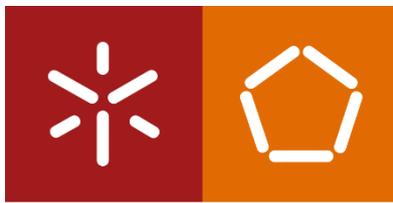




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Régis Puppim

**A problemática dos “resíduos” na Indústria
Têxtil de Lã: Inovação no desenvolvimento
de produtos pela Sustentabilidade**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Regis Puppim

**A problemática dos “resíduos” na Indústria
Têxtil de Lã: Inovação no desenvolvimento de
produtos pela Sustentabilidade**

Tese de doutoramento

Programa Doutoral em Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Ana Cristina Luz Broega (Orientadora)

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.



Atribuição
CC BY

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

AGRADECIMENTOS

Quero, primeiramente, agradecer à minha família que me ofereceu total apoio e empolgação para que eu pudesse realizar este doutoramento, nomeadamente, mamãe Jaira, papai Ramsés e meu irmão Atila;

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Eng.^a Ana Cristina Broega, pela compreensão e carinho tão intrínsecos e típicos à ela, pois, mesmo que com alguns confrontamento de ideias e posicionamentos ao longo dessa jornada, sua orientação possibilitou-me transformar num melhor e mais crítico investigador;

Agradeço aos meus amigos de/em Portugal, pela receptividade e amizade, que tornaram os dias proveitosos e alegres, em especial, à Luísa Mendes Arruda e à Meire Oliveira Santos, que me supriram infindavelmente o carinho e afeto da família que, ora, estava distante, noutro continente;

Agradeço aos Professores do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho, pelo respeito e louváveis ensinamentos que puderam-me proporcionar;

Agradeço aos técnicos da Universidade do Minho, em especial, ao Joaquim Jorge Peixoto e ao Filipe Rodrigues, pela paciência e generosidade em poder-me direcionar nos experimentos laboratoriais;

Agradeço às empresas *A Penteadora* e *FEPSA*, pelo apoio e creditação em nosso trabalho científico para promover produtos reciclados inovadores;

Agradeço ao Instituto Federal de Goiás, pelos colegas e gestores, pelo incentivo pessoal e concessão da licença para estudos, sem os quais, provavelmente não seria possível a realização deste doutoramento;

Por fim, agradeço a todos os amigos e familiares que, perto ou longe, me entusiasmaram a não desistir e orgulham-se do meu percurso académico.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Universidade do Minho, 02 / 07 / 2022

Nome completo: Regis Puppim

Assinatura:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rpuppim', is written over a light blue rectangular background.

A problemática dos “resíduos” na Indústria Têxtil de Lã: Inovação no desenvolvimento de produtos pela Sustentabilidade

RESUMO

Esta tese académico-científica aborda uma investigação na área de Engenharia Têxtil com vistas no planeamento e desenvolvimento de um novo produto têxtil, com matéria-prima baseada em resíduos têxteis limpos da Indústria Laneira, a ser considerada uma Pesquisa de tipo Experimental e a conter 5 capítulos. O primeiro capítulo é intitulado Introdução, onde se apresentam a Motivação, a Contextualização, a Pergunta de Investigação, a Hipótese trabalhada, os Objetivos, a Metodologia Científica de Investigação aplicada e a Estrutura da Tese. No segundo capítulo, nomeado Estado da Arte, faz-se uma análise crítica da concepção de conceitos fundamentais para o preparo científico da pesquisa, sendo eles, nomeadamente, uma conceituação da Sustentabilidade (e suas dialógicas com a Indústria de Moda e Têxtil), apresentação e caracterização da Fibra Têxtil de Lã, além da Pesquisa Sistematizada de Base de dados, a elencar pesquisas científicas desta vertente nos últimos anos, e, estudo de casos de aplicação destes conceitos no mercado têxtil. Já o terceiro capítulo se chama Desenvolvimento Experimental e apresenta a Metodologia de Desenvolvimento de Novos Produtos aplicada como estratégia, um Estudo da Cadeia Produtiva do Lanificio, a demonstrar entradas e saídas de materiais, insumos e vetores, em que analisou-se os maiores geradores de resíduos do ciclo produtivo, Testes de experimentações iniciais para calibração e adequação dos materiais e do maquinário, Seleção de características e Adequabilidade do Produto desenvolvido, além da explanação das etapas do desenvolvimento do produto em si. Ao passo que o quarto capítulo é batizado de Resultados, onde o Produto alcançado é apresentado e posto à prova em testes laboratoriais de caracterização e desempenho Físico, além de indicado possíveis aplicações práticas com este e outras possíveis potencialidades que reiteram o caráter de sustentabilidade do produto. Por fim, o último e quinto capítulo, é designado Conclusões e Perspectivas Futuras, em que confirmar a hipótese científico-metodológica trabalhada na investigação, a conformidade do produto como contributo à Materiais Têxteis pela Sustentabilidade, pôr a baila Premiações recebidas em diferentes estágios do desenvolvimento do produto, bem como a capacidade de candidatura à selos e certificações na área de Sustentabilidade, e, por fim, possíveis estudos adicionais e aprofundados que se podem fazer ao produto desenvolvido, sob outros enfoques da Engenharia Têxtil, Design e/ou estudos em Sustentabilidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade e Têxtil; Reciclagem de Lã; Indústria Laneira.

The issue of “waste” in the Wool Textile Industry: Innovation in product development through Sustainability

ABSTRACT

This academic-scientific thesis approaches an investigation in the Textile Engineering field with a view to the planning and development of a new textile product, with raw material based on clean textile wastes from the Wool Industry, being considered an Experimental Research and containing 5 chapters. The first chapter is entitled Introduction, which presents the Motivation, the Contextualization, the Research Question, the worked Hypothesis, the Objectives, the Scientific Methodology of Applied Research, and the Thesis Structure. In the second chapter, named State of the Art, there is a critical analysis of the fundamental concepts for the scientific preparation of the research, namely, a conceptualization of Sustainability (and its dialogues with the Fashion and Textile Industry), presentation and characterization of Textile Fiber of Wool, also the Systematized Database Research, listing scientific research of this aspect in recent years, and case studies of application of these concepts in the textile market. The third chapter is called Experimental Development and presents the New Product Development Methodology applied as a strategy, a Study of the Wool Productive Chain, demonstrating inputs and outputs of materials, supplies and vectors, in which the largest generators of residues from the production cycle was analysed, Initial experimentation tests for calibration and adequacy of materials and machinery, Selection of characteristics and Suitability of the Product developed, in addition to the explanation of the stages of development of the product itself. While the fourth chapter is called Results, where the Product achieved is presented and put to the tried in laboratory tests for Physical characterization and performance, in addition to indicating possible practical applications with this product and other possible potentialities that reiterate the sustainability character of it. Finally, the last and fifth chapter is called Conclusions and Future Perspectives, in which it confirms the scientific-methodological hypothesis worked on in the investigation, the conformity of the product as a contribution to Textile Materials for Sustainability, brings up Awards received at different stages of development of the product, as well as the ability to apply for Sustainability area's seals and, and, finally, some possible additional and in-depth studies that can be carried out on the developed product, under other focuses of Textile Engineering, Design and/or studies in Sustainability .

Keywords: Sustainability and Textile; Wool recycling; Wool Industry.

Il problema di “rifiuti” nell’Industria Tessile Laniera: Innovazione nello sviluppo prodotto attraverso la Sostenibilità

RIASSUNTO

Questa tesi accademico-scientifica affronta un'indagine nel campo dell'ingegneria tessile in vista della progettazione e dello sviluppo di un nuovo prodotto tessile, con materia prima a base di residui tessili puliti dell'industria di lana, da considerare una ricerca sperimentale compresa da cinque capitoli. Il primo capitolo, intitolato Introduzione, presenta la Motivazione, la Contestualizzazione, la Domanda di Ricerca, l'Ipotesi lavorata, gli Obiettivi, la Metodologia Scientifica della Ricerca Applicata e la Struttura della Tesi. Nel secondo capitolo, denominato Stato dell'Arte, si analizza criticamente la concezione dei concetti fondamentali per la preparazione scientifica della ricerca, ovvero un'elaborazione concettuale della Sostenibilità (e dei suoi dialoghi con l'Industria della Moda e del Tessile), la presentazione e caratterizzazione della Fibra Tessile di Lana, oltre alla Ricerca Sistematizzata su Database, elencando ricerche scientifiche su questo aspetto negli ultimi anni, e casi studio di applicazione di questi concetti nel mercato tessile. Il terzo capitolo, chiamato Sviluppo Sperimentale, presenta la Metodologia di Sviluppo del Nuovo Prodotto applicata come strategia, uno Studio della Filiera Produttiva della Lana, per dimostrare input e output di materiali, forniture e vettori, in cui i più grandi generatori di residui del ciclo produttivo sono esposti, Prove di sperimentazione iniziale per la calibrazione e l'adeguatezza di materiali e macchinari, Selezione delle caratteristiche e Idoneità del Prodotto sviluppato, oltre alla spiegazione delle fasi di sviluppo del prodotto stesso. Mentre nel quarto capitolo, chiamato Risultati, il Prodotto realizzato viene presentato e messo alla prova in prove di laboratorio di caratterizzazione e prestazione fisica, oltre ad indicare possibili applicazioni pratiche con questa ed altre possibili potenzialità che ribadiscono il carattere di sostenibilità del prodotto. Infine, l'ultimo e quinto capitolo è quello delle Conclusioni e prospettive future, in cui si conferma l'ipotesi scientifico-metodologica su cui si è lavorato nell'indagine, la conformità del prodotto come contributo a Materiali tessili per la sostenibilità, fa emergere i Premi ricevuti in diverse fasi di sviluppo del prodotto, nonché la possibilità di richiedere sigilli e certificazioni in ambito della Sostenibilità e, per fino, eventuali ulteriori ed approfonditi studi che potranno essere effettuati sul prodotto sviluppato, nell'ambito di altri focus d'Ingegneria Tessile, Design e/o studi di Sostenibilità.

Parole chiave: Sostentabilità e Tessile; Riciclo della Lana; Industria della Lana.

ÍNDICE

Capítulo I	1
1. Introdução	2
1.1 Motivação	3
1.2 Contextualização	4
1.3 Pergunta de Investigação	7
1.4 Hipótese	8
1.5 Objetivo Geral	8
1.6 Objetivos Específicos	8
1.7 Metodologia de Investigação Científica	9
1.8 Estrutura da Tese	11
Capítulo II	13
2. Estado da Arte	14
2.1 Sustentabilidade – Uma conceituação	14
2.1.1 Sustentabilidade & Indústria de Moda	20
2.1.2 Sustentabilidade em Têxteis e Materiais	22
2.2 Lã – Caracterização	27
2.2.1 Reciclagem de Lã e Produção <i>Animal Friendly</i>	38
2.3 Pesquisa Sistematizada de Base de Dados	45
2.4 Levantamento de <i>Cases</i>	49
Capítulo III	52
3. Desenvolvimento Experimental	53
3.1 Metodologia de Desenvolvimento de Produto	54
3.2 Uma abordagem à Cadeia Produtiva Laneira – Estudo de <i>Inputs & Outputs</i>	62
3.3 Identificação e Relevância dos Resíduos Têxteis seleccionados	65
3.4 Testes Iniciais	69
3.5 Seleção de Características e Adequabilidade do Produto	74
3.6 Desenvolvimento do Produto	75
Capítulo IV	87
4. Resultados	88
4.1 Apresentação do Produto	88
4.2 Caracterização Física	92
4.3 Aplicação prática	119

4.4	Conformidade à Sustentabilidade e outras Potencialidades	124
Capítulo V	129
5.	Conclusões e Perspectivas Futuras	130
5.1	Confirmação da Hipótese	130
5.2	Enquadramento e Conformidade ao Eixo “Matéria-Prima” (Sustentabilidade & Moda)	131
5.3	Premiações e Candidaturas à Selos e Certificações	133
5.4	Perspectivas Futuras e possíveis Estudos Adicionais.....	135
ANEXOS	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representativo da Metodologia de Investigação Científica	11
Figura 2: Mapa conceitual - Pertinência da investigação nos ODS/Agenda 2030 – ONU	18
Figura 3: Sistema C2C.....	24
Figura 4: Produções de Fibras Têxteis de menor Impacto	26
Figura 5: Produção Global de Lã de ovelha anual em milhões de megatoneladas (1990-2019) ...	28
Figura 6: Estrutura da Fibra de Lã.....	31
Figura 7: Estrutura da fibra de Lã Merino	31
Figura 8: Visão microscópica de cabelo humano - característica de cutículas fibrosas	32
Figura 9: Estruturas longitudinais de fibras têxteis em microscópio	32
Figura 10: Representação de Visão Longitudinal e Corte Transversal	33
Figura 11: Fluxograma do sistema de produção Ovina de Lã	35
Figura 12: Processo de Produção de Lã Reciclada; Para Produtos Pós-Consumo (Parte Superior); Para Produtos Pós-Industriais (Parte Intermediária); e Para Processamento pós separação (Parte Inferior)	39
Figura 13: Padrões e critérios de certificação da Lã responsável, orgânica e reciclada	44
Figura 14: Esquema representativo da Metodologia de Desenvolvimento do Produto.....	56
Figura 15: Cadeia de abastecimento de Produtos Têxteis	62
Figura 16: Representação Esquemática de Inputs e Outputs do Processo de Penteação Têxtil	63
Figura 17: Representação Esquemática de Inputs e Outputs do Processo de Tecelagem.....	64
Figura 18: Modelo Padrão e Adaptação para Reciclagem de tipo Mecânica.....	67
Figura 19: Resíduos selecionados da Pendeatora - Ourelas descartadas no processo de tecelagem (esquerda); Fibras descartadas no processo de Penteação têxtil (direita)	70
Figura 20: Testes Iniciais	72
Figura 21: Resumo esquemático do Processo experimental de Feltragem Manual	73
Figura 22: Linha de Produção de Não-tecidos por agulhagem da Automatex©.....	75
Figura 23: Disposição das Fibras para formação de véu colorido (Preto, Azul e Azul Escuro)	76
Figura 24: Saída do processo de formação de véu	77
Figura 25: Véus sobrepostos na saída do dobrador horizontal.....	78
Figura 26: Rolo de Véus sobrepostos (Manto) distribuído no chão.....	78

Figura 27: Posicionamento das peças na esteira intermediária para entrada na máquina de Agulhagem	79
Figura 28: Material consolidado na saída da máquina de Agulhagem	80
Figura 29: Máquina de Feltragem à úmido da FEPSA	82
Figura 30: Material depositado na Centrifuga Industrial da FEPSA	83
Figura 31: Modelos produzidos (da esquerda para a direita) - padrão 5, padrão 6, padrão 4, padrão 2, padrão 3.....	84
Figura 32: Projeções - da esquerda para a direita, de cima para baixo: Cúpulas de candeeiros, caminho de mesa, capa de almofada, jogo americano, pantufas de inverno, echarpe, estola/capa, bracelete e chapéu	85
Figura 33: Projeção do Painel Decorativo (Customizável)	86
Figura 34: Curvas FTIR - superior: material testado, inferior: material comparativo da Base de Dados (Proteína).....	89
Figura 35: Curvas FTIR - superior: material testado, inferior: material comparativo mais próximo da Base de Dados (Poly trimellitamide imide).....	90
Figura 36: Dinamômetro modelo H100KS da Hounsfield preparado para teste de tração e alongamento	94
Figura 37: Gráfico de resultado do teste de Tração e Alongamento – comparativo da força de ruptura	95
Figura 38: Presilhas adaptadas no dinamômetro modelo H100KS da Hounsfield para teste de rasgo.....	100
Figura 39: Gráfico de resultado do teste de Resistência ao Rasgo – comparativo da força de ruptura	101
Figura 40: Flexômetro manual (Stiffness Tester)	103
Figura 41: Comparativo da escala do Flexômetro com régua padrão	104
Figura 42: Gráfico comparativo das médias dos resultados para Rigidez à Flexão (Bending).....	110
Figura 43: Aparelho Martindale Testrite - Laboratório de Física Têxtil	112
Figura 44: Análise visual após fase 1 - Amostra Fibra Longa Não Feltrada	113
Figura 45: Análise visual após fase 1 - Amostra Fibra Curta Não Feltrada	113
Figura 46: Análise visual após fase 1 - Amostra Fibra Curta Feltrada	113
Figura 47: Análise visual após fase 5 - Amostra Fibra Longa Não feltrada	114
Figura 48: Análise visual após fase 5 - Amostra Fibra Curta Não Feltrada	114

Figura 49: Análise visual após fase 5 - Amostra Fibra Curta Feltrada	114
Figura 50: Acúmulo de pequenas fibras na matriz de contacto do teste de Abrasão - esquerda: matriz inicial, direita: matriz após a finalização do teste.....	118
Figura 51: Gráfico comparativo das médias de Perda de Massa por tipologia de material.....	118
Figura 52: Plano Esquemático de Modelação e Corte da Matriz-modelo	120
Figura 53: Ensaio Fotográfico - manequins Davy e Livia - 1	121
Figura 54: Ensaio Fotográfico - manequim Livia - 2.....	122
Figura 55: Ensaio Fotográfico - manequins Davy e Livia - 3.....	123
Figura 56: Comparativo de Impactos da ACV dos Processos tradicional e aplicado	127
Figura 57: Diagrama do Desenvolvimento do Produto na Investigação	132

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo da Rigidez à Flexão	105
--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Levantamento Preliminar de Bases de Dados.....	46
Tabela 2: Componentes e Variantes do Produto	59
Tabela 3: Resíduos gerados no Sector Têxtil - Subsector Laneiro	68
Tabela 4: Cálculo de adensamento das fibras de Lã ao longo do processo da linha de não tecidos Automatex©.....	91
Tabela 5: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Longa - Sentido da Máquina).....	96
Tabela 6: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta - Sentido da Máquina).....	96
Tabela 7: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta Feltrada - Sentido da Máquina).....	96
Tabela 8: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Longa - Sentido Transversal).....	97
Tabela 9: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta - Sentido Transversal).....	97
Tabela 10: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta Feltrada - Sentido Transversal)	97
Tabela 11: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta Feltrada com Ourelas - Sentido da Máquina)	98
Tabela 12: Resultado de Máxima Força (em N) do Teste de Resistência ao Rasgo	102
Tabela 13: Média dos pontos de dobras (em cm) das tipologias e direção das diferentes amostras	104
Tabela 14: Média de unidade de massa por área (m) e Média de ponto de flexão (C) por tipologia e direção das Amostras	105
Tabela 15: Cálculo da Rigidez à Flexão por tipologia e direção de Amostras.....	106
Tabela 16: Coeficiente de Variação do Ponto de Flexão das Amostras.....	107
Tabela 17: Coeficiente de Variação da Rigidez à Flexão das Amostras	108
Tabela 18: Resultado Geral trabalhado dos testes (média entre os tipos de amostras)	116
Tabela 19: Percentual de perda de massa a cada fase (ciclo de 1000 passagens) entre os três tipos de amostras.....	117

Tabela 20: Percentual de perda de massa total, ao longo do teste, entre os três tipos de amostras
..... 117

LISTA DE SIGLAS, FÓRMULAS E SÍMBOLOS

°C	Graus Célsius (Unidade de medida de Temperatura)
Δ	Delta / Variação
3D	Três Dimensões; tridimensional
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ANIL	Associação Nacional dos Industriais de Lanifícios
ATP	Associação Têxtil e Vestuário de Portugal
AUTEX	<i>Association of Universities for Textile</i>
C2C	<i>Cradle to Cradle</i>
cm	Centímetros (Unidade de medida de distância)
cm/mins	Centímetro por minutos (Unidade de medida de Velocidade)
COMPETE2020	Programa Operacional de Competitividade e Internacionalização
CV	Coefficiente de Variação
DET	Departamento de Engenharia Têxtil (da UMinho)
FTIR	<i>Fourier-transform infrared spectroscopy</i>
g/m ²	Grama por metro quadrado (Unidade de medida de Unidade de massa por área)
gf/d	Grama força por Denier (Unidade de medida de Resistência física)
GOTS	<i>Global Organic Textile Standard</i>
GRS	<i>Global Recycled Standard</i>
H ₂ SO ₄	Fórmula química estrutural do Ácido Sulfúrico
Hz	Hertz (Unidade de medida de Frequência)
I&D	Investigação e Desenvolvimento
ISO	<i>International Standard Organization</i>
IWTO	<i>International Wool Textile Organisation</i>
Kg	Quilograma (Unidade de medida de peso)
LER	Lista Europeia de Resíduos
m	Metros (Unidade de medida de distância)
m ²	Metro quadrado (Unidade de medida de Área)

mm	Milímetros (Unidade de medida de distância)
mN cm	Milínewton centímetros (Unidade de medida de Rigidez à Flexão)
N	Newtons (Unidade de medida de força)
NBR	Norma Brasileira
NP	Norma Portuguesa
OCS	<i>Organic Content Standard</i>
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD / OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Unidade de medida de acidez ou basicidade em solução aquosa
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PWS	<i>Patagonia Wool Standard</i>
RCS	<i>Recycled Claim Standard</i>
Rio92	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992)
rpm	Rotações por Minuto (Unidade de medida de velocidade angular)
RWS	<i>Responsible Wool Standard</i>
UE	União Europeia
UMinho	Universidade do Minho

Capítulo I

Introdução

1. Introdução

Sob a égide do espírito do tempo atual, a compreender as circunstâncias, emergências e necessidades globais, em 2016, a Organização das Nações Unidas (ONU) formulou a Agenda 2030, com vista que os países possam contribuir para um futuro mais sustentável no planeta (ONU, 2016). Tal documento elenca 17 metas globais chamadas de “Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)”, a manifestar ações, dos planos micros aos macros, que potencializem o equilíbrio ecológico, social e económico e que contribuam para diminuir as desigualdades.

Ao tomar tal postura, como maior entidade de representação global, a ONU demonstra categoricamente a inadmissibilidade da reflexão crítica sobre as posturas e condutas relativas ao meio ambiente, a gerar desdobramentos nas questões sociais, económicas e, até mesmo, culturais, para todas as nações ao redor do mundo.

Para o segmento Têxtil, de acordo com o setor do Meio Ambiente da ONU, a sua Indústria e a do Vestuário (ou, por vezes, chamado popularmente de “Indústria da Moda”) pode ser considerada uma das maiores poluidoras globais, a responder por 8% a 10% das emissões globais de gases-estufas (que corresponde a maiores emissões que os sectores de aviação e transporte marítimos juntos). E ainda, a produzir cerca de 20% das águas residuais do mundo e a deitar 500 mil toneladas de microfibras sintéticas por ano nos oceanos (Valor Económico, 2019). A estimativa da entidade é que cerca de US\$ 500 bilhões são perdidos no descarte de roupas e materiais têxteis em aterros e lixões.

A conjuntura não permite, portanto, postergar a pesquisa e desenvolvimento de ações em favor de novos produtos que integrem em seu escopo o objetivo pela sustentabilidade. E neste contexto imediato é que se constitui esta presente investigação, como contributo valioso ao Desenvolvimento Sustentável.

A referida investigação compõe esta tese, que se divide em capítulos: 1) esta Introdução – que principia elementos que fundamentam a investigação no campo científico, como a motivação, o contexto, o questionamento norteador, a hipótese trabalhada, os objetivos, bem como a metodologia de investigação científica; 2) Estado da Arte – que discorre da atualização de pesquisas científicas no viés estudado, a ser composto por Sustentabilidade, sua dialógica com o segmento de Moda e Têxtil, e pela Fibra Têxtil de Lã e seus potenciais de reciclagem; 3)

Desenvolvimento Experimental – que demonstra a elaboração do plano de ações e estratégias para geração do Produto, a se subdividir em Metodologia de Desenvolvimento do Produto, Estudo da Cadeia Produtiva Laneira, Prototipagem, Adequação e Desenvolvimento do Produto; 4) Resultados – que apresenta as soluções alcançadas no Produto, a apresenta-lo, a caracterizá-lo, sugerir utilizações e aplicações, bem como sua compatibilidade e conformidade à Sustentabilidade; e 5) Conclusões e Perspectivas Futuras – que conclui o percurso investigativo, com a confirmação da Hipótese trabalhada, enquadramento da proposta no eixo de Materiais (Valências da Moda & Sustentabilidade) do Produto e o Referendar da capacidade sustentável do mesmo, pela reconhecimento em premiações, bem como da potencial candidatura à selos e certificações ambientais.

1.1 Motivação

A premissa motivacional parte de dois aspetos distintos, um de cunho prático e pragmático – o estímulo científico para investigação no segmento de reciclagem da fibra têxtil de lã – e outro, de cunho subjetivo – o ânimo pessoal do investigador neste sector de pesquisa.

O primeiro enfoque, de ordem prática, é consequência da verificação de uma lacuna técnica de estudos no campo da reciclagem têxtil laneira, no sentido do *upcycling* dos resíduos industriais têxteis de lã. Esta proposta de estudo fora catalisada pela parceria proposta por uma indústria têxtil laneira portuguesa (*A Penteadora* – localizada em Unhais da Serra/Covilhã). O intuito desta indústria era encontrar soluções para os descartes têxteis gerados ao longo de seu processo produtivo (na cadeia produtiva têxtil que vai da fibra ao tecido pronto), que potencialmente deveriam ser reciclados, mas na ausência de um departamento técnico para o desenvolvimento de produtos específicos de reciclagem, procuraram junto da Universidade do Minho, no Departamento de Engenharia Têxtil (DET), a resolução do seu problema. Assim foi solicitado pela empresa laneira *A Penteadora* uma investigação que pudesse valorizar os seus materiais têxteis descartados, na criação de novos produtos, que tivessem reciclagem e inovação.

Já no segundo elemento – subjetivo, de ordem pessoal – se observa por uma empolgação particular para esta pesquisa por parte do investigador, por sua grande motivação para o desenvolvimento de novos produtos, uma vez que a sua formação académica, prática e a experiência profissional, como Designer de Moda especializado na elaboração e concepção de

projetos e produtos voltados e contributivos à Sustentabilidade para este segmento do Design já é vasta.

1.2 Contextualização

Na conjuntura contemporânea, em que as empresas e indústrias, cada vez mais, percebem a necessidade de, não somente, uma ajuda emergencial às questões ecológico-climáticas do mundo, por meio de ações afirmativas pela sustentabilidade (Jordão, Puppim, & Broega, Solutions Notes on Clean Textile Waste, 2019), mas, também, rentabilidade e lucros extras nos investimento em pesquisa para o desenvolvimento de produtos ecológicos (Valor Econômico, 2019). Não tão recente, já se podia notar o aparecer e melhor delinear de questões mais específicas nos consumidores, em mudanças de comportamento e hábitos de consumo e uso, que vão além de faixa etária, rendimento financeiro ou mesmo localização geográfica: a busca por produtos e serviços adequados às emergentes questões ambientais – sustentabilidade, reciclagem, ecologia etc. (Puppim, Sobre Indústria de Moda e Sustentabilidade: Por quê, Para quê e Para quem?, 2016).

Ao compreender tais aspetos, para se adequar ao novo espírito do tempo, a empresa *A Penteadora* buscou desenvolver, em parceria, pesquisa, dentro do seu escopo produtivo, que permitisse harmonizar o seu ciclo de produção às questões ambientais, no viés da redução e reinserção de resíduos têxteis limpos (pré-industriais e pós-industriais), de forma a minimizar os seus impactos ambientais. Além disso, havia a necessidade do que viesse a ser criado pudesse ter apelo estético/comercial, e fosse desvinculado da habitual aparência “artesanal” que, maioritariamente, se produz na reciclagem têxtil (Brown, 2010).

A problemática ambiental é amplamente emergente na Indústria, de um modo geral, e, não indiferente à Indústria Têxtil (Thompson & Thompson, 2013). As preocupações geraram, em diversos países do mundo, o estabelecimento de novas leis e regulamentações específicas que trazem obrigações às empresas, quando ao gerenciamento e descarte de resíduos provenientes de suas manufaturas.

Em Portugal, como parte do bloco econômico União Europeia (UE), nota-se que esta questão já está em pauta há mais tempo. Como política pública à proteção do meio ambiente, nota-se que

a UE possui nações que tem legislação ambiental, referente ao descarte, desde a década de 1980. Em 1996, determinaram-se estratégias gerais no que respeita aos resíduos, a estabelecer como preferencial: 1) prevenção dos resíduos; 2) reciclagem e reutilização; e 3) monitorização e eficiência da eliminação final (A UE e a Gestão dos Resíduos, 2000).

Como Política Pública, o governo português instaurou o Programa PORTUGAL 2020, em parceria com a Comissão Europeia, a reunir a atuação de cinco fundos de investimentos para promover e consagrar o desenvolvimento econômico, social e territorial de Portugal entre 2014 e 2020, como parte do Programa Estratégia Europa 2020. Neste pacto, um viés que se destacou foi o Programa Operacional de Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020). Em síntese, o COMPETE 2020 visou aprimorar o poder empresarial de concorrência e expandir a atuação em mercados internacionais, para negócios estabelecidos nas regiões portuguesas Norte, Centro e Alentejo. Os eixos temáticos para a promoção deste objetivo foram: a) reforço da investigação, do desenvolvimento tecnológico e da inovação; b) reforço da competitividade das PME (pequenas e médias empresas) e redução dos custos públicos; c) **promoção da sustentabilidade** e da qualidade do emprego; d) promoção de transportes sustentáveis e eliminação dos estrangulamentos nas principais redes de infraestruturas; e) reforço da capacidade institucional das autoridades públicas (Portugal 2020, 2015). Mesmo findado o Programa 2020, se nota que a indústria ainda visa por melhorar a implementação das práticas de sustentabilidade em seus negócios, produtos e processos.

Comparativamente, no Brasil, foi estabelecido, constitucionalmente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), na Lei Federal número 12.305 de 2010, que determina e organiza a responsabilidade do ciclo de vida do produto entre governo, empresas e cidadãos, a promover a Logística Reversa, a coleta seletiva, a educação ambiental, além da pesquisa e preservação do meio ambiente (República Federativa do Brasil, 2010). O objetivo central da lei é o de submeter a indústria às responsabilidades de seus descartes e incentivar pesquisadores e empreendedores a desenvolver práticas como a reutilização, a reciclagem e o tratamento de resíduos, em suas diversas esferas, desde o artesanato local à geração de energia renovável, por exemplo.

Em vista disso, se percebe que o proposto nesta investigação vai ao encontro das políticas públicas governamentais estabelecidas, tanto em Portugal, quanto no Brasil, conforme exposto, uma vez que cumpre requisitos e traz soluções às empresas e empreendedores de atendimento

as normativas e legislações pertinentes, no sentido de programas de incentivos e desenvolvimento no tocante à gestão de resíduos industriais.

No sentido *lato*, se pode entender que a produção de resíduos e descartes da Indústria Têxtil e de Vestuário é significativo, pelas demonstrações públicas de preocupações feitas tanto por entidades do sector, quanto por governos. Apesar de não existirem informações claras e acessíveis, da produção de resíduos daquelas indústrias, as publicações que foram feitas, nesta alçada, alarmam para a problemática ambiental real.

Já nas pesquisas de Tomás (Expresso - 230 toneladas de roupa vão para o lixo, 2016), estimava-se uma produção anual de 230 toneladas de resíduos têxteis em Portugal, o que significa cerca de 5% do total de resíduos sólidos urbanos. Fato lamentado, na percepção posta pela autora, uma vez que existe um quantitativo de fibras têxteis ainda valiosas neste montante. Se comparado com uma outra divulgação, mais antiga, do ano 2000, se avaliava um quantitativo de 54 mil toneladas, em média anual, de resíduos de fibras (como lã, algodão e fibras químicas) e mais 26 mil toneladas, em média anual, de resíduos de confecção (INETI , 2000).

Enquanto no Brasil, já se apontavam dados, segundo dados da indústria local (CETESB; SINDITÊXTIL, 2012), que a produção de resíduos da indústria de confecção é de 175 mil toneladas por ano. A mesma fonte afirma que, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT), mais de 90% dos restos de tecidos são descartados inadequadamente. O que significa um amplo montante para pesquisa de outras possibilidades, a evitar a superlotação de lixões e aterros sanitários.

Mesmo que aparentemente distantes, em realidades temporais, geográficas e numéricas, as publicações expõem dados desassossegadores. A demonstrar, claramente, que a problemática ambiental dos resíduos industriais do sector têxtil já há muito está exposta e deve ser combatida. A justificar e motivar, por si só, o *status quo* desta investigação

Por outro lado, no âmbito desta investigação, se procurou uma parceria do sector industrial têxtil que possuísse intuito do desenvolvimento de produtos que demonstrassem sua inovação por meio do atributo de “sustentabilidade ambiental”, ao utilizar-se (apenas ou maioritariamente) de resíduos da própria indústria para a sua concepção. Neste sentido, através da revisão bibliográfica, pôde-se verificar que a reciclagem para fibras têxteis é predominantemente ocorrida

nas fibras sintéticas, e quando realizada em fibras naturais é concentrada na fibra de Algodão (Puppim, Broega, Jordão, & Teixeira, 2018). Tais características impulsionaram a pesquisa a recair sobre a fibra de Lã.

A Associação Têxtil e Vestuário de Portugal (ATP), através das suas publicações de dados estatísticos do sector aponta que, em 2017, a produção de artigos de lã resultou em mais de 71 milhões de Euros em exportações, o que representa um saldo positivo de mais de 17% em relação à produção de 2016. Já as importações resultaram em mais de 123 milhões de Euros, com quase 10% de aumento em relação à 2016 (ATP, 2018). O que demonstra, caracteristicamente, que a indústria portuguesa têxtil tem espaço cativo para a produção laneira. Já pelo viés dos produtores, a Associação Nacional dos Industriais de Lanifícios (ANIL) destaca que a indústria portuguesa da lã é reconhecida internacionalmente pela qualidade, design e serviço, a destacar que cerca de 85% da produção nacional é destinada à exportação (ANIL, 2018).

Percebidas tais nuances, importâncias e lacunas no campo de pesquisa, além da criada parceria com a empresa local (*A Penteadeira S. A.*), foram criadas condições que possibilitaram uma definição de pergunta de investigação, como premissa basal para esta investigação científica.

1.3 Pergunta de Investigação

O ponto de partida e elemento central norteador desta investigação é expresso na Pergunta de Investigação:

“Como a Indústria Têxtil Laneira pode contribuir para um futuro mais sustentável, no que tange à problemática de resíduos têxteis industriais?”

E, com propósito de responder esta indagação, se fez necessário traçar um plano de estratégias e ações, onde uma hipótese foi trabalhada, com vistas que o desenvolvimento e análise do produto e dos processos realizados pudessem atender, consideravelmente, em resposta a tal questão.

1.4 Hipótese

A hipótese científica se construiu por meio de premissas já consolidadas, no que se refere à dialógica entre Sustentabilidade, Produtos e Têxteis, com base na revisão de literatura exploratória.

A hipótese desenhada parte do princípio do Pragmatismo, onde apenas ações práticas (ou resultados comprovados com metodologias científicas) podem ser, de facto, pertinentes às contribuições científicas de trabalhos investigativos. Assim, a hipótese escolhida é de responder à pergunta de investigação por meio de: **“o desenvolvimento de novos produtos têxteis, com base da reciclagem de resíduos têxteis limpos, pode significar um contributo no caminho de reduzir a quantidade de resíduos têxteis limpos descartados pela indústria”**.

Portanto, ao se nortear pela Pergunta de Investigação, com a estratégia traçada na Hipótese, se fez preciso a delimitação de metas (Geral e Específicas) descritas em objetivos.

1.5 Objetivo Geral

Como Objetivo Geral, em aspecto macro da investigação, se determina: **“Contribuir para que a Indústria Têxtil Laneira seja mais sustentável, pela reciclagem de seus próprios resíduos têxteis limpos, a gerar novos produtos”**.

1.6 Objetivos Específicos

Para contemplar, complementar e suplementar o Objetivo Geral, foram traçados Objetivos Específicos:

- Levantar e Analisar o ciclo produtivo de uma Indústria Têxtil Laneira, a demonstrar, numericamente, gargalos dos resíduos na produção;
- Desenvolver um novo produto têxtil com base em resíduos têxteis limpos da Indústria do Lanifício;
- Caracterizar tal produto para comparação a outros produtos têxteis similares; e
- Apontar os contributos que tal produto traz à Sustentabilidade.

1.7 Metodologia de Investigação Científica

Para se alcançar tais os Objetivos supracitados, com a estratégia da Hipótese e a Pergunta de Investigação como elemento norteador, fizeram-se necessário obedecer a uma abordagem da Metodologia de Investigação Científica, como modo de validar e avaliar os dados e resultados obtidos. Tal procedimento técnico serviu para estruturar, sistematizar todo o desenvolvimento investigativo, a evitar improvisos e imprecisões (Eco, 2008).

No detalhamento perspectivado da Metodologia Científica para esta investigação, inicia-se num plano geral e percorreu-se o caminho até pontos específicos. Assim, para tal, elegeu-se Saunders et al (2009), cujo contributo é de significativa relevância metodológica na área das Engenharias.

O primeiro tópico relata a Corrente Filosófica, que segundo Saunders et al (2009), diz respeito a como o investigador enxerga a Ciência, a Pesquisa e o seu Objeto de estudo. Depois, constitui-se a abordagem de investigação, que pode ser em método dedutivo ou método indutivo, em que primeiro se parte do geral para o particular (a especificar um caso) e o segundo, do particular para o geral (a generalizar um caso). Em seguida, delimita-se as estratégias de investigação, a corresponder às tipologias como: experimentação, enquete (também chamados de Inquérito), estudo de caso, pesquisa-ação, teoria fundamentada nos dados, etnografia e pesquisa de arquivos; a selecionar aquele(s) que melhor atende(m) à área científica de investigação e ao objeto de investigação, conforme a demanda necessária. Posteriormente, determina-se a natureza da investigação que pode ser mono método (onde apenas um método é abordado – qualitativo ou quantitativo), método misto (onde se fazem misturas dos diferentes métodos) ou multi métodos (onde se usa dos métodos diferentes em suas integralidades, separadamente). A diante, delinea-se o horizonte temporal, manifestado pelo recorte de um determinado momento de pesquisa ou num panorama evolutivo cronológico de pesquisa, a remeter, respectivamente, em caráter transversal ou em caráter longitudinal. Por fim, determina-se a modalidade de coleta e análise de dados, em técnicas e procedimentos metodológicos, com diversas ferramentas.

A seguir o proposto por Saunders et al (2009), a concepção desta pesquisa encontra-se na Corrente Filosófica do Pragmatismo, tipologia que busca resultados que tragam consequências positivas ao sistema de valores posto/explicito – no caso desta investigação, a perceber que o desenvolvimento de um novo produto a faz valia à Sustentabilidade, como contributo científico. Tal delineamento está no resguardo da Epistemologia (ramo da Filosofia que abarca o Conhecimento Científico), isto é, a compreender apenas dentro do conhecimento válido e aceito

na área. Noutras palavras, que busca resultados, com foco na pesquisa prática, a integrar diferentes perspectivas, a fim de auxiliar na interpretação dos dados.,

Ainda segundo os autores, a abordagem de investigação trata-se do Método Indutivo: a iniciar em desenvolver o modelo científico operacional de averiguação; e depois, a verificá-lo por meio de experimentação; sequencialmente, a examinar os resultados, criticamente; e, finalmente, a referendar, a retificar ou a constituir uma nova hipótese e teorias para proposta escolhida. Neste sentido, elenca-se o Método Indutivo, por utilizar de um caso específico (da proposta do produto nos parâmetros estabelecidos e previamente elencados), como um meio de contribuir não somente para o caso específico, enquanto ciência, mas para todo à área de conhecimento.

Já no referente às estratégias de Investigação, utilizou-se de mais de um método, em que se iniciou por Estudo Exploratório (no levantamento de dados bibliográficos e de demandas do setor têxtil laneiro), e, posteriormente, a se valer de Estudo Descritivo (ao caracterizar os experimentos realizados laboratorialmente). Na parte prática, o elemento metodológico principal, *a priori*, utilizado foi a Experimentação, sobretudo laboratorial, de modo a contribuir com o propósito do objeto de estudo. A proposição de um novo material têxtil, a partir de resíduos limpos da produção industrial laneira, ocorre de maneira mais efetiva quando desenvolvido e testado um produto, para fins tradicionais (vestuário e têxteis lar) ou técnicos.

Quanto a classificação da natureza da investigação, entende-se em Método Misto, visto que, na investigação, se pôde perceber a necessidade de etapas quantitativas (em caracterizações físicas feitas por equipamentos específicos - resultados numéricos), bem como de etapas qualitativas (em percepções táteis e de estética visual que decidiram algumas ações ao longo da pesquisa).

No Horizonte temporal, a pesquisa é de Caráter Transversal, pois desenvolve um novo produto, a partir das experiências realizadas ao longo do trabalho experimental, cronológica e temporalmente, e não visa perceber a evolução de um fenômeno ao longo do tempo (caráter longitudinal).

Por fim, os Procedimentos e Técnicas Metodológicas para a coleta de dados foram regidos, inicialmente como base, pela Pesquisa Experimental, na operacionalização de variáveis, na determinação dos materiais, na eleição da ambientação, na coleta dados e na análise crítica dos resultados.

A apresentação da figura 1 determina e ilustra, esquematicamente, segundo os autores (Saunders et al., 2009), o elenco da metodologia científica abordada nesta investigação, a inicializar dos âmbitos gerais e percorrer até os âmbitos mais específicos da pesquisa.

