208	-118,1192
Couro natural	Couro reciclado	325,84000*	82,68948	0,044	11,7959	639,8841
	PVC	437,72000*	81,47195	0,017	118,1192	757,3208

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Alongamento longitudinal

Tabela 139: Análise descritivos_ Resistência da costura- Alongamento longitudinal

Descritivos				
Material			Estadística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		77,9000	1,77059
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	72,9840	
		Limite superior	82,8160	
	Mediana		76,0000	
	Variância		15,675	
	Erro Padrão		3,95917	
	Mínimo		74,00	
	Máximo		83,50	
	Amplitude		9,50	
	PVC	Média		129,5200
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	121,1324	
		Limite superior	137,9076	
Mediana			130,4000	
Variância			45,632	
Erro Padrão			6,75515	
Mínimo			121,60	
Máximo			138,00	
Amplitude			16,40	
Couro natural		Média		75,4333
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	22,5403	
		Limite superior	128,3264	
	Mediana		64,0000	
	Variância		453,363	
	Erro Padrão		21,29233	
	Mínimo		62,30	
	Máximo		100,00	
	Amplitude		37,70	

Tabela 140: Teste normalidade_Resistência da costura- Alongamento longitudinal

Material	Testes de normalidade		
	Shapiro-Wilk Estatística	gl	Sig.
Couro reciclado	0,902	5	0,422
PVC	0,957	5	0,787
Couro natural	0,784	3	0,076

Tabela 141: Teste homogeneidade_Resistência da costura- Alongamento longitudinal

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Resistência da costura _ Alongamento longitudinal	Com base em média	8,561	2	12	0,005
	Com base em mediana	2,804	2	12	0,100
	Com base em mediana e com df ajustado	2,804	2	5,678	0,142
	Com base em média aparada	7,942	2	12	0,006

Tabela 142: ANOVA_Resistência da costura- Alongamento longitudinal

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Resistência da costura _ Alongamento longitudinal	Entre Grupos	8975,969	2	4487,985	40,926	0,000
	Nos grupos	1315,920	12	109,660		
	Total	10291,889	14			

Tabela 143: Tamhane_Resistência da costura- Alongamento longitudinal

		Comparações múltiplas				
Variável dependente:		Resistência da costura _ Alongamento longitudinal				
Tamhane		Intervalo de Confiança 95%				
(I) Material		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	-51,62000*	3,50163	0,000	-62,8028	-40,4372

	Couro natural	0,54000	7,52792	1,000	-27,3950	28,4750
PVC	Couro reciclado	51,62000*	3,50163	0,000	40,4372	62,8028
	Couro natural	52,16000*	7,91587	0,003	25,0449	79,2751
Couro natural	Couro reciclado	-0,54000	7,52792	1,000	-28,4750	27,3950
	PVC	-52,16000*	7,91587	0,003	-79,2751	-25,0449

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

ANEXO 12 – COEFICIENTE DE ATRITO

Atrito Máximo

Tabela 144: Análise descritivos_Coeficiente de atrito máximo

			Descritivos	
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		0,230133	0,0182731
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,151510	
		Limite superior	0,308756	
	Mediana		0,230100	
	Variância		0,001	
	Erro Padrão		0,0316500	
	Mínimo		0,1985	
	Máximo		0,2618	
	Amplitude		0,0633	
	PVC	Média		0,394300
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	0,309406	
		Limite superior	0,479194	
Mediana			0,382100	
Variância			0,001	
Erro Padrão			0,0341743	
Mínimo			0,3679	
Máximo			0,4329	
Amplitude			0,0650	
Couro natural		Média		0,149300
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,072713	
		Limite superior	0,225887	
	Mediana		0,131500	
	Variância		0,001	
	Erro Padrão		0,0308305	
	Mínimo		0,1315	
	Máximo		0,1849	
	Amplitude		0,0534	

Tabela 145: Teste normalidade_Coeficiente de atrito máximo

Testes de Normalidade

Material				Shapiro-Wilk		
				Estatística	gl	Sig.
Coeficiente de atrito_Máximo	Couro reciclado	0,175	3	1,000	3	0,998
	PVC	0,306	3	0,904	3	0,400
	Couro natural	0,385	3	0,750	3	0,000