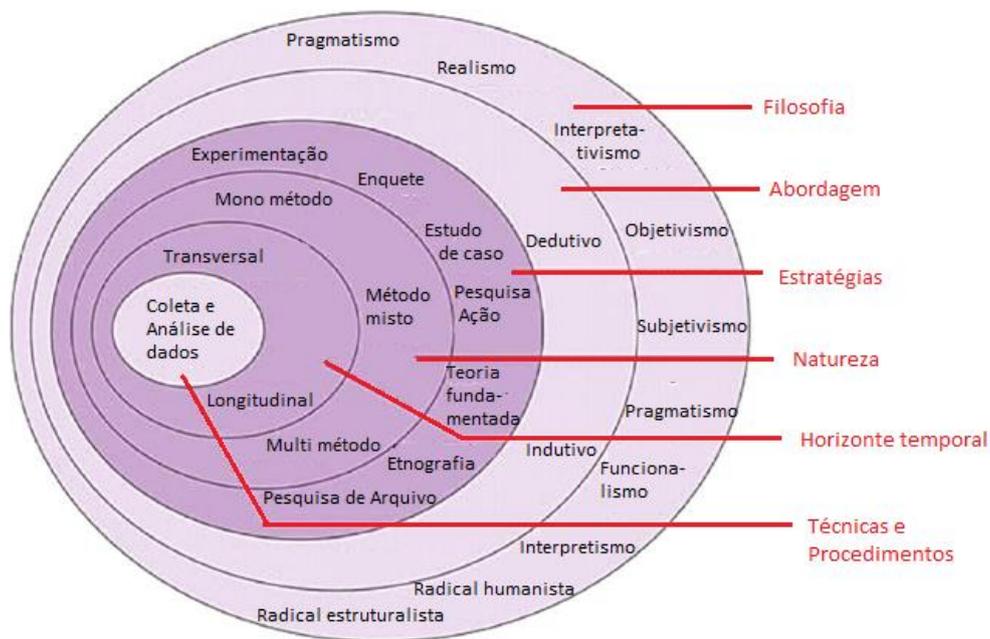


Figura 1: Esquema representativo da Metodologia de Investigação Científica

Fonte: Traduzido e adaptado de (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009)

Para o a secção mais detalhada do Desenvolvimento do Produto, foi selecionada uma Metodologia específica para concepções de novos produtos, já referendada nas áreas de Design e Têxtil, e está apresentada segmento 3.1 desta tese (Metodologia do Desenvolvimento do Produto).

1.8 Estrutura da Tese

Esta tese foi estruturada em 5 capítulos, em que o 1º (Introdução) correspondeu a apresentar a Motivação da investigação, Contextualização do panorama científico e industrial desta vertente de estudos, a enumerar e listar dados e números relativos ao sector, a pergunta de investigação que norteia o percurso científico, a Hipótese trabalhada para verificação, os Objetivos científicos para a tese, bem como da Metodologia Científica de Investigação aplicada em questão.

No 2º capítulo (Estado da Arte), explora-se a pesquisa bibliográfica e a pesquisa sistematizada de base de dados, a fim de delinear o mais recente e significativo grau de investigação que tem se realizado nos últimos anos em torno do tema aqui proposto. A apresentar as atualizações sobre a Sustentabilidade, em possíveis conexões com o sector Têxtil, e a Lã, e métodos de tornar o seu processo produtivo mais ecológico, a elencar estudos recentes e indústrias que fazem ações neste sentido, como contributos a serem analisados.

Já o 3º capítulo (Desenvolvimento Experimental) apresenta a Metodologia escolhida para o Desenvolvimento do Produto, a delinear o estudo da Cadeia Produtiva Laneira, a identificar resíduos têxteis que, qualitativamente e quantitativamente, têm maior relevância para o caso, e experimentações iniciais, que puderam ajudar na seleção de características e adequação do produto, bem como, explorar o desenvolvimento piloto do produto.

Outrossim, o 4º capítulo (Resultados) expõe-se o resultado obtido no Produto (Material Têxtil), além de sua Caracterização Física, por meio de testes laboratoriais de desempenho físico, uma apresentação de aplicação prática que se pode ter com o material e a conformidade aos atributos exigidos pela Sustentabilidade, a apontar outras potencialidades do produto.

Por fim, no 5º capítulo (Conclusões e Perspectivas Futuras) são apresentadas as considerações finais e apontamentos sobre a confirmação da Hipótese trabalhada, além da conformidade que o produto obtém no sentido de ser um contributo para estudos de Materiais (para a Sustentabilidade e Moda), e, também, de premiações que os resultados – em estágios parcial e avançado do produto – puderam alcançar, bem como, a possibilidade de adequação para candidaturas à selos e certificações, e, enfim, possibilidades de estudos adicionais e aprofundados que se podem realizar sobre o Produto.

Ainda é apresentada a Bibliografia, que está referenciada conforme a normatização APA – sexta edição, além de constar os Anexos.

Capítulo II

Estado da Arte

No âmbito deste capítulo foram publicados os seguintes itens:

- Puppim, R. & Beduschi, D. P. (2018). Epistemologia do Eco Fashion: Contributos à prática do Design de Moda e Sustentabilidade. Anais do Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS). Florianópolis: ENSUS.
- Puppim, R., & Beduschi, D. P. (2018). Perspectiva da Moda e Sustentabilidade: Estudo de Casos. *in* F. B. Tullio, & L. Tullio, Gestão de Processos Sustentáveis (pp. 147-165). Ponta Grossa: Editora Athena.
- Puppim, R.; Broega, A. C.; Jordão, C.; Beduschi, D. P.; Arruda, L. M. (2018). Valências na Moda e Sustentabilidade: Apontamento de lacunas. Anais do Congresso Internacional de Design e Moda (CIMODE). Madrid: CIMODE.
- Jordão, C.; Puppim, R.; Broega, A. C. (2018). Solution Notes on clean textile waste. Anais do International Conference on Innovation, Engineering and Entrepreneurship - Regional HELIX (HELIX). Guimarães: HELIX
- Puppim, R.; Broega, A. C.; Jordão, C.; Teixeira, M. (2018) Case Study of new products and materials from textile recycling and reuse. Anais do 91st Textile Institute World Conference (TIWC). Leeds: TIWC.
- Jordão, C.; Puppim, R.; Broega, A. C.; Marques, A. D. (2018) Sustainable entrepreneurship in the reuse of textile waste - H Sarah Trading case study in Portugal. Anais do Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE). Mytilene: AITAE.

2. Estado da Arte

Antecedentemente às etapas produtivas de desenvolvimento do produto (planeamento, prototipagem e concepção) almejado nesta investigação, faz-se necessário um levantamento minucioso de estudos científicos que possam auxiliar a melhor perceber o objeto de estudo e realizar a investigação de modo mais assertivo, a evitar abordagens e práticas que não lograram êxito noutras experiências e pesquisas. Este procedimento metodológico é nomeado de Estado da Arte, estratégia indispensável e primordial ao desenvolvimento de uma investigação científica (Eco, Como se faz uma Tese, 2008).

O Estado da Arte foi realizado com recolha de material científico produzido nos últimos 5 (cinco) anos, de modo a possibilitar sintetizar e resenhar o panorama mais atual do desenvolvimento científico específico do tema de investigação, sustentabilidade no sector laneiro aliada à exploração de processos e tecnologias dos têxteis, de forma menos convencional.

Deste modo, este Estado da Arte inicia-se em uma compreensão inicial da Sustentabilidade (Tópico 2.1), como área científica e do conhecimento, a balizar percepções em níveis mais singulares, sequencialmente: Sustentabilidade & Moda (Tópico 2.1.1); e Sustentabilidade em Têxteis e Materiais (Tópico 2.1.2). Posteriormente, apresenta, em paralelo a percepção (mais estrita) sobre a matéria-prima de Lã (Tópico 2.2), e a expor características e qualidades como fibra têxtil, a demonstrar, em seguida, possibilidades de sua Reciclagem e produção *Animal Friendly* (Tópico 2.2.1). Sustentabilidade, entendida, predominantemente, como um viés qualitativo da Ciência (mais voltada à percepção e a reflexão), contraposta à caracterização material da Lã, percebida nesta abordagem, numa perspectiva quantitativa da Ciência (mais voltada à resultados numéricos e/ou calculáveis), sugerem, na dialógica, a Pesquisa Sistematizada de Base de Dados (Tópico 2.3) que funciona como condensador de publicações científicas dos últimos 5 anos que tem relação com a pesquisa. Por fim, se estabelece parâmetros, mercadológicos, do que se tem de experiências com resultados positivos (Tópico 2.4) para empresas, designer e projetos que tem feito contributos para uma lã mais verde.

2.1 Sustentabilidade – Uma conceituação

Adotada como respaldo tecno-científico e ético desta investigação, como contributo e missão, a Sustentabilidade já se posiciona como um atributo essencial e transversal à diversas áreas de

conhecimento, a poder gerar reflexões que modificam o modo do pensar e do produzir globalmente. Um dos indicadores deste carácter trans e multidisciplinar é o facto de o Fórum Económico Mundial (que ocorre anualmente em Davos, Suíça), encontro global de líderes empresariais e governantes que ocorre desde 1971, tem adotado há, pelo menos, cinco anos as questões emergentes ambientais como parte das discussões, e nos anos de 2019 e 2020 como principal elemento de debate (Exame - Redação, 2020). Para o encontro de 2021, esta temática também é definida como central (Synergia Socioambiental, 2021).

Mesmo que moderadamente assimilada, por propagação nos meios midiáticos mais populares – como jornais, revistas, rádio e televisão –, ainda é preciso se rememorar o sentido primordial do termo “Sustentabilidade”, a fim de restaurar, historicamente, os seus significados e adaptações ao espírito do momento atual.

Inicialmente dita como um adjetivo tecnicista no meio científico, referia-se, ainda nos anos 1970, à capacidade de um ecossistema ser resiliente mesmo diante da ação humano (num sentido danoso) (Veiga, 2010), como por exemplo a pesca não prejudicar a reprodução de cardumes. Na década seguinte, o termo passou a qualificar atributos para o desenvolvimento, até que nos anos 1990, com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92), passa-se a entender o termo “sustentabilidade” como legítimo e inicia-se o processo de adoção do mesmo para significados mais voltados às causas ambientais e ecológicas (Veiga, 2010).

O filósofo alemão Arthur Schopenhauer (1788 – 1860) já dizia que a verdade sempre passa por três estágios – ridicularização, combate à mesma e aceitação por evidência – e a Sustentabilidade, em seu significado – pôde, semelhantemente, vivenciar estas etapas nas três décadas em que se iniciou o seu uso (1970) até a sua aceitação (1990) (Veiga, 2010).

No hoje, mais visto como substantivo, tem sido amplamente utilizado para se referir às ambições de continuidade, durabilidade ou perenidade, porém, nem sempre com um entendimento dos seus atributos e valências (Veiga, 2010).

Portanto, é preciso se restabelecer tais atributos. Essencialmente, se compreende a Sustentabilidade sobre três dimensões (Sachs, 2009):

- Ambiental – que deve visar pela mínima deterioração do ecossistema, e enfrenta duas questões principais: o esgotamento das matérias-primas de origem na natureza; e o aumento acumulado de resíduos despejados em lixões e aterros.
- Económica – que deve visar uma melhor e mais eficiente gestão de recursos financeiros, e encara uma questão central: ponderação do consumo com redução da exploração para proteção do meio ambiente.
- Social – que deve visar a minimização (o mais possível) das iniquidades sociais, com vistas ao local, regional, nacional e, mesmo, internacional, e perpassa questões de direitos humanos, acessibilidade, acesso à educação, segurança, legislação e democracia.

As visões modernas de Economia (por vezes entendidas como “visão de prosperidade”), no entanto, catapultaram, com maior força depois da Revolução Industrial (1760 – 1840) e plenitude no século XX, a ideia de que todo esforço em favor daquela (Economia) seria válido e natural com aquele objetivo (prosperidade) (Smeraldi, 2009).

Porém, paralelamente, a questão ecológica fora, cada vez mais, alarmada e responsabilizada à toda sociedade, com o findar do século XX (Veiga, 2010). A saber da impossibilidade de parar tais “crescimentos” (e/ou desejos dele) económicos, é possível estabelecer padrões, a compreender questões que foram surgidas e debatidas posteriormente, a estabelecer novos parâmetros e referências (Sachs, 2009):

- Crescimento Desordenado (como empregado originalmente às Economias) – gera impacto económico positivo, mas social e ecológico negativos;
- Crescimento Social Benigno (como empregado em alguns entendimentos socialistas da primeira metade do século XX) – gera impacto económico e social positivo, mas (geralmente) ecológico negativo;
- Crescimento ambientalmente sustentável – gera impacto económico e ecológico positivo, mas social negativo;
- Desenvolvimento (como um novo conceito que, posteriori, geraria o de Desenvolvimento Sustentável) – gera impacto positivo económico, social e ecológico.

Portanto, uma percepção que pode maior assertividade e resultado às adoções de parâmetros de Sustentabilidade, como objetivo nos sectores público e privado, é a do Desenvolvimento

Sustentável, face às tradições de “prosperidade/crescimento” confrontadas e dialogadas às necessidades socioambientais (Smeraldi, 2009).

Tipicamente, se orienta a observar o Produto Interno Bruto (PIB) como referência para análise de crescimento de um país ou região. Entretanto, esta nova perspectiva apresentada, que elenca a Sustentabilidade como égide necessária, pressupõe que o desenvolvimento (compreensão de um “melhor” crescimento) deve ser observada sobre outras referências (Boff, 2012):

- Indicadores Económicos: Consumo de Energia por habitante/ Consumo de Energia renovável/ Gasto percentual do PIB para preservação do meio-ambiente/ Ajuda pública percentual do PIB ao desenvolvimento;
- Indicadores Sociais: Taxa de mortalidade infantil/ Expectativa de vida (idade)/ Participação no gasto nacional da saúde (no PIB)/ Taxa de desemprego/ Percentual de mulheres empregadas, em relação aos homens/ Transparência dos gastos públicos;
- Indicadores Ecológicos: Controle de substâncias agressivas à camada de Ozônio/ Emissão de gases de efeito estufa/ Consumo de água por habitante/ Reutilização e reciclagem de resíduos/ Conservação ou restauro da cobertura vegetal/ Nível de consciência e cuidados com os recursos naturais e responsabilidade socioambiental.

Com isso, se pode perceber melhor e mais aprofundado a Sustentabilidade, como grande área e geradora do sentido contemporâneo de Desenvolvimento (entendido já, como Desenvolvimento Sustentável). Assim, é preciso avançar às questões mais atuais do paradigma de um possível Desenvolvimento Sustentável, apontado, categoricamente, pela ONU, em seus Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030 (ONU, 2015):

- Objetivo 1: Erradicação da Pobreza;
- Objetivo 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável;
- Objetivo 3: Saúde e Bem-Estar;
- Objetivo 4: Educação de qualidade;
- Objetivo 5: Igualdade de Género;
- Objetivo 6: Água Potável e Saneamento;
- Objetivo 7: Energia Limpa e acessível;
- Objetivo 8: Trabalho decente e Crescimento económico;
- Objetivo 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura;

- Objetivo 10: Redução das Desigualdades;
- Objetivo 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis;
- Objetivo 12: Consumo e Produção responsáveis;
- Objetivo 13: Ação contra a mudança global do Clima;
- Objetivo 14: Vida na Água;
- Objetivo 15: Vida Terrestre;
- Objetivo 16: Paz, Justiça e Instituições Eficazes;
- Objetivo 17: Parcerias e meios de implementação.

Cada Objetivo é considerado, pela própria ONU, ambicioso e interconectado, e traz metas, possíveis ações e indicadores que ajudam na concepção da Agenda. O documento ainda ressalta que toda atividade em favor dos Objetivos é relevante e pode ser inscrita na página oficial para publicização como contributo oficial à Agenda 2030, desde o sector privado ao sector público, em ações de nível micro ao nível macro. Nesse sentido, elaborou-se um mapa conceitual, a hachurar e destacar os Objetivos mais pertinentes à esta investigação, exposto na figura 2.



Figura 2: Mapa conceitual - Pertinência da investigação nos ODS/Agenda 2030 – ONU

Fonte: Adaptado de (ONU, 2015)

Assim, se nota os Objetivos 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura e 12 – Consumo e Produção responsáveis como os de maior inserção, de forma mais direta, nesta investigação, em específico nas seguintes metas e ações (ONU, 2015), em destaque:

“Objetivo 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: Meta - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação. (...) 9.4 Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades;”

E:

“Objetivo 12 – Consumo e Produção responsáveis: Meta - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. (...) Ação 12.2 Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais; (...) 12.5 Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso; 12.6 Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios;”

Já de maneira mais indireta, reportam-se os Objetivos 11, 15 e 17, nas seguintes metas e ações (ONU, 2015):

“Objetivo 11 – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. (...) Ação 11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros;”

“Objetivo 15 – Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade. (...) 15.9 Até 2020, integrar os valores dos ecossistemas e da biodiversidade ao planejamento nacional e local, nos processos de desenvolvimento, nas estratégias de redução da pobreza e nos sistemas de contas;”

E:

“Objetivo 17 – Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável. (...) 17.7 Promover o desenvolvimento, a transferência, a disseminação e a difusão de tecnologias ambientalmente corretas para os países em desenvolvimento, em condições favoráveis, inclusive em condições concessionais e preferenciais, conforme mutuamente acordado; (...) 17.14 Aumentar a coerência das políticas para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, tais ressaltados objetivos da Agenda 2030, reiteram a importância e ajudam a dar maior robustez à justificativa desta tese, uma vez que esta gera contributos significativos, mesmo que em plano mais micro, mas que podem, a partir da concepção de “Ciência Aberta”, contribuir para que empresas, investigadores e (até mesmo) artesãos de outras localidades, possam desenvolver linhas de “recuperação de resíduos têxteis”, a princípio no sector Laneiro.

2.1.1 Sustentabilidade & Indústria de Moda

Percebida as questões pormenorizadas no tópico anterior, ao trazer à luz o escopo fundamental da Sustentabilidade, como área do conhecimento e pesquisa, se pode adentrar em uma vertente mais específica de dialógica mais destinada ao segmento Têxtil, a auxiliar na compreensão de como pode ser o contributo da Sustentabilidade. Ao tornar os seus produtos mais ecológicos corretos, economicamente viáveis, socialmente justos e, até mesmo, culturalmente diversos, é o paradigma mais contemporâneo da Sustentabilidade (Boff, 2012), que, por vezes, pode ser desafiador para o sector Têxtil.

É preciso localizar, organizacionalmente, o Têxtil como área de atuação industrial. Assim, se remete à Feghali e Dwyer (2010), que definem que o Têxtil faz parte da chamada “Indústria Têxtil e de Confeção” e pode englobar, em seu complexo, os segmentos de: Produção de Fibras; Fiação; Tecelagem; Malharia; Acabamento; e Confeção. Outros autores nomeia tal Indústria (e seus complexos) de “Indústria Têxtil e de Moda”, “Indústria Têxtil e do Vestuário” ou, mesmo, “Indústria da Moda” (Jones, 2011) (San Martin, 2009) (Calderin, 2009) (Udale, 2009).

Percebido tal questão de nomenclatura, pode-se, segundo os autores, dizer que o entendimento epistemológico pode ser resumido a “Moda” (Indústria do Vestuário) como campo do conhecimento e estudos. Portanto, é preciso uma compreensão estrutural do termo, como elemento das reflexões seguintes.

O sociólogo Godart (2010) define que a moda tem significado ambíguo, a poder ressaltar duas maneiras de compreensão: a primeira diz respeito à Indústria do Vestuário e do Luxo, a englobar consumos individuais, em grupos ou classes sociais – a prática vestimentar como identidade (isto é, o modo de vestir para se identificar), por vezes, associado à roupas, acessórios, joias e até mesmo maquilagem e tatuagens (a ser estas últimas, fora da qualidade de Indústria); e a segunda, se refere a mudanças sociais regulares comportamentais, não cumulativas, mas substitutivas, a produzir alterações que vão além do vestuário, mas perpassam por costumes, hábitos e atitudes (comportamentais), num significado bastante subjetivo e interpretativo.

Aqui, tratamos de um viés mais ligado ao primeiro significado (Godart, 2010), uma vez que é mais visível, tangível e prático seu entendimento. E nesse sentido, retomamos a essência do significado de Moda, na concepção do filósofo Lipovetsky (2009), que pode ser entendida como

fenômeno moderno (pós-revolução industrial), ocidental e que se caracteriza como um constante estímulo ao consumo, vista e significada, por vezes (mas não somente), como vestuário.

Ora, se a Moda é representativa das constantes mudanças de hábitos e comportamentos, e, por sua vez, estimula, reiteradamente, o consumo constante, como maneira de adaptar-se ao “mais atual possível” (Godart, 2010) (Lipovetsky, 2009), se torna extremamente paradoxal criar linhas de diálogo com a Sustentabilidade, entendida como ramo da ciência capaz de pensar em diminuição de consumo e responsabilidades socioambientais (Boff, 2012).

Posto isto, uma “Moda Sustentável” (termo errado, mas aqui usado para significação de uma dialógica) não pode ser aceita nem como termo factível, uma vez que a concepção de “Moda” é já estabelecida e regida por “forças” tradicionais e mais capitalistas que visam a (antiga) visão de crescimento, e a possível adesão de um adjetivo “sustentável” se trataria de uma utopia (intangível e quase sem conseguir ser, se quer, desenhada) (Querioz, 2014).

Assim, se questiona que a aceitação do “que está posto” e inanição de ações não deve ser uma premissa no desenvolvimento de estudos para a Sustentabilidade (Boff, 2012). Mesmo neste entrave (por vezes, com forças já estabelecidas), é preciso perceber a inadiabilidade da questão e adaptar-se, de forma escalonada e evolutiva, até podermos chegar à uma “Moda Sustentável”. Por ora, parte-se da premissa das possíveis dialógicas da “Moda & Sustentabilidade”, como termo mais bem empregado e mais adequado. Neste sentido, dada tal emergência (ambiental em nível global), se pode iniciar as proposições de mudanças produtivas à indústria, dado que as mudanças comportamentais (sobretudo nos hábitos e tipos de consumo) do consumidor já estão estabelecidas (Puppim, 2016). Se deve ter em mente três direções para interferência da pesquisa no atual processo de insustentabilidade: Descontruir, Reinventar e Transgredir (Querioz, 2014).

Desconstrução estruturas sistêmicas produtivas (postas, por vezes, como “fórmulas tradicionais de sucesso”), Reinvenção ao apresentar novas adaptações de processos que podem torná-los mais limpos e verdes, e Transgressão por comprovar melhores eficiências globais dos novos modelos de produção e de negócios (Querioz, 2014).

Nos dias de hoje, percebe-se amplamente as iniciativas de gerar uma Moda mais limpa, mais verde, e ecológica, com contributos significativos à Sustentabilidade (Puppim, Broega, Jordão, &

Teixeira, 2018), a repensar produtos mais adaptados as novas necessidades dos consumidores contemporâneos.

Em vista disso, ao analisar autores, pesquisas, publicações, projetos, produtos e marcas que concebem suas práticas com vistas na Sustentabilidade no campo da Moda, é possível indicar, dentro deste escopo global, cinco valências que se trabalham (Puppim & Beduschi, 2018):

- **Matéria-Prima** – Em insumos e materiais de origem orgânica, reciclada, reciclável e/ou que minimamente afetem o ecossistema;
- **Processos** – Em proposições de métodos e técnicas que minimizem o desperdício e produzam o mínimo (ou nulo) de resíduos ao longo da cadeia produtiva;
- **Consumo** – Em propostas de redução, ponderação e racionalização do consumo;
- **Final do Ciclo de Vida do Produto** – Em pensamentos sobre reciclagem, reuso, reutilização, *redesign*, entre outros;
- **Transparência** – Em análises de selos e certificações que avalizem a idoneidade das ações ecológicas de empresas e produtos.

Os contributos da “Moda & Sustentabilidade” podem ser de uma única valência, ou multidisciplinar entre elas, a não significa, obrigatoriamente, maior ou menor colaboração para os estudos para desconstruir, reinventar ou transgredir. A apresentação das cinco valências pode ajudar os pesquisadores, designers, engenheiros e outros “fazedores” a pensar em quais eixos atuaram em suas propostas e em quais outros eixos poderiam ser repensados, como aprimoramento da proposição, ou mesmo, como guião para o desenvolvimento de futuros projetos.

2.1.2 Sustentabilidade em Têxteis e Materiais

A estar o escopo desta investigação está centrado na Sustentabilidade para Têxteis e Materiais como o processo produtivo têxtil, por si só, já é bastante complexo (Udale, 2009), torna-se necessário elencar como a Sustentabilidade vêm a ser trabalhada e aplicada no Sector Têxtil.

Uma das emergências para adoção da preocupação ecológica global, também em têxteis e materiais, é a de limitação de recursos naturais e mudanças bioclimáticas (Gore, 2006). Neste sentido, ao pensar-se em insumos, matérias-primas e materiais, é preciso referenciar Vezzoli e

Manzini (2002), que defendem que para um novo modelo de produção industrial é necessário a utilização dos recursos naturais de um modo mais sensato, em que:

- Os Recursos Naturais renováveis (como água, solo, matérias orgânicas etc.) devem ser racionalizados em seu uso, de modo a não degradar ecossistemas, com manejo responsável destes;
- Os Recursos Naturais não renováveis (como Petróleo, minérios, carvão etc.) devem ser evitados no uso, e quando utilizados, tem de tornar-se mais eficiente seus usos, reciclar, reutilizar e prolongar (o máximo possível) o seu ciclo de vida, como produto.

Deste modo, a relação de recursos naturais renováveis e não renováveis é facilmente adaptada aos têxteis, uma vez que as fibras têxteis podem ser de origem natural (que são fontes renováveis) ou de origem química (que são fontes não renováveis, maioritariamente) (Udale, 2009).

Entretanto, mesmo que as origens das fibras têxteis naturais sejam renováveis, é preciso ponderar o seu uso e manuseio, de modo a não comprometer outras esferas, como o solo, a água e a biodiversidade (Schulte, 2015).

Mesmo com ou sem a possibilidade de renovação destes recursos, os ciclos de vida dos produtos têxteis podem ser alargados, a fazer, com práticas e modelos de produção mais reflexivos, que tais materiais sirvam como e para retroalimentação produtiva e sistêmica. Isto é, sistemas que podem ser contributivos à sustentabilidade, de modo a tornar mais eficiente o uso dos recursos.

Este modelo produtivo é batizado de "*Cradle to Cradle*" (C2C) (Braungart & McDonough, 2015) em que se propõe uma produção que não gera resíduos, em ciclos fabris distintos a depender de finalidade e tipo de recurso utilizado: Ciclo Biológico (para matérias-primas de fontes renováveis) e Ciclo Técnico (para matérias-primas de fontes não renováveis) (Como pode ser observado na figura 3).

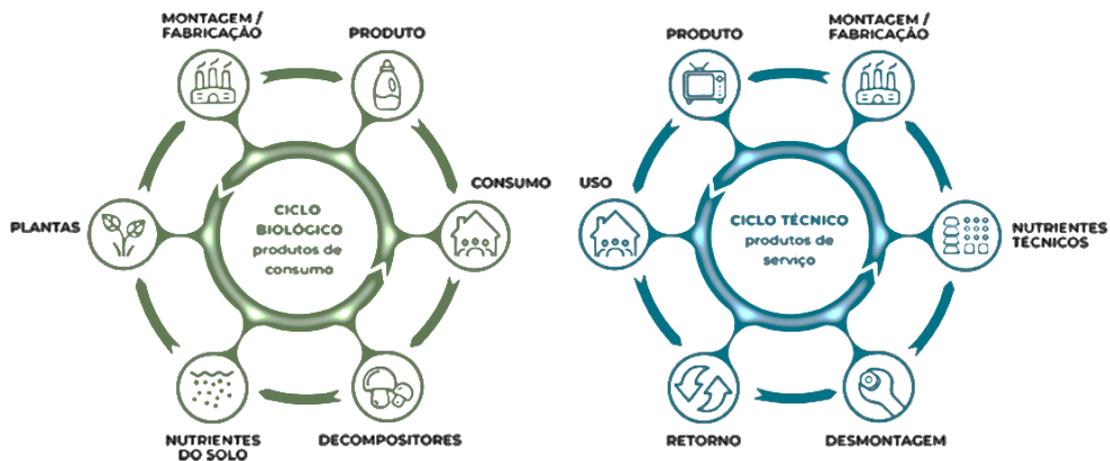


Figura 3: Sistema C2C

Fonte: (Braungart & McDonough, 2015)

Deste modo, o Ciclo Biológico, indicado a produtos feitos de recursos renováveis, são considerados Produtos de Consumo a percorrer o ciclo: Plantas; Montagem/Fabricação; Produto; Consumo; Decompositores; (que geram) Nutrientes do Solo; (e voltam a conceber) Plantas. Enquanto o Ciclo Técnico é indicado para produtos feitos de recursos não renováveis, e devem, portanto, ser maximizados seus tempos de vida e uso, considerados Produtos de Serviços a percorrer o ciclo: Nutrientes Técnicos; Montagem/Fabricação; Produto; Uso; Retorno; Desmontagem; (e voltam a conceber) Nutrientes Técnicos.

O pensamento pode ser adaptado para emprego nas Fibras Têxteis, uma vez que há a possibilidade de Reciclagem e Reuso destas, em se pensando nos descartes (Leonas, 2017). E neste sentido é preciso estabelecer nomenclaturas específicas para melhor percepção.

Os resíduos têxteis podem ser classificados em três tipologias (Leonas, 2017):

- 1) Resíduos Pré Consumo – que são resíduos (não necessariamente têxteis) gerados pelo fabricante e não chegam ao consumidor;
- 2) Resíduos Têxteis Pós-industrial – que são resíduos gerados durante/ao longo do processo de fabricação; e
- 3) Resíduos Têxteis Pós-consumo – que são resíduos gerados pelos consumidores, após uso e descarte (fios, tecidos ou roupas).

Nesta perspectiva, se estabelece, ainda, quatro diferentes abordagens de reciclagem de resíduos têxteis (Vadicherla & Saravanan, 2014):

- 1) Primária – reciclagem de descartes industriais (referente ao processo de coleta);
- 2) Secundária – processamento de um produto pós-consumo em nova matéria-prima;
- 3) Terciária – conversão de resíduos plásticos em monômeros químicos; e
- 4) Quaternária – incineração de resíduos para geração de energia.

Dentro deste espectro, a Reciclagem Têxtil difere-se do Reuso Têxtil, uma vez que para reciclagem é preciso um novo processamento, um processo de manufatura no material têxtil, estruturalmente, enquanto o reuso reintroduz o têxtil em outras variâncias, sem modificações estruturais (físico-químicas) (Leonas, 2017). No processamento para Reciclagem Têxtil há duas categorizações mais usadas: Reciclagem Mecânica e Reciclagem Química (Leonas, 2017).

A Reciclagem Mecânica (também chamada de física) envolve processamento que pode desenvolver tecidos, fios e/ou fibras que podem ser utilizados em novos produtos e é amplamente utilizada para fibras de origem natural, onde o processo é chamado de *garneting* (ou, processo de recomposição de fibras têxteis) (Leonas, 2017). Já a Reciclagem Química comumente processa resíduos coletados das indústrias, a utilizar fibras que podem ser recicladas quimicamente, como poliéster, poliamida e poliolefinas, através da repolimerização (semelhante ao processo de reciclagem de garrafas PET) (Leonas, 2017).

Para as fibras sintéticas, o processamento de reciclagem química já é um caminho bem resoluto e amplamente utilizado na indústria especializada, considera-se, portanto, um programa bem desenvolvido. Ao passo que para as fibras naturais, como algodão, seda e lã, estão ainda a encontrar seus caminhos para a reciclagem (Leonas, 2017).

Dessarte, alguns programas de reciclagem já bem estabelecidos, produções orgânicas e iniciativas notáveis devem ser trazidas à tona, como modo de perspectivar o quê está em uso na Indústria Têxtil em termos de sustentabilidade: reciclagem e produções mais ecológicas.

Um fator que pode ser determinante para maior sustentabilidade de uma fibra têxtil é o impacto socioambiental de sua produção e comercialização. Com isso, se pode pensar em produções mais Ecológicas, como Algodão Orgânico (cultivado harmonicamente com o ecossistema sem agrotóxicos e/ou modificações genéticas das sementes), Algodão Comércio Justo (*Fairtrade*) (certificação que garante o preço mínimo pago aos organizações e cooperativas produtoras e investimento do montante de venda em ações socioeconômicas às comunidades) e Lã Ecológica

(produzida em rebanhos que não passam por quaisquer tipos de crueldade/abuso animal); ou Recicladas, como Algodão reciclado (que misturado a outras fibras, a compor de 20% a 80%, apresenta novos materiais ou produtos), Lã reciclada (dadas as suas características de poder se recompor como fibra têxtil), Poliéster reciclado (a evitar o uso de recursos não renováveis e economia de energia, além da diminuição de emissão de gás carbônico) e Poliamida reciclada (na mesma visão do Poliéster); também podem ser de Produção mais Limpa, como Linho, Cânhamo, Urtiga e Juta (naturais), e *Tencel*® e *Lenzing Modal*® (artificiais); ademais, dentre as fibras sintéticas, Biopolímeros (criados parcial ou totalmente por insumos renováveis como milho, cana-de-açúcar ou óleo de rícino, em substituição ao petróleo, como o *Sorona*® (biopolímero PTT), o *Ingeo*® (biopolímero PLA) e o *Rilsan*® (biopolímero PA11) (Salcedo, 2014), esquematizado na figura 4.

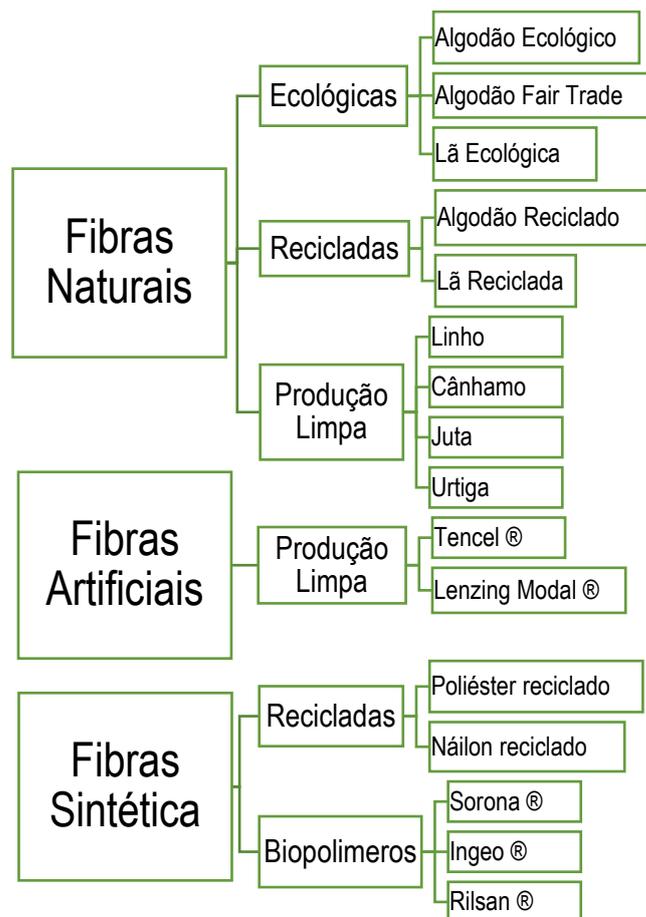


Figura 4: Produções de Fibras Têxteis de menor Impacto

Fonte: (Salcedo, 2014)

Apesar de bem estabelecido o sistema produtivo para a Lã reciclada, com práticas centenárias (Leonas, 2017), é preciso notabilizar que as características dessa reciclagem estão intimamente ligadas ao processo de *garneting*, onde produtos acabados (maioritariamente tecidos e roupas), normalmente de descarte de pós-consumo, são novamente transformados em fibras para serem refiadas, retecidas (ou retrecotadas) e, muitas vezes, reconfeccionadas (Berlim, 2012).

E dentro desta óptica, nota-se a falta de novos produtos têxteis que da reciclagem de resíduos pré-consumo e pós-industriais da lã sem a necessidade de transformação destes em novas fibras (ou fios), poupando energia e dando maior eficácia ao tempo, a sugerir, portanto, uma oportunidade científica a explorar (Puppim, Jordão, Arruda, Beduschi, & Broega, 2018).

A importância de se estudar possibilidades de inovação na lã, mesmo a tratar-se de uma fibra têxtil de uso milenar para vestuário (Pezzolo, 2007), deve-se às suas qualidades e características especiais, como a resiliência, o conforto e versatilidade de uso, capaz de produzir têxteis de aplicação ao vestuário, tapeçaria, decoração (como estofamento, por exemplo) e têxteis técnicos (Thompson & Thompson, 2013). Neste contexto, faz sentido expor de forma mais detalhada as características desta fibra, a partir do tópico seguinte.

2.2 Lã – Caracterização

Dentre as fibras de origem natural, a Lã é a principal e mais utilizada fibra têxtil com origem animal (Udale, 2009). Neste tópico, apresenta-se e caracteriza-se a fibra têxtil do ponto de vista comercial baseado nos: Relatórios setoriais do mercado têxtil (sob a óptica de venda e consumo); Caracterização da sua estrutura e principais propriedades físicas e químicas; e por fim sobre o seu ponto de vista dos processos de produção na Cadeia do Lanifício.

O mais recente Relatório de Mercado – Preferência de Fibras e Materiais, produzido pela Textile Exchange©, revela que a produção têxtil mundial do ano de 2019 foi de 111 milhões de megatoneladas, onde a fibra têxtil de lã (aqui considerando apenas as produzidas em gado ovino) correspondem, aproximadamente, a 1%, ou seja, a 1.07 milhão de megatonelada em volume total e representar um crescimento de aproximadamente 1% em relação ao ano de 2018 (Textile Exchange, 2020). Este dado destaca que, dentre as fibras têxteis e outras fibras de origem animal, a Lã continua a representar a mais comercializada das fibras animais, pois a

Seda corresponde à 0,16% da produção, outros tipos de pelos (como *mohair* e caxemira) à 0,05% e penugens e penas à 0,27% (Textile Exchange, 2020).

Na análise em retrospecto, nota-se que o século XX foi responsável por aumentar, percentualmente, a produção representativa de fibras sintéticas e artificiais face às fibras naturais (Pezzolo, 2007). Neste sentido, de 1990 a 2008, observou-se que o volume total na produção de lã diminuiu, gradativamente, de 1,93 milhão de megatoneladas (1990) para 1,07 milhão de megatoneladas (Textile Exchange, 2020). Porém, destaca-se que esta produção tem se mantido num patamar, com mínima variância, entre 1,06 milhão e 1,08 milhão, desde 2008 até o último relatório, referente ao ano/produtivo 2019 (Textile Exchange, 2020). A Produção Global de Lã de ovelha anual em milhões de megatoneladas (1990-2019) pode ser observada na figura 5.



Figura 5: Produção Global de Lã de ovelha anual em milhões de megatoneladas (1990-2019)

Fonte: (Textile Exchange, 2020)

Outra informação relevante no relatório é a projeção, em estimativa, de fibras para 2025 e 2030, onde há apontamentos dos crescimentos de números globais, catalisados pelo aumento (inclusive percentual) das fibras sintéticas e artificiais. Entretanto, deve sublinhar-se que, nas estimativas, o percentual global da produção de lã permanece em 1% invariavelmente. O que denota, por consequência, um aumento do volume específico em milhões de megatoneladas de lã (Textile Exchange, 2020).

Por fim, o diagnóstico destaca que mesmo que a produção bruta de lã tenham diminuído, numa análise de longa data (século XX), a participação de mercado de iniciativas pela sustentabilidade na lã (seja em produções orgânicas e/ou reciclagem) impulsionam o mercado à estabilidade de número gerais e tende a aumentar significativamente, até 2040, o que pode significar cerca de 90% das produções laneiras global (Textile Exchange, 2020).

Assim, compreendida a participação da lã no mercado de fibras, se resgata as características específicas da lã como material têxtil. Historicamente, sabe-se do uso da fibra de lã como material têxtil desde o período antes de Cristo (Pezzolo, 2007). Há testemunhos em passagens bíblicas que dão conta de descrever a convivência com carneiros, ovelhas e a própria lã:

“Damasco negociava contigo, por causa da multidão das tuas manufaturas, por causa da multidão de toda a sorte de riqueza, com vinho de Helbom e **lã branca**” Ezequiel, 27:18; “Havia um homem de Maom que tinha as suas possessões no Carmelo; e era esse homem muito poderoso, e tinha três mil ovelhas e mil cabras; e **estava tosquiando as suas ovelhas** no Carmelo” Samuel 25:2; “Busca **lã** e linho, e trabalha de boa vontade com suas mãos” Provérbios 30:13; “Fez também para a tenda uma acoberta de **peles de carneiros**, tintas de vermelho(…)” Êxodo 36:19 (BÍBLIA, 1999)

É sabido que a História revela que nos primórdios já era possível saber do Homem a criar ovelhas:

Na história da humanidade, assim como na história da tecelagem, os povos nômades sempre aparecem ao lado de carneiros. Na Idade da Pedra, o homem não só se alimentava da carne de carneiro como também usava sua lã como proteção e agasalho (Pezzolo, 2007, pp. 47-48)

Uma das descrições da fibra de lã pode ser encontrada na publicação “Tecidos: Histórias, Tramas, Tipos e Usos” de Pezzolo (2007):

A mais antiga fibra natural usada pelo homem com o passar do tempo foi se ampliando num imenso leque de variedades. Basta lembrarmos que, hoje, 1cm² de pele de carneiro pode abrigar de 1,2 mil pelos (para as qualidades mais grossas) a 9 mil pelos (para as mais finas) e que o comprimento dos filamentos oscila de 35mm a 350 mm, dependendo da espécie do animal. (...) Com toda essa diversidade, a pura lã continua sendo imbatível e com características que podem ser imitadas, mas jamais igualadas. (Pezzolo, 2007, p.47)

A autora descreve ainda que a fibra de lã permite a produção de uma ampla gama de produtos, com versatilidade, que podem ir de vestuário à decoração de casa (Pezzolo, 2007).

Já no livro “Tecidos e Moda”, escrita de Jenny Udale, se define lã como:

As ovelhas produzem lã para proteção contra intempéries, e essa lã pode ser tosquiada em certas épocas do ano e transformada em fios. (...) A lã é quente, ligeiramente elástica, mas não reage bem a temperaturas amenas (2009, p. 44)

Sequencialmente, Hallett & Johnston (Fabric for Fashion: The Swatch Book, 2012), delineiam as qualidades básicas da fibra têxtil de lã, a intitular esta como a melhor fibra natural camaleão, a incorporar muitas diversas características (p.33 – tradução do autor):

A lã pode ser satisfatoriamente macia, quente, aconchegante e sensual, ou áspera, resistente e funcional, enquanto sua elasticidade inerente permite que suas fibras mais finas pareçam lustrosas, elegantes e elegantes. Nossa relação com essa fibra histórica é quase tão antiga quanto a própria civilização, e as qualidades únicas da lã, termicamente responsivas e isolantes, permanecem tão relevantes hoje como em qualquer época da história. (Hallett & Johnston, 2012, p. 33 – tradução do autor)

Já no aspecto técnico, os autores caracterizam a fibra têxtil como:

O diâmetro da fibra é mensurado em microns e é o principal componente de determinação a categoria de classificação. Geralmente, qualquer uma abaixo de 25 microns é usada para roupas leves, enquanto classes intermediárias são usadas para agasalhos pesados e classes grossas são usadas em tapeçaria. (...) O quão mais fino for a fibra de lã, mais macio será o tecido ao toque. (Hallett & Johnston, 2012, p. 33 – tradução do autor)

Igualmente, Thompson & Thompson (Sustainable Materials, Processes and Production, 2013), designam a fibra da lã como de um caminho natural às questões de sustentabilidade, a avaliar a disponibilidade com nota 6 - alta (de zero a sete), durabilidade 6 - alta, reciclabilidade 3 – mediana – e biodegradabilidade 5 – média-alta (p. 85).

Descritivamente, os mesmos autores ressaltam:

Este material natural e renovável é colhido anualmente de ovelhas ao redor de todo o mundo. Dependendo da raça e de país de origem, a qualidade pode variar de grossa e resiliente à fina e confortável. Isto faz com que seja adequada para uma grande variedade de aplicações, incluso vestuário, estofamento e têxteis técnicos. (Thompson & Thompson, 2013, p. 84 – tradução do autor)

Percebe-se pelas descrições anteriores que se trata de uma fibra de característica de conservação térmica. E ainda, se valoriza a historicidade com que se tem uso como prática vestimentar de tecidos e malhas feitos com a fibra de lã, desde a antiguidade.

A fazer, agora, uma análise estrutural da fibra de lã, torna-se mais fácil a compreensão das suas características físico-químicas, bem como suas qualidades e propriedades em estruturas têxteis.

Com esse objetivo, começa-se por dizer que a lã é uma fibra proteica de origem animal, que normalmente se divide, para uma melhor compreensão, em: Ponta (extremidade mais fina), Eixo

(parte média) e Raiz (zona onde prende ao animal. A raiz possui uma espécie de bolbo, mais tenro que o caule, onde as células estão em formação (Araújo & Castro, 1986), conforme pode-se observar na figura 6.

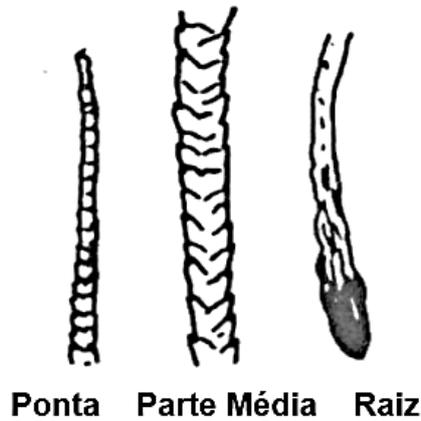


Figura 6: Estrutura da Fibra de Lã

Fonte: (Araújo & Castro, 1986)

A estrutura físico-morfológica da fibra de lã é de formação complexa (figura 7) e, divididas em três camadas – cutícula, córtex e medula – em que cada uma dessas camadas possui subdivisões (Araújo & Castro, 1986).

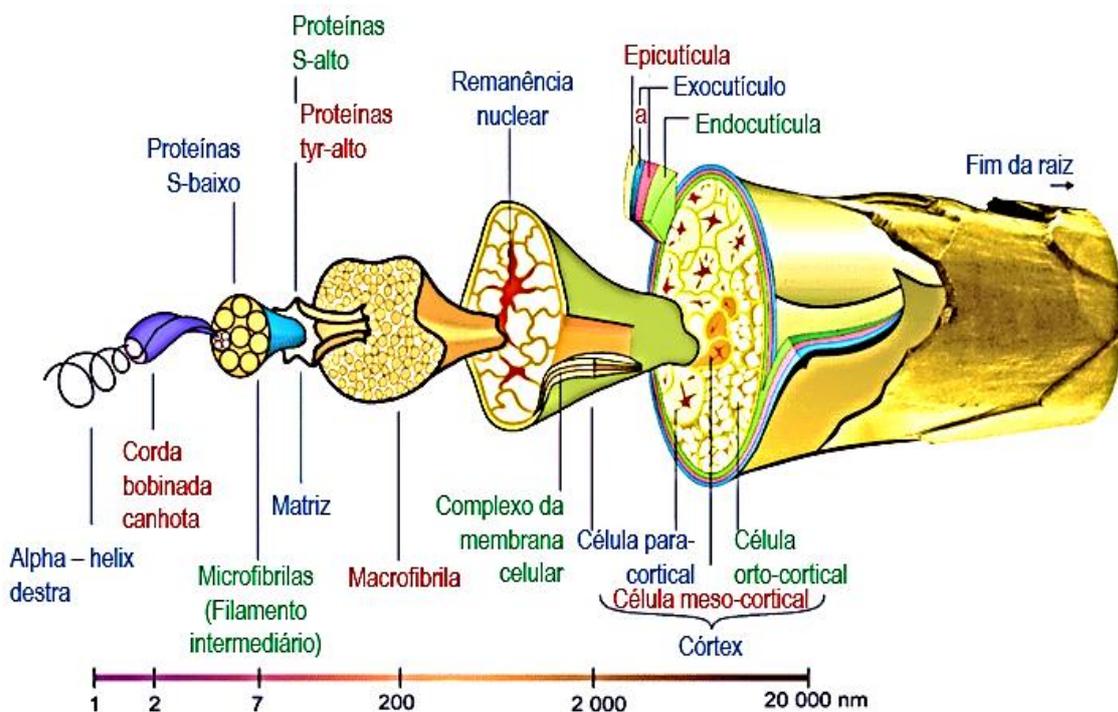


Figura 7: Estrutura da fibra de Lã Merino

Fonte: Traduzido e adaptado de (Caven, Redl, & Bechtold, 2018)

A camada mais exterior é chamada Cutícula é constituída por escamas finas com bordas rígidas e consistentes, em formato contínuo e sobrepostas, umas às outras, ao longo da fibra, direccionalmente da raiz para ponta, onde a camada mais externa se intitula epicutícula, que apresenta considerável resistência. Por de baixo desta camada, está exocutícula e, mais interior ainda, a endocutícula. Estas duas camadas mais internas possuem alta concentração de enxofre, em ligações cruzadas de Cistina, o que caracteriza alta resistência a ataques por reações químicas e/ou biológicas. A camada intermediária é a mais frágil, e entre elas existem as camadas intercelulares, que funcionam como amálgama, a reter as cutículas aos tecidos adjacentes (Araújo & Castro, 1986). Ressalta-se que essa característica física de cutículas fibrosas é comum de se encontrar noutros pelos e cabelos (humanos), como visível na figura 8.

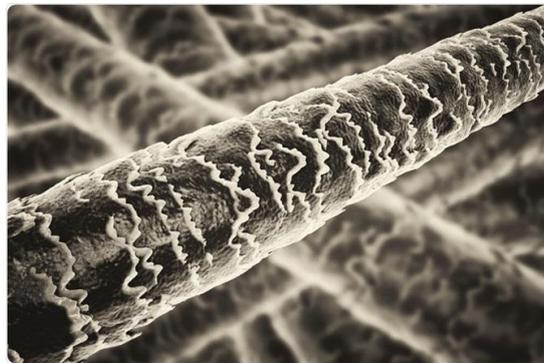


Figura 8: Visão microscópica de cabelo humano - característica de cutículas fibrosas

Fonte: (Robertson, 2019)

Já na figura 9, pode-se observar a seção longitudinal da fibra de pelo animal (lã, alpaca e caxemira) revestidas por escamas, em comparação com outras fibras como seda, linho, algodão e poliéster, de superfícies mais lisas.

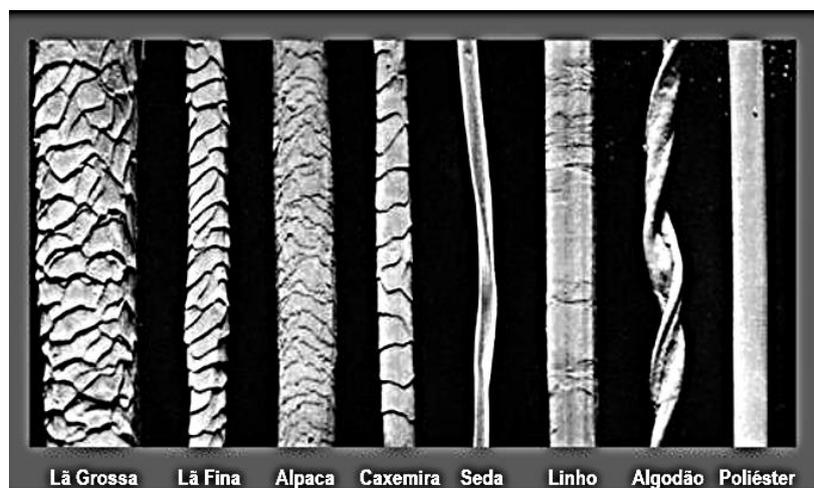


Figura 9: Estruturas longitudinais de fibras têxteis em microscópio

Fonte: Traduzido e adaptado de (Ella's Wool, 2016)

Cerca de 90% da composição da fibra são células corticais (pertencentes às camadas intermediárias), que se podem soltar, quando em contato com enzimas proteicas que as degradam ou atacadas por bactérias. Estas células, corticais, determinam a tenção, propriedades elásticas e a coloração da fibra de lã, as suas partes centrais são chamadas de microfibrilas.- estruturas com diâmetro médio de 7,5nm (Araújo & Castro, 1986). A uma escala mais micro das microfibrilas encontram-se as Microfibrilas, que possuem três *alpha-helix*, estrutura fundamental da Queratina (Araújo & Castro, 1986). Numa observação ampliada da fibra de lã, pode-se notar as cutículas em visão longitudinal e as células corticais na visão de seção transversal, conforme apresentado na figura 10.

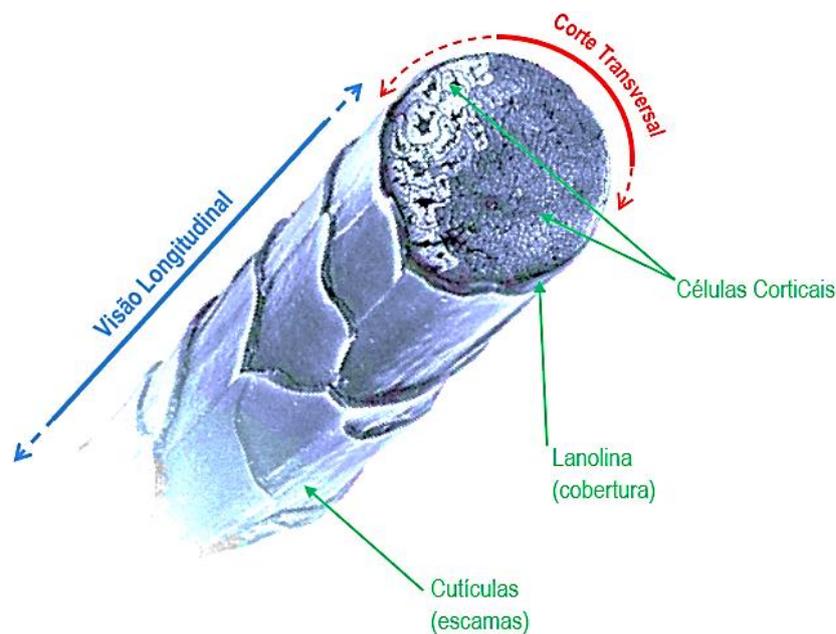


Figura 10: Representação de Visão Longitudinal e Corte Transversal

Fonte: Traduzido e adaptado de (Klein, 2012) e (Terralana.co.nz, s.d.)

Referentemente às propriedades físicas da lã, nota-se que: as fibras de espessuras finas e medianas expõem brilho superior às de espessura grossa, a estabelecer relação direta de espessura com brilho/lustro (Araújo & Castro, 1986). Em termos de cores, a fibra mais comum é branca (ou levemente amarelada), mas também podem ir do tom acastanhado ao preto, normalmente a fibra de cor branca, está associada a uma melhor qualidade; a tenacidade da fibra varia de 1,0 a 1,7 grama força por denier (gf/d) em estado seco, e de 0,7 a 1,5 gf/d a húmido; sua resiliência é excepcional, ou seja, recupera a sua forma original após sessar o teste de carga ou força (pressão, dobra ou amarrotamento); é muito flexível (elasticidade), com grande potencial de fiabilidade, devido à ondulação natural da fibra; tem um toque macio e confortável, com bons índices para retenção de vapor de água; possui um comportamento higroscópico –

comum às fibras de pelo (absorção e desabsorção com facilidade); devido ao alto índice de absorção e à sua estrutura química, funciona bem com corantes e acabamentos funcionais têxteis.

Quanto ao comportamento físico-térmico (SENAI-SP, 2014): desenvolve aspereza à 100°C, se decompõe à 135°C e deve ser passada à ferro em 150°C; além de (Araújo & Castro, 1986): enfraquece a fibra com longo tempo de submersão em água quente; e se desintegra (em forma de carvão) acima de 300°C.

Já nas propriedades químicas da lã, é possível observar que (Araújo & Castro, 1986): tem capacidade de exposição atmosférica para os fins práticos, a poder haver deterioração gradual em longas exposições, a gerar descoloração (tom amarelado), que dificultaria seu tingimento; é vulnerável à ação de microrganismos; resiste à ácidos diluídos a frio, e degrada e decompõe no contato com ácidos minerais concentrados (sulfúrico e nítrico); não se danifica com solventes orgânicos utilizados para limpar. Se adenda, ainda (SENAI-SP, 2014): se decompõe com álcalis fortes (e é atacada com álcalis fracos) e não resiste à mofo (fungos filamentosos).

Sua composição estrutural (Química) permite que o processo de ultimação (acabamento) de feltragem, muito comumente aplicado à produtos em lã, aconteça com contato com solução aquosa ácida (como de ácido sulfúrico - H_2SO_4) pelo processo químico de hidrólise ácida, onde as moléculas das fibras de lã são fragmentadas, a poder ser catalisado por temperaturas maiores que 30°C e menores que 80°C (a controlar tempos mais curtos do processo), auxiliados pelo atrito entre as fibras, e com a secagem em temperatura ambiente na posição horizontal, potencializam o adensamento entre as fibras, a reconfigurar a estruturação química (quebra e liberação de queratina e ácidos graxos das fibras) e estruturação física (feltrada – compactada e mais resistente) (Erhardt, Blumcke, Burger, Marklin, & Quinzler, 1975).

O processo de produção de lã é longo e complexo, a ser a tosquia uma das primeiras etapas do processo de produção laneira. A cadeia produtiva da fibra de lã, poderá ter pequenas variâncias no seu processo, no entanto, a *International Wool Textile Organisation* (IWTO) descreve como modelo geral o apresentado na figura 11. A IWTO é uma Organização Internacional de associados de empresas e especialistas têxteis em lã, que subsidia Investigações Científicas na área de Lã e emite pareceres e relatórios técnicos e de produção de toda a cadeia do lanifício.

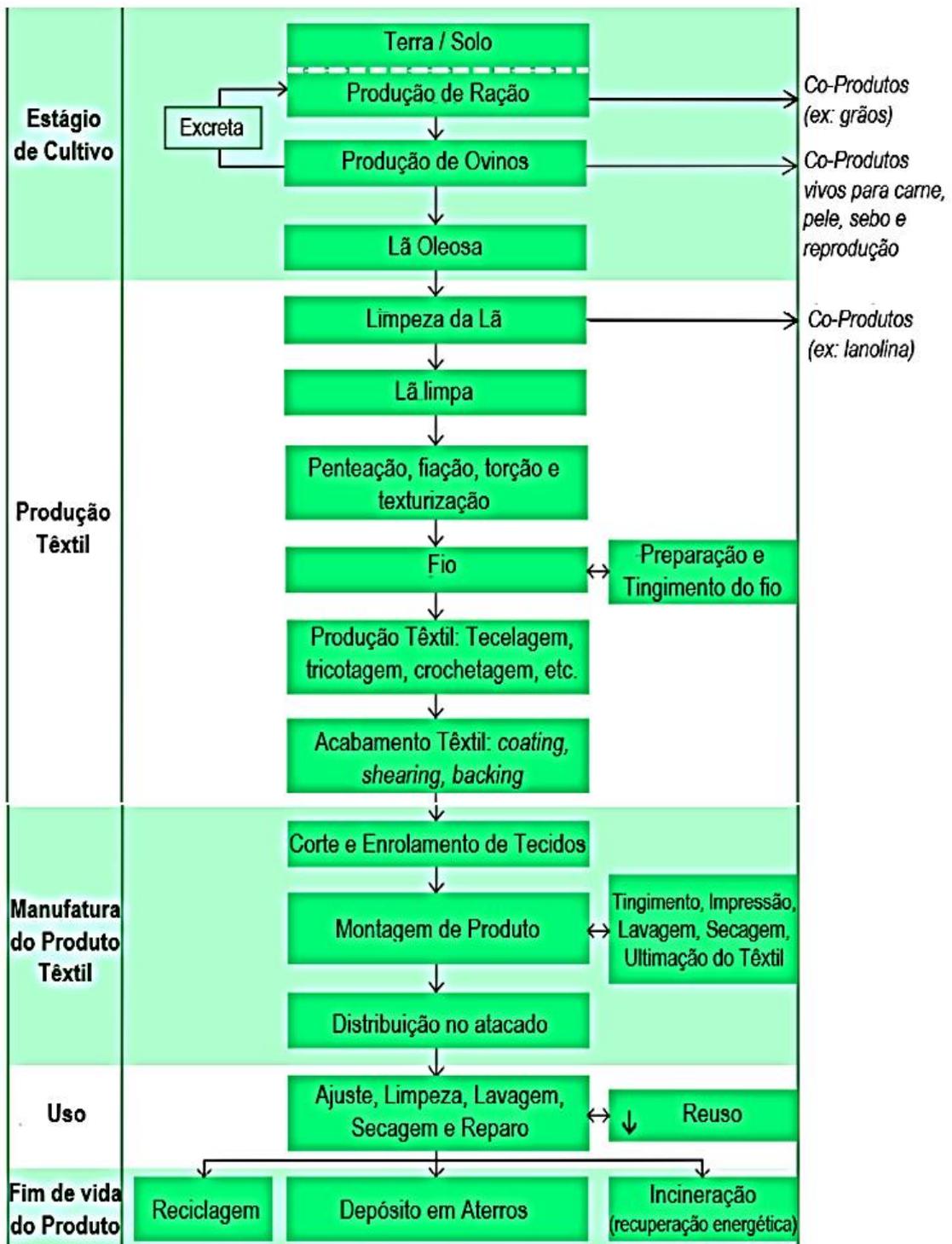


Figura 11: Fluxograma do sistema de produção Ovina de Lã

Fonte: Traduzido pelo autor e adaptado de (IWTO, 2016)

Como se pode verificar pela esquematização apresentada (IWTO, 2016), a cadeia produtiva do lanifício vai muito além da simples obtenção da lã, resumidamente, esta contempla os estágios deste processo produtivo: Cultivo; Produção Têxtil; Manufatura de Produto Têxtil; Uso; e Fim do ciclo de vida do Produto.

A primeira fase – Cultivo – contempla atividades ligadas à área de Ciências Agrárias (com cuidado do solo e cultivo de rações que irão alimentar o gado ovino) e de Medicina Veterinária (relacionada aos cuidados e saúde dos animais, bem como sua própria reprodução animal). Esta fase produz coprodutos da cadeia produtiva, que contemplam o sector alimentar com a produção de carne e lácteos (que produzem alimentos e bebidas à base do leite ovino) e o sector da têxtil e dos curtumes (fibras, pele animal e sebo).

A segunda fase, Produção Têxtil, que trata a fibra de lã, a preparar a sua limpeza, por lavagem (nesta etapa, se produz a Lanolina, como coproduto para a Indústria Cosmética). A partir da lã limpa, inicia-se o processo de preparação da fibra até a obtenção do fio. Nesta fase dão-se uma série de processos que permitem fazer a individualização e paralização das fibras (através da tecnologia de Cardação), assim como a exclusão de fibras curtas (pela tecnologia de Penteação); segue-se a Fiação propriamente dita, para obtenção do fio com um determinado título (número de fibras por secção) e a Torção (em voltas/metro linear) (Araújo & Castro, 1986).

Com o fio pronto, este sofre um processo de preparação (bobinagem) e segue para tingimento, ou em estado cru, e de qualquer das formas segue seu processo para Produção Têxtil: tecelagem, tricotagem ou outras técnicas têxteis. Em seguida, faz-se o processo de ultimção, nomeadamente lavagem, acabamentos de batanagem, e eventualmente tingimento e tesouragem. Por fim, os Acabamentos Têxteis, com o objetivo de melhorar o aspecto como “brilho”, “homogeneidade de coloração”, o toque e pode também receber acabamentos especiais como “repelência à água”, “acabamento de anti-feltragem”, etc.

A terceira fase é de Manufatura de Produto Têxtil, propriamente dita, em que a matéria-prima têxtil é recebida e confeccionado o produto Têxtil-Vestuário. O processo começa, possivelmente, por um primeiro controlo de qualidade da matéria-prima recepcionada, para identificar e marcar possíveis defeitos. A diante, se efetua a Montagem do Produto, que pode ser chamada de Processo Produtivo da Confecção/Vestuário sintetizado (Fischer, 2010) – exclui-se as etapas de planeamento/projetual, a se concentrar na parte produtiva/industrializada: enfesto, risco, corte,

costura/montagem, apliques/acabamentos, etiquetagem, controlo de qualidade e remate, para poder passar para embalagem e expedição. Na etapa de Montagem podem ocorrer, ainda, os processos de Tingimento (após a peça confeccionada), Impressão, Lavagem, Secagem e/ou Ultimação com efeitos específicos. Por fim desta fase, há a distribuição para o comércio de retribuição (em atacado) ou lojas próprias (varejo).

É comum que esta fase da Manufatura de Produto Têxtil conte com Designer(s) de Moda, e/ou estilista(s), e/ou modelistas e/ou costureiros (e outras variedades de profissionais afins), que podem ter formação de nível superior, de nível técnico ou apenas experiência profissional na área.

A quarta fase se distingue das demais por que pode, basicamente, englobar todas as pessoas de um modo geral, afinal o vestir-se é uma prática humana comum, à todas as culturas e países (Mendonça, 2006). Esta fase é chamada de Uso do Produto Final e envolve ações pessoais como tarefas de: Ajustar, limpar, lavar, secar e reparar, até o descarte final. Pode-se, ainda, nesta fase, privilegiar o reuso de produtos têxteis e/ou do vestuário, ao fazer alterações para se adequar a peça à novos gostos e modas ou fazer troca com amigos e/ou feiras especializadas (Brown, 2010). Após uso (e reuso, se for o caso) o produto seguirá para descarte, na etapa final e até uma próxima etapa. Esta fase de uso pode não exigir profissionais de capacitação técnica para realização, pois são consideradas dentro da gama de serviços domésticos, cotidianos a maioria da população (Fischer, 2010).

A quinta, e última, fase consiste no Fim da Vida do Produto, como o descarte da peça de vestuário ou do produto têxtil. As etapas nesta fase não são sequenciais, mas alternativas. O desfazer pode ser: alargador do tempo de vida da matéria-prima com a alternativa de Reciclagem desta; ou, como acontece na maioria dos casos, deitados ao Aterro Sanitário ou Lixão (a depender das condições estruturais da cidade); ou, incinerado, a gerar energia eléctrica através do calor produzido na queima.

Ressalta-se que, no fluxograma supra descrito, se excluiu entradas e saídas (*inputs* e *outputs*) de outros insumos e matérias-primas, bem como vetores (energia eléctrica, água, calor etc.) e emissões (ruidos, calor, vapor, líquidos, resíduos, rejeitos etc.) (IWTO, 2016).

2.2.1 Reciclagem de Lã e Produção *Animal Friendly*

Se bem conservado e seguidos cuidados com lavagem, secagem e armazenamento, as fibras de lã retêm propriedades e qualidades por muito tempo, motivo pelo qual, esta fibra têxtil tem propensão, e é vocacionada, para a reciclagem, como feito a mais de um século (Leonas, 2017).

A reciclagem de lã é um contributo em favor da Sustentabilidade, quando observado o fim do ciclo produtivo (descarte/eliminação), mas também se pode pensar noutras etapas do processo produtivo, de modo a intensificar, ainda mais, os atributos sustentáveis da produção, como no berço do processo produtivo do lanifício, em modo mais orgânico e harmônico à criação do gado ovino (produção *Animal Friendly*). Estes aspectos são tratados neste tópico.

A prática recorrente para a reciclagem de lã pode ser descrita como em duas possibilidades (Ravasio & Rodewald, 2018): a) com descartes de peças de vestuário (e produtos têxteis), para a reciclagem de produtos pós-consumo; b) resíduos de pós-produção – ou pré-consumo (Leonas, 2017) –, como retalhos e aparas de materiais têxteis.

Para o processo de reciclagem de produtos pós-consumo, se faz necessário a entrega destes materiais por consumidores/usuários, quando não mais desejados (motivação diversa) que pode ocorrer diretamente em empresas especializadas na reciclagem têxtil ou pontos de coletas (containers/lixeiros especificadas), que, posteriormente distribui à estas empresas ou cooperativas e associações locais (Jordão, Broega, Puppim, & Marques, 2019). Neste processo: a primeira fase é do recebimento pelo carregamento dos pontos de coletas ou de alguma associação responsável (se a empresa for especializada em reciclagem de lã ou de outra fibra têxtil, irá só receber deste tipo de material); depois, se separa e reserva o material, em distribuições por qualidade e cores (a poder incluir também o material/tipo de fibra, se não for para empresa especializada); depois, se prepara a produção, em lotes das variedades separadas anteriormente, e os mesmos passam, separadamente, por retirada de identificação de empresas ou marcas registradas; assim, as guarnições separadas por cor e qualidade do material estão prontas para processamento (Ravasio & Rodewald, 2018) (visto na parte de cima na figura 12).

Já no processo para pós-industriais, se receber os resíduos de indústrias têxteis e vestuários, em retalhos ou aparas não reintroduzidos na produção (motivação diversa). Neste, repete-se as fases do outro processo, exceto o de descaracterização de marcas, pois (normalmente) este resíduo não tem identificação (Ravasio & Rodewald, 2018) (parte intermediária da figura 12).

Em seguida, os materiais são esfarrapados e transformados em filamentos/fibras (ou em *garneting*, vide Leonas, 2017); se pode necessitar, a depender dos produtos, de nova separação de cores (em produtos com fibras/fios/tecidos/malhas em cores diferentes); posteriormente, as fibras podem ser tingidas ou mescladas (para confeccionar um produto em misturas de cores); na sequência, os lotes (tinto ou mesclado) estão prontos para cardagem, feita em seguida; então, se faz a fiação, a armazenar fios em cones ou bobinas; a diante, se concebe o produto têxtil, por tricotagem ou tecelagem; enfim, se confecciona o produto têxtil, como uma peça de vestuário (Ravasio & Rodewald, 2018). Esta fase conclusiva pode ser vista na parte inferior da figura 12.

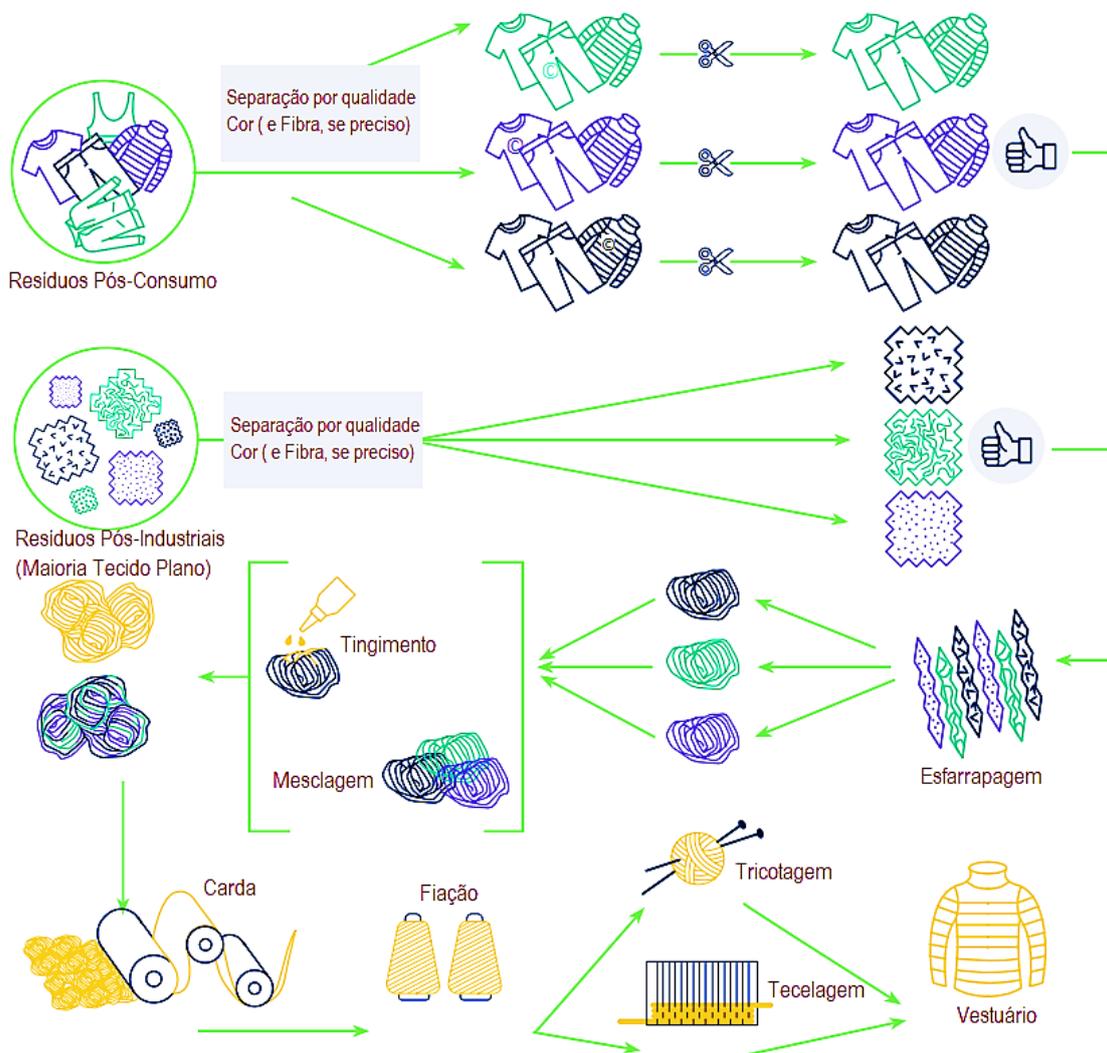


Figura 12: Processo de Produção de Lã Reciclada; Para Produtos Pós-Consumo (Parte Superior); Para Produtos Pós-Industriais (Parte Intermediária); e Para Processamento pós separação (Parte Inferior)

Fonte: Traduzido e adaptado de (Ravasio & Rodewald, 2018)

A necessidade de se estabelecer sistemas para a reciclagem de lã pode ser percebida pela avaliação dos impactos ambientais específicos para esta fibra têxtil. Thompson & Thompson (2013) avaliam que para cada quilograma de lã processado (para se fazer fios, tecidos e malhas): o gasto de energia é baixo (com avaliação de 2, numa escala de zero a 7); o gasto de recursos é baixíssimo (com avaliação de 1, mesma escala); a poluição ambiental é média-baixa (avaliação 3); e o desperdício – ou geração de resíduos – é média-baixa (avaliação 3). Neste sentido, os autores apontam que a comum prática de reciclagem de fibra de lã é um bom parâmetro, já estabelecido, para tornar os impactos ambientais amenizados, em especial o fator avaliativo “geração de resíduos” (Thompson & Thompson, 2013).

Em dados mais quantitativos, o lanifício (para fibras de lã) demanda 4 litros de água para cada 1 quilograma de lã produzida (inclusive o processo de lavagem), a significar um impacto menor (por se gastar menos) que a produção de fibras sintéticas, como náilon (Thompson & Thompson, 2013).

Dessarte, se destaca que a revisão das diretivas para resíduos na União Europeia, previsto para finalização até 2025, prevê como mandatório a coleta separada para têxteis, pois, até a data, resíduos de bases têxteis são considerados resíduos genéricos (Ravasio & Rodewald, 2018).

Outro dado importante na questão de reciclagem de lã, em comparativo à outras fibras, é o fator económico:

O extrato de reciclagem de fibra de lã em malhas permanece uma matéria-prima relativamente valiosa devido à compatibilidade com a fabricação de fios de lã. (...) um fardo de suéteres de lã de várias cores, na Europa, foi negociado por cerca de 350 libras esterlinas por tonelada (ou, 0,35 libras/kg) por volta de 2016. Isso em comparação com 87,5 libras por tonelada (ou, 0,0875 libras/kg) para um fardo de sintéticos mistos. (Ravasio & Rodewald, 2018) (Tradução do Autor)

Apesar da lã convencional predominar no mercado de vendas desta fibra, os sistemas de reciclagem de lã são peça-chave para aprimoramento na pegada ambiental do sector, mesmo que a participação no mercado, da lã reciclada, ainda seja tímida, em volume e percentualmente, seus impactos e potencialidades são muito altos (Textile Exchange, 2020).

Para a lã reciclada, a contar também os seus processos produtivos, existem selos e certificações específicas, que ajudam a garantir para os compradores, consumidores e usuários a veracidade do processo de reciclagem (Puppim & Beduschi, 2018). Dentre eles, se sobressai o *Global Recycled Standard* (GRS), *Recycled Claim Standard* (RCS) e selo *Cardato Recycled*.

A certificação GRS, na modalidade de verificação da fibra de lã, exige, em sua avaliação: a rastreabilidade da cadeia produtiva, a ser averiguada por um órgão certificador terceirizado (que não a própria empresa); evidenciar os sistemas para gerenciamento ambiental, para químicos e para desperdícios de água da empresa, que contenham demonstrativos do gasto de energia, gasto de água, desperdícios de água e efluentes, além de emissões atmosféricas (Ravasio & Rodewald, 2018) (Apud. GRS/RCS, 2017). Os selos de certificação GRS podem ser: com indicador do percentual de fibras de reciclagem, desde que tenham de 50% a 95%; ou, sem indicador percentual, desde que seja constituído de 95% a 100% (Revasio & Rodewald, 2018).

Já a certificação RCS, para produtos de lã reciclada, mensura, também, a rastreabilidade da cadeia produtiva, com comprovativo de certificação externa e seus selos certificadores são chamados de: RCS *Blended*, para produtos que contenham de 5% a 95% de lã reciclada; e RCS 100, para materiais que sejam constituídos de fibra de lã reciclada entre 95% e 100% (Revasio & Rodewald, 2018).

Enquanto a certificação *Cardato*, em seu processo avaliatório, demanda: divulgações próprias das empresas sobre os parceiros e fornecedores de sua cadeia produtiva, com impactos especificados no momento da auditoria; certificação de Sistema de Gestão geral (como a ISO9001) por, pelo menos, 5 anos; medição de impactos ambientais de toda a cadeia produtiva, especificamente para água, energia e consumo de gás carbónico (Ravasio & Rodewald, 2018) (Apud. Cardato, 2015). A certificadora italiana emite dois tipos de selos: um que especifica o percentual de lã reciclada, e que tenha entre 65% e 100%; e outro, que seja, exclusivamente, de produção no Distrito de Prato, na Itália (Revasio & Rodewald, 2018).

O outro aspecto a ser introduzido neste tópico é sobre as produções mais limpas do lanifício. Dessarte, se acredita vivenciarmos um momento transitório, dado o crescimento e projeções mercadológicas para manufatura de lã ecológica, com ações de produção responsável e produção orgânica (Textile Exchange, 2020).

Se pode dizer que a Lã Orgânica, enquanto nicho mercadológico, já é bem estabelecida, mesmo que sua exigência, como preferência, seja feita em menos de 1% dos negócios (Textile Exchange, 2020). Neste modelo sistêmico, verifica-se os padrões de produção orgânicas das fazendas onde está o gado ovino (como a não utilização de agrotóxicos e pesticidas mais agressivos) e se verificam aspectos ambientais, sociais e produtivos (Textile Exchange, 2020). Outro fator

adicionado mais recentemente como critério para a Lã Orgânica é a não prática do *mulesing* nas ovelhas (Textile Exchange, 2020). Esta prática é o processo da tosquia para remoção de pelos e pele na região das nádegas dos ovinos, que pode causar: dor, a durar dias, e ferimentos, a durar semanas; experiência da sensação de medo aos animais, a poder lembrar do tosquiador por até 5 semanas; estresse, perda de peso e depreciação da condição geral, e tem sido associado com o aumento da mortalidade animal; estado de choque, por conta da intensidade da dor; ineficiência ao seu objetivo originário – evitar insetos, infecções e parasitas (Preuss, 2019).

Tradicionalmente, a proibição do *mulesing* é uma exigência no processo da Lã Responsável (ou, também chamada de *Animal Friendly*). Neste sistema, além de observar as questões ambientais, sociais e produtivas, se verifica a manejo e gerenciamento de uso da terra e do solo nas fazendas, onde se encontram os ovinos, bem como a checagem do bem-estar animal, além de melhores práticas no manejo e proteção das pastagens (Textile Exchange, 2020). Deve se celebrar o facto de que, de 2017 a 2019, o número de fazendas produtoras de Lã Responsável, certificadas pela *Responsible Wool Standard*, cresceu de 95 para 745, e o número de locais de processamento de Lã Responsável, também pelo RWS, aumentou de 55 para 343 (Textile Exchange, 2020). Um dos critérios primordiais para o bem-estar animal são as chamadas 5 Liberdades:

- **Liberdade de não ter fome ou sede**, por acesso imediato a água potável e uma dieta para manter a saúde e o vigor; - **Liberdade de não sentir desconforto**, proporcionando um ambiente adequado, incluindo abrigo e uma área de descanso confortável; - **Liberdade de não sentir dor, lesão ou doença**, pela prevenção ou diagnóstico e tratamento rápidos; - **Liberdade de expressar o comportamento normal/habitual**, fornecendo espaço suficiente, instalações adequadas e companhia da própria espécie do animal; e – **Liberdade de não ter de medo e angústia**, garantindo condições e tratamentos que evitem o sofrimento mental. (FAWC, 2012) (Tradução do autor)

Portanto, um elemento fundamental da Lã Responsável, além da Sustentabilidade, é a Ética, a englobar a conduta com o animal e o meio ambiente (Schulte, 2015). E, deste modo, se observam entidades e órgãos que avalizam a Lã Ecológica, seja Responsável e/ou Orgânica, com emissão de selos e certificações, como a *Global Organic Textile Standard* (GOTS), *Organic Content Standard* (OCS) e a *Responsible Wool Standard* (RWS).