Tabela 146: Teste homogeneidade_Coeficiente de atrito máximo

Teste de Homogeneidade de Variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Coeficiente de atrito_Máximo	Com base em média	0,079	2	6	0,925
	Com base em mediana	0,020	2	6	0,980
	Com base em mediana e com df ajustado	0,020	2	5,228	0,980
	Com base em média aparada	0,066	2	6	0,937

Tabela 147: Anova_Coeficiente de atrito máximo

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Coeficiente de atrito_Máximo	Entre Grupos	0,094	2	0,047	44,955	0,000
	Nos grupos	0,006	6	0,001		
	Total	0,100	8			

Tabela 148: Tamhane_Coeficiente de atrito máximo

Comparações múltiplas

		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Couro reciclado	PVC	-,1641667*	0,0268924	0,011	-0,270500	-0,057834
	Couro natural	0,0808333	0,0255098	0,098	-0,019729	0,181395
PVC	Couro reciclado	,1641667*	0,0268924	0,011	0,057834	0,270500
	Couro natural	,2450000*	0,0265732	0,002	0,139643	0,350357
Couro natural	Couro reciclado	-0,0808333	0,0255098	0,098	-0,181395	0,019729
	PVC	-,2450000*	0,0265732	0,002	-0,350357	-0,139643

Atrito Cinético

Tabela 149: Análise descritivos_Coeficiente de atrito cinético

Descritivos				
Material			Estatística	Desvio Padrão
Couro reciclado	Média		0,165433	0,0104566
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,120442	
		Limite superior	0,210425	
	Mediana		0,170600	
	Variância		0,000	
	Erro Padrão		0,0181114	
	Mínimo		0,1453	
	Máximo		0,1804	
	Amplitude		0,0351	
	PVC	Média		0,333400
95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	0,265889	
		Limite superior	0,400911	
Mediana			0,319700	
Variância			0,001	
Erro Padrão			0,0271766	
Mínimo			0,3158	
Máximo			0,3647	
Amplitude			0,0489	
Couro natural		Média		0,110667
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,101606	
		Limite superior	0,119727	
	Mediana		0,109300	
	Variância		0,000	
	Erro Padrão		0,0036474	
	Mínimo		0,1079	
	Máximo		0,1148	
	Amplitude		0,0069	

Tabela 150: Teste normalidade_Coeficiente de atrito cinético

Testes de Normalidade

Material				Shapiro-Wilk		
				Estatística	gl	Sig.
Coeficiente de atrito_Cinético	Couro reciclado	0,279	3	0,939	3	0,523
	PVC	0,360	3	0,809	3	0,137
	Couro natural	0,313	3	0,895	3	0,369

Tabela 151: Teste homogeneidade_Coeficiente de atrito cinético

Teste de Homogeneidade de Variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Coeficiente de atrito_Cinético	Com base em média	5,138	2	6	0,050
	Com base em mediana	0,578	2	6	0,589
	Com base em mediana e com df ajustado	0,578	2	3,042	0,613
	Com base em média aparada	4,385	2	6	0,067

Tabela 152: ANOVA_Coeficiente de atrito cinético

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Coeficiente de atrito_Cinético	Entre Grupos	0,081	2	0,040	112,264	0,000
	Nos grupos	0,002	6	0,000		
	Total	0,083	8			

Tabela 153: Tamhane_Coeficiente de atrito cinético

Comparações múltiplas

		Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Coeficiente de atrito_Cinético	Couro reciclado	PVC	-,1679667*	0,0188555	0,005	-0,249107
		Couro natural	0,0547667	0,0106666	0,089	-0,017953
	PVC	Couro reciclado	,1679667*	0,0188555	0,005	0,086826
		Couro natural	,2227333*	0,0158311	0,013	0,108511
	Couro natural	Couro reciclado	-0,0547667	0,0106666	0,089	-0,127486
		PVC	-,2227333*	0,0158311	0,013	-0,336956