A certificadora GOTS exige que as candidaturas à selos de têxteis orgânicos cumpram integralmente os elementos de inspeção:

Revisão para verificar o fluxo de bens (conciliação de entradas e saídas, cálculo de balanço de massa e rastreamento de lotes e remessas); Avaliação do sistema de processamento e armazenamento através de visitas às instalações aplicáveis; Avaliação do sistema de separação e identificação e apontamento de eventuais áreas de risco à integridade orgânica; Inspeção dos insumos químicos (corantes e auxiliares) e acessórios utilizados, além de avaliação da sua conformidade com os critérios aplicáveis do GOTS; Inspeção do sistema de (pré-) tratamento de águas residuais dos processadores à água e avaliação de seu desempenho; Checagem dos critérios sociais (possíveis fontes de informação incluem entrevistas com a administração, entrevistas confidenciais com trabalhadores, documentos pessoais, inspeção física no local, sindicatos e/ou partes interessadas); Verificação da política do operador sobre avaliação de risco de contaminação e teste de resíduos, que inclui teste de amostras aleatórias (opcional) e teste de amostras colhidas em caso de suspeita ou não conformidade manifesta (obrigatório). (GOTS, 2020)

Dentre os critérios GOTS para certificação, estão instrumentos avaliáveis, como: Fibras Orgânicas; Critério Ecológico e Social; Todos os Estágios de Processamento; Certificação Terceirizada (GOTS, 2020). Os selos GOTS possuem quatro âmbitos (GOTS, 2020): 1) Certificação de operações de processamento e fabricação de têxteis mecânicos e seus produtos; 2) Certificação de operações de processamentos à água e acabamento e seus produtos; 3) Certificação de operações comerciais e produtos relacionados; e 4) Aprovação de agentes auxiliares têxteis (insumos químicos) em listas positivas. Se ressalta ainda, que a certificadora demonstra o extrato de empresas que possuem seus selos: Certificação 1 – 16 empresas; Certificação 2 – 16 empresas; Certificação 3 – 16 empresas; Certificação 4 – 9 empresas (GOTS, 2020). Se pode, ainda, sintetizar as frentes de atuação da GOTS em: cadeia de custódio, rotulagem/etiquetagem, campo químico, campo ambiental e campo social (Textile Exchange, 2020).

Já a certificadora OCS simplifica que têm como missão de três principais aspectos avaliativos: Fornecer à indústria uma ferramenta para verificar o conteúdo orgânico dos produtos eles compram; fornecer às empresas uma ferramenta confiável para comunicar reivindicações de conteúdo cultivado organicamente para a indústria; e fornecer aos agricultores orgânicos amplo acesso ao mercado global orgânico para seus produtos (Textile Exchange, 2020). Tal qual o GOTS, se exige na parte pré-processamento os Padrões Orgânicos de Fazenda, e sua atuação fica mais concentrada, em etapas de cadeia de custódio (nesta certificadora entendida como sistema produtivo) e rotulagem/etiquetagem (Textile Exchange, 2020).

Ao passo que as certificações emitidas pela RWS, exigem a verificação das 5 liberdades animais, delineiam a rastreabilidade de toda cadeia produtiva (do animal ao consumidor) em auditorias terceirizadas em cada etapa da cadeia produtiva, e visam proteger a saúde do solo, a

biodiversidade e as espécies nativas (Textile Exchange, 2020). Na RWS, a cadeia de custódia é percebida como envolvente de todos os processos: produção, rotulagem/etiquetagem, campo químico, campo ambiental e campo social. Além disso, é a única, dentre as aqui destacadas, que avalia padronização na etapa pré-processamento, a checar bem-estar animal e gerenciamento da terra/solo (Textile Exchange, 2020).

A ser considerada uma das mais importantes certificações, a RWS divide seus selos por etapas do processo: Fazenda (criação ovina); Parte superficial (em processos de lavagem e limpeza, como preparação das fibras de lã); Fiação; Fabricação Têxtil (Tecelagem e Malharia); Fabricação de Vestuário (Confecção); Marcas e Varejistas (Textile Exchange, 2020). Os parâmetros da RWS são extremamente relevantes nesta pesquisa por se tratar de uma certificação específica para produtos de Lã.

Para uma melhor percepção das áreas e segmentos de atuação das certificadoras de Lã reciclada e de Lã ecológica (responsável e orgânica), anteriormente já apresentadas, se pode observar a figura 13.

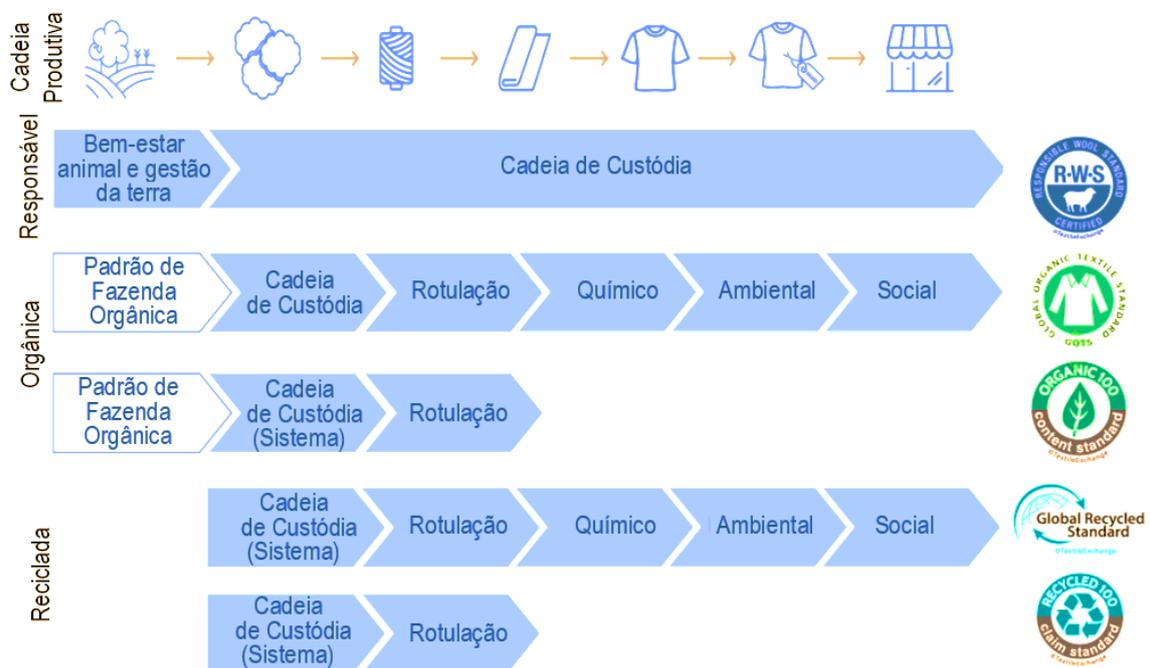


Figura 13: Padrões e critérios de certificação da Lã responsável, orgânica e reciclada

Fonte: Traduzido e adaptado de (Textile Exchange, 2020)

Se salienta que em toda Europa, não existem fazendas certificadas com o selo RWS, dado que, até 2019, as 745 fazendas com certificação eram distribuídas, por países: 469 da África do Sul,

109 na Argentina, 94 no Uruguai, 69 na Austrália, 3 na Nova Zelândia e 1 nos Estados Unidos da América (Textile Exchange, 2020).

Deste modo, é possível notar a, ainda, não relevância de Portugal nos dados apresentados de possibilidades de potencializar a sustentabilidade da Lã, de modo reciclado e/ou orgânico. Fato este que corrobora com a justificativa pela Lã, além dos já citados critérios mercadológicos e económicos que, por si só, já salientam, com robustez, este sector específico da cadeia têxtil.

2.3 Pesquisa Sistematizada de Base de Dados

Ao analisar os aspectos de industriais, de mercado e de comércio da fibra de Lã, se tende a precisar, então, de outro foco de perspectiva: a pesquisa científico-acadêmica desta temática. Portanto, se apresenta neste tópico a Pesquisa Sistematizada de Base de Dados, a colher e apresentar informações pertinentes ao escopo desta pesquisa, no que tange a publicações científicas que envolvam o objeto de estudos. A parametrização desta Pesquisa envolveu alguns critérios, em aspecto técnico-científico, com adaptações às especificidades da área e do objeto:

- Recorte de Tempo: Publicações realizadas nos anos de 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021.
- Tipo de Publicações: Artigos científicos e relatórios técnicos.
- Língua de escrita: Inglês e Português.
- Forma de Publicação: Digital.
- Área de Publicação: Têxtil, Engenharias, Materiais, Design e Moda.
- Termos pesquisados: Dividida em dois grupos, que foi feita análise combinatória –
 - Grupo 1: Lã, Fibra Têxtil de Lã, Ovelha, Ovino (e variações, em Língua Inglesa)
 - Grupo 2: Sustentabilidade, Sustentável, Eco, Ecológico, Reciclado, Reciclagem, Produção Limpa, Produção Verde, Reuso, Reaproveitamento, Reutilização (e variações, em Língua Inglesa)

Portanto, tais definições tornaram a escolha das base de dados mais facilitada e assertiva, uma vez que os critérios já foram diretivos. Se ressalta que o recorte temporal foi feito a partir das premissas apontadas como de práxis científica habitual (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Deste modo, se elegeu três bases para sistematização, após análise preliminar (vide tabela 1):

- 1) *The AUTEX Journal* (Revista Científica)
- 2) *Fashion & Textiles* (Revista Científica)
- 3) *Textile Research Journal* (Revista Científica)

Tabela 1: Levantamento Preliminar de Bases de Dados

	Nome da Base	Tipo de Acesso	Periodicidade	Língua(s)	Indexação (H Index)	Observação
1	<i>The Textile Society Journal</i>	físico / pago (não membros)	Anual	<i>English</i>	-	<i>Não publica desde 2016</i>
2	<i>AUTEX Conference Proceedings</i>	físico e online / pago	Anual	<i>English</i>	-	<i>Conferência</i>
3	<i>AUTEX Journal</i>	online / <i>Open Access</i>	Volume Anual (Vários <i>Issues</i>)	<i>English</i>	H Index (28)	
4	<i>Textile Institute World Conference Proceedings</i>	físico / pago (não membros)	Bienal	<i>English</i>	H Index (36)	<i>Congresso mais antigo</i>
5	<i>Fashion & Textiles</i>	online / <i>Open Access</i>	Anual / + <i>Special Issues</i>	<i>English</i>	H Index (10)	<i>Mais voltado às Humanas</i>
6	<i>Textile Research Journal</i>	online / pago (não membros)	Volume Anual (Vários <i>Issues</i>)	<i>English</i>	H Index (74)	<i>Maior fator de Impacto</i>
7	<i>Textile Progress</i>	online / pago	Volume Anual (Vários <i>Issues</i>)	<i>English</i>	H Index (20)	
8	<i>Revista Industria Textila</i>	online / pago	Anual	<i>English</i>	H Index (12)	
9	<i>Journal of Textile Engineering</i>	online / pago	Volume Anual (Vários <i>Issues</i>)	<i>English</i>	H Index (13)	
10	<i>Clothing & Textile Research Journal</i>	online / pago	Volume Anual (Vários <i>Issues</i>)	<i>English</i>	H Index (32)	

Essa escolha levou em conta, ainda, como método, a relevância acadêmico-científica de tais publicações, bem como as respectivas acessibilidades para o formato virtual e custeio (*Open Access*) e as diferentes formas de abordagem da área Têxtil. As três plataformas escolhidas estão disponíveis para consultas e leituras em formato online e são gratuitas, à exceção da 3 que é paga para não membros (a UMinho é membro e possui acesso à esta plataforma).

A *The AUTEX Journal* possui publicação em volume anual, a conter, conforme demanda, alguns volumes extras com temáticas direcionadas (*Special Issue*), numa média de 4 lançamentos anuais, cada com média de 18 artigos. Detém indexação em nota 30 (2021) pelo H Index (no *Scimago*) e publica em língua inglesa. A revista é parte da AUTEX (*Association of Universities for Textile*), associação de universidades para desenvolvimento de pesquisas na área dos Têxteis.

Já a *Fashion & Textiles* possui publicação anual, além de uma edição especial com temática direcionada por ano, cada um com média de 8 artigos publicados. Para o ano de 2021, ainda não lançou edições, mas possui 3 chamadas temáticas abertas no site. Detém indexação em nota 10 (2021) pelo H Index (no *Scimago*) e indexação no SCIE, publica em língua inglesa. Publicada pela Editora Springer (unidade Singapura), é bem avaliada na área de estudos culturais.

E a *Textile Research Journal* possui publicação em volume anual, em média de 24 por ano, com média de 20 artigos por *issue*. Detém indexação nota 74 (2020) pelo H Index (no *Scimago*), além de indexação 1.926 em Fator de Impacto, e publicada em língua inglesa. A revista foi fundada em 1930 e é publicada pela editora SAGE.

Se procedeu a pesquisa bibliográfica de modo minucioso, a sistematizar a base de dados para delinear contribuições científicas no âmbito da fibra de Lã e da Sustentabilidade do campo Têxtil. Nesta frente, a metodologia foi de busca por, ao menos, um dos (grupos de) termos no Título, no *Abstract* e/ou nas palavras-chaves. Quando encontrado (termo), se fez a leitura do *abstract*, a perceber relações (ou correlações) com o objeto de estudos desta investigação, e, se compatível, se realizou a busca pelo outro termo no texto. As tabelas no Anexo 10 demonstram as incidências dos termos buscados.

Na publicação intitulada “*Circular Economy – Challenges for the Textile and Clothing Industry*”, divulgada no *Issue 14 – 2018* da *AUTEX Journal*, a autora disserta os desafios para se propor circularidade na indústria Têxtil e Vestuário, a apontar um dos principais gargalos produtivos: a Cadeia produtiva Têxtil, onde processamentos das fibras são debatidos. No entanto, a reflexão da Lã não é aprofundada, apenas apontada como uma alternativa muito propensa à circularidade.

Na publicação nomeada “*Effects of tannin mordanting on coloring and functionalities of wool fabrics dyed with spent coffee grounds*”, divulgada no *Issue* de maio de 2018 da *Fashion & Textiles*, a autora demonstra uma proposta para tingimento e funcionalização de tecidos planos de lã a partir de grãos de café residuais (pós-uso), como uma atividade contributiva à sustentabilidade no pensar em insumos reutilizados (de outras origem e finalidade) em parte do processo produtivo. Apesar de significativa, a iniciativa não trabalha outros formatos de materiais de lã (como malha e/ou não-tecidos), a abarcar apenas um facho do processo produtivo têxtil.

Na publicação chamada “*Exploration of 3D printing to create zero-waste sustainable fashion notions and jewelry*”, divulgada no *Issue* de dezembro de 2017 da *Fashion & Textiles*, as autoras apresentam experiências de diminuição de resíduos para vestuário e acessórios (joalheria) a partir da manufatura em impressões 3D, a analisar algumas possíveis combinações de materiais, dentre os quais, os filamentos para impressões 3D com tecidos e malhas de lã. Mesmo de conteúdo relevante, o texto traz a lã apenas como uma exemplificação projetual.

Na divulgação denominada “*Sustainable ultrasonic dyeing of wool using coconut coir extract*”, divulgada no *Issue 7 & 8 – Volume 2020* da *The Textile Research Journal*, os autores testam o extrato de coco como insumo para tingimento de lã, a sustentar como uma alternativa sustentável em parte processual da cadeia produtiva. A proposta traz inovação no uso de materiais orgânicos (frutas) para acabamento têxtil, mas está mais ligada às questões de química têxtil.

Na divulgação batizada “*The structure and properties of wool treated with a reversed-phase microemulsion containing aqueous alkali*”, divulgada no *Issue 3 – Volume 2018* da *The Textile Research Journal*, os autores partilham de ensaios de fibra de lã em tratamento com microemulsões em fase reversa de solução aquosa álcali, como modo de intensificar a qualidade de hidrofiliabilidade da fibra, com vistas a diminuir a emissão de poluentes em tratamentos químicos. Com vistas na redução de águas residuais, o trabalho é bastante técnico e quantitativo, porém contribui em aspectos de escala micro no sistema produtivo têxtil da lã.

Deve se ressaltar que não foram muitos, conforme demonstrado, os artigos científicos que tratam da mesma perspectiva desta investigação: Fibra de Lã e Sustentabilidade. E mesmo as publicações que trabalham estes aspectos em conjunto, ou são de aspecto genérico, em análise projetual da cadeia de produção, ou são de aspecto muito específicos, em análises químicas de partes do processo produtivo (como o de tingimento). (As identificações e *Abstracts* completos destes artigos se encontram na secção de Anexos desta Tese).

Deste modo, se percebe uma lacuna, em termos acadêmico-científicos, que ajudam a justificar o escopo desta pesquisa e destacam a importância em se estabelecer projetos que possam ser embasados na ciência e resultem, também, em publicações para o meio científico.

2.4 Levantamento de *Cases*

Enfim, após a demonstração de apontamentos por uma produção de lã com viés de maior sustentabilidade, tanto em termos genéricos (generalizados) quanto em termos científicos, se passa a expressar experiências de marcas, empresas, designers, artesãos e de projetos no sentido de demonstrar quais quesitos e visões por uma lã mais sustentável têm sido empregados e apresentados. Neste sentido, não há receio que esta fase, contida neste tópico da tese, faça concorrência e/ou diminua o valor científico e contributivo da investigação. Em facto, é pelo contrário, pois, como demonstrado ser uma lacuna científica para os estudos na área de Engenharia Têxtil, a exibição destes *cases* reitera que não se encontram iniciativas, nem de longe, com as especificidades do objeto de estudos aqui propostos. Portanto, a finalidade deste tópico é de clarificar quais aspectos por uma lã mais reciclada, orgânica e responsável, e, por consequência, também, mais sustentável, que têm sido aplicados e promovidos, de modo comercial.

Com base em apontamentos e informações técnicas de especialistas do setor (Textile Exchange, 2020) (Ravasio & Rodewald, 2018), acerca de marcas e linhas produtivas voltadas à lã mais sustentável, se elegeram as seguintes iniciativas: H&M© – linha de vestuário e acessórios à base de lã; IKEA© – nos produtos têxteis-lar à base de lã; Patagonia© - nas roupas à base de lã; Ralph Lauren© - nas produções de vestuário à base de lã; e a marca Geetanjali Woollens©, pelo escopo produtivo geral.

A H&M© - originalmente *Hennes & Mauritz* – é uma multinacional sediada na Suécia, com mais de 5000 lojas, em 74 países, a atuar como varejista de vestuário (além de possuir linhas específicas para acessórios e para a linha de têxteis-lar) (H&M, 2021), é considerada uma marca relevante no mercado de Moda/Vestuário, como exemplo de mercado de *Budget/Fast fashion*, considerado um dos mercados de maior relevância, com amplo crescimento na primeira década dos anos 2000 (Faerm, 2012). Anualmente, o grupo divulga um relatório de práticas em favor da sustentabilidade que tem sido aplicado em seus processos e nas aquisições de matérias-primas (H&M, 2021). Especificamente sobre a Lã, o último relatório traz que os requisitos da empresa para que compra da matéria-prima seja de fazendas que não pratiquem o *mulesing*, com testagem e exigência de certificação, e que, até o fim de 2025, a lã será 100% originária de fazendas certificadas com o selo RWS, além de ser 100% de origem reciclada ou regenerada (H&M, 2020).

A IKEA© é uma marca de origem sueca sediada na Holanda, fundada em 1943, com 445 lojas em 34 países, especializada em móveis para o lar com preços acessíveis (IKEA, 2021). Todo ano a empresa, também, produz um relatório sobre ações de Sustentabilidade, além de ter criado um programa interno em 2018 (atualizado em 2020) com estratégias sustentáveis intitulado *People & Planet Positive* (IKEA, 2020). Nos relatórios e no Programa de sustentabilidade não há alinhamentos específicos para produtos de lã, mas o guião geral do programa é subdividido em três eixos: viver com saúde e sustentabilidade; positividade circular e climática; e, justiça e igualdade (IKEA, 2021). Nessas linhas, se pode perceber a preocupação da marca em desenvolver linhas de produtos que sejam totalmente recicláveis e de origem (da matéria-prima) reciclada (IKEA, 2021), que pode ser alinhado à Lã, além do compromisso de, até 2025, utilizar 100% de lã certificadas por produção responsável (Textile Exchange, 2020).

A Patagonia© é uma marca de vestuário para atividades ao ar livre de climas temperados/frios, fundada em 1973, presente em 50 países, com enfoque na produção de roupas de pegada ecológica (Patagonia, 2021). Para a marca americana, a lã é um dos principais componentes da produção, em que a matéria-prima adquirida é estritamente feita dentro dos padrões RWS, além de ter desenvolvido o próprio selo, o PWS (*Patagonia Wool Standard*), que vai além das exigências do outro selo, nos critérios de avaliação do bem-estar animal (Patagonia, 2021), em certificação que vai da fazenda ao produto finalizado (Textile Exchange, 2020).

Já a Ralph Lauren© é uma marca de vestuário e acessórios fundada pelo estilista homônimo, em 1967, com mais de 490 lojas própria, em 33 países, além das muitas lojas de varejo multimarca que comercializam suas pelãs (Ralph Lauren Corp., 2021), a variar o alcance de mercado, entre médio e luxo, em atuação que vai da grife ao contemporâneo (Faerm, 2012). Com relatórios anuais de governança e gestão pela sustentabilidade, a empresa destaca que utilizou cerca de 2% de lã em seus produtos, entre as matérias-primas, e que, até 2025, tem compromisso firmado de utilizar apenas lã com certificação RWS, além de explorar outras certificações que atendam aos padrões sustentáveis e ecológicos para o bem-estar animal e os impactos sociais e ambientais (Ralph Lauren Corp., 2020).

Por fim, a marca indiana Geetanjali Woollens© merece destaque. Empresa fundada há mais de 40 anos, é especializada na produção com lã reciclada e certificada, como fornecedor de produtos e serviços (específicos de lã): fibra de lã; lavagem de lã; tingimento de lã; fios de lã reciclada (em misturas de 30% a 70%, com lã virgem ou fibras sintéticas); mantos e cobertores

de lã (inclusive na modalidade institucional e para situações de emergências – com 30%, 50% ou 80% de lã reciclada); e, tecidos de lã (em três tipologias) (Geetanjali Woollens, 2021). Referencial, a empresa faz uso de peças de roupas pós-consumo como insumo, a reciclar, maioritariamente lã, mas também fibras sintéticas e lã de caxemira, a obter a certificação GRS (Textile Exchange, 2020).

Com isso, se pode perceber os contributos já presentes no mercado com a lã mais sustentável. Famosas marcas de varejo, especializadas em vestuário, acessórios e têxteis-lar já estão a adotar medidas de exigência dos fornecedores de lã (como matéria-prima/insumo) que tenham certificações específicas de cunho ecológico e de cunho de reciclabilidade. Portanto, se pode observar uma latência do mercado por fornecedores que sigam estes critérios, tido, como já apontado, num modo de institucionalização, a mudar o paradigma do mercado, no que tange à fornecedores e produtores de lã, uma vez que tais medidas, dificilmente, serão revogadas, e tendem a se espalhar como exemplo de boas práticas à outras empresas (Schulte, 2015).

Apesar dos destaques, se observa que apenas a Geetanjali Woollens© é produtora de materiais, em várias fases (fibra, fio, tecido etc.), da fibra de lã, em que as demais podem ser consideradas “compradoras” de quem produz a lã, dentro das certificações apontadas. Com isso, se nota o potencial “mercado de atuação”, de linha comercial, em que, potencialmente, o material desenvolvido nesta investigação pode servir como material a ser fornecido. Portanto, é preciso ir a campo e desenvolver experimentalmente o produto, tema do próximo capítulo.

Capítulo III

Desenvolvimento Experimental

No âmbito deste capítulo foi publicado o seguinte item:

- Puppim, R.; Broega, A. C. (2021). An Innovative Textile Product Proposal based on Sustainability: Recycling wastes from the Wool Industry. *In*: Machado, J. et al. Innovations in Mechanical Engineering. Heidelberg, Germany: Springer International Publishing.

3. Desenvolvimento Experimental

Na perspectiva Pragmática, como corrente filosófica para percepção da Ciência, tornou-se necessário compreender que a validação da hipótese deve ser determinada através da prática que teve bom êxito, isto é, não dessemelhante ao empirismo, as evidências práticas é que avalizam uma teoria (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

Como parte prática, a pensar a investigação como gerador de aspectos úteis e efeitos práticos, realizou-se o Desenvolvimento Experimental, a propor e projetar um Produto (Material Têxtil) que pudesse resolver a problemática apresentada pela empresa *A Penteadora S.A.*, dos seus resíduos têxteis, produzidos ao longo da cadeia de produção. Tal missão teve o dever, pelas premissas explanadas anteriormente, de apresentar soluções embasada nos quesitos e critérios da Sustentabilidade, reiterando e novamente justificando a relevância e o contributo científico desta investigação.

Em vista disso, este capítulo apresenta a Metodologia do Manual de Frascati (OECD, 2002) como sistema adotado no Desenvolvimento do Produto (que se apresenta no tópico 3.1), uma vez que tal documento é considerado importante e referencial para o Desenvolvimento, Investigação e Inovação para a Indústria. Consequentemente, a aplicação desta Metodologia escolhida no Estudo da Cadeia Produtiva Laneira da *A Penteadora*, de modo a perceber e quantificar os *Inputs* e *Outputs* ao longo do processo de manufatura (apresentados no tópico 3.2), a determinar quais os maiores gargalos da produção, para seleção de insumos a serem trabalhados. Em seguida, os materiais (resíduos têxteis limpos) eleitos na métrica de quanti-qualificação (a apresentar no tópico 3.3) foram testados e submetidos a experimentações preliminares (apresentados no tópico 3.4), que objetivaram auxiliar na determinação de melhores resultados para a prototipagem. Seguidamente, foram selecionadas as características primordiais que os novos materiais deveriam ter de forma a adequá-los às necessidades elegidas, a potencializar os resultados posteriores (a apresentar no tópico 3.5). Por fim, o Desenvolvimento do Produto final é apresentado no tópico 3.6, a levar-se em conta aspectos pormenorizados determinantes na sua concepção, nomeadamente: a técnica de produção têxtil aplicada, as etapas do processo produtivo adotadas e adaptadas (especificado no tópico 3.6.1); e as possíveis utilizações que se podem fazer do novo material têxtil (no tópico 3.6.2).

3.1 Metodologia de Desenvolvimento de Produto

Dentro da concepção validada da Metodologia Científica, no ramo de Estratégias de Investigação, a corroborar com o entendimento Pragmático do objeto de estudo, definiu-se a Experimentação como método executivo de pesquisa, visto que possibilita os desenvolvimentos práticos e de construções de artefatos. Entretanto, a Experimentação por si só (como estratégia investigativa), sem procedimentos técnicos adequados e bem alinhados aos objetivos do objeto de estudo, ou em abordagem meramente teórica, pode não resultar em contribuições inovadoras à ciência, dentro da corrente filosófica percebida em questão. Para tanto, nesta etapa metodológica (Experimentação) é necessário a abordagem de uma Metodologia específica para Desenvolvimento de Produto.

No rol destas Metodologias para esta especificidade – o Produto – selecionou-se o Manual de Frascati como condutor e regulador do planejamento e das ações do Desenvolvimento Experimental. Tal documento foi preparado e divulgado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD - por vezes, abreviada como OCDE na Língua Portuguesa), entidade organizacional económica intergovernamental composta por 37 países membros, que estabelece uma metodologia para Investigação e Desenvolvimento (I&D). Este documento (Manual de Frascati) foi constituído, fundamentalmente, para ser aplicado na Indústria, com vistas na Inovação e Expansão de Linha Produtiva (OECD, 2002).

Os países membros da OCDE, dentre eles Portugal e várias outras nações da União Europeia, levam em consideração os parâmetros e os critérios estabelecidos no documento, como meio de promover investimentos e aportes financeiros em empresas públicas e privadas para I&D, com vistas ao Desenvolvimento Económico e à Inovação. No Brasil (país não membro da OCDE), por exemplo, a Lei do Bem (que estabelece padrões e métricas para incentivo fiscal interno e externo de empresas em ações de I&D) conta também, tal referência, como norteadora de suas normas, princípios e regulamentação para o I&D.

Dentro dos eixos científicos expostos na publicação (OECD, 2002), a presente investigação pode enquadrar-se na categoria *Engineering and Technology*, no subtópico *Other Engineerings*, dentre os quais consta “Tecnologias especializadas e Interdisciplinares – como a Tecnologia Têxtil. Nesta perspectiva, a ideia para ser transformada em uma produção/comercialização, deve passar pelo Desenvolvimento Experimental, que, por sua vez, precisa da Tecnologia Industrial disponível e do Serviço de Apoio Técnico. Esta modalidade (Desenvolvimento Experimental) testagem e

experimentação de Produtos e Processos, bem como da Validação destes. Conforme o Manual, sua definição para Desenvolvimento Experimental é:

O desenvolvimento experimental consiste em trabalhos sistemáticos fundamentados nos conhecimentos obtidos através da investigação e da experiência prática, que se dirigem ao fabrico de novos materiais, produtos ou dispositivos, ao estabelecimento de novos procedimentos, sistemas e serviços, ou à melhoria considerável dos já existentes. (OECD, 2002, p. 106)

Neste sentido, observa-se a adequação da proposta desta investigação em seguir tal proposta metodológica, uma vez que se visa a concepção de um material inovador a partir dos resíduos têxteis limpos da indústria laneira.

Assim, três questões podem ser sugeridas para interpretação do potencial de sucesso neste Desenvolvimento Experimental (ABGI, 2021):

“- Quanto a Ideia Nova: O conhecimento está disponível na empresa?”

“- Quanto ao Desafio Tecnológico: A aplicação e integração deste conhecimento significa um desafio tecnológico para sua organização?”

“- Quanto a Geração de um Novo Conhecimento: O projeto é responsável pelo desenvolvimento de um novo conhecimento o qual foi obtido através de estudo dos efeitos de um fenômeno em determinada aplicação, podendo apresentar resultados diferentes de forma isolada ou integrada?”

Na primeira questão, explica-se a procura de parceria da empresa laneira *A Penteadora*, uma vez que o material disponível ainda não tinha proposta de uso dentro do quadro de funcionários da empresa (ou conhecimento científico para tal). Na segunda questão a resposta seria “parcialmente”, já que seriam necessárias algumas adaptações na empresa para poder desenvolver esta “nova linha produtiva”, a partir dos seus resíduos têxteis. E na terceira questão, poderá ser percebido com a grande valia e contributo desta investigação para as empresas laneiras, sobretudo a considerar o valor ecológico de circularidade que as empresas possam vir a agregar aos seus resíduos limpos.

Para o desenvolvimento do Produto propriamente dito e um alinhamento com o objeto de estudos, escopo da Engenharia Têxtil, elege-se a Metodologia de Desenvolvimento do Produto de Ulrich e Eppinger (2011), com interferência do Design Estratégico (Arruda, 2017), pela excepcionalidade em questão, onde intermediações da Sustentabilidade são partes elementares da proposta metodológica (Meroni, 2008).

Assim, define-se a Metodologia específica e sistêmica para o Produto como híbrida e que estabelece diálogos a partir das experiências e necessidades particulares da proposta de Produto. Tal hibridismo e dialógica tem ganhado, cada vez mais, força na Pesquisa Científica, especialmente quando se trata de aspectos mais específicos e menos genéricos (Eco, 2016).

Feitas as necessárias adaptações e recortes metodológicos, a Metodologia de Ulrich e Eppinger é descrita em duas fases: pré-desenvolvimento (onde encontra-se a etapa zero) e desenvolvimento (onde estão as etapas um, dois, três e quatro), como pode ser compreendido pelo esquema apresentado na figura 14, que elenca sequencial e logicamente as fases e etapas de Desenvolvimento do Produto.

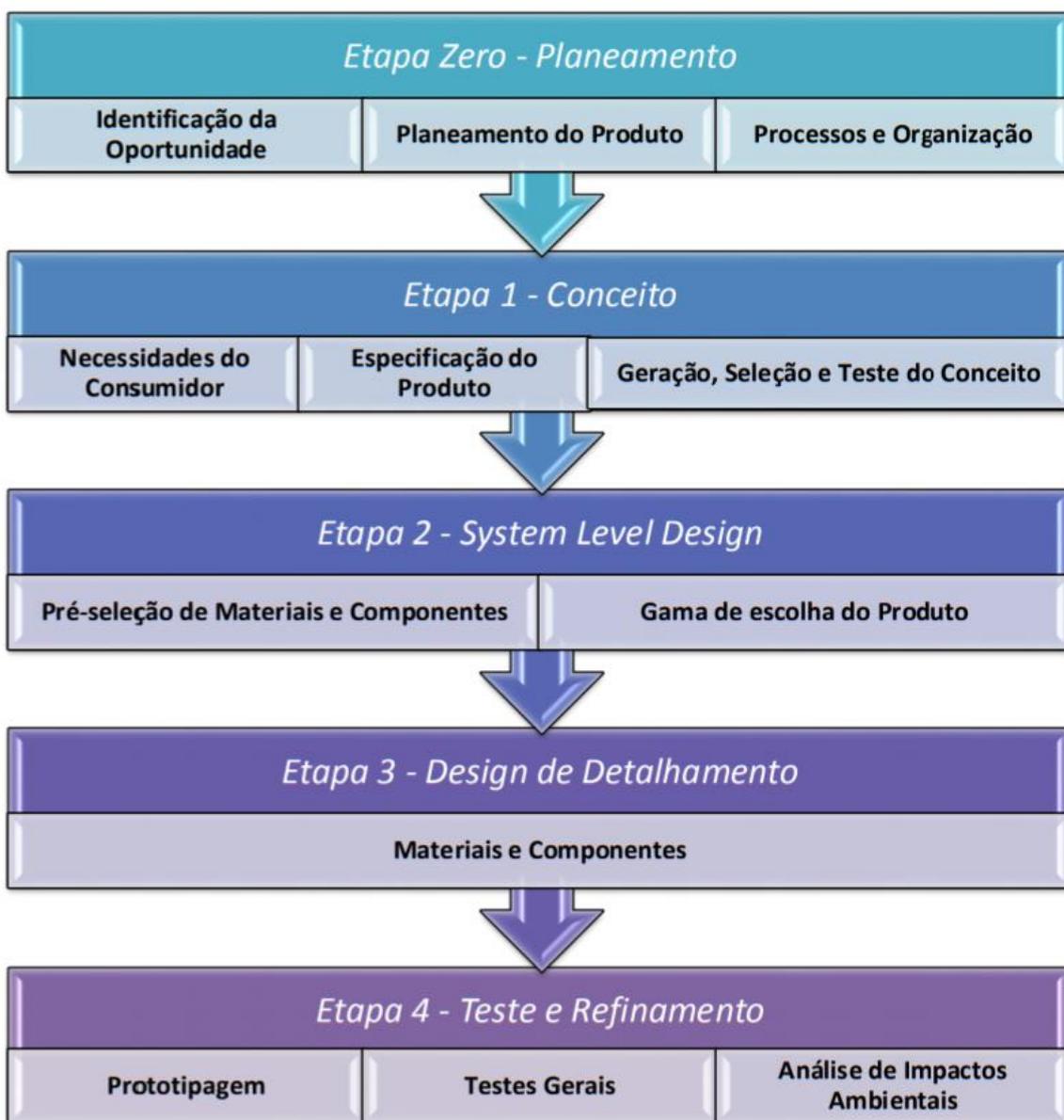


Figura 14: Esquema representativo da Metodologia de Desenvolvimento do Produto

Fonte: Traduzido e adaptado de (Ulrich & Eppinger, 2011)

A fase de pré-desenvolvimento é onde se mapeiam, organizam e sistematizam as ideias, de modo a selecionar as melhores para criação de um projeto, contendo etapas de desenvolvimento (métodos, técnicas e processos de viabilizar a ideia de um objeto palpável – ou produto).

Nesta fase, encontram-se as ações da etapa “zero - planeamento” (chamada de “zero” por não ser parte “prática” do desenvolvimento, mas sim de concepção e organização das ideias), sendo elas, sequencialmente:

- 1) Identificação da Oportunidade – Isto é, o levantamento das necessidades ao longo da investigação, a retratar lacunas científicas e/ou comerciais, no que se refere a produtos específicos.
- 2) Planeamento do Produto – Onde são predefinidos os critérios e parâmetros que o produto deve contemplar em sua utilidade e/ou funções.
- 3) Processos e Organização – Em que se determina as etapas produtivas necessárias para construção e execução do Produto, levando-se em conta as tecnologias industriais disponibilizadas e possíveis adaptações necessárias à mesma, bem como da organização de entrada de insumos e necessidades para cada etapa produtiva.

A atender às Ações da etapa “zero – planeamento”, no âmbito desta investigação, elenca-se os elementos necessários às mesmas a:

- Ação 1 - partiu-se da pesquisa bibliográfica e pesquisa exploratória preliminar que demonstraram lacunas na necessidade do desenvolvimento de novos materiais/produtos têxteis (ou com potencial inovador) que pudessem atender às demandas contemporâneas mercadológicas com vistas à ecologia e à sustentabilidade, sobretudo, como já exposto no capítulo anterior, de processos/métodos de reciclagem de fibras têxteis de origem natural. Deste modo, este ímpeto científico contemplou-se na busca da colaboração com a empresa *A Penteadora* para desenvolver produtos com os seus resíduos têxteis, a estabelecer-se, portanto, a parceria já mencionada.
- Ação 2 - estabeleceu-se os critérios, com base na perspectiva pela sustentabilidade, de que o novo produto pudesse ser constituído de insumos reciclados. Isto é, que a composição desse produto fosse integralmente de materiais têxteis providos pelos descartes da empresa, ou com o mínimo possível, se necessário, de matérias-primas “virgem”. Dado este critério primordial e o mais importante, outro aspeto firmado foi que, por meio do material disponível, se pudesse

fazer combinações entre os diferentes tipos de materiais disponibilizados de forma a valorizar a composição visual dentro de padrões estéticos, funcionais e comercial, que constituem o Valor do Design (ADG Brasil, 2002). Por fim, elencou-se a necessidade de que os novos produtos atendessem, em termos de resultados de propriedades físico-mecânicas, em testes caracterização e desempenho compatíveis para as suas sugestões de uso.

- Ação 3 - inicialmente, houve a necessidade de realizar um estudo na cadeia produtiva da empresa *A Penteadora*, a observar as etapas realizadas desde a entrada de matéria-prima aos seus produtos finais, com vistas a verificar entradas de vetores e insumos e saídas de resíduos em cada etapa, a quantificar o material descartado em cada etapa, em que se pôde, ainda, qualificar os principais descartes (a realização desta ação está expressa com mais detalhes no tópico 3.2 desde capítulo).

Ao resolver as ações da etapa “zero – planeamento”, passa-se, então, a fase do desenvolvimento do produto, composta por quatro etapas: 1) Conceito; 2) *System Level Design*; 3) Design de Detalhamento; e 4) Teste e Refinamento.

Na etapa “1 – Conceito”, as ações são de cunho projetual, a constar: Necessidade do Consumidor – que significa a leitura de qualidades e características que o consumidor/usuário espera de um produto de tal natureza; Especificação do Produto – que delimita a característica primordial do produto e o segmento de mercado para qual serve; e Geração, Seleção e Teste de Conceito – que resulta em estudo verificador do interesse de potenciais consumidores:

- Ação 1 – Necessidade do Consumidor – o produto deve refletir em apontamentos de estudos específicos para o público-alvo que busca produtos “verdes”, e que se encontra, hoje, bem identificado por Puppim (2016), e este produto deve ser ambientalmente correto e responsável. Entende-se aqui por “Consumidor”, como o público-alvo final, ou usuário do produto, e não a empresa *A Penteadora*, que serve no processo como intermediária do processo e produtora do Produto.
- Ação 2 - Especificação do Produto – delimita o Produto no “Segmento Têxtil”, principalmente na categoria de têxteis-lar, com funcionalidades de decoração ao ambiente, mas também no sector cama, mesa e banho. Pode ainda inserir-se no sector Moda, com finalidade de vestuário. *A posteriori*, levou-se a cabo a Geração do Conceito – Produto Têxtil contributivo para a Sustentabilidade, com a reciclagem de resíduos têxteis laneiros – Seleção do Conceito – Produto que seja um Material Têxtil com capacidade funcional de Têxtil-Lar e/ou Moda

(Acessórios e Vestuário) – e, por fim, o Teste de Conceito – onde a proposta, já mais elaborada, mas em âmbito conceptual, foi avaliada em potencial inovador, quando recebeu *feedback* positivo, através de concursos internacionais para “Materiais e Têxteis” (que está apresentado no tópico 5.3). Por serem competições com renomado e idôneo corpo de jurados, pode-se considerar esta etapa um Estudo de tipo Delphi (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

Já na etapa “2 – *System Level Design*”, as ações estão concentradas na perspectiva projetual, divididos em duas ações: Pré-seleção de Materiais e Componentes – que define, preliminarmente, dentro de todo o escopo de materiais e componentes disponíveis, os que atendem às características e funcionalidades que devem ser intrínsecas ao produto; e Gama de escolha do Produto:

- A 1ª ação da etapa “2 – *System Level Design*” consistiu em observar, dentro dos materiais selecionados a partir dos descartes, quais os que não necessitariam de insumos virgens complementares para a fabricação do produto e, como combinar e coordenar esteticamente os diferentes tipos de materiais, tendo em conta, ainda, o comportamento destes com as tecnologias selecionadas a partir dos disponíveis.
- Para a 2ª ação, resumiu-se a uma gama à três cores de um resíduo em forma de fibras e dois sob a forma de orelas (falsas orelas – descartes dos teares), que foram trabalhados numa composição visual diferenciada. Nesse sentido, alguns experimentos e composições combinatórias foram realizadas, como método de refinamento de Design, a selecionar os resultados de maior apelo estético, como princípio do Design (Arruda, 2017).

Para a etapa “3 – Design e Detalhamento”, executou-se a ação de seleção definitiva dos Materiais e Componentes, a partir das já realizadas análises combinatórias inicial nas ações da etapa anterior. O produto foi selecionado segundo dois aspetos: elemento-base e elemento aplicado. Tais definições encontram-se apresentadas na tabela 2, que resume a possibilidade de variantes.

Tabela 2: Componentes e Variantes do Produto

Componente	Variantes
Elemento Base (Manto)	Variante única - Coloração da Fibra: 1) Preto; 2) Colorido (Combinação de Fibras) Preto + Azul + Azul Escuro.
Elemento Aplicado (Aplicações)	Variante 1 – Não aplicação. Variante 2 – Aplicado/ Coloração: Vermelho ou Amarelo ou Azul Variante 3 – Aplicado/ Posição: Aleatória ou Determinada (Direcionada).

No planeamento da Experiência, com base na análise combinatória, permitiu-se 30 padrões iniciais. Tais padrões iniciais encontram-se no Anexo 11.

Após definição destas variantes, verificou-se que, como modo de tornar a gama mais coerente e harmônica, compatibilizando as combinações às avaliações estéticas (Bürdek, 2010), como estratégia engajada no Design Estratégico (Meroni, 2008), fez mais concisa a gama/coleção do produto, de modo torná-los mais atraentes a encontrar melhor à atração aos olhos dos potenciais consumidores (Arruda, 2017).

Em seguida, na etapa “4 – Teste e Refinamento” foi desenvolvida nas ações de: 1) Prototipagem – que executa o Protótipo, matriz ou primeira amostra, feito para perceber possíveis necessidades adaptativas no processo e/ou revisão de materiais e componentes; 2) Testes Gerais – que realiza a verificação de padrões de qualidade e atendimento aos requisitos do produto; e 3) Análise de Impactos Ambientais – que averigua as implicações (ou não implicações) do Produto e Produção no ecossistema.

- A 1ª ação da etapa “4 – Teste e Refinamento”, obtiveram-se resultados positivos no que concerne ao aspeto estético, uma vez que puderam ser analisados nas etapas e fases anteriores, e anteciparam adaptações para o aspeto funcional do Produto, a perceber alterações necessárias para aprimorar e melhorar a eficiência no processo produtivo, com vistas a qualidade funcional do produto.
- A 2ª ação foi procedida na realização dos testes de caracterização básica e física dos substratos têxteis nomeado de Resistência à Tração e Alongamento, com normatização padrão ISO (ISO 9073-3, 1989), mais indicados para materiais têxteis, especificamente, para não-tecidos (Rewald, 2006) onde foram obtidos resultados validados para a consolidação da proposta de produto apresentado mais detalhadamente no tópico 3.5.
- E na 3ª ação, buscou-se ponderar os impactos ambientais do produto, por meio de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) do produto, como se apresenta no tópico 4.4.

A Metodologia de Ulrich & Eppinger (2011), aqui selecionada, dada nas especificidades do desenvolvimento da investigação, consta ainda de outras fases, dentre as quais, se destaca, o escalamento do produto para uma produção em série ainda inserida na etapa 4. Mas dada a singularidade do novo Produto proposto, entende-se que existe ainda a necessidade de aprimoramento do protótipo e desenvolvimento do produto a nível industrial, e sua caracterização técnica mais aprofundada (Bona, 1992), de modo a poder qualificar e caracterizar melhor o material têxtil, para dar

esse passo de produção em série (a caracterização mais detalhada deste produto é apresentada no tópico 4.2)

A aplicação desta Metodologia de Produto deu-se, na prática, inicialmente com a percepção da oportunidade da empresa A Penteadora em buscar uma proposta para o desenvolvimento de novos produtos, com base de material substancial e majoritariamente dos resíduos têxteis limpos pré-consumos que ela produzia, onde o montante qualitativo e quantitativo era significativo para os descartes de fibras curtas de lã no Processo Têxtil de Penteação. Em seguida, fez-se o Pleneamento de Produto, onde, a partir das características do material elegido, observou-se a potencialidade de um material consolidado (não tecido) como mais proveitoso, frente às tecnologias de tecelagem e malharia. Na etapa de Processo e Organização, notou-se a Tecnologia de Produção de Não Tecidos por Agulhagem, como uma proposta satisfatória e de resultado que cumprisse os requisitos determinados no produto, podendo ou não ter a inserção de outro resíduo (ourelas de descarte na tecelagem).

Já na etapa de Conceito e de *System Level Design*, verificou-se, com base na literatura, a pré-existência de um público-alvo latente (Puppim, 2016) e com carência de produtos similares no mercado para estas especificidades (Puppim, Broega, Jordão, & Teixeira, 2018).

Por sua vez, na etapa de Design de Detalhamento, chegou-se à determinação de conceitos por análise do Design de combinação das Cores disponíveis, com as formas praticáveis no material (Arruda, 2017), a eleger combinações com as cores preto, azul (em três tonalidades/variantes), vermelho e amarelo, presentes nas fibras e/ou nas ourelas.

E, por fim, na etapa de Testes e Refinamentos, experimentou-se o material a testes de caracterização físicas, nos laboratórios, a aprimorar o material pelo uso de Feltragem à úmido, a verificar, posteriormente, o aprimoramento significativo nos resultados dos testes de Rasgo e de Alongamento. O resultado obtido, pode provar-se de qualidade em favor da Sustentabilidade, a atingir os objetivos estipulados para a Investigação em parceria com a Indústria A Penteadora.

Apresentada a metodologia de desenvolvimento do produto, segue-se para o detalhamento dos insumos escolhidos (resíduos têxteis industriais), sequenciados pelas experimentações iniciais, após, a seleção de requisitos para o produto, posteriormente passa-se ao desenvolvimento já amadurecido do produto, pormenorizado em técnicas/tecnologias, processos e utilização, de modo a tornar mais

evidente e perceptível a formulação do produto desenvolvido, mesmo que não representem uma sequência ordinal idêntica à Metodologia aqui exposta.

3.2 Uma abordagem à Cadeia Produtiva Laneira – Estudo de *Inputs & Outputs*

Como etapa preliminar dos testes experimentais, fez-se um levantamento das etapas produtivas da produção têxtil laneira, para observar entradas e saídas de insumos, materiais e vetores alimentadores (como energia eléctrica, por exemplo) que ocorrem no processo produtivo da empresa *A Penteadora*.

Resumidamente, a “cadeia de abastecimento de produtos têxteis” é tradicionalmente composta, em sequência por (Leonas, 2017): Recepção e acondicionamento de Matéria-Prima; Fiação (transformação de fibras em fios); Tecelagem/Malharia (transformação de fios em superfícies têxteis); Ultimação/Tingimento/Acabamento (valorização comercial do produto); Varejo/Retalho; e Consumo (compra final do produto têxtil). Existem algumas variantes específicas, a constar que a matéria-prima pode ser considerada sobre a forma de fibras quanto abastece a indústria de fiação, ou diretamente sobre a forma de fio quando se trata do abastecimento direto à Tecelagem/Malharia. O Consumidor final do produto Têxtil maioritariamente compra no Varejo/retalho, mas pode adquirir produtos intermédios do processo, como Fibras/Fiação (por exemplo, fios e linhas para tricotar manualmente), da Tecelagem/Malharia (principalmente malhas) e normalmente após o processo de Ultimação (como tecidos tintos e acabados), como se apresenta no esquema da figura 15.

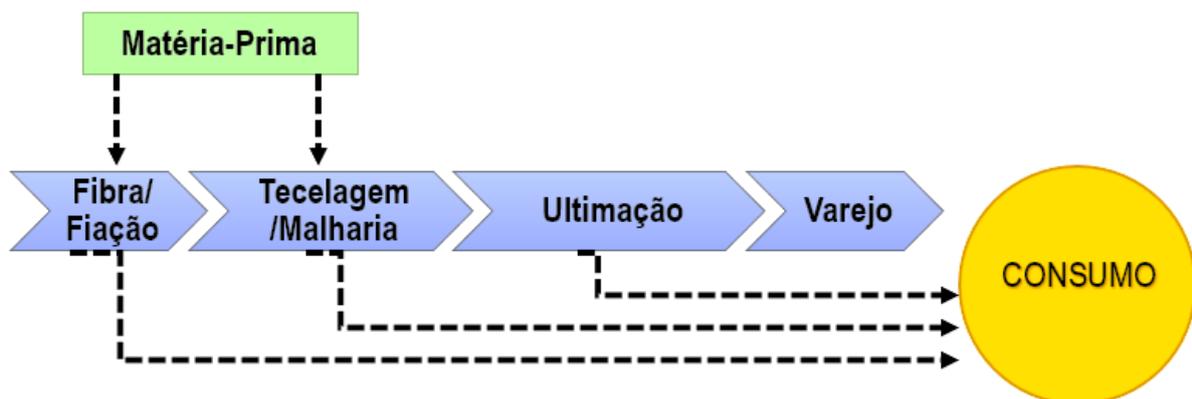


Figura 15: Cadeia de abastecimento de Produtos Têxteis
Fonte: Traduzido e adaptado de (Leonas, 2017)

Dentro desta cadeia produtiva, a empresa *A Penteadora* adquire de matérias-primas de outros produtores/fornecedores/criadores, e realiza todo o processo industrial de tratamento da fibra, fiação, tecelagem, e todos os processos de preparação, tingimento e ultimação (Monteiro, 2019), a ser responsável por boa parte da cadeia produtiva apresentada.

A equipe responsável pela produção na empresa *A Penteadora* relatou, em visita técnica e entrevista, que ao longo do processo produtivo, existiam dois tipos de resíduos eram considerados problemáticos, em termos de quantidades geradas, uma vez que não tinham outra alternativa senão descartá-los para os aterros, através de empresas de gestão de lixos, o que era gerador de altos custos (Monteiro, 2019). Esses descartes davam-se na sessão de fiação, sob a forma de fibras curtas de lã, provenientes da operação de penteação, e na sessão de tecelagem, sob a forma de ourelas de reforço que são descartadas após o processo de tecelagem. Torna-se, assim, importante analisar os insumos e vetores alimentadores de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*) das referidas etapas produtivas.

O processo têxtil de penteação realiza-se em máquina específica, a penteadeira, para separar as fibras mais longas e descartar as mais curtas, a corrigir a dispersão de comprimento de fibras, o que permite gerar fios mais longos de melhor qualidade e resistência (Pezzolo, 2007). Neste caso específico os *inputs* são: matéria-prima (no caso de estudo, fibras de lã tintas ou não) e energia eléctrica e os *outputs* são a fita têxtil composta por fibras longas determinadas pela calibragem da penteadeira e resíduos de fibras curtas de lã e outros (calor e ruídos), como esquematizado na Figura 16.

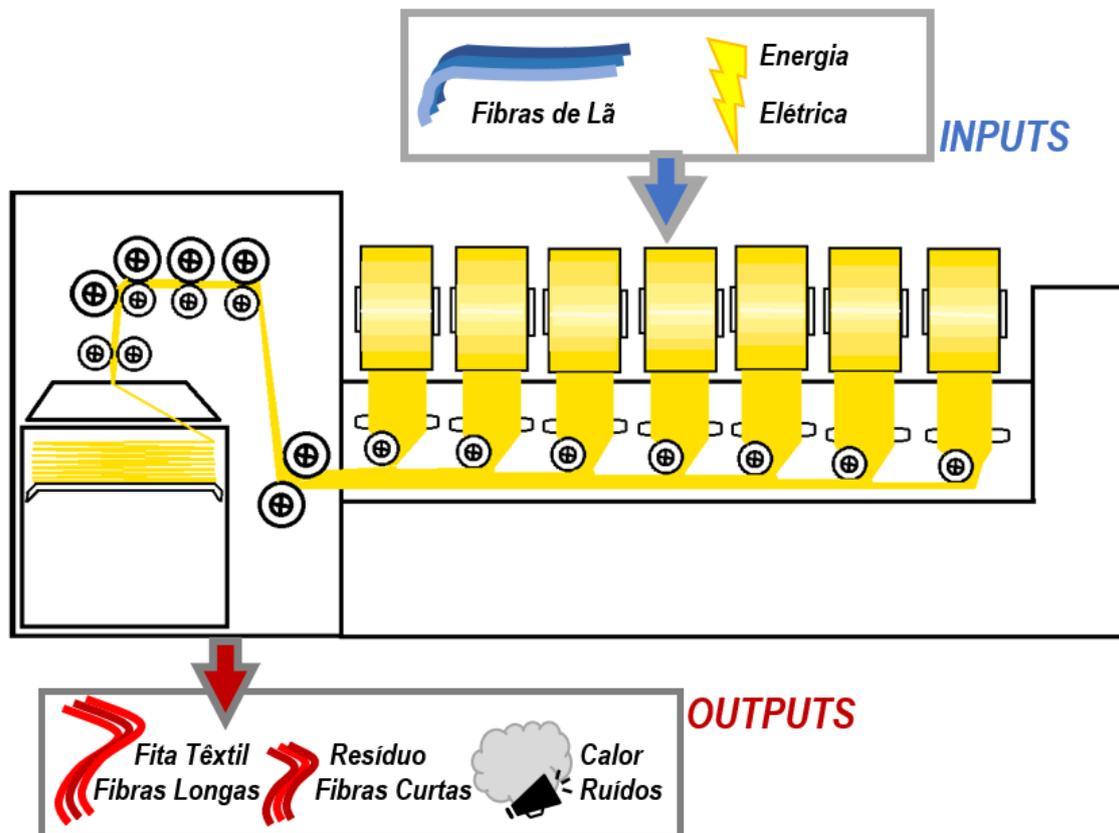


Figura 16: Representação Esquemática de Inputs e Outputs do Processo de Penteação Têxtil

Fonte: Adaptado de (Monteiro, 2019) e (Prakash, 2018)

Já o segundo processo, tecelagem plana, tradicionalmente realiza-se para construção de tecidos, pelos entrelaçamentos ortogonais de fios de trama (transversais) com fio de teia (longitudinais) (Pezzolo, 2007). Na realização do processo de tecelagem, no caso, da *A Penteadora* os *inputs* são: matéria-prima que podem ser puros ou em misturas com outros componentes de fibras (na ocasião, foram fios de *Kevlar*® - usados na trama e na teia), insumos (fios de fibra sintética – usados para reforço nas orelhas da teia) e vetores alimentadores (energia eléctrica); e os *outputs*: produto de tecido plano de *Kevlar*® e resíduos (orela de reforço – de fios sintéticos e fios de *Kevlar*®) e vetores (calor e ruídos), que pode ser observado na figura 17.

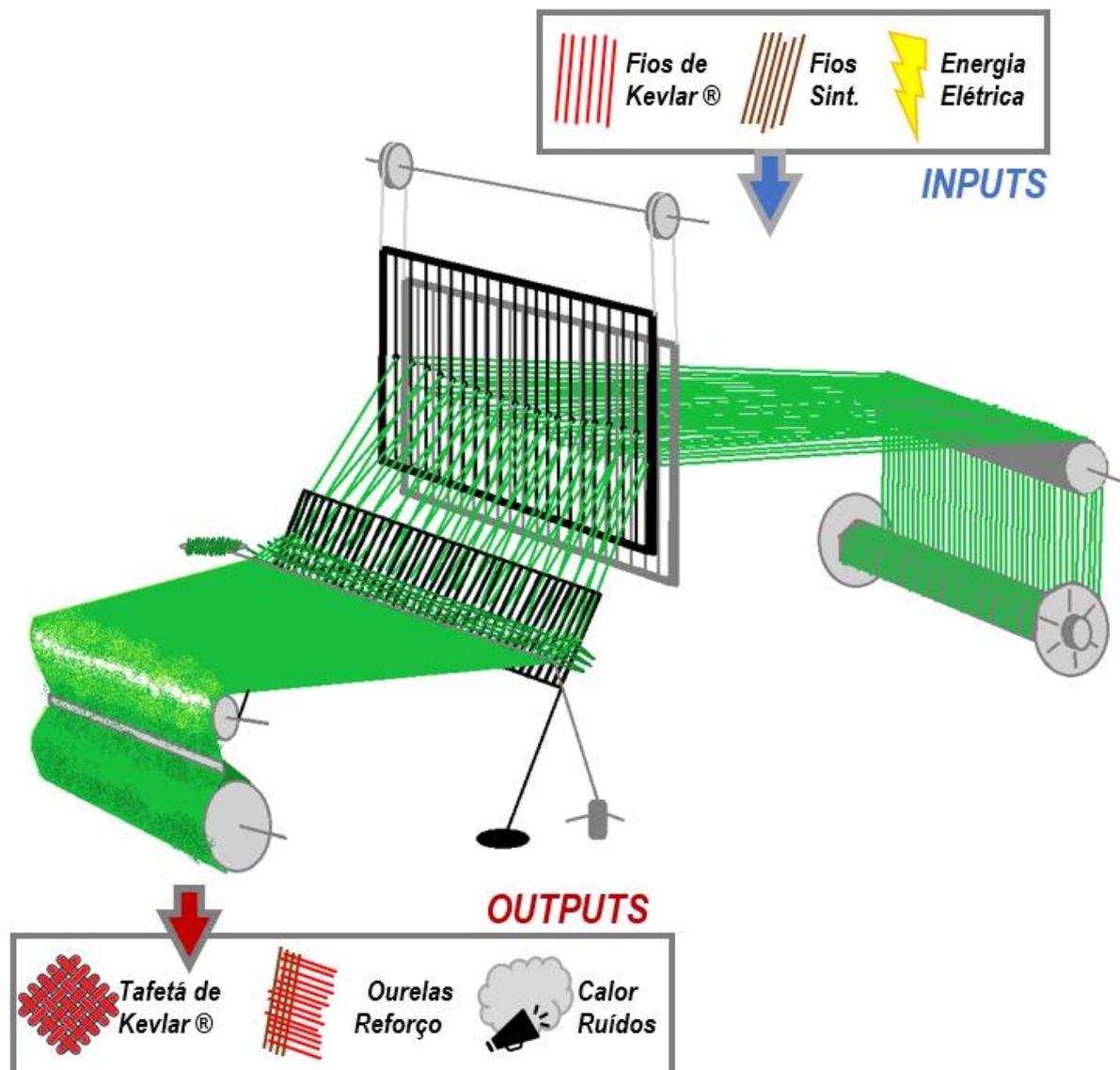


Figura 17: Representação Esquemática de Inputs e Outputs do Processo de Tecelagem

Fonte: Adaptado de (Monteiro, 2019) e (Bruno, 1992)

Deste modo, após o apontamento dos resíduos apontados pela empresa como prioritários (ponto de vista qualitativo), pelo corpo técnico da *A Penteadora*, é preciso se analisar melhor, em termos gerais (produção total) estes tipos de resíduos, a identificar montantes (ponto de vista quantitativo) das produções, além de detalhar sua tipologia.

3.3 Identificação e Relevância dos Resíduos Têxteis selecionados

As tipologias de resíduos apresentadas – as fibras de lã curtas, descartadas no processo de penteação têxtil; e as ourelas de reforço, descartadas no processo de tecelagem – podem ser enquadrados, com códigos específicos, na Lista Europeia de Resíduos (LER).

A Decisão 2014/955/UE do Parlamento Europeu e do Conselho (Comissão Europeia, 2014) determina a designação LER, com códigos que tipificam os resíduos urbanos. O código é composto de números que ajudam a identificar origem e tipologia dos resíduos, dos quais se salientam no âmbito deste trabalho (Comissão Europeia, 2014, p.52-53):

“04 - Resíduos da Indústria do Couro e Produtos de Couro e da Indústria Têxtil (...)

04 02 – Resíduos da Indústria Têxtil (...)

04 02 21 – Resíduos de Fibras Têxteis não processadas

04 02 22 – Resíduos de Fibras Têxteis processadas”

A comissão elaboradora do documento tem parecer sobre o entendimento da nomenclatura, em que “processada” significa que é manufaturada em estágios mais simples até complexos, isto é, fibra têxtil nos formatos de fios, tecido, malha, não-tecido, entre outros materiais compostos, e “não processada” se refere em seu estado puro, ou seja, a fibra têxtil que ainda não passou por manufatura. Ao passo que, peças de vestuário podem ser enquadradas no código LER 20 01 10 (Resíduos Urbanos e Equiparados, incluindo as frações recolhidas seletivamente [20] – Frações recolhidas seletivamente [01] – Roupas [10]) (Comissão Europeia, 2014).

Portanto, identificam-se as fibras curtas de lã, descartadas no processo de penteação têxtil como código LER 04 02 22 (Uma vez que ainda não sofreram um processo de manufatura), e as ourelas de reforço, descartadas no processo de tecelagem como código LER 04 02 21.

Quanto ao destino dos resíduos, o Ministério do Meio Ambiente da República de Portugal estabeleceu critérios para eliminação e valorização dos mesmos (Portaria 15/96) (Ministério do Meio Ambiente, 1996), em que tipifica 15 tipos de descartes e 13 tipos de valorizações (com potencial de reciclagem).

Apesar da falta de investigações e publicações de estudos sobre produtos fabricados essencialmente com estes componentes-materiais (nomeadamente ao nível de resíduos da *A Penteadora* detalhados anteriormente), verifica-se que tais resíduos, abrangidos pelo código LER 04 02 21 que pode fazer parte da classificação 13 - acumulação de materiais para serem submetidos a uma nova operação, com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efetuada (Bento, 2013, p. 17), conforme a classificação de Valorização de Resíduos pelo Ministério do Meio Ambiente (Tal classificação encontra-se no Anexo 9).

Existem algumas empresas que são especializadas em reciclagem têxtil, e que são também classificadas pelo respectivo código pelo Ministério do Meio Ambiente (Bento, 2013). Deste modo, percebe-se que tais resíduos, podem ser considerados, segundo essa lista de tutela do Ministério do Meio Ambiente, como mais valiosos, uma vez que podem servir para diversas e múltiplas destinações de valorização (Bento, 2013).

Além da revalorização institucional para estes resíduos (fibras curtas e ourela), destaca-se ainda a visão científico-industrial dos mesmos, onde se podem enquadrar as fibras curtas de lã, descartas no processo de penteação têxtil, como um resíduo de pré-consumo (pois trata-se de um processo produtivo intermediário e não “finalizador” – como produto pronto) e as ourelas de reforço, descartadas no processo de tecelagem, como um resíduo pós-industrial (pois se trata de um processo “finalizador” – em que existe resíduo e produto, o tecido) (Leonas, 2017).

Dado que tais processos geradores destes resíduos utilizam mão de obra qualificada, maquinário específico e energia eléctrica, se potencializa a necessidade de reciclagem destes materiais para a geração de um novo produto (Braungart & McDonough, 2015), a justificar assim a importância desta investigação na contribuição para um sector Têxtil mais sustentável.

Deste modo, como meio de reduzir a necessidade de novos vetores alimentadores (mais energia) e diminuir o número de processos de manufatura (que demandaria mais etapas, ações e insumos), optou-se, por um processo mais curto e por isso mais sustentável, neste entendimento, pela

Reciclagem de tipo Mecânica (Leonas, 2017), como esquematizado na figura 18, onde se passa das fibras diretamente à superfície têxtil.

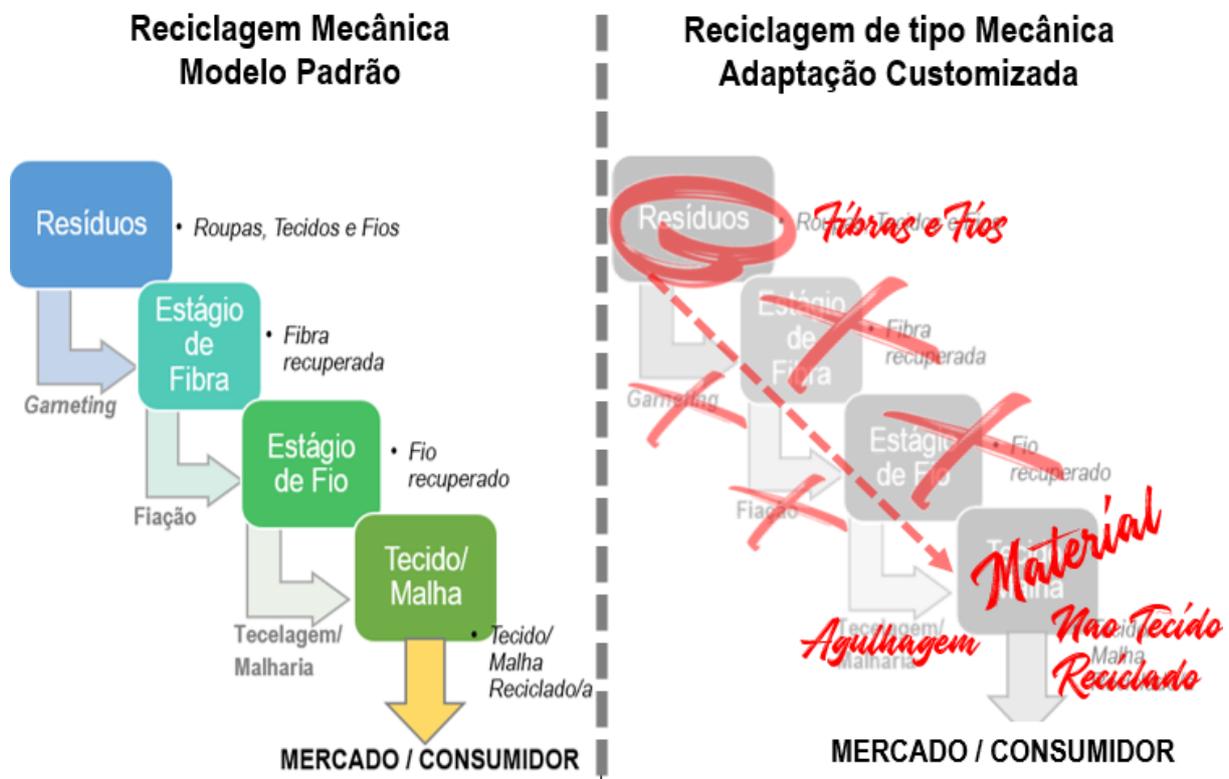


Figura 18: Modelo Padrão e Adaptação para Reciclagem de tipo Mecânica

Fonte: Adaptado e Traduzido de (Leonas, 2017)

Tal adaptação se faz necessária, para além dos motivos supracitados, em vista da não perda de algumas qualidades e características peculiares da fibra de lã (mesmo que curta), além claro, das especificações técnicas dos resíduos, maquinário disponível e objetivos e premissas do produto.

Numa análise macro do processo têxtil do Lanifício é possível notar que a fibra de lã possui dois grandes processos responsáveis pela geração de resíduos limpos, onde, do seu montante total, se contabiliza 50% na operação de fiação (a contar cardação, penteação e fiação, propriamente dita) e 37% nas operações de urdissagem e tecelagem, a remanescer apenas 13% para as demais operações (INETI, 2000).

Neste sentido, o processo de Rama, aqui entendido como matéria-prima sem processamento, isto é, numa etapa de preparação inicial ainda pré-industrial, totalizou quase 25 mil toneladas, do qual se

gerou cerca de 1.200 toneladas de resíduos sólidos, a notar um aproveitamento de 92% quando na lã já limpa, e de 50% na lã suja (sem tratamentos de lavagem) (INETI, 2000).

Já no processo de fiação (com todas as suas sub etapas produtivas) processou pouco mais de 20 mil toneladas, a gerar quase 1.100 toneladas de resíduos sólidos, enquanto no processo de tecelagem e malharia a produção foi de mais de 17 mil toneladas e os resíduos sólidos produzidos foram de 112 toneladas (INETI , 2000).

No mesmo estudo ainda sobre os resíduos gerados no processamento do sector de Lã, foi feita uma divisão em 10 operações do sector, a nomear o tipo de resíduos gerado e a sua quantidade em toneladas como se apresenta na tabela 3:

Tabela 3: Resíduos gerados no Sector Têxtil - Subsector Laneiro

Operação	Resíduos	Quantidade (toneladas)
Escolha	Fibras de lã não processadas e detritos orgânicos	Não quantificável
Cardação	Fibras de lã não processadas e resíduos de mistura de fibras misturadas	268
Penteação	Fibras de lã não processadas e resíduos de mistura de fibras misturadas	102
Fiação	Fibras de lã processadas e resíduos de mistura de fibras misturadas	836
Urdissagem	Fibras de lã processadas e resíduos de mistura de fibras misturadas	199
Tecelagem/ Tricotagem	Poeiras de fibras de lã processadas, poeiras de misturas de fibras processadas e desperdícios de tecido, malhas e ourelas	688
Carbonização	Poeiras de fibras de lã carbonizadas	5
Tinturaria	Fibras de lã não processadas, misturas de fibras não processadas, fibras de lã processadas, misturas de fibras processadas, corante em pó ou líquido	201
Perchagem	Fibras de lã processadas e resíduos de mistura de fibras processadas	36
Tesouragem	Fibras de lã processadas e resíduos de misturas de fibras processadas	71
TOTAL		2.406

Fonte: Adaptado de (INETI , 2000)

A tabela 3 demonstra que, de fato, o Processo de Tecelagem e Tricotagem é um notável gerador de resíduos, por ser o segundo maior no processo produtivo do lanifício, conforme o Guia Técnico, a corresponder a quantidade de 688 toneladas, ou participação de 28,59% do total. Já o processo de penteação (reiterado, por este relatório, como gerador de resíduos em fibra têxtil não processada – código referencial LER 04 02 22) é considerado o sexto colocado, a significar a geração de 102 toneladas de resíduos, ou, participação em 4,24% do total.

O processo de penteação, mesmo a não representar, de acordo com o INETI (2000), o principal volume percentual de resíduos, é preciso ponderar os dados apresentados (na tabela) para se perceber a necessidade eminente do desenvolvimento de propostas, especificamente, com estes resíduos (destacados para esta investigação).

Na visita técnica e entrevista aos responsáveis e diretores da empresa *A Penteadora*, foi informado que algumas das práticas de reciclagem de resíduos têxteis já eram utilizadas e possuíam processos próprios, dentro da empresa, como os resíduos da cardação, fiação, urdissagem e, mesmo, da própria tecelagem (Monteiro, 2019).

Outra ponderação significativa é perceber que nem todo resíduo gerado nestes processos é material têxtil (como poeiras), e mesmo os que são material têxtil, podem não ser reaproveitáveis ou recicláveis (Thompson & Thompson, 2013), dadas as condições e especificidades. E se considerado apenas os resíduos têxteis que têm potencial de reaproveitamento ou reciclagem, identifica-se que o volume maior, neste recorte, é justamente o apresentado pela *A Penteadora* como insumo a ser desenvolvido em um novo material. A fazer, assim, com que o quantitativo e o qualitativo sejam aliados e mutuamente importantes nesta investigação.

Segundo apontamentos dos relatórios técnicos do sector têxtil (CETESB; SINDITÊXTIL, 2009), define-se que no processo de fiação penteada pode-se atingir até 30% de perda de matéria-prima, relativamente às entradas e saídas no processo. O mesmo documento indica que deste volume é possível reaproveitar mais de 20%, dados as práticas de reutilização industrial tradicionais e já implementadas no segmento têxtil (CETESB; SINDITÊXTIL, 2019). Portanto, parte do desafio do desenvolvimento de um novo material têxtil nesta tese foi a utilizar de resíduos superiores aos de valores acima indicado.

3.4 Testes Iniciais

As características observadas nos dois resíduos selecionados em acordo com *A Penteadora*, ao confrontá-las com as tecnologias de produção têxtil, disponibilizadas pelos maquinários técnicos nos laboratórios da Universidade do Minho (UMinho), permitiam alguns tipos de experiências e testes de partida, a fim de poder selecionar os procedimentos mais adequados nas especificidades pretendidas.

De partida se notou que as tecnologias têxteis de Tecelagem e Malharia demandariam uma transformação no primeiro resíduo, as fibras descartadas no processo de penteação, através da

manufatura de fiação, e a separação de fios do segundo, constantes nas ourelas (fios de Kevlar® da trama e fios sintéticos da teia), provavelmente com necessidade de re-fiação pelas medidas dos fios dispostos, como possível de serem observados na Figura 19 (fotografias aproximadas).



Figura 19: Resíduos selecionados da Pendeatora - Ourelas descartadas no processo de tecelagem (esquerda); Fibras descartadas no processo de Penteação têxtil (direita)

Fonte: Acervo pessoal

Dada esta questão, realizou-se um teste de fiação básico e preliminar, como modo de avaliar a “fiabilidade” das fibras de lã curta descartadas e o resultado demonstrou a necessidade de um processo delongado e minucioso para uma fiação que resultaria num fio de qualidade baixa, pelas características das fibras têxteis de lã disponíveis. Uma saída seria a mescla com outras fibras virgens de própria lã (ou mesmo outras fibras) para “neutralizar” o aspecto grosseiro do fio feito apenas deste resíduo (Peixoto, 2019). Portanto, a alternativa de fiação das fibras curtas, provenientes da penteação, foi eliminada, como meio de simplificar o processo produtivo de reciclagem têxtil, a buscar alternativas noutras tecnologias têxteis disponíveis na UMinho.

Além disso, para as ourelas de reforço, se examinou que a separação de fios não possuía maquinário e/ou tecnologia disponível na UMinho ou na empresa parceira, e pouco material publicado em artigos de revistas e congressos nestas particularidades. Se avaliou a possibilidade a possibilidade de transformá-los em fibras, através do processo de *garneting* (Peixoto, 2019), no entanto esta opção também foi descartada, pelo mesmo motivo de simplificação do processo produtivo, e dado que este processo de re-fiação para utilizar na Tecelagem ou Malharia diminuiria a qualidade do fio finalizado (Leonas, 2017).

Portanto, a tecnologia de Não-tecidos demonstrou-se o caminho natural nesta altura, já que havia compatibilidade dos materiais com algumas manufaturas de não-tecidos (Peixoto, 2019). Um não-tecido pode ser definido como “*estruturas planas, flexíveis e porosas, as quais são obtidas em forma de mantas, véus, por meio de produtos químicos, fibras, filamentos e consolidados por meios mecânicos, químicos, térmicos, solventes ou combinação destes*” (Rewald, 2006, p. 13) Foram, então, realizados ensaios dos materiais na tecnologia têxtil de agulhagem para não tecidos, a ser capaz de indicar resultados bons (mas que necessitariam afinação e calibração).

Assim, as fibras curtas descartadas da penteação foram postas à prova no maquinário específico de formação de véu e manto, anteriormente ao processo de agulhagem, como modo de tornar o material mais homogêneos nas espessuras (Rodrigues, 2020). Se ensaiou quantidades diferentes de fibras colocadas na entrada da máquina, velocidades das esteiras de entrada e saída da máquina, e velocidade e disposição das sobreposições dos véus, de modo a perceber os resultados mais satisfatórios para execução no desenvolvimento do produto. Estes ensaios levaram certo tempo, dada as dificuldades de encontrar as configurações específicas para fibra trabalhada em questão (Rodrigues, 2020).

Após este processo, consolidou-se as camadas de véu sobrepostas pelo processo de agulhagem (*needle punching*), transformando-as em um manto – já com as camadas compactadas e inseparáveis. Neste processo também foram feitas variâncias de densidade/número de camadas, velocidade das esteiras de entrada e saída da máquina, número de passagens do material na máquina, revezamento dos “lados” (cima/baixo) nas passagens, velocidade da agulhagem (número de agulhadas por minuto), até determinação do melhor desempenho.

O manto, quando em estágio quase finalizado (mas ainda não resoluto – a faltar algumas passagens na agulhagem para consolidação total), pôde receber, localizar e consolidar às ourelas de reforço descartadas no processo de tecelagem. Neste método, se estudou as modificações quanto a espessura do manto a servir como base, a quantidade, espaçamento e sobreposição das ourelas, além da disposição delas, além de novamente pôr à prova as variâncias destacadas no processo de consolidação do manto, agora, readaptados pela inclusão de outro insumo ao produto.

Os resultados dos testes iniciais foram demorados, mas positivos, uma vez que se mostraram adequados às premissas postas, como concepção de produto e a atender, plenamente, os requisitos

apontados pela equipe técnica da *A Penteadora*. Estes testes iniciais podem ser visualizados na figura 20.



Figura 20: Testes Iniciais

Fonte: Acervo pessoal

Nesta fase, foram postas à prova os testes de seleção de cores, disposição das orelhas e mix de materiais (conforme já destacado - tópico 3.1), a demonstrar resposta positiva, e que contempla aspectos do Design Estratégico (Arruda, 2017), já apontados.

Mesmo consolidado, o material aparentava certa fragilidade e sensação de desmanche (Peixoto, 2019). Assim, se pesquisou processos incrementais para robustecer (mais) o material. Nesta busca, uma alternativa acessível e tradicional ao lanifício, foi testada: Feltragem. Processo de ultimação, comum em artigos de lã, a feltragem auxilia no entrecruzamento das fibras, a compactar e tornar resistente o material (Pezzolo, 2007). Dos processos (feltragem) mais simples, se optou pelo à úmido, manual, em água morna e sabão neutro, pelas características do material.

Neste procedimento, a batanagem foi manual, com plástico bolha (incremento do atrito entre fibras), finalizada à máquina lava-roupas (processo curto-duração de 1h) e secagem horizontal, sem torcer, em ambiente iluminado e fechado (cerca de 24h). O produto desta ultimação enalteceu as qualidades já citadas e eliminou “fragilidades” (posto à prova de teste à mão). A adoção deste recurso não-industrial se deu como modelo-teste a verificar a possibilidade de a fibra ser submetida ao processo e verificação de resultados, motivo pelo qual foi aqui, então, descrito (figura 21).



Figura 21: Resumo esquemático do Processo experimental de Feltragem Manual

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Finalizadas às afinações e calibrações no processo técnico, consolidado o material no processo de feltragem, e retificada a seleção de composições cromáticas, disposições das ourelas e de mescla de materiais, findou-se os Testes práticos e laboratoriais iniciais. Passa-se, assim, a refinações práticas/técnicas e projetuais do Produto, a selecionar características e adequando-o.

3.5 Seleção de Características e Adequabilidade do Produto

Como já adiantado anteriormente no tópico 3.1, no Planeamento do Produto, geraram-se as características fundamentais que o produto deveria atingir em seu resultado. Tais características são (em ordem de importância): Ser feito, prioritariamente, de apenas reaproveitamento de resíduos têxteis da *A Penteadora*; ser composto de combinações de tipos de materiais e colorações (dentre as disponibilizadas); e obter desempenho, nos resultados dos testes físicos, compatível com a sua usabilidade.

Ademais, se realizou, como descrito anteriormente, os testes iniciais – experiências que puderam ajudar na percepção de potenciais e resultados apontados do produto, como textura, aspereza/maciez, espessura, combinações de cores, formas e materiais (véus e ourelas), a encaminhar quais resultados seriam possíveis e quais qualidades poderiam ser obtidas, nas melhores práticas testadas.

Portanto, percebido tais aspectos, se direcionou a determinação de características de aspecto técnico (e não projetuais, como já levantados no tópico 3.1) e adequações necessárias a contemplar o produto às suas premissas. Neste sentido, optou-se, após estudo estratégico do desenvolvimento do produto (Arruda, 2017), uma matriz de decisão da gama em duas vertentes:

- Finalidade de Têxteis-Lar – com maior força para designação de decorativo, em funcionalidade contemplativa (Arruda, 2017): Painel (quadros) de composição customizada; cúpula de candeeiros/luminárias; toalha decorativa de mesa; cobertura para almofadas de sofá; entre outros; e
- Finalidade de Têxtil para Vestuário – com maior força para (mas não somente) designação de acessório, em aspecto mais rústico/artesanal, dadas as possibilidades do material, em funcionalidade contemplativa e humano-usual (Arruda, 2017): Bracelete; echarpe; pantufa; estola; entre outros.

Deste modo, tais características determinaram a adequabilidade no desenvolvimento do produto: primar por espessuras mais finas, dentro do limite da resistência mínima de força do material; fazer produção de todas as composições cromáticas selecionadas; desenvolver a melhor maciez alcançada ao toque (textura) nos produtos de finalidade vestuário; fortalecer a consolidação/agregação das fibras, unidas na maior robustez alcançada, a evitar perdas de fibras (poeira/borboto) ao toque.

3.6 Desenvolvimento do Produto

Após da deliberação sobre adequação das técnicas, uso de maquinários, processos e definições de uso do produto, se dirigiu ao desenvolvimento do produto, já vencidos as experimentações.

Como parte da metodologia adotada, em termos projetuais, se fez necessário a exposição de detalhamento das etapas percorridas na pré-produção. Já como parte da metodologia em termos científicos, se exige a transparência e a pormenorização dos materiais e métodos do desenvolvimento, a fim de gerar contributos à ciência (Eco, 2008).

No desenvolvimento do produto (efetivamente), a produção concentrou-se em utilizar das afinações e calibragem melhores de manufatura, testadas, adaptadas e ajustadas anteriormente.

3.6.1 Técnica, Maquinário e Processos Têxteis

A técnica fabril têxtil empregada no processo produtivo foi de formação de véu (via seca) e consolidação mecânica por agulhagem. Além disso, inclui-se no rol das técnicas a ultimação têxtil de feltragem, nesta fase já aplicado com maquinário técnico específico em nível industrial.

Para o processo de formação de véu, em via seca, se usou a máquina Cosmatex© *Costruzione Macchine Tessili*, feita na Itália, tipo *Linea Campioni HL 500*, fabricada em 2001. Tal maquinário foi instalado interligado à máquina de agulhagem e ao sistema automatizado de configuração no Laboratório de Física Têxtil da UMinho. Este sistema interligado é chamado de Linha de Produção de Não-tecidos por agulhagem da Automatex©, que pode ser entendido pela figura 22.

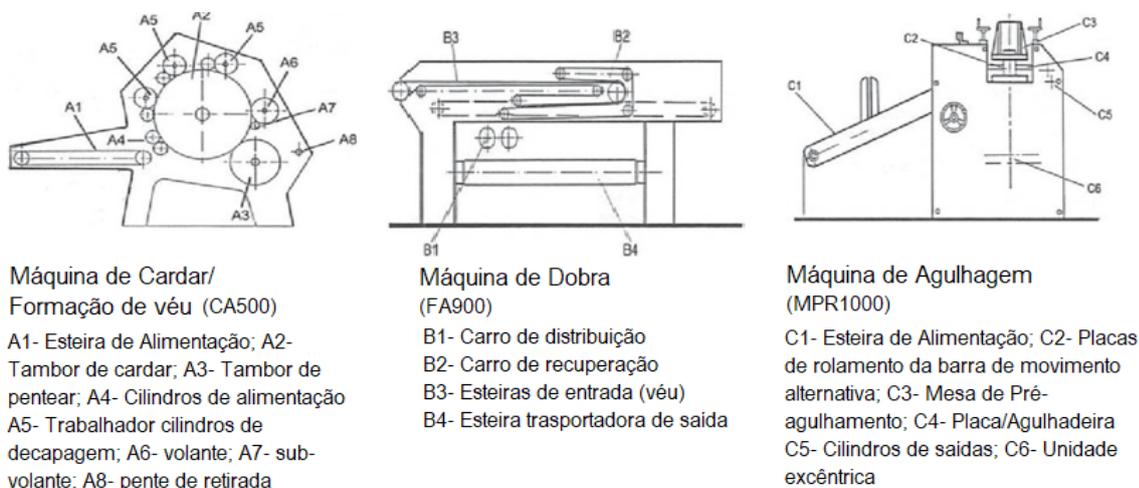


Figura 22: Linha de Produção de Não-tecidos por agulhagem da Automatex©

Fonte: Traduzido e adaptado de (Ozen, Sancak, Soin, Shah, & Siores, 2015)

A parte do sistema responsável pela formação de véu, por via seca, é classificada como do tipo de sistema mecânico, desenvolvida para o sistema de algodão (Rewald, 2006), que dados os devidos ajustes técnicos serviu para a produção no material de lã selecionado (fibras curtas descartadas no processo de penteação) (Rodrigues, 2020).

Neste equipamento, foi iniciado o processo pela disposição manual das fibras sob a esteira de entrada, a isolar o sistema de preparação (sem uso no processo). Para formação de mantos com mais de uma cor (como na combinação preto, azul e azul escuro), a disposição das fibras era colocada de modo padronizado (divisões espaçadas na largura e na altura), conforme figura 23.



Figura 23: Disposição das Fibras para formação de véu colorido (Preto, Azul e Azul Escuro)

Fonte: Acervo pessoal

Depois, as fibras passavam do cilindro controlador/regulador de alimentação (entrada). Dentro da máquina, as fibras eram transformadas em véu pelo órgão central da máquina, composto de tambores, trabalhadores e volteadores (Rewald, 2006). A orientação das fibras, ao longo deste processo, é preferencialmente depositada direccionalmente, com orientação longitudinal.

Na sequência, os véus já formados vinham pelo cilindro regulador de saída, que possui um rolo de limpeza de fibras soltas (menores) instalado na parte superior, para recolha e acúmulo destas (que, por vezes, eram novamente introduzidas no processo de disposição, a depender das combinações cromáticas escolhidas da produção no momento), como observável na figura 24.



Figura 24: Saída do processo de formação de véu

Fonte: Acervo pessoal

Neste, a central automatizada foi configurada para a velocidade de 290 cm/min para a esteira que recebia o véu na saída da carda e repassava a etapa seguinte, na máquina de dobrador de véu horizontal (*cross-lapper machine*).

O processo seguinte, de dobrar do véu, foi realizado por um componente do maquinário que atua horizontalmente, em sistema com transporte de trajeto longo (Rewald, 2006) e funcionou para a uniformização e disposição de véus para quando consolidar em manto, a aumentar a densidade e a espessura, a gerar o início ao processo de compactação e adensamento das fibras. Nesta etapa, o órgão da máquina é composto de esteiras transportadoras e cilindros fixos e móveis, a contar com velocidade configurada para 301 cm/min. Ao sair, o material foi encaminhado ao (chamado) carro indireto, na parte inferior transportado por um cilindro metálico móvel, que atua de modo unidirecional, a determinar, portanto, a largura máxima dos véus sobrepostos, de aproximadamente 50 cm, configurado para velocidade de 600 cm/min. O resultado desta fase, quando então o material voltava a ser visualizável (fora da máquina), era depositado sobre a esteira que dá acesso à máquina de agulhagem, configurado para uma velocidade 109 cm/min, onde, nesta fase, era recolhido em formato de rolo. O resultado deste processo pode ser observado na figura 25.



Figura 25: Véus sobrepostos na saída do dobrador horizontal

Fonte: Acervo pessoal

Sequencialmente, se distribui o rolo sob chão limpo para seleções de partes de melhor composição cromática das fibras para interposição, em peças que possuíam dois destes mantos (véus sobrepostos), com larguras (como já descrito) de aproximadamente 50 cm e alturas de aproximadamente 120 cm, para facilitar o uso da esteira de entrada da máquina de agulhagem, vide figura 26. Neste processo, partes manuais também foram realizadas, a redistribuir (em uma menor parte de casos), fibras de partes mais densas/altas para partes menos densas/rasas.



Figura 26: Rolo de Véus sobrepostos (Manto) distribuído no chão

Fonte: Acervo pessoal

Finalizada a técnica de formação de véu e já decididas as combinações de mantos para consolidação (com vistas nos padrões de cores), se direcionou à técnica de fabricação de não-tecidos na tecnologia por agulhagem (*needle punching*), para, em facto, confeccionar o produto proposto.

Dentro dos sistemas de consolidação de véus e mantos, o modelo adotado (tecnologia por agulhagem) é do tipo mecânico por agulhas. Esta parte do sistema de maquinários, com interligações entre as etapas produtivas, é uma *Impianti Non Woven* da marca italiana Automatex©. Nela, as principais experiências e produções eram feitas a partir de fibras sintéticas ou em algodão (Peixoto, 2019).

Para inicializar o processo de tecnologia de não-tecidos por agulhagem, se colocou cada agrupamento de dois mantos seleccionados (conforme descrito), sob a esteira intermediária (entre a saída da formação de mantos e a entrada da agulhagem, configurada para uma velocidade de 109 cm/min, a se certificar do posicionamento da peça, de modo a caber na largura da máquina e não rotacionar, angularmente, a direção dos véus, como visível na figura 27. O conjunto era transportado até a esteira de alimentação (entrada) da máquina de agulhagem, em velocidade de entrada ajustada a 162 cm/min.



Figura 27: Posicionamento das peças na esteira intermediária para entrada na máquina de Agulhagem

Fonte: Acervo pessoal

A esteira de entrada leva a peça ao órgão principal da máquina, composto de mesa inferior, extrator, agulhadeira (onde se localizam as agulhas) e mesa superior (Rewald, 2006). Este modelo é de zona única de agulhagem, de tipo superior, com agulhadeira de placa única (Rewald, 2006), esta última peça com 50 centímetros de largura, daí, então, a limitação de largura do material. Portanto, o lado (cima/baixo) do material que passa na agulhagem tem resultados diferentes, visto que um lado “carrega” pequenas fibras “a costurar” com o outro (Peixoto, 2019). Além da consolidação do material, o número de passagens (repetições) ajudou a homogeneizar os lados.

O processo de agulhagem é composto por perfurações, pega de fibras da parte inferior e transporte das mesmas à parte superior (Rewald, 2006), a entrelaçar as fibras dos diferentes lados do material, no caminho entre a esteira de alimentação (entrada) e o cilindro de depósito (saída), não há esteira intermediária neste processo, o movimentar da agulhadeira, naturalmente, move a peça, impulsionada pela esteira de alimentação e auxiliada pelo cilindro de depósito. Nesta fase, se configurou, por automação, a velocidade de 201,64 perfurações (batidas) por minuto.

Posteriormente, o material passado pela agulhagem foi encaminhado ao cilindro de depósito (saída), vide figura 28, que serviu como apoio para extração do produto, feito segurado à mão (sem forçar ou puxar, apenas a transportar). Este processo foi configurado para 161 cm/min.

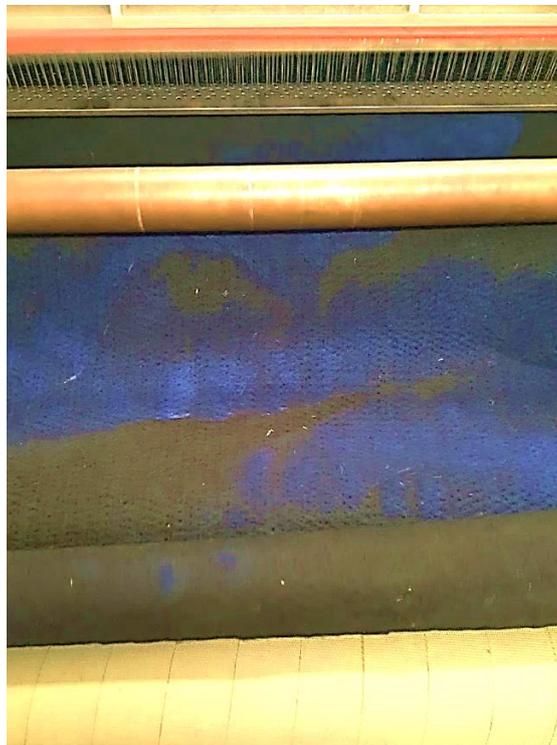


Figura 28: Material consolidado na saída da máquina de Agulhagem

Fonte: Acervo pessoal

A consolidação do manto neste processo não era de grau suficiente em uma única passagem pela agulhagem. Outra observação pertinente era que, dadas as características das configurações da máquina e do insumo do produto, este processo adensava as fibras (a compactar o volume), diminuía a espessura e alargava as dimensões da altura (em cerca de 50%, a depender da densidade/unidade de massa por área dos véus preparados, a poder chegar no dobro de tamanho) e da largura (em cerca de 5%) (Peixoto, 2019). Deste modo, para consolidação desejada no produto, foi necessário estabelecer o número de passagens da agulhagem.

Para os produtos sem inserção de ourelas, quatro passagens foram realizadas (alternando, sequencialmente, os lados). Já para os produtos com ourelas (sejam de mesma ou cores diferentes, sejam de posicionamento determinado ou aleatório), se fez um processo de cinco passagens: uma em cada lado (2); uma com as ourelas depositadas na parte superior (1) – que não aglutinava com força às ourelas ao manto, mas ajudava a “localizar” (afixação inicial); e duas com as ourelas já afixadas na parte inferior. Em ambos os tipos de processo dos diferentes produtos entre a passagem de número 1 e 2, dobrou-se o material ao meio, tal qual entre a passagem 2 e 3. Esta dobra ajudou a condensar o material ainda mais, pois, a falta dela, tornava os materiais menos espessos, porém de fácil propensão ao rasgo no teste a mão.

No processo de confecção do produto com ourelas, resíduos do processo de penteação têxtil, a disposição destas sobre o manto dava-se na fase de acomodação dos mantos sobre a esteira intermediária. Com as máquinas desligadas para esta tarefa, a combinação de tipos (maiores ou mais curtas) e de cores (azul ou vermelha ou amarela ou vermelha e amarela, conforme já anunciado) era posta conforme o modelo a ser produzido, de modo aleatório (disposição orgânica) ou de modo ordenado (disposição em faixas verticais e/ou horizontais). O formato de disposição, após a primeira passagem na agulhagem não era mantido na integralidade, uma vez que se trata de um material leve e, ainda (nesta fase) não afixado ao manto, porém a diferença de resultados era perceptível (nota-se com facilidade a diferença dos dois tipos de disposições).

Se destaca que o número de passagens, dobras e alternância de lados, bem como de velocidades de perfurações, foram exaustivamente testados na etapa anterior (Testes Iniciais), para chegar a essa adaptação.

Seguidamente, os materiais consolidados foram separados e acondicionados adequadamente, até a data de visita técnica e de manufatura do processo de feltragem, como ultimação para aprimorar o produto.

Nesta empreitada, se obteve a parceria e auxílio técnico, fundamentais, da empresa FEPSA®, renomada instituição comercial portuguesa especializada em produção de chapéus de feltro. As especificações técnicas, no decorrer do processo de feltragem, foram prestadas em entrevista concedida pelo Engenheiro Acácio Coelho (2020).

O equipamento utilizado (vide figura 29) é desenvolvido e configurado especificamente para batanagem de feltros de chapéus, empregado, pela empresa, em lã (de fibras longas), pelo de coelho e fibras de caxemira. Para realização deste processo nos materiais consolidados, desenvolvidos nos laboratórios da UMinho, se realizaram as modificações necessárias para trabalho (Coelho, 2020). Este maquinário industrial é automatizado pelo sistema de gestão de máquinas Allen-Bradley®. Para executar a ação no material consolidado, a máquina utilizou de água acidificada com ácido sulfúrico, em que o pH fosse entre 2.6 e 2.8 (Coelho, 2020). Foi selecionado o modo “Programa Lã”, configurado para se trabalhar em material do tipo lã (fibra têxtil), com temperatura desejada da água de 40°C (a variar de 40°C a 46°C ao longo do processo) e tempo determinado de trabalho de até 150 minutos (para conseguir se aplicar em todo o material disponível), em que cada ciclo de lote de materiais foi posto à máquina por 5 minutos e velocidade de giro dos pistões de 35Hz.



Figura 29: Máquina de Feltragem à úmido da FEPSA

Fonte: Acervo pessoal

Com pequenos jatos da solução aquosa constantes, o material foi introduzido à máquina, onde os dois pistões de plástico rígido com esferas metálicas batiam e esmagavam ininterruptamente o material, a revirá-lo entre uma batida e outra, o que fazia com que, no tempo determinado, todo o produto já tivesse sido embebido com o líquido e atingido por algumas esmagadas.

A diante, se transportou o material úmido à centrífuga industrial da empresa, modelo CR2 – 900/500 U.V., fabricada em 1999, pela CAVISA © (licenciada da ICYMSA ®). Este equipamento (como visto na figura 30), com objetivo de secagem rápida, trabalhou, com todos os materiais em uma única entrada, por 3 minutos em velocidade de 1090rpm (iniciado lentamente, atingido a velocidade máxima e, progressivamente, diminuído até parar).



Figura 30: Material depositado na Centrífuga Industrial da FEPSA

Fonte: Acervo pessoal

Ao término do processo de ultimação, ora industrial e à máquina, se pode notar a considerável perda de espessura, consolidação relevante do material e do material com as orelas, diminuição parcial das medidas de largura e/ou altura dos produtos e matização (escurecimento) das orelas e das partes azuis mais claras nos mantos (pois o preto das fibras curtas sobressaiu no decorrer do processo de feltragem). Os testes de caracterização físicas, aplicados posteriormente, comprovaram que o processo de feltragem (industrial) foi beneficiador ao produto, a intensificar as características de robustez e consolidação do material.

3.6.2 Gama da Produção e Utilização

Os resultados obtidos, depois de todos os processos (produção – formação do véu; agulhagens; e ultimação – feltragem) serviram para definição da Gama de Produção e destinação de consumo e utilização (ainda como prospecções nesta etapa).

No estudo de Design Estratégico (Arruda, 2017) realizado anteriormente, em etapas ainda projetuais, a matriz de decisão apontou para 6 modelos/padrões a serem produzidos, a configurar: coloração do manto (preto ou colorido – preto, azul e azul escuro); inserções de orelhas (com ou sem); colorações de orelhas (azul, vermelha, amarela ou vermelha e amarela); e disposição de orelhas (determinadas ou aleatórias). A representar, nesta determinação (conforme já apresentado anteriormente), os seguintes produtos:

- 1) Manto Preto – Orelhas Vermelhas – Determinadas
- 2) Manto Preto – Orelhas Amarelas – Determinadas
- 3) Manto Preto – Orelhas Vermelhas e Amarelas – Determinadas
- 4) Manto Preto – Orelhas Vermelhas e Amarelas – Aleatórias
- 5) Manto Colorido – Sem orelhas
- 6) Manto Colorido – Orelhas Azuis – Aleatórias

Se visualiza os padrões 2, 3, 4, 5 e 6 na figura 31, a exemplificar tais modelos (em que as cores foram saturadas para melhor percepção no material impresso e/ou virtual).

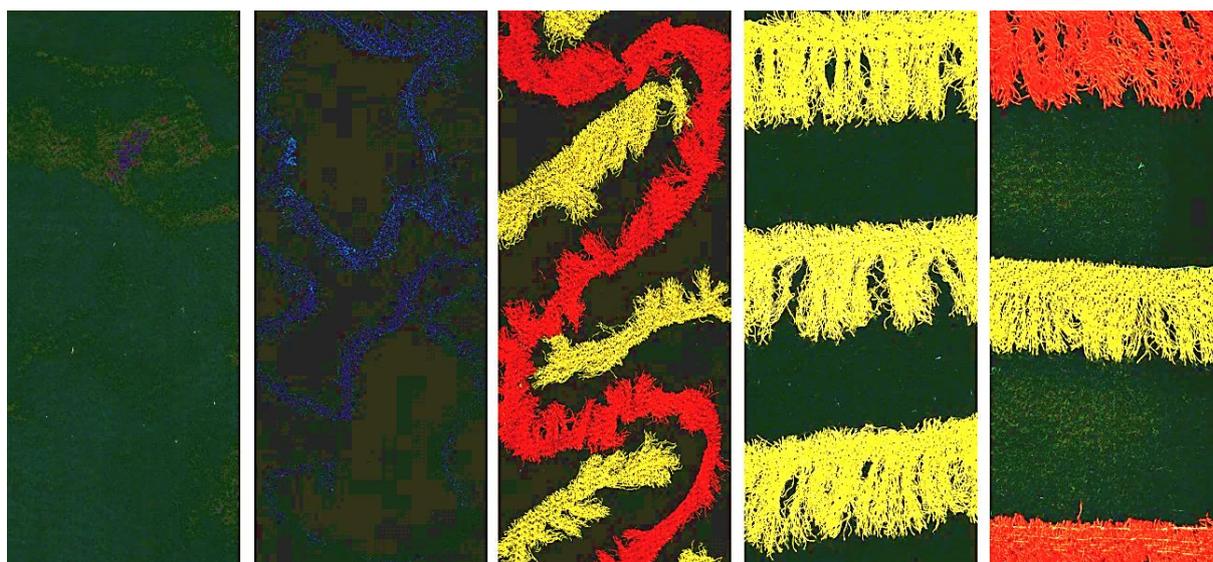


Figura 31: Modelos produzidos (da esquerda para a direita) - padrão 5, padrão 6, padrão 4, padrão 2, padrão 3

Fonte: Acervo pessoal

Além disso, com os resultados alcançados nesta fase foi possível idealizar usabilidade do produto, na gama: Têxteis-Lar – Painel decorativo (composto, a poder ser personalizado); Cúpula de candeeiro/luminária (como adorno); Toalha de Mesa (caminho de mesa); Capa de almofadas; Jogo Americano (toalhas de mesa pequenas onde se colocam pratos, talheres e copos); e Têxteis para Vestuário – Colete; Estola/Capa; Bracelete/Pulseira; Chapéu; Pantufas de Inverno; Echarpe.

Dessarte, desenvolveu-se, incrementalmente (como parte complementar na investigação) representações ilustrativas de usos, como contributo extra, originado no percurso académico-profissional do autor. À excepção do Colete (que estão apresentados no tópico 4.3), estas projeções podem ser vistas nas figuras 32 e 33.

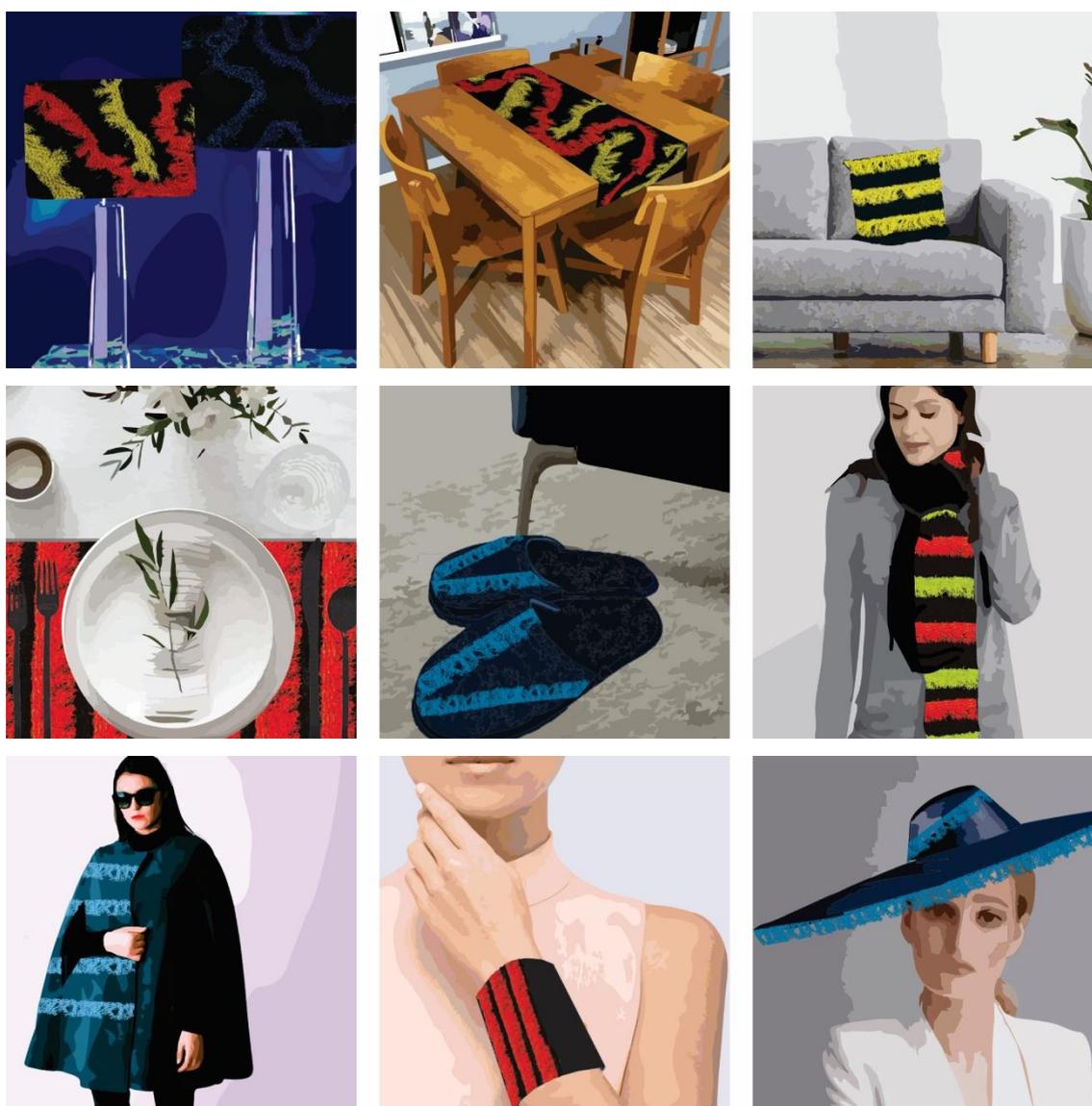


Figura 32: Projeções - da esquerda para a direita, de cima para baixo: Cúpulas de candeeiros, caminho de mesa, capa de almofada, jogo americano, pantufas de inverno, echarpe, estola/capa, bracelete e chapéu

Fonte: Desenvolvido pelo autor



Figura 33: Projeção do Painel Decorativo (Customizável)
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Capítulo IV

Resultados

No âmbito deste capítulo foi publicado o seguinte item:

- Puppim, R.; Broega, A. C.; Azambuja, P. (2021). Rethinking the Wool Fibers Discard: Development of new textile products. Anais do International Conference on Natural Fibers (ICNF 2021). Funchal: ICNF 2021. (No prelo para capítulo do Journal “Materials Circular Economy”).

4. Resultados

Após o Desenvolvimento Experimental, como modo de legitimar, cientificamente, o produto têxtil concebido, torna-se imperativo a aferição de performance e desempenho dos aspectos físicos (mecânicos, perceptíveis, táteis etc.), realizadas e apresentadas neste capítulo, portanto.

Dessarte, os temas aqui apresentados objetivam: Apresentar o Produto (Tópico 4.1) – onde identifica-se o material desenvolvido, por testes de tipificação das fibras presentes nos insumos da *A Penteadora*, além de relatórios técnicos da empresa; Caracterizar, fisicamente, o Produto (Tópico 4.2) – em que demonstra-se as propriedades e qualidades materiais/tangíveis, por intermédio de Testes Físicos manuais, mecanizados e à máquina; Expor a exemplificação de aplicabilidade do Produto (Tópico 4.3), a exibir aptidões, como desdobramento dos resultados dos testes físicos; e Explicitar a conformidade aos critérios da Sustentabilidade e demais capacidades catalisadoras do Produto (Tópico 4.4), que reiteram (ainda mais) o material como uma experiência de bons resultados.

4.1 Apresentação do Produto

Um preambulo representativo dos frutos alcançados após as testagens e afinação para aprimoramentos pôde ser demonstrado no Tópico 3.6.2, a fim de inicializar a apresentação do produto. Assim, com os resultados expostos, se faz necessário uma Apresentação do Produto, no viés pragmático da Engenharia Têxtil, isto é, demonstrações laboratoriais, por testes, dos resultados obtidos. Nesta empreitada, são expostos os seguintes testes de apresentação: teste FTIR (*Fourier-transform infrared spectroscopy*); e teste de unidade de massa por área/peso.

O Teste de tipo FTIR, ou Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (tradução do autor), é utilizado para “caracterizar as estruturas químicas do substrato têxtil” (Cionek, 2020), de modo a aferir, conforme disponibilidade da biblioteca comparativa própria do sistema computacional que faz a leitura no aparelho FTIR, indicativos, nas estruturas químicas, de tipologia de fibras do material testado.

Na ocasião, um equipamento da marca Shimadzu Irapurity-1S, com cristal de diamante, na faixa de 4000-400 cm^{-1} a operar em 64 corridas min^{-1} , foi utilizado, disponibilizado pelo Laboratório de Análises Químicas do DET/UMinho. No sistema gráficos, o resultado é apresentado em curvas,

em que se pode realizar comparação com própria base de dados (biblioteca) do sistema, pelo desenho da curva, que é feito baseado em picos da curva. Portanto, se pode utilizar as curvas para determinar, comparativamente, a tipo de fibra têxtil testado e/ou a tabela de relação numérica dos picos da curva para análises, apontamentos e outros tipos de caracterizações químicas.

A aferição da tipologia das fibras, apesar das reiteradas declarações, em entrevistas técnicas, dos fornecedores (responsáveis técnicos da *A Penteadora*), se realizou para demonstrar, caracteristicamente, tais fibras, de modo a confirmar tais pareceres.

Duas operações foram realizadas em tal equipamento, ambas com o material finalizado (já passado por todas as etapas do processo produtivo), separados para a testagem: o material do manto base; e um recorte das ourelas/tiréolas inseridas.

O resultado do primeiro teste apontou, conforme o banco de dados do sistema do aparelho FTIR, curva muito semelhante às fibras proteicas (como é o caso da fibra de Lã), conforme perceptível na figura 34 (parte superior: o material testado; parte inferior: base de dados para fibras proteicas).

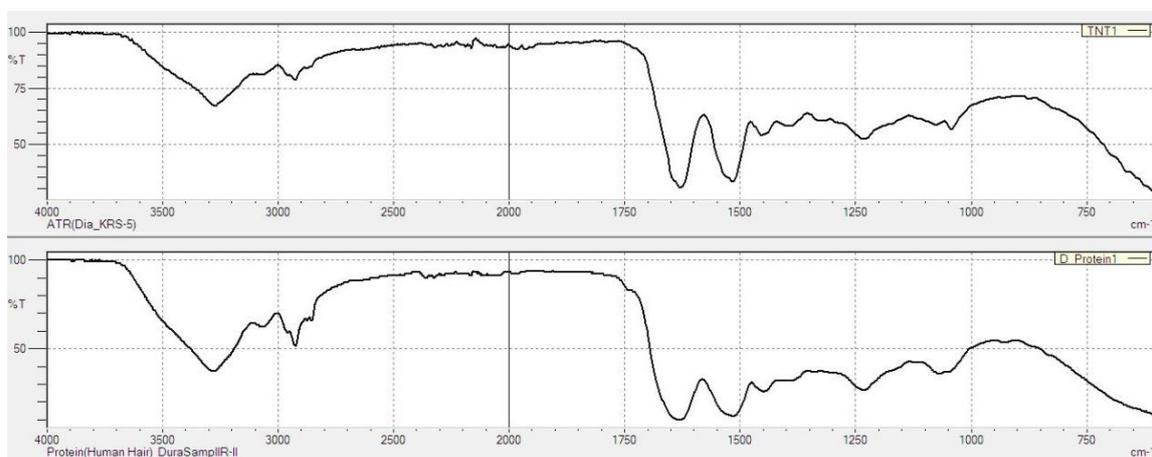


Figura 34: Curvas FTIR - superior: material testado, inferior: material comparativo da Base de Dados (Proteína)

Fonte: Gráficos produzidos no sistema do aparelho FTIR Shimadzu Irapaffinity-1S

Já a segunda operação chegou à resultado inconclusivo, devido às misturas de fios das ourelas (que são de duas fibras distintas) ao próprio manto, pelo processo de feltragem (Silva A. , 2020). Porém, é importante de se destacar que o apontamento, no resultado, é para fibras poliméricas, que pode ser apontado na presença dos fios de fibra sintética (comumente, náilon ou poliéster,

presente nas orelhas de reforço) e os fios residuais de Kevlar® (aramida registrada pela DuPont©) (Silva A. , 2020), como pode ser visto na figura 35 (parte superior: o material testado; parte inferior: base de dados para o tipo mais próximo de fibra – *Poly trimellitimide imide*)

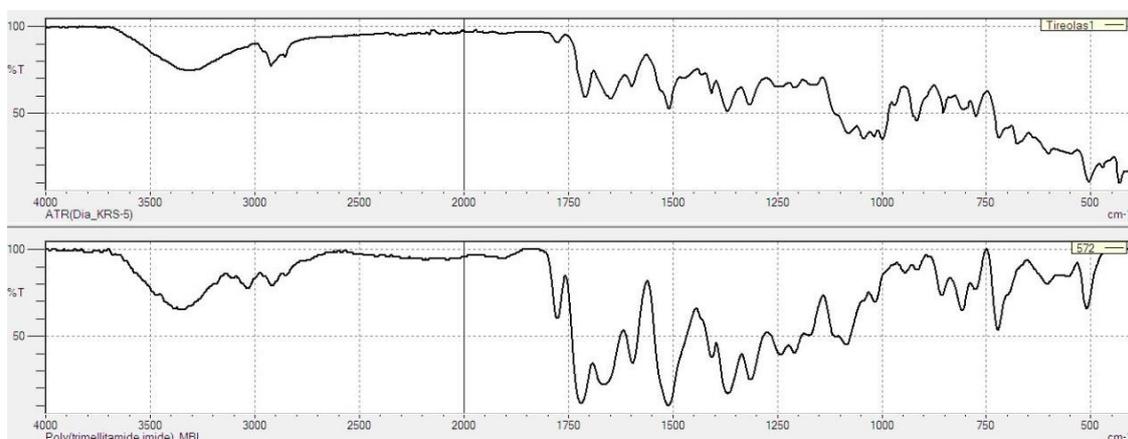


Figura 35: Curvas FTIR - superior: material testado, inferior: material comparativo mais próximo da Base de Dados (*Poly trimellitimide imide*)

Fonte: Gráficos produzidos no sistema do aparelho FTIR Shimadzu Irapinity-1S

A literatura revela que tal resultado (mais próximo da base de dados) pode ser parcial e semelhantemente encontrado na composição química de fibras de Kevlar®/aramida (Fontoura, 2015). O resultado com numeração dos picos das curvas na imagem gerada pelo aparelho FTIR estão disponibilizadas no Anexo II.

Deste modo, se reitera a informações das tipologias das fibras nos materiais utilizados para desenvolvimento do produto, expressas pelos responsáveis técnicos da empresa parceira e confirmadas, cientificamente, por meios dos testes em aparelho FTIR (com suas interpretações nas bases de dados e bibliografia pertinente).

Quanto ao teste de pesagem para aferição da Unidade de massa por área, se seguiu as normas NBR-12.984/2009 da ABNT – Determinação da massa por unidade de área (Unidade de massa por área) e ISO 9073-1/1989 – *Determination of mas per unit area*. Para tal mensuração, se realizaram testagem de dois diferentes tipos: 1) aferição ao longo do processo de carda e agulhagem; e 2) aferição do material pós-processo de agulhagem. Todos os processos de pesagem foram feitos laboratórios do DET/UMinho, seguindo as normas, em balanças electrónicas de precisão da marca *Mettler*©, modelo PM200.

Na aferição ao longo do processo de carda e agulhagem, se efetivou a pesagem em três estágios – após a primeira passagem na carda/formação de véu; antes da primeira entrada na agulhagem; após 4 passagens na agulhagem (com duas dobras do material) , em amostras feitas apenas com fibra de lã descartada (sem inserção de ourelas), de 5cm por 20cm (a corresponder a 0,01m²), e posteriormente a ponderar o peso obtido pela área da amostra.

Após a primeira passagem na carda/formação de véu, a unidade de massa por área calculada foi de 67,73 g/m² (amostra a pesar 0,6773g). Já para a amostra antes da primeira entrada na agulhagem (já passado pelo processo de dobra de véu), a unidade de massa por área calculada foi de 170,66 g/m² (amostra a pesar 1,7066g). E, por fim, depois de 4 passagens na agulhagem (com duas dobras ao meio do material), a unidade de massa por área calculada foi de 546,16 g/m² (amostra a pesar 5,4616g). Portanto, se pode determinar o percentual de “adensamento” (aumento proporcional da unidade de massa por área) das fibras ao longo do processo da linha produtiva de não tecidos da Automatex©, relativo ao aumento de peso, que coincide com a literatura referente ao processo (Ozen, Sancak, Soin, Shah, & Siores, 2015), conforme tabela 4.

Tabela 4: Cálculo de adensamento das fibras de Lã ao longo do processo da linha de não tecidos Automatex©

Material	Tipo	Unidade de massa por área	Aumento - % ao Processo Anterior	Aumento - % ao Processo Total
1	Formação de véu	67,73 g/m ²		
2	Pós processo de dobra	170,66 g/m ²	 151,97%	
3	Pós agulhagens	546,16 g/m ²	 220,03%	 706,38%

Assim, se determina que o adensamento, ao longo dos processos estabelecidos e padronizados de produção, é de, aproximadamente, 8 vezes do valor inicial, em aferição de unidade de massa por área.

Já a aferição realizada no material após a linha produtiva de não tecidos foi realizada para diferentes etapas e tipologias de materiais encontrados. Se efetivou a medição de unidade de massa por área com quatro tipos de materiais (todos apenas de manto sem ourelas): 1) Material não feltrado (pesado); 2) Material feltrado (leve); e 3) Material feltrado (pesado). Na determinação de leve, pesado ou mediano, se tomou em conta que o resultado alcançado expos

áreas “mais” densas que outras, a categorizar o resultado obtido como um material Anisotrópico.

O resultado do cálculo de unidade de massa por área foi de: 547,73 g/m² (Amostra tipo 1); 393,81 g/m² (Amostra tipo 2); e 714,30 g/m² (Amostra tipo 3). Todos os resultados, mesmo nas amostragens mais leves/menos densas do material apontam para uma definição do material como muito pesado, em termos de não-tecidos, uma vez que todos estão acima de 150 g/m², medida que determina Não-tecidos muito pesados (Maroni, Publio, Saito, & Lima, 1999).

Os cálculos comparativos podem ser de variação da unidade de massa por área: pelo processo de feltragem – de 547,73 g para 714,30 g (aumento proporcional de 30,41%); e pela variação/anisotropia do material (parte menos densa comparada com parte mais densa) – de 393,81 g até 714,30 g (81,38% de variação relativa).

Na segunda etapa desta tipologia de mensuração se realizou a mensuração de unidade de massa por área de amostras, para comparar resultados com e sem ourelas inseridas no produto (após o processo de feltragem).

A média de unidade de massa por área (com densidade mediana – 5 amostras) das amostras sem ourelas foi de 696,72 g/m², enquanto a média de unidade de massa por área das amostras com ourelas foi de 697,14 g/m², ou aproximadamente 1% de aumento no peso proporcional. O que significa que o volume “extra” dos fios e filamentos das ourelas ajudou a redistribuir a densidade geral do produto, após o processo de agulhagem e foi catalisado (em amenização) pelo processo de feltragem (Coelho, 2020).

Após apresentados as exposições iniciais sobre a fibra e a unidade de massa por área do material, se parte para a caracterização física, em testes de desempenho laboratorial, conforme o próximo tópico.

4.2 Caracterização Física

Na determinação de performance dos produtos/materiais, se realizaram testes de caracterização física, nos laboratórios de Física Têxtil do DET/UMinho, que auxiliaram nas definições do material para comparativo em outros produzidos com fibras mais longas (de

mesma origem e fornecedor – *A Penteadeira*) de modo a perceber a proporcionalidade e adequabilidade do material obtido nas fibras curtas.

Para tanto, os testes selecionados e efetivados foram: Teste de Resistência à Tração e Alongamento; Teste de Resistência ao Rasgo; Teste de Flexão à rigidez (*Bending – Stiffness Tester*); Teste de *Pilling*; e Teste de perda de massa por abrasão. A escolha destes testes se deu na variação tipológica, especificados para testes em materiais não-tecidos, dadas as devidas ponderações das características do material e das fibras utilizadas.

Assim, foram determinadas medidas amostragens padrão para comparação: Amostra de material não feltrado de fibra curta; Amostra de material não feltrado de fibra mais longa; e, Amostra de material feltrado de fibra curta. Em alguns casos, foi inserido ainda o componente “com ourelas” para aferição (onde era pertinente e os resultados demonstraram a necessidade de se avaliar também neste critério). Portanto, os comparativos são feitos lateralmente (não feltrado com feltrado; feltrado com ourelas com feltrado sem ourelas), e o comparativo geral pode ser feito por triangulação de dados, a se ponderar a proporcionalidade.

Além disso, há, ainda, a possibilidade de comparação representativa e suplementar com outras publicações específicas de não-tecidos à base de lã, quando pertinente, como em Santos, Lara e Martins (Wool felt: Characterization, comparison with other materials, and investigation of its use in hospital accessories, 2020) e em Palmer e Wang (Objective Assessment of Pilling of Nonwoven Fabrics Using the Two Dimensional Discrete Wavelet Transform, 2005).

Deve ficar claro que aqui se entende como “fibra curta” as que foram retiradas de produção pela penteação calibrada para 3cm, isto é, fibras de 30mm ou menos e “fibras mais longas”, de 40mm a 50mm, conforme oferecimento da *A Penteadora* (Monteiro, 2019). Mesmo que tal medida das “fibras mais longas” não sejam, efetivamente, consideradas “longas”, dado que a média da fibra de lã é de 30mm a 300mm (SEDUC, 2012), se utilizou estas amostras, para padronização, pois são de mesma origem e fornecedor.

4.2.1 Teste de Resistência à Tração e Alongamento

Para o Teste de Resistência à Tração e Alongamento foi utilizada a NP EN 29 073-3/1993 – *Textiles: Test methods for nonwovens Part 3: Determination of tensile strength and elongation e*

foi conduzido no Laboratório de Física Têxtil da UMinho no equipamento Dinamômetro da marca *Hounsfield* modelo H100KS (visto na figura 36) com adaptações de presilhas adequadas aos provetes, em que as amostras foram cortadas em provetes adequados e acondicionadas por 18 horas, à 20°C e 65% de humidade relativa, no equipamento Câmara climática da marca *Aralab* modelo Climaplus IV, conforme determinação da norma e premissas da mesma (ISO 139/2005 – Têxteis: normas de condicionamento atmosférico e ensaio). Os resultados foram feitos e apresentados por sistema computacional QMat 3.51.



Figura 36: Dinamômetro modelo H100KS da *Hounsfield* preparado para teste de tração e alongamento

Fonte: Acervo pessoal

Nesta fase, as tipologias de amostras foram 3: material com fibra curta não feltrado; material com fibra mais longa não feltrado; e, material com fibra curta feltrado. Além disso foram realizados os testes com amostragem para o sentido da máquina e para o sentido transversal.

O resultado do teste pode ser observado no Figura 37, Gráfico que expressa o resultado obtido médio do teste de Resistência à Tração, a comparar a Força de Ruptura das diferentes tipologias de materiais (Amostra de Fibra Longa; Amostra de Fibra Curta; Amostra de Fibra Curta Feltrada) e com o sentido da agulhagem (Sentido da Máquina; Sentido Transversal).

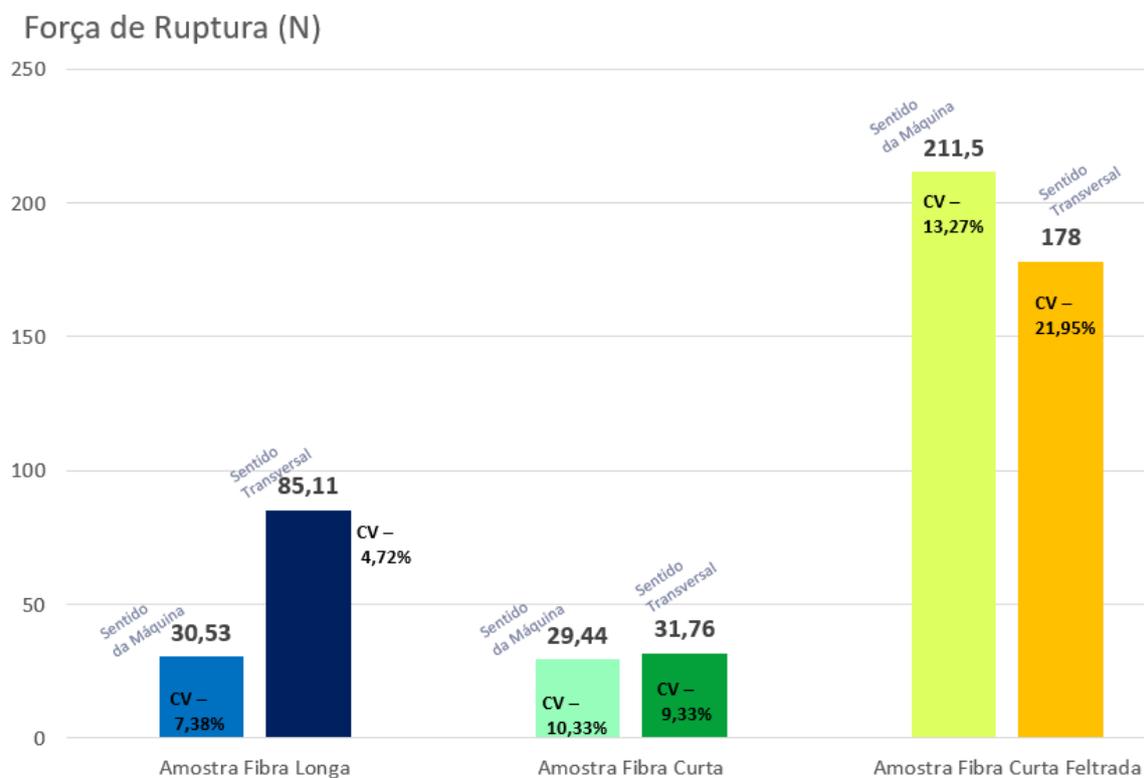


Figura 37: Gráfico de resultado do teste de Tração e Alongamento – comparativo da força de ruptura

Fonte: Imagem gerada pelo software Microsoft PowerPoint

As imagens geradas pelo Software trabalhado – QMat 3.51 – podem ser vistas, em forma de gráfico, a distinguir amostra por amostra (pelo menos 5 para cada tipologia, conforme a norma citada) no Anexo 12.

O resultado alcançado, além de criar gráficos, gerou dados numéricos, referentes à força máxima atingida pelas amostras, bem como a extensão máxima de alongamento, que podem ser observados nas: tabela 5 (fibra longa – sentido da máquina), tabela 6 (fibra curta – sentido da máquina), tabela 7 (fibra curta feltrada – sentido da máquina), tabela 8 (fibra longa – sentido transversal), tabela 9 (fibra curta – sentido transversal) e tabela 10 (fibra curta feltrada – sentido transversal).

Tabela 5: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Longa - Sentido da Máquina)

Amostra - Fibra Longa (Sentido da Máquina)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	37,52	60,2
2	38,48	81,1
3	44,1	71,4
4	36,92	58,1
5	40,65	56,1
Média		
	39,53 N	65,4 %
Desvio Padrão		
	2,92	10,6
Coefficiente de Variação		
	7,38 %	16,21 %

Tabela 6: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta - Sentido da Máquina)

Amostra - Fibra Curta (Sentido da Máquina)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	25,76	56,5
2	26,48	59,3
3	31,6	56,5
4	31,68	58,9
5	31,68	59,6
Média		
	29,44 N	58,16 %
Desvio Padrão		
	3,041	1,53
Coefficiente de Variação		
	10,33 %	2,64 %

Tabela 7: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta Feltrada - Sentido da Máquina)

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	216,3	84
2	169,8	82,5
3	210,8	73,6
4	211,8	78,4
5	248,8	84,3
Média		
	211,5 N	80,6 %
Desvio Padrão		
	28,06	4,54
Coefficiente de Variação		
	13,27 %	5,64 %

Tabela 8: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Longa - Sentido Transversal)

Amostra - Fibra Longa (Sentido da Transversal)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	83,48	40,5
2	79,1	42
3	87,3	47,03
4	86,1	43,88
5	89,6	39,3
Média		
	85,11 N	42,5 %
Desvio Padrão		
	4,02	3,03
Coefficiente de Variação		
	4,72 %	7,14 %

Tabela 9: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta - Sentido Transversal)

Amostra - Fibra Curta (Sentido Transversal)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	33,16	59,4
2	33	55,5
3	28,68	54,6
4	28,68	44,78
5	35,32	50,3
Média		
	31,77 N	52,91 %
Desvio Padrão		
	2,96	5,58
Coefficiente de Variação		
	9,33 %	10,54 %

Tabela 10: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta Feltrada - Sentido Transversal)

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	226,8	55,9
2	173,2	63,2
3	154,2	63,2
4	129,6	62,4
5	206,3	55,7
Média		
	178 N	60,1 %
Desvio Padrão		
	39,07	3,91
Coefficiente de Variação		
	21,95 %	6,52 %

Adicionalmente, para a etapa de teste com amostras no sentido da máquina, se performou também com amostras de um quarto tipo – amostras de fibras curtas feltradas com aplicações de orelas. Este foi o único teste feito em materiais com as orelas, por se tratar de um teste

onde a presença das orelas no material não descaracterizariam os atributos originários do material, ou seja, é o teste onde a adição das orelas no material não trariam resultados discrepantes e inconclusivos. Não se levou em conta os do sentido transversal desta amostra, pela disposição das orelas ao longo do material, e seus resultados serem apresentados inconsistentes, inconstantes e sem possibilidades de adequação dentro de um padrão científico minimamente aceitável.

O resultado do teste de resistência à tração e alongamento no sentido da máquina para o material feltrado com orelas é visualizável no Gráfico gerado pelo software no Anexo 13.

Além disso, o programa computacional também gerou dados numéricos para o mesmo teste realizado, que pode ser visto na tabela 11.

Tabela 11: Resultado do Teste de Resistência ao Alongamento e à Tração (Fibra Curta Feltrada com Orelas - Sentido da Máquina)

Amostra - Fibra Curta Feltrada c/ Orelas (Sentido da Máquina)		
Amostra	Força de Ruptura (N)	Extensão (%)
1	178,8	72,5
2	239,8	79,8
3	226,8	77,9
4	188	60,3
5	240,3	65,3
Média		
	214,7 N	71,2 %
Desvio Padrão		
	29,27	8,27
Coefficiente de Variação		
	13,63 %	11,63 %

Observado e analisado os resultados aqui apresentados, algumas considerações podem ser refletidas:

- Os resultados obtidos estão em conformidade com as características esperadas para o tipo de material, no que tange à fibra – lã – e tecnologia têxtil empregada – tecnologia de não-tecidos (Santos, Lara, & Martins, 2020).
- O desenho gráfico das curvas obtidas nas amostras analisadas não apresenta disparates significativos (à exceção da amostra 1 – em azul – para o gráfico do material com orelas), o que avaliza o material como conciso, a não demonstrar, neste teste, peculiaridades anisotrópicas.
- As amostras feitas em fibras longas demonstram maior resistência à tração e alongamento que as amostras feitas em fibras curtas, tanto cortado no sentido da

máquina, quanto transversal, mesmo que a extensão percentual das de fibra curta, comparativamente, sejam maiores. Tal aspeto está dentro do estimado, uma vez que a bibliografia pesquisada diz que as fibras de lã mais longas tornam o material têxtil mais resistente à tração e alongamento (Erhardt, Blumcke, Burger, Marklin, & Quinzler, 1975).

- Este teste propiciou verificar, categoricamente, o enobrecimento do produto com a aplicação do processo de ultimação de feltragem. Dado que o material com fibras curtas feltradas superou de modo proeminente os resultados (tanto no sentido da máquina, quanto no transversal) das fibras curtas não feltradas (mais de 5 vezes o valor, em ambos os sentidos) e mesmo o das fibras longas não feltradas (mais de duas vezes o valor, em ambos os sentidos). O que denota que para que o produto seja resistente à tração e alongamento, mais importante que as fibras serem longas ou curtas, é enaltecer este aspeto pelo processo de feltragem.
- No comparativo do produto de fibras curtas feltradas sem e com a inserção das ourelas, pode-se observar que os resultados obtidos não demonstram grande significância de valores finais – em média 211,5 N para os sem ourelas, contra, em média, 214,7 N para os com. A salientar, portanto, o carácter de expressão mais estética que funcional, para a caracterização física do material.
- A performance gráfica da Amostra 1 do material de fibra curta feltrada com ourelas (em azul no referido gráfico), demonstra a inconsistência que as ourelas podem influenciar sobre o resultado. No caso, não houve interferência nos dados numéricos (apresentados na tabela), porém, para tanto, foi necessário descartar outras amostras que causavam disparidades nos valores, a aumentar os dados finais de cálculos de desvio padrão e coeficiente de variação. Este aspeto foi levado em conta para desconsiderar a execução de testes de amostras de fibras curtas feltradas com ourelas na posição transversal, uma vez que na confecção do produto, maioritariamente, as ourelas foram localizadas, direcional e ordenadamente, nesta posição, o que demonstrou, em testes preliminares na inconsistência dos resultados e incapacidade de adequação mínima às normas científicas.
- O resultado obtido demonstra que, quando feltrado, o material tem capacidade de estar adequado para Têxteis Lar e, também, Vestuário (Bona, 1992).

4.2.2 Teste de Resistência ao Rasgo

Para o Teste de Resistência ao Rasgo foi utilizada a ISO 9073-4/1997 – *Textiles: Test methods for nonwovens Part 4: Determination of tear resistance* e foi conduzido no Laboratório de Física Têxtil da UMinho no equipamento Dinamômetro da marca *Hounsfield* modelo H100KS com adaptações de presilhas adequadas aos provetes (visto na figura 44), em que as amostras foram cortadas em provetes adequados e acondicionadas por 18 horas, à 20°C e 65% de humidade relativa, no equipamento Câmara climática da marca *Aralab* modelo Climaplus IV, conforme determinação da norma e premissas da mesma (ISO 139/2005 – Têxteis: normas de condicionamento atmosférico e ensaio). Os resultados foram feitos e apresentados por sistema computacional QMat 3.51.



Figura 38: Presilhas adaptadas no dinamômetro modelo H100KS da Hounsfield para teste de rasgo

Fonte: Acervo pessoal

Nesta fase, dada as especificidades do material e os resultados obtidos no teste anterior (Resistência à Tração e Alongamento) a tipologia de amostra foi apenas 1: material com fibra

curta feltrado. Tal escolha deu-se no sentido de otimizar a prática científica, uma vez que os resultados dos testes anteriores (Resistência à Tração e Alongamento), para esta tipologia de amostra, foram mais proeminentes e devia-se, portanto, observar o aspeto de resistência ao rasgo (dado que foi o melhor resultado do teste anterior). Nesta etapa, foram realizados os testes com amostragem para o sentido da máquina e para o sentido transversal.

O resultado do teste pode ser observado na Figura 39, Gráfico que expressa o resultado obtido médio do teste de Resistência ao Rasgo, a comparar a Força de Ruptura da tipologia de materiais em Amostra de Fibra Curta Feltrada com variação no sentido da agulhagem (Sentido da Máquina; Sentido Transversal).

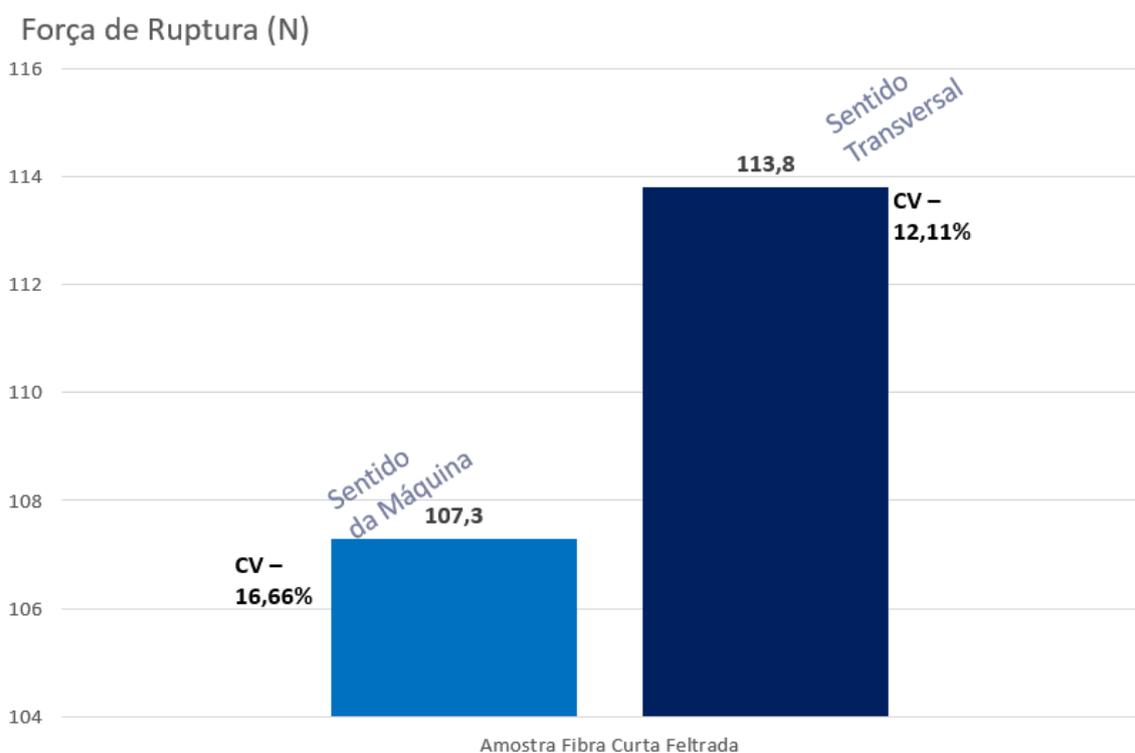


Figura 39: Gráfico de resultado do teste de Resistência ao Rasgo – comparativo da força de ruptura

Fonte: Imagem gerada pelo software Microsoft PowerPoint

As imagens geradas pelo Software trabalhado – QMat 3.51 – podem ser vistas, em forma de gráfico, a distinguir amostra por amostra (pelo menos 5 para a tipologia, conforme a norma citada) no Anexo 14.

Além dos gráficos, o programa computacional gerou, ainda, tabelas que numeram o máximo de força (em Newtons) suportado pelo material antes de apresentar o rasgo, durante a aplicação do teste, conforme visível na tabela 12.

Tabela 12: Resultado de Máxima Força (em N) do Teste de Resistência ao Rasgo

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)	
Amostra	Máxima Força (N)
1	116,5
2	94,7
3	134,6
4	96,6
5	94
Média	
	107,3 N
Desvio Padrão	
	17,87
Máximo	
	134,6 N
Mínimo	
	94 N
Coefficiente de Variação	
	16,66%

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)	
Amostra	Máxima Força (N)
1	105,1
2	129,9
3	112,5
4	125,1
5	96,6
Média	
	113,8 N
Desvio Padrão	
	13,78
Máximo	
	129,9 N
Mínimo	
	96,6 N
Coefficiente de Variação	
	12,11%

Portanto, a partir destes resultados obtidos, alguns apontamentos precisam ser feitos:

- Os resultados alcançados estão em compatibilidade com a literatura especializada sobre o desempenho de materiais não-tecidos de lã (Santos, Lara, & Martins, 2020).
- Os Coeficiente de Variação demonstram dados não tão discrepantes nos grupos de amostras, 16,66% e 12,11%, em que, para este tipo de teste de caracterização, o caráter anisotrópico não é tão explícito.
- Os resultados podem ser considerados satisfatórios, quanto ao poder de não rasgar do material, comparado à alternativas de materiais reciclados (tecido) (Sobreira, 2011).

- O resultado é bastante razoável e adequado no aspeto de perceber que, comparado a outros feltros de lã de reciclagem, com média superior em cerca de 50% para as amostras no sentido da máquina e mais de 200% para as amostras no sentido transversal (Santos, Lara, & Martins, 2020).
- Ademais, os resultados dos testes têm aferições que chegam próximos aos resultados de feltros compostos por 100% de fibras de poliéster - fibra normalmente mais resistente que a lã (Santos, Lara, & Martins, 2020) – o que reafirma que as técnicas utilizadas na produção e ultimateção do material foram boas.
- O comportamento das amostras ao longo do teste (curvas nos gráficos) é mais homogêneo para o sentido da máquina, já que esta direção tende a “organizar melhor as fibras” (Rewald, 2006).
- Tal característica aferida do material, referentemente à boa resistência ao rasgo, reafirma o caráter do material em poder ser utilizado como têxtil decorativo/lar (Bona, 1992), bem como indicia a possibilidade de uso no vestuário.

4.2.3 Teste de Flexão à rigidez – *Bending/Stiffness Tester*

Para o Teste de Flexão à rigidez foi utilizada a ISO 9073-7/1995 – *Textiles: Test methods for nonwovens Part 7: Determination of bending length* e foi conduzido no Laboratório de Física Têxtil da UMinho no equipamento Flexômetro da marca *Shirley Developments* (visto na figura 47), em que as amostras foram cortadas em provetes adequados e acondicionadas por 18 horas, à 20°C e 65% de humidade relativa, no equipamento Câmara climática da marca *Aralab* modelo Climaplus IV, conforme determinação da norma e premissas da mesma (ISO 139/2005 – Têxteis: normas de condicionamento atmosférico e ensaio). Os resultados foram obtidos em análises visuais com mensuração do próprio aparelho.

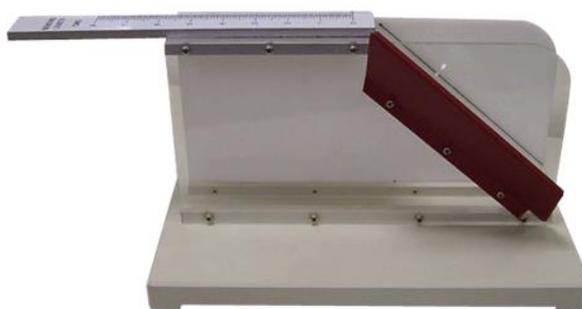


Figura 40: Flexômetro manual (Stiffness Tester)

Fonte: schapsandbox.com

Nesta fase, as tipologias de amostras foram 3: material com fibra curta não feltrado; material com fibra mais longa não feltrado; e, material com fibra curta feltrado. Ademais, foram feitos testes em amostras no sentido da máquina, sentido viés (ângulo de 45°) e sentido transversal.

A seguir a norma ISO 9073-7/1995, os resultados são apresentados de dois modos: Cálculo da média de dobra (*bending*); e Cálculo da média de rigidez à flexão (*flexural rigidity*).

Para o cálculo da média de dobra, conforme a norma, mede-se a distância (em cm) do exato ponto onde o material realiza a dobra, a sobrepor o ângulo indicado no flexômetro, de 41,5°. A escala indicada na régua do flexômetro é de 1:2, conforme possível ser averiguado na figura 41.

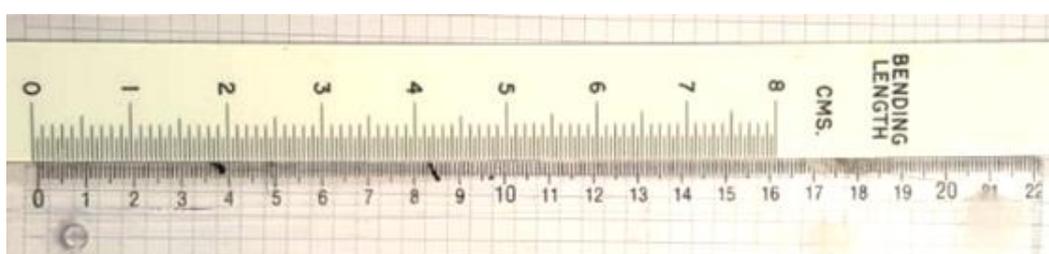


Figura 41: Comparativo da escala do Flexômetro com régua padrão
Fonte: Acervo pessoal

Os resultados detalhados e trabalhados desta aferição, do ponto de dobra dos materiais nas tipologias e direção das amostras, são apresentados a seguir, na tabela 13 (enquanto os resultados gerais brutos estão disponíveis no Anexo 5).

Tabela 13: Média dos pontos de dobras (em cm) das tipologias e direção das diferentes amostras

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)	
Média	8,94 cm
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)	
Média	9,28 cm
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45°)	
Média	9,45 cm
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)	
Média	9,30 cm
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)	
Média	8,69 cm
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)	
Média	11,40 cm
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)	
Média	9,62 cm
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)	
Média	9,13 cm
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)	
Média	13,52 cm

Sequencialmente, realizou-se o cálculo da média de Rigidez à Flexão, composto, segundo a norma, pela seguinte equação:

Equação 1: Cálculo da Rigidez à Flexão

$$G = m \times C^3 \times 10^{-3}$$

Onde “G” significa o resultado calculado da Rigidez à Flexão (expresso em milinewton centímetros), “m” significa massa por área da amostra, ou unidade de massa por área (expresso em gramas por metro quadrado), e “C” é o comprimento médio geral de ponto de flexão (expresso em centímetros). Em tal equação, o último valor refere-se à aceleração de gravidade, arredondada, segundo a norma, para 10 m/s². A indicação da norma ressalta, ainda, que devem se fazer cálculos separados para as direções (sentido da máquina, sentido transversal e sentido do viés), e para cada tipo distinto de amostragem (no caso, fibra curta não feltrada, fibra longa não feltrada e fibra curta feltrada).

Para realizar tal equação, fez-se, previamente, o cálculo da massa – “m”, na equação - e está exposto, de modo trabalhado na tabela 14, junto do cálculo do comprimento médio geral do ponto de flexão – “C”, na equação (Os resultados gerais e brutos podem ser vistos no Anexo 6).

Tabela 14: Média de unidade de massa por área (m) e Média de ponto de flexão (C) por tipologia e direção das Amostras

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)			
m (Média)	476,52 g/m²	C (Média)	8,94 cm
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)			
m (Média)	433,22 g/m²	C (Média)	9,28 cm
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
m (Média)	455,21 g/m²	C (Média)	9,45 cm
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)			
m (Média)	649,59 g/m²	C (Média)	9,30 cm
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)			
m (Média)	634,32 g/m²	C (Média)	8,69 cm
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
m (Média)	588,26 g/m²	C (Média)	11,40 cm
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)			
m (Média)	496,36 g/m²	C (Média)	9,62 cm
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)			
m (Média)	403,98 g/m²	C (Média)	9,13cm
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)			

m (Média)**498,65 g/m²****C (Média)****13,52 cm**

Em seguida, realizou-se o cálculo na equação descrita pela norma, de modo a encontrar os valores de Rigidez à Flexão para cada tipologia e direção das Amostras. Tais resultados trabalhados pelo sentido médio podem ser observados na tabela 15 (enquanto o resultado bruto geral pode ser visto no Anexo 7).

Tabela 15: Cálculo da Rigidez à Flexão por tipologia e direção de Amostras

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)			
G	m	C³	10⁻³
340,48 mN cm	476,52 g/m²	714,51	0,001
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)			
G	m	C³	10⁻³
346,89 mN cm	433,22 g/m²	800,74	0,001
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
G	M	C³	10⁻³
384,15 mN cm	455,21 g/m²	843,90	0,001
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)			
G	m	C³	10⁻³
523,35 mN cm	649,59 g/m²	805,65	0,001
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)			
G	m	C³	10⁻³
416,98 mN cm	634,32 g/m²	657,3	0,001
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
G	m	C³	10⁻³
872,69 mN cm	588,26 g/m²	1483,49	0,001
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)			
G	m	C³	10⁻³
442,59 mN cm	496,36 g/m²	891,66	0,001
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)			
G	m	C³	10⁻³
307,96 mN cm	403,98 g/m²	762,30	0,001
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
G	m	C³	10⁻³
1232,33 mN cm	498,65 g/m²	2471,32	0,001

Posteriormente, realizou-se o cálculo do Coeficiente de Variação (CV) das medidas médias do ponto de flexão ("C" da equação) e do cálculo da rigidez à flexão ("G" da equação), conforme recomendado pela norma. O fundamento matemático discorre que o cálculo da CV é feito pelo

Desvio Padrão dividido pela Média. Tais resultados são apresentados nas tabelas 16 (Coeficiente de Variação do Ponto de Flexão) e 17 (Coeficiente de Variação da Rigidez à Flexão), a seguir.

Tabela 16: Coeficiente de Variação do Ponto de Flexão das Amostras

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	8,75	9,6	8,875	8,9	8,57
<i>Desvio Padrão</i>	0,39				
<i>Média</i>	8,94				
Coeficiente de Variação	4,37%				
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	9,8	8,32	9,72	9,2	9,37
<i>Desvio Padrão</i>	0,59				
<i>Média</i>	9,28				
Coeficiente de Variação	6,36%				
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45°)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	9,45	9,4	9,4	9,25	9,75
<i>Desvio Padrão</i>	0,18				
<i>Média</i>	9,45				
Coeficiente de Variação	1,94%				
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	9,02	8,45	10,45	9,45	9,15
<i>Desvio Padrão</i>	0,73				
<i>Média</i>	9,30				
Coeficiente de Variação	7,90%				
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	9,12	8,37	8,42	8,65	8,9
<i>Desvio Padrão</i>	0,31				
<i>Média</i>	8,69				
Coeficiente de Variação	3,65%				
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	11,4	11,1	11,6	11,27	11,65
<i>Desvio Padrão</i>	0,22				
<i>Média</i>	11,40				
Coeficiente de Variação	1,99%				
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	9,45	9,77	9,8	9,45	9,65

<i>Desvio Padrão</i>	0,17				
<i>Média</i>	9,62				
Coefficiente de Variação	1,76%				
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	9,2	9,32	8,87	8,92	9,35
<i>Desvio Padrão</i>	0,22				
<i>Média</i>	9,13				
Coefficiente de Variação	2,43%				
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	13,45	13,2	13,47	13,92	13,55
<i>Desvio Padrão</i>	0,26				
<i>Média</i>	13,52				
Coefficiente de Variação	1,93%				

Tabela 17: Coeficiente de Variação da Rigidez à Flexão das Amostras

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	298,04	466,81	357,21	301,64	297,10
<i>Desvio Padrão</i>	73,08				
<i>Média</i>	344,16				
Coefficiente de Variação	21,23%				
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	405,37	233,03	42,09	337,82	370,47
<i>Desvio Padrão</i>	72,72				
<i>Média</i>	351,76				
Coefficiente de Variação	20,67%				
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45°)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	332,78	360,87	385,63	394,33	449,26
<i>Desvio Padrão</i>	43,37				
<i>Média</i>	384,57				
Coefficiente de Variação	11,27%				
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	479,41	347,38	794,61	601,16	468,33
<i>Desvio Padrão</i>	169,16				

<i>Média</i>	538,18				
Coeficiente de Variação	31,43%				
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	499,31	351,35	380,72	403,81	462,29
<i>Desvio Padrão</i>	60,40				
<i>Média</i>	419,50				
Coeficiente de Variação	13,39%				
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	823,57	766,05	972,75	897,02	911,21
<i>Desvio Padrão</i>	80,41				
<i>Média</i>	874,12				
Coeficiente de Variação	9,19%				

Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	424,52	472,49	467,35	403,95	447,23
<i>Desvio Padrão</i>	28,92				
<i>Média</i>	443,11				
Coeficiente de Variação	6,52%				
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	320,93	320,85	255,37	297,06	350,60
<i>Desvio Padrão</i>	35,47				
<i>Média</i>	308,96				
Coeficiente de Variação	11,48%				
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
<i>Média</i>	1251,21	1225,79	1168,60	1358,49	1157,65
<i>Desvio Padrão</i>	80,55				
<i>Média</i>	1232,34				
Coeficiente de Variação	6,53%				

Assim, o resultado geral médio do teste de *Bending* pode ser observado na Figura 42, onde é apresentado um Gráfico das médias, comparando as diferentes tipologias de materiais e sentido da Máquina.

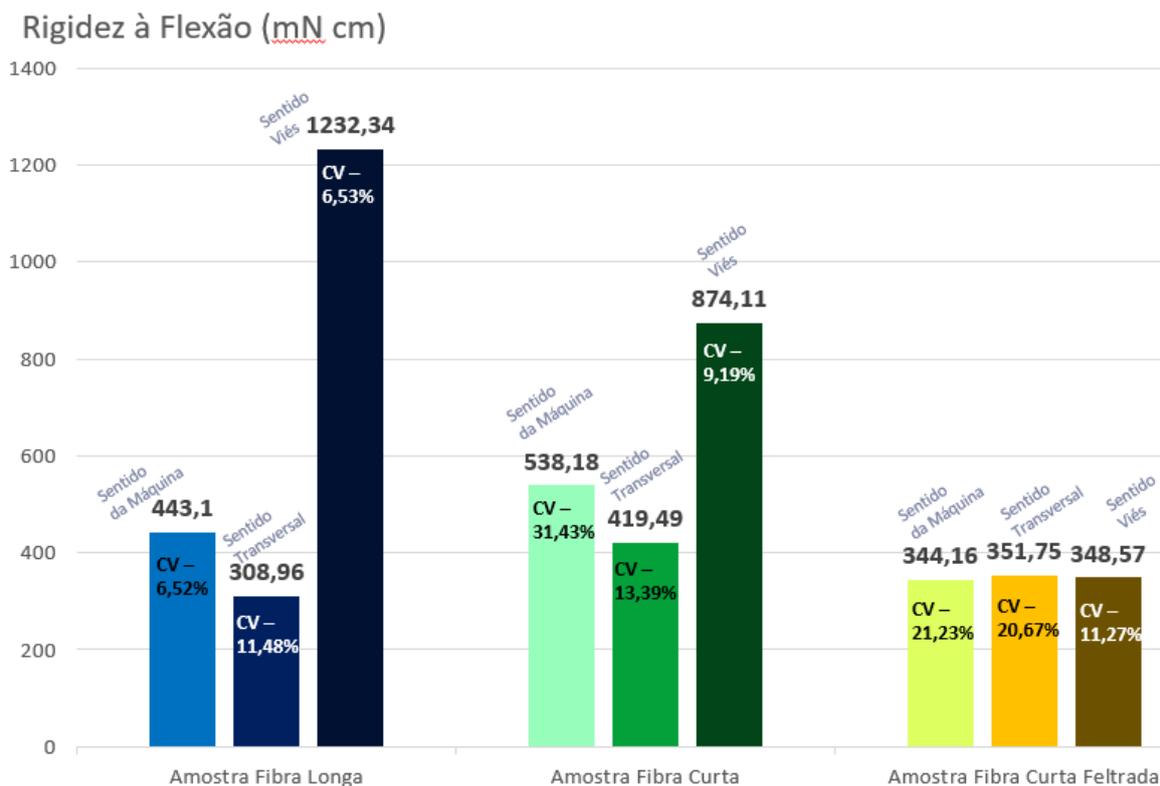


Figura 42: Gráfico comparativo das médias dos resultados para Rigidez à Flexão (Bending)

Fonte: Imagem gerada pelo software Microsoft PowerPoint

Portanto, após a realização dos testes, mensurações e cálculos descritos na norma, algumas considerações podem ser feitas quanto ao aspeto deste teste de caracterização física:

- Os resultados obtidos reiteram o carácter anisotrópico do material desenvolvido. Em especial, se observados os resultados dos Coeficientes de Variação de Rigidez à Flexão para algumas tipologias de amostras (Fibra Curta Feltrada no Sentido da Máquina, Fibra Curta Feltrada no Sentido Transversal e Fibra Curta Não Feltrada no Sentido da Máquina).
- Observa-se que os resultados de Ponto de Dobra das amostras, quando no sentido de Viés (ângulo de 45° no corte da amostra) foi sempre maior para todas as tipologias, a significar que o caimento de uma peça com tal material seria mais estruturado. Pois, diferentemente de tecidos planos, material que quando cortado em viés tende a um caimento mais fluido (Fischer, 2010), a composição de não-tecidos, feita por fibras não necessariamente direcionadas/determinadas torna o sistema estrutural do material

propenso à menos flexão na diagonal (corte viés) (Rewald, 2006), isto é, quando cortado em viés, o não-tecido tende a não ser fluido e flexível.

- Ainda no aspeto do Ponto de Dobra, a feltragem não demonstrou resultados aprimorados ou regressivos na fibra curta, a obter respostas parecidas, não discrepantes. No entanto, comparativamente, as fibras longas obtiveram resultados com maior distância para o ponto de dobra, em relação às fibras curtas, o quê, contraditoriamente, apresenta um resultado mais interessante às fibras curtas, ao menos neste aspeto de avaliação. Portanto, no material desenvolvido a flexibilidade e fluidez é discretamente melhor quando em fibra curta.
- Já quanto ao cálculo da Rigidez Flexura média, que diz respeito à maleabilidade do material (mais rígido ou mais macio), pode ser entendido como a capacidade de suavidade de um têxtil (TESTEX Textile, 2017). Neste cálculo, quanto maior o resultado significa que o material é mais rígido, quanto menor, mais macio (TESTEX Textile, 2017). Portanto, observa-se que, neste critério, a feltragem trouxe resultados aprimorados, uma vez que a aferição demonstra números menores (a significar resultado mais macio/menos rígido) na comparação de fibras curtas feltradas e não feltradas. Esta característica é ainda mais proeminente no comparativo das direções em viés entre todas as tipologias de amostras.
- Ressalta-se que a unidade de massa por área é um fator muito determinante nos materiais avaliados, uma vez que sua aferição, como componente da equação da Rigidez à Flexão, modificou a percepção dos materiais. Mesmo que com um Ponto de Dobra maior, o material feltrado teve um resultado de Rigidez à Flexão mais interessante, o que pode levar a compreender que, se em unidade de massa por áreas iguais, o material feltrado, potencialmente, teria um caimento melhor.
- Comparativamente a literatura especializada (Mihailovic, Asanovi, & Mihajlidi, 2007), nota-se que os resultados gerais caracterizam o material como de uma densidade que o tornam menos suave e propenso à flexão comparativamente a tecidos planos de lã (sarja ou tafetá), mas não são resultados díspares.
- A ser considerado um teste importante para a qualificação de material têxtil propenso ao vestuário (Bona, 1992), observa-se que os resultados atingidos pelas amostras de tipologias do produto caracterizam, em princípio, potenciais ao vestuário de modo mais rústico, por conta da avaliação de suavidade, mas não impraticável.

4.2.4 Teste de *Pilling*

Para o Teste de *Pilling* foi utilizada dos parâmetros propostos na ISO 12947-1/1998– *Textiles: Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method Part 1: Martindale abrasion testing apparatus* e por avaliação comparativa proposta na ISO 12947-4/1998 – *Textiles: Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method Part 4: Assessment of appearance change*, que foi conduzido no Laboratório de Física Têxtil da UMinho no equipamento *martindale* (abrasímetro) da marca *Testrite* (visto na figura 43), em que as amostras foram cortadas em provetes adequados e acondicionadas por 18 horas, à 20°C e 65% de humidade relativa, no equipamento Câmara climática da marca *Aralab* modelo Climaplus IV, conforme determinação da norma e premissas da mesma (ISO 139/2005 – Têxteis: normas de condicionamento atmosférico e ensaio). Os resultados foram obtidos em análises visuais com mensuração de imagens comparativas da norma. Deve se destacar que esta modalidade avaliativa se trata de um escopo qualitativo.

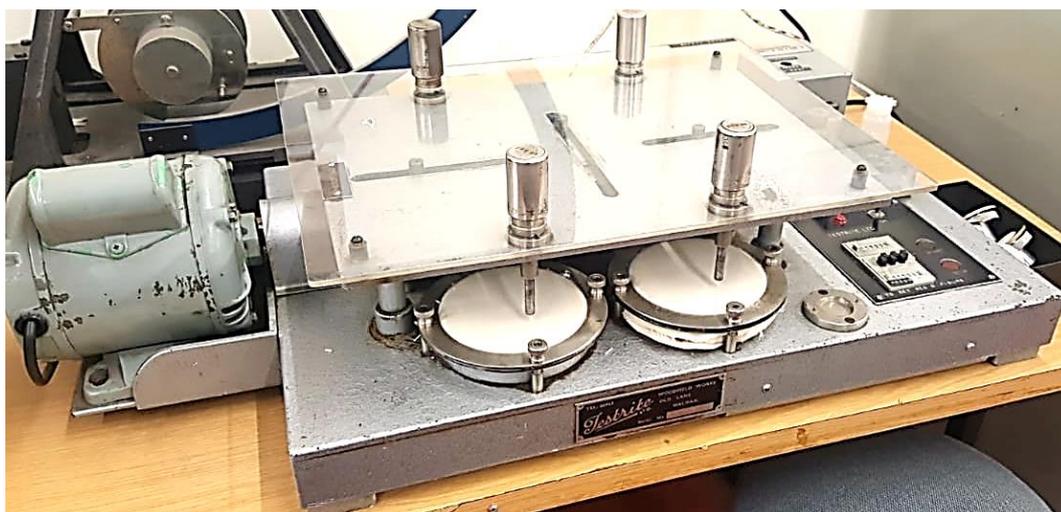


Figura 43: Aparelho *Martindale Testrite* - Laboratório de Física Têxtil

Fonte: Acervo pessoal

Nesta fase, as tipologias de amostras foram 3: material com fibra curta não feltrado; material com fibra mais longa não feltrado; e, material com fibra curta feltrado.

Os provetes foram postos à prova no *martindale* para mensuração mudança de aparência, referentemente à aparição de *pillings* (pequenos emaranhados de fibras em “bolinhas”) com ciclos de cada 1000 movimentações, conforme a norma, e analisados nas fases: 1 – aspecto após 1000 movimentações; 2 – aspecto após 2000 movimentações; 3 – aspecto após 3000

movimentações; 4 – aspecto após 4000 movimentações; 5 – aspecto após 5000 movimentações.

As análises comparativas de nível de aparência revelam graus de intensidade do aparecimento de *pillings*, entre 0 (sem *pillings*), 1 (leve), 2 (médio-leve), 3 (médio), 4 (acentuado) e 5 (muito acentuado). As imagens dos provetes comparativos (padrão) estão no Anexo 3 desta Tese.

O resultado obtido neste teste demonstrou que, desde o primeiro ciclo (1000 movimentações), o resultado, para as três tipologias de amostras, foi similar ao grau 5 – muito acentuado, no que tange a notabilidade de *pillings*, conforme pode ser observado nas figuras 44, 45 e 46.

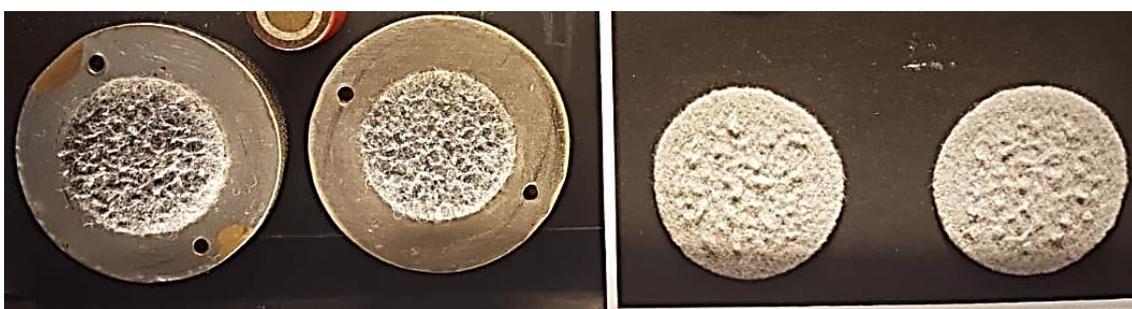


Figura 44: Análise visual após fase 1 - Amostra Fibra Longa Não Feltrada

Fonte: Acervo pessoal

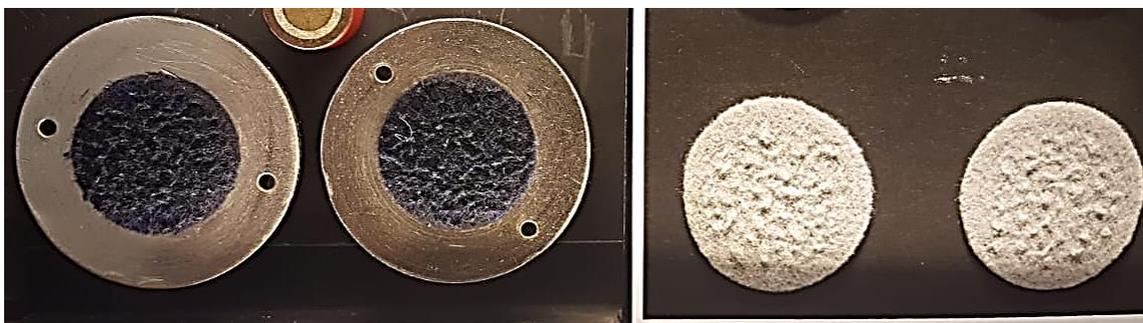


Figura 45: Análise visual após fase 1 - Amostra Fibra Curta Não Feltrada

Fonte: Acervo pessoal

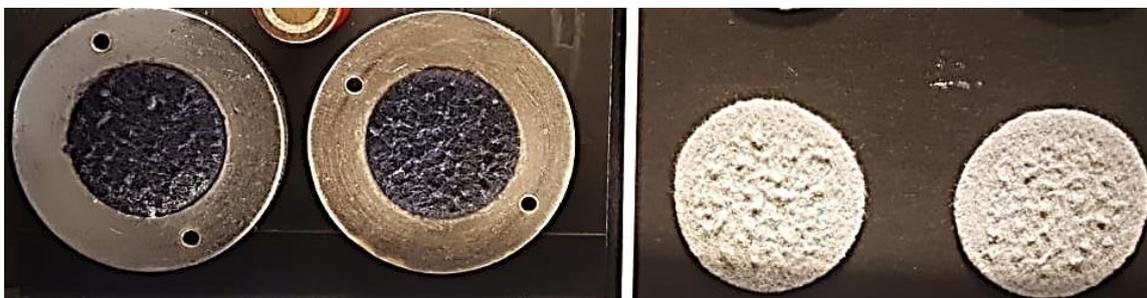


Figura 46: Análise visual após fase 1 - Amostra Fibra Curta Feltrada

Fonte: Acervo pessoal

Após as realizações das fases 2 e 3, o resultado se manteve dentro da análise visual comparativa ao nível 5 – muito acentuado, para aparência de *pillings*. Entretanto, após a fase 4, a amostra de fibras longas, amenizou a aparência de *pillings* para o nível 4 – acentuado, e manteve tal nível após a fase 5 (ciclo final). As outras duas amostras mantiveram o aspecto de nível 5 – muito acentuado, ao final de todos os ciclos. O resultado, após os 5 ciclos de 1000 movimentações no *martindale* pode ser visto nas figuras 47, 48 e 49.

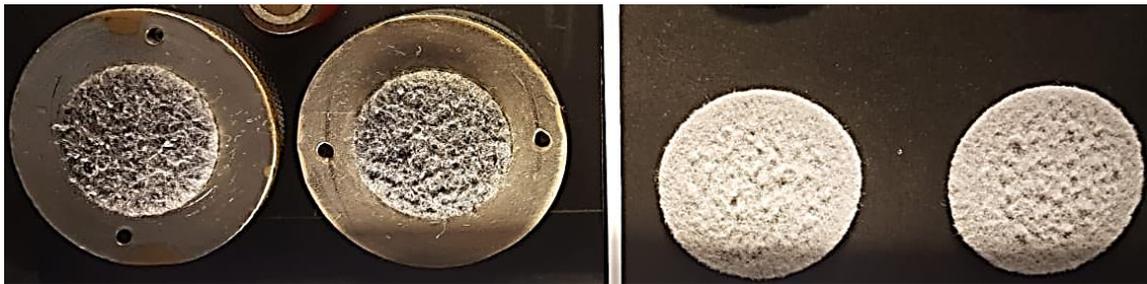


Figura 47: Análise visual após fase 5 - Amostra Fibra Longa Não feltrada

Fonte: Acervo pessoal

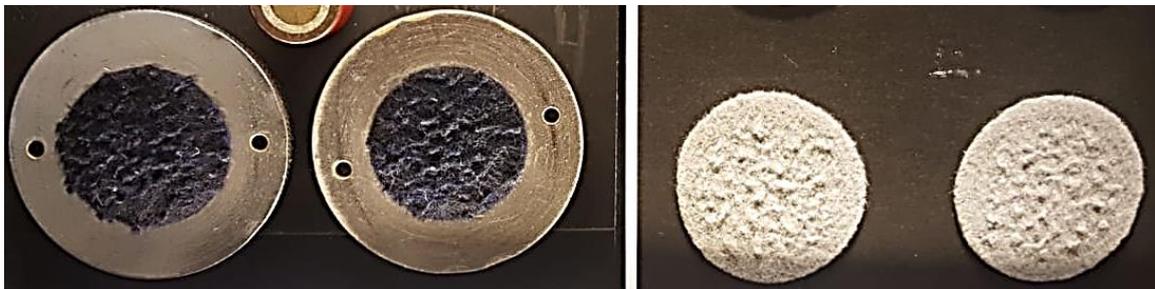


Figura 48: Análise visual após fase 5 - Amostra Fibra Curta Não Feltrada

Fonte: Acervo pessoal

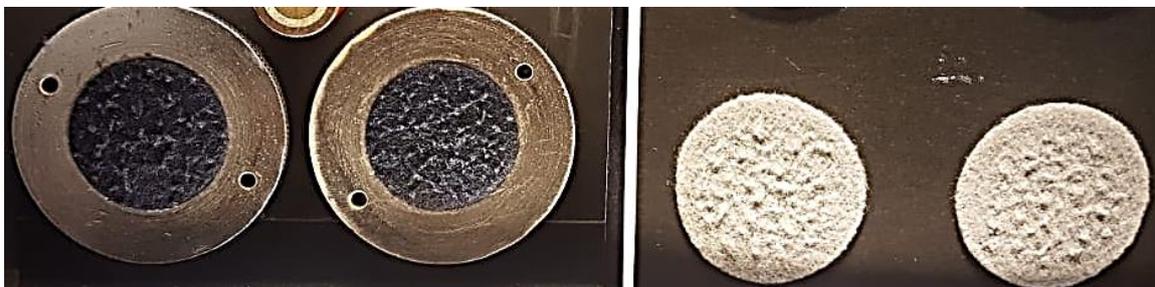


Figura 49: Análise visual após fase 5 - Amostra Fibra Curta Feltrada

Fonte: Acervo pessoal

Deste modo, algumas considerações se fazem necessárias:

- A “regressão” do nível de *pilling* 5 – muito acentuado – para 4 – acentuado – na amostra de fibra longa não feltrada, não é atípica, apenas não é recorrente na maioria dos casos deste tipo de teste, conforme literatura pesquisada (Palmer & Wang, 2005);
- Apesar de ser um teste de normas com parametrização para tecidos planos, a realização deles no material de não-tecido se deu por método comparativo, qualitativo nesta avaliação;
- Apesar de resultados (possivelmente) considerados ruins, a fibra longa demonstra menos propensão ao *pilling* com as longas exposições à abrasão;
- Apesar de resultados (possivelmente) considerados ruins, a densidade menor do material da fibra feltrada, comparada à não feltrada (conforme pode ser observado nos dados teste de perda de massa, tópico 4.2.5), caracterizou (mesmo que no mesmo nível) aparência e aspecto menos “agravados”, conforme, inclusive, podem ser revistos no comparativo já apresentado;
- O resultado demonstra uma não aptidão do material à utilização de modo que gere fricção, entre o próprio material e/ou com outros tipos de superfícies, de modo contínuo;
- Portanto, dado o apontamento anterior, não se indica o uso do material para alguns produtos, na linha de têxteis-lar, que tenham contato de fricção contínuo ou recorrente, como tapetes, colchas de cobrir, capas de almofadas de cama, capa de acento e/ou encosto de poltronas e cadeiras, entre outros produtos que tenham tais características descritas em seu uso. Se indica o uso ponderado em produtos como toalha decorativa de mesa (caminho de mesa), jogo americano (com uso não tão frequente), capa de almofada de sofá decorativa, revestimento de paredes, entre outros. E se indica em produtos que não tenham tanto toque ou contato direto, como cúpula decorativa de luminárias e candeeiros, painéis decorativos, entre outros;
- Para uso na linha de vestuário - roupas, se restringe bastante seu uso (somente ponderado), dado os resultados deste teste de caracterização física, a ser somente indicado para uso ponderado em peças que não tenham mangas, pernas ou golas altas, ou contatos ao sentar-se (como calças, bermudas, vestidos e saias), para ocasião de uso em clima ameno até frio, como coletes e capas/estolas. Já para a linha de vestuário –

acessórios, a indicação também é de uso ponderado para braceletes, chapéus, echarpes e pantufas de inverno.

4.2.5 Teste de perda de massa por abrasão

Para o Teste de *Pilling* foi utilizada dos parâmetros propostos na ISO 12947-1/1998– *Textiles: Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method Part 1: Martindale abrasion testing apparatus* e por avaliação na ISO 12947-3/1998 – *Textiles: Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method Part 3: Determination of mass loss*, que foi conduzido no Laboratório de Física Têxtil da UMinho no equipamento *martindale* (abrasímetro) da marca *Testrite*, em que as amostras foram cortadas em provetes adequados e acondicionadas por 18 horas, à 20°C e 65% de humidade relativa, no equipamento Câmara climática da marca *Aralab* modelo Climaplus IV, conforme determinação da norma e premissas da mesma (ISO 139/2005 – Têxteis: normas de condicionamento atmosférico e ensaio). Os resultados foram obtidos por pesagem, com climatização atmosférica do ambiente, em equipamento balança de precisão electrónica da marca *Prix* modelo PS360.

Nesta fase, as tipologias de amostras foram 3: material com fibra curta não feltrado; material com fibra mais longa não feltrado; e, material com fibra curta feltrado.

Os provetes foram postos à prova no *martindale* para mensuração da perda de massa com ciclos de cada 1000 movimentações, conforme a norma, e pesados nas fases: 0 – peso inicial; 1 – peso após 1000 movimentações; 2 – peso após 2000 movimentações; 3 – peso após 3000 movimentações; 4 – peso após 4000 movimentações; 5 – peso após 5000 movimentações.

O resultado geral é apresentado detalhado (vide tabela 18), a seguir, em resultados trabalhados, calculados nas médias para cada tipo das 3 amostras (os resultados brutos totais podem ser verificados no Anexo 4). Os resultados são apresentados quanto a diferentes tipos de variação ao longo dos processos (ciclos) e pode ser comparado nos tipos de material.

Tabela 18: Resultado Geral trabalhado dos testes (média entre os tipos de amostras)

Amostra - Fibra Longa não feltrada (média)										
Fase 0	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
massa inicial	% massa inicial	% fase anterior								
100%	99,55%	99,55%	99,36%	99,81%	99,14%	99,79%	98,92%	99,77%	98,69%	99,77%

Amostra - Fibra Curta não feltrada (média)										
Fase 0	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
massa inicial	% massa inicial	% fase anterior								
100%	98,89%	98,89%	97,91%	99,01%	96,69%	98,76%	95,49%	98,76%	94,48%	98,95%

Amostra - Fibra Curta feltrada (média)										
Fase 0	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4		Fase 5	
massa inicial	% massa inicial	% fase anterior								
100%	98,50%	98,50%	97,36%	98,84%	96,12%	98,72%	94,99%	98,82%	93,62%	98,55%

Quanto ao percentual de variação de perda de massa entre as amostras, a cada ciclo (sequencialmente), os resultados são: Material com fibra longa não feltrado 1) – 0,45%, 2) – 0,19%, 3) – 0,21%, 4) – 0,23% e 5) – 0,23% (Média de perda da amostra de – 0,26%); Material com fibra curta não feltrado 1) – 1,11%, 2) – 0,99%, 3) – 1,24%, 4) – 1,24% e 5) – 1,05% (Média de perda da amostra de – 1,13%); e Material com fibra curta feltrado 1) – 1,50%, 2) – 1,14%, 3) – 1,28%, 4) – 1,18% e 5) – 1,45% (Média de perda da amostra de – 1,31%). Conforme pode ser observado na tabela 19.

Tabela 19: Percentual de perda de massa a cada fase (ciclo de 1000 passagens) entre os três tipos de amostras

Amostra - Fibra Longa não feltrado					
Δ Perda na Fase 1	Δ Perda na Fase 2	Δ Perda na Fase 3	Δ Perda na Fase 4	Δ Perda na Fase 5	
- 0,45%	- 0,19%	- 0,21%	- 0,23%	- 0,23%	
Amostra - Fibra Curta não feltrado					
Δ Perda na Fase 1	Δ Perda na Fase 2	Δ Perda na Fase 3	Δ Perda na Fase 4	Δ Perda na Fase 5	
- 1,11%	- 0,99%	- 1,24%	- 1,24%	- 1,05%	
Amostra - Fibra Curta feltrado					
Δ Perda na Fase 1	Δ Perda na Fase 2	Δ Perda na Fase 3	Δ Perda na Fase 4	Δ Perda na Fase 5	
- 1,50%	- 1,14%	- 1,28%	- 1,18%	- 1,45%	

Quanto ao percentual de variação de perda de massa entre as amostras, no escopo geral (comparativo entre início e final), os resultados são: Material com fibra longa não feltrada – média de – 1,31%; Material com fibra curta não feltrada – média de – 5,52%; Material com fibra curta feltrada – 6,38%. Tais resultados podem ser analisados na tabela 20.

Tabela 20: Percentual de perda de massa total, ao longo do teste, entre os três tipos de amostras

Amostra - Fibra Longa não feltrado		
Valor Inicial	Valor Final	Varição de Massa
100,00%	98,69%	- 1,31%
Amostra - Fibra Curta não feltrado		

Valor Inicial	Valor Final	Varição de Massa
100,00%	94,48%	- 5,52%
Amostra - Fibra Curta feltrado		
Valor Inicial	Valor Final	Varição de Massa
100,00%	93,62%	- 6,38%

As perdas, pelo processo de abrasão, formaram uma pequena “sujidade” acumulada e perceptível à vista após os cinco ciclos, como pode ser visto na figura 50.



Figura 50: Acúmulo de pequenas fibras na matriz de contacto do teste de Abrasão - esquerda: matriz inicial, direita: matriz após a finalização do teste

Fonte: Acervo pessoal

Portanto, o resultado geral médio do teste de Perda de Massa pode ser observado na Figura 51, onde é apresentado um Gráfico das médias, comparando as diferentes tipologias de materiais e sentido da Máquina.

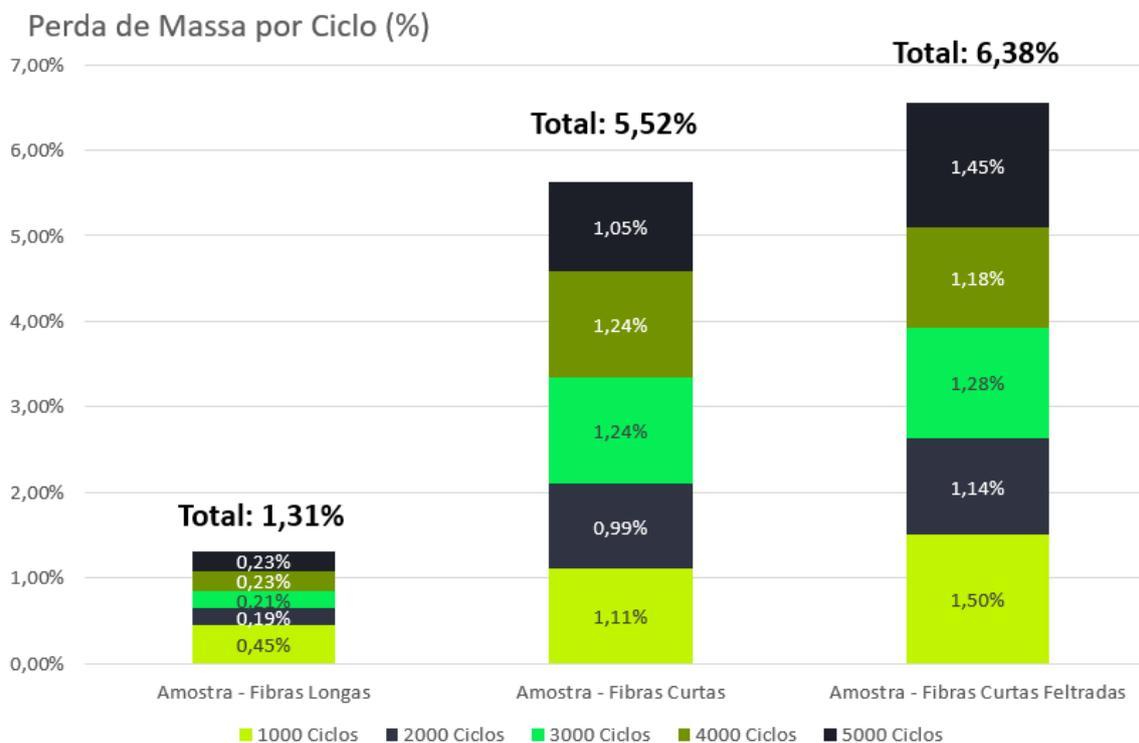


Figura 51: Gráfico comparativo das médias de Perda de Massa por tipologia de material

Fonte: Imagem gerada pelo software Microsoft PowerPoint

Deste modo, algumas considerações podem ser feitas:

- Os resultados obtidos são compatíveis com publicações anteriores deste escopo (Santos, Lara, & Martins, 2020).
- Com esses dados, se verifica que o material com fibra longa é menos anisotrópico entre eles, a perder, percentualmente, menos massa que os demais;
- Apesar de bons resultados nos testes anteriores, para o teste de abrasão, que calcula a perda de massa conforme toque/fricção/atrito, não se repete neste teste, visto que o resultado para a fibra curta feltrada teve o pior resultado entre os tipos de amostras;
- Com o apontamento anterior, se pode entender que a função visual do material deve ser muito mais priorizada que a função tátil, como artefato (Arruda, 2017), uma vez que tanto o teste de *pilling* e o de abrasão, revelam que com o toque/fricção/atrito constante e/ou repetitivo causa danos ao material, a perder a massa e a causar *pillings* no produto.

4.3 Aplicação prática

Dadas as caracterizações físicas com avaliação de desempenho, se pode partir para o desenvolvimento de uma matriz-modelo de aplicação para uso com o produto. Nesta ocasião, foi refletido sobre, dentro da definição para a gama de usabilidade e produção do produto (apresentadas no capítulo anterior), uma peça-piloto a ser concebida, como forma de demonstração de aplicação prática (uma vez que, até então, a usabilidade em questão era de cunho projetual).

Assim, se elegeu uma peça de vestuário como matriz-modelo, de modo a atender às especificações técnicas adquiridas no produto têxtil. Nas possibilidades de vestuário, se optou pelo desenvolvimento de coletes com medidas adaptadas à dois modelos, com modelação idêntica – a caracterizar como modelação *genderless* –, que pudesse ter versatilidade de utilização – caracterizado no modelo de lapela – e com o mínimo de interferência de curvas e/ou entradas e recortes – a caracterizar como modelação tendente a *Zero Waste* – como premissas de um contributo à Sustentabilidade, também na exemplificação pela matriz-modelo. Se ressalta que a produção foi de cunho pessoal/caseiro, e escolhido o modelo colete, baseado nas características intrínsecas do material desenvolvido, num resultado mais rústico, dado, até mesmo, o próprio caimento do material.

Foram tiradas as medidas corporais pertinentes dos manequins escolhidos – Lívia e Davy – e seleccionadas as partes do material que tinham medidas de largura próxima, para máximo aproveitamento e minimização de recortes e resíduos. Sequencialmente, se elaborou o plano de modelação e corte, conforme apresentado na figura 52.

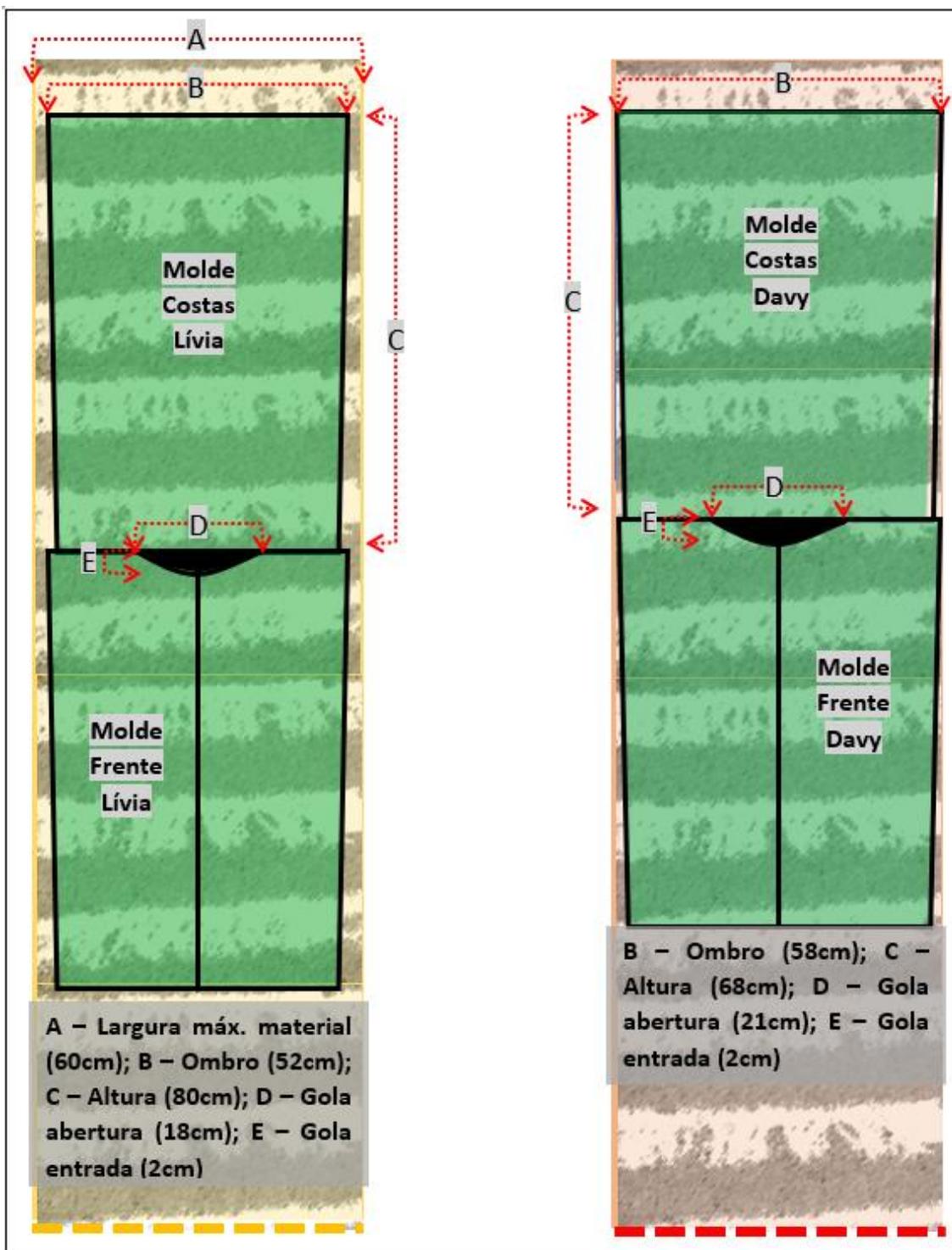


Figura 52: Plano Esquemático de Modelação e Corte da Matriz-modelo

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para realização da modelação se utilizou de base bibliográfica específica (Fulco & Silva, 2008) e adaptações customizadas às medidas corporais dos manequins escolhidos, a se tomar em conta a largura máxima permitida pela produção do material (60cm). A modelação *genderless* é um artifício técnico para projetar roupas que vistam à homens e mulheres sem identificação necessária e direta ao gênero (Tridapalli & Silva, 2019), enquanto que a designação de modelação *Zero Waste* é definida como método de traçado de vestuário (plano de modelação e corte) que prima por nenhum (ou nulo) desperdício do processo, a utilizar a totalidade do material selecionado para corte (Fraga, 2020).

Com a confecção das peças matriz-modelo, se preparou um ensaio fotográfico com os manequins, de modo a poder demonstrar, expositivamente, o resultado atingido. Para paisagem fotográfica cénica (ambientação), se fez localização na Plataforma da Artes de Guimarães – espaço histórico restaurado e reambientado – que faz referência a um sítio na cidade onde esta localizada o campus da UMinho onde se realizou boa parte dos procedimentos técnicos desta investigação. O resultado do ensino fotográfico está exposto nas figuras 53, 54 e 55.



Figura 53: Ensaio Fotográfico - manequins Davy e Lívia - 1

Fonte: Acervo pessoal



Figura 54: Ensaio Fotográfico - manequim Lívia - 2

Fonte: Acervo pessoal



Figura 55: Ensaio Fotográfico - manequins Davy e Livia - 3

Fonte: Acervo pessoal/ desenvolvido pelo autor

Assim, o ensaio fotográfico das peças Matriz-modelo produzidas serviu para exposição dos resultados obtidos, além de confirmação da gama de usabilidade do produto, no apontamento para vestuário – peça colete, que pôde ser desenvolvido em características mais rústicas e artesanais. Os manequins, Davy e Livia, relataram, na ocasião, que o colete não causou desconforto algum, ajudou a manter a sensação térmica do corpo por onde vestia e a modelação, com golas e cavas suficientemente abertas, propicia movimentação livre do corpo (sem puxões ou prendimentos).

O desenvolvimento dos protótipos apresentados no capítulo 3 – Desenvolvimento Experimental, bem como as projeções de uso, e as peças matriz-modelo (coletes) foram postas à avaliação, por corpo de jurados técnicos e especializados, e tiveram devolutivas positivas, que estão apresentadas e detalhadas no tópico 5.3. O tópico seguinte, 4.4, faz a avaliação de conformidade quanto à sustentabilidade e disserta sobre outros aspectos avaliativos que podem ser extraídos do produto desenvolvido nesta investigação.

4.4 Conformidade à Sustentabilidade e outras Potencialidades

Dadas as considerações e apontamentos feitos até essa altura, é possível se perceber o contributo desta investigação para a Sustentabilidade nos processos do sector Têxtil, a estar em conformidade com muitas das premissas da área da Sustentabilidade, como a redução do impacto ambiental pela diminuição dos resíduos e a otimização de recursos e dos processos produtivos (Smeraldi, 2009).

Dentro da perspectiva inicial apresentada, em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, percebe-se os Objetivos 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura – e 12 – Consumo e Produção responsáveis – como de atuação direta. Para o Objetivo 9, nota-se que o produto desenvolvido estabelece parâmetros para um novo fluxo, repensado, sobre como inovar com materiais de retroalimentação, isto é, providos dos resíduos descartados ao longo do processo industrial já estabelecido, que, potencialmente, pode promover, sem investimentos significativos, infraestruturas adaptadas que podem propiciar linhas produtivas secundárias voltadas a reciclagem de resíduos propriamente produzidos. Já para o Objetivo 12, apropria-se do aspecto de uso eficiente dos recursos naturais, sobretudo pela não inserção de novas matérias-primas (ou virgens) para composição e fabricação do produto

desenvolvido e, ao mesmo tempo, minimizar os resíduos da produção já estabelecida (em especial, por se tratarem, no caso, dos maiores gargalos produtivos da indústria parceira).

No intuito indireto, notam-se os Objetivos 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis –, 15 – Vida Terrestre – e 17 – Parcerias e Meios de Implementação – como também contemplados na investigação desenvolvida. Para o Objetivo 11, pela congruência proposta de diminuição dos resíduos, a aprimorar a gestão nos descartes. Já para o Objetivo 15, ao propor um modelo produtivo que pode servir como estratégia de aprimoramento da qualidade do solo local, pela diminuição de montantes nos aterros sanitários e lixões, bem como da diminuição das disparidades socioeconômicas regionais, uma vez que se pode estabelecer o sistema produtivo para reciclagem (linhas produtivas secundárias) em localidades satélites das indústrias que se propuserem a adoção deste modelo. E para o Objetivo 17, como um modelo produtivo replicável em outras indústrias e outras localidades, a promover, potencialmente, a difusão de tecnologias ambientais contributivas ao repensar e ao refletir sobre os processos industriais já estabelecidos.

Além da ratificação quanto aos atributos pela Sustentabilidade desta investigação, é necessário se estabelecer outros parâmetros que ampliam a atuação da qualidade sustentável para além do processo produtivo, que ora fora detalhado e analisado criticamente. Dessarte, a perceber que os modelos produtivos industriais, diferentemente dos processos artesanais que nem sempre necessitam, devem primar pela eficiência e otimização de todos os vetores envolvidos na produção, quando direcionados ao viés sustentável (Smeraldi, 2009). Assim, um aspeto importante é ainda apontado para reforçar a Sustentabilidade do produto desenvolvido: A Análise do Ciclo de Vida (ACV), para averiguar o contributo do proposto quanto a pegada ambiental/ecológica.

Como um atributo de transparência pela Sustentabilidade, o ACV é uma etapa importante da avaliação de novos produtos que promovem este carácter (Veiga, 2010). Nesta avaliação, toma-se em questão as diferenças dos processos produtivos tradicionais, aplicados na Indústria Laneira – segmento de preparação da fibra, fiação e tecelagem –, como contrapartida dos processos empregados nesta investigação, no desenvolvimento do produto. A metodologia empregada (Oliveira & Mahler, 2018) é de avaliação comparativa (onde demonstra-se vantagens e possíveis desvantagens de diferentes métodos/entradas) e o limite do sistema, em questão, é quanto: Aquisição de Matérias-primas; Manufatura; e Geração de resíduos. Neste escopo, foram

desconsideradas Energia, Água e Manutenção do sistema, uma vez que não há grandes alterações para os distintos métodos.

Para o segmento de Matéria-prima, o ciclo tradicional utiliza-se de lãs virgens (Erhardt, Blumcke, Burger, Marklin, & Quinzler, 1975), onde o impacto ambiental pode ser significativo, dado a necessidade de produção, manutenção e cuidados com o gado ovino, pois tais processos, fase de Produção da Matéria-Prima, são responsáveis por mais de 60% do uso de água ao longo de todo o ciclo produtivo completo e mais de 95% da ocupação do solo (Wiedemann, et al., 2020). Além disso, esta mesma etapa produtiva ainda corresponde pelo maior volume de emissões de Gases Estufa e pelo Estresse Hídrico, comparadas as demais etapas (Erhardt, Blumcke, Burger, Marklin & Quinzler, 1975).

Enquanto no ciclo aplicado nesta investigação tais impactos não são contados de modo direto, uma vez que não houve o uso ou inserção de lã virgem, apenas de fibras de lã descartadas, portanto, ficando a responsabilidade do impacto ambiental na produção ovina do processo produtivo inicial, e não sobre o resíduo deste (Oliveira & Mahler, 2018).

Já no ramo da Manufatura, que são os processos industriais empregados, o ciclo tradicional passa pelas etapas de fiação, tecelagem ou malharia e confecção de peças do vestuário (Udale, 2009). Nesta fase de processamentos, há uma boa quantia ainda de emissão de Gases Estufa e Estresse Hídrico, no entanto, o maior impacto negativo é por conta de ser a etapa de maior (a representar mais da metade) de demanda de Energia Fóssil para produção (Wiedemann, et al., 2020).

Comparativamente, no ciclo aplicado, há uma diminuição de etapas de processamentos, não havendo necessidade dos processos de fiação, tecelagem e malharia, a serem estes substituídos pelos processos de não-tecidos, o que significa amenizar os impactos apontados pelo processo tradicional.

Então, na vertente de Geração de Resíduos, para cada 1.000kg de produto (peças do vestuário), o ciclo tradicional descarta 36,4kg de fibra de lã para aterros sanitários e dispõe 50kg de fibras de lã para reciclagem, além de outros resíduos e emissões (Wiedemann, et al., 2020), a corresponder 8,64% do total da produção que não chega a ser vestuário.

Em contrapartida, o ciclo aplicado minimiza drasticamente a produção de resíduos, a ser fibras (ainda mais) curtas de lã, que são descartadas pela máquina de carda – que não chega a significar 5% em volume e peso (Peixoto, 2019) – e outro volume menor perdido nos processos de feltragem e lavagem.

Portanto, nos aspectos apontados neste método de ACV, os mais significativos impactos ambientais (Wiedemann, et al., 2020) foram reduzidos ou nulificados. Para a etapa de Matéria-Prima, foram anulados os impactos apontados; para a Manufatura, os impactos foram atenuados, pela diminuição de processos produtivos; e para a Geração de Resíduos, os impactos foram significativamente minimizados. Tal comparativo pode ser visualizado, esquematicamente, na figura 56.

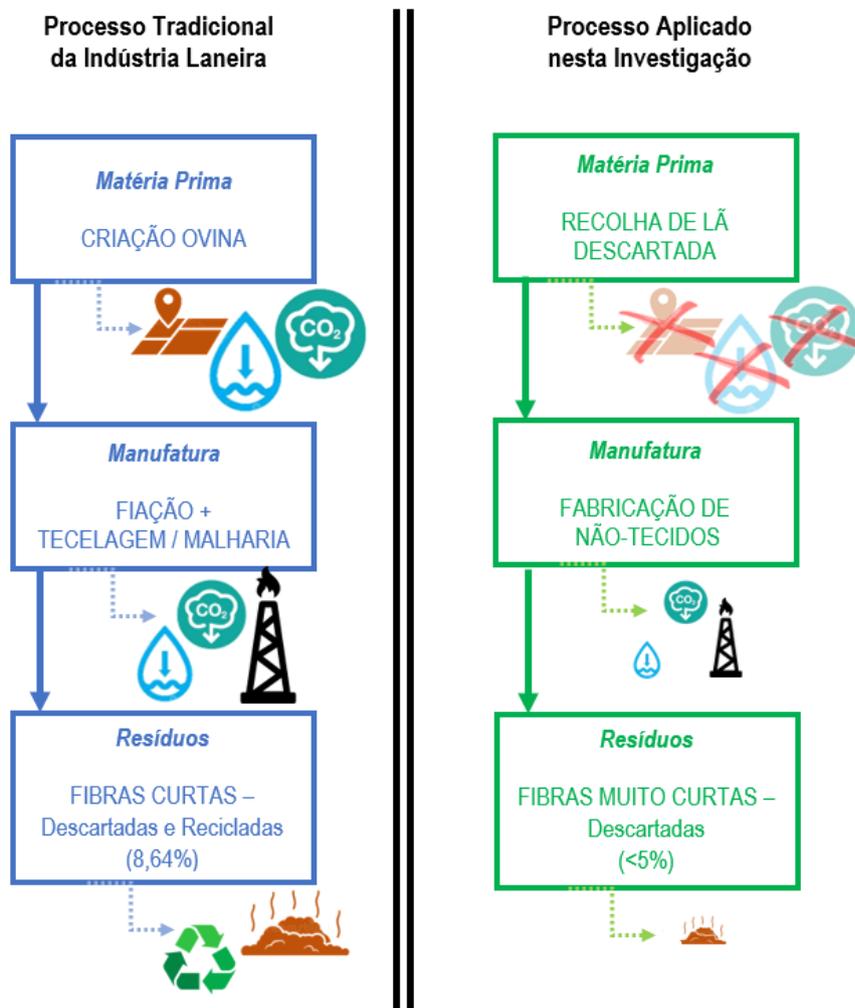


Figura 56: Comparativo de Impactos da ACV dos Processos tradicional e aplicado

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base em (Wiedemann, et al., 2020), (Oliveira & Mahler, 2018) e (Peixoto, 2019)

Por fim, depois da Análise do Ciclo de Vida do produto, pode-se citar, ainda, outros aspectos (suprimidos no comparativo ACV) estruturais que potencializariam, mais ainda, o atributo sustentável à produção, como o manejo de entrada e saídas de vetores na produção, pois a indústria pela Sustentabilidade deve primar pela eficiência e otimização dos recursos utilizados na produção (Smeraldi, 2009). Neste sentido, verifica-se que as produções energéticas mais limpas e ecológicas poderiam atender ao pleno funcionamento dos maquinários e infraestrutura adequada, com instalações, até mesmo, possíveis de serem feitas em localidades próximas da produção, como energia solar, provida pela conversão de luminosidade solar em energia eléctrica em painéis solares (Silva E. P., 2014), e, também, o estudo técnico de gerenciamento de efluentes (manejo das águas), capaz de reciclar e/ou filtrar, se for o caso, a água, para quando em descarte (Sachs, 2009). Seriam implementações que gerariam custos, porém, contribuiriam para uma maior sustentabilidade do processo produtivo industrial e, ainda, poderiam servir de investimento com retorno de médio a longo prazo, para o caso do fornecimento energético, a depender da legislação local onde fosse instalado (Silva E. P., 2014).

Mostradas às várias faces possíveis em que o produto alcançado pode servir como contributo à Sustentabilidade – como material têxtil; como produto decorativo; como de produção mais limpa e ecológica; como capaz de gerar menor pegada ambiental e ecológica – direciona-se às conclusões possíveis para esta investigação a apontar, ainda, possibilidades de outras visões para aprofundamento de estudos suplementares, tema do próximo capítulo, 5 – Conclusões e perspectivas futuras.

Capítulo V

Conclusões e Perspectivas Futuras

5. Conclusões e Perspectivas Futuras

Apresentados e compreendidos o Percurso Investigativo (Estado da Arte), o Produto desenvolvido (Desenvolvimento Experimental) e os testes e caracterizações dele (Resultados), ora torna-se imprescindível a execução de uma reflexão crítica e ponderativa dos aspectos científicos e práticos do remate desta tese. Tais considerações, invariavelmente, podem já apurar outras possíveis pesquisas e trabalhos investigativos que podem ocorrer, como consequência desta investigação.

Neste capítulo, parte-se da conformidade da Hipótese (Tópico 5.1) apresentada na Introdução, a exhibir complementações e adequações necessárias à hipótese, como meio de torná-la mais legítima. Seguidamente, demonstra-se o possível enquadramento do Produto desenvolvido no Eixo de “Materiais” (Tópico 5.2), como proposta contributiva às valências da Sustentabilidade & Moda. Depois, demonstra-se o respaldo dos potenciais fundamentais do produto, pela Sustentabilidade, com o reconhecimento de premiações na área de Inovação, bem com as possíveis candidaturas à selos e certificações deste do segmento de Sustentabilidade (Tópico 5.3). E, por fim, apresentam-se as Perspectivas Futuras e possibilidade de outros Estudos Adicionais (Tópico 5.4), como modo de perceber quais quesitos e tópicos, desta investigação, podem, sob outra óptica ou perspectiva, instigar à novas temáticas para estudos científicos.

5.1 Confirmação da Hipótese

Após percebido e compreendido o percurso investigativo exposto nesta tese, deve-se entender, nesta prática, pelos resultados atingidos, trabalhados e expostos a confirmação da Hipótese apresentada.

Portanto, ainda como parte da Metodologia de Investigação selecionada, especificamente no viés do Método Indutivo – onde se faz necessário a averiguação, retificação (se for o caso) e aprimoramento da teoria/hipótese trabalhada – relembra-se a Hipótese apontada inicialmente:

- “Assim, a hipótese escolhida é **“o desenvolvimento de novos produtos têxteis, com base da reciclagem de resíduos têxteis limpos, pode significar um contributo no caminho de reduzir a quantidade de resíduos têxteis limpos descartados pela indústria”** (Tópico 1.4)

Portanto, o produto desenvolvido, concebido por um processo estruturado e científico, caracteriza uma boa prática (pelos fatos já elencados anteriormente ao longo da tese) no sentido de expor um processo modelado e estratégico que permite, assertivamente, fatores socioambientais mais sólidos à Indústria Têxtil Laneira.

Ou seja, pôde-se averiguar que a Hipótese trabalhada estava correta e pode ser, ainda mais, aprimorada se envolvidos mais agentes da cadeia produtiva, como os produtores de Lã – com os quais o contacto direto é com a Indústria Têxtil de Lã (*A Penteadora*). E, ainda, com a potencialidade de outros atributos complementares ao Desenvolvimento do Produto, como o fator energético, a Avaliação de Ciclo de Vida e a certificação, por entidades terceiras, da matéria-prima, da produção e do produto em si.

Entende-se, portanto, que o produto desenvolvido pode ser de enquadramento ao eixo proposto para o campo da Sustentabilidade, Moda e Têxteis, de “Materiais”, como sua valência mais proeminente e sólida, a ser tratado no tópico a seguir.

5.2 Enquadramento e Conformidade ao Eixo “Matéria-Prima” (Sustentabilidade & Moda)

Dentro das valências, ou subtemas, elencados anteriormente para área de estudos de Sustentabilidade & Moda (Puppim & Beduschi, 2018), afirma-se que “Matéria-Prima” é percebido como o eixo onde o produto desenvolvido torna-se mais destacado.

Apesar de ser direcionado a um “Processo” que diminui, significativamente, a geração de resíduos na cadeia produtiva, refletir um “Consumo” onde se reutilize e se repense mais, abordar aspectos de reciclagem para o “Final do Ciclo de Vida do Produto”, e, potencialmente, estar dentro das prerrogativas para candidatura à selos, que significam a “Transparência”, em facto, o realce maior é do Produto simbolizar um contributo científico na área Têxtil como uma Matéria-Prima.

Para melhor perceber, sumariamente, o enquadramento do produto como um material produzido para uma maior sustentabilidade, resume-se, esquematicamente, as entradas e saídas de materiais e vetores no seu processo de fabricação, conforme figura 57.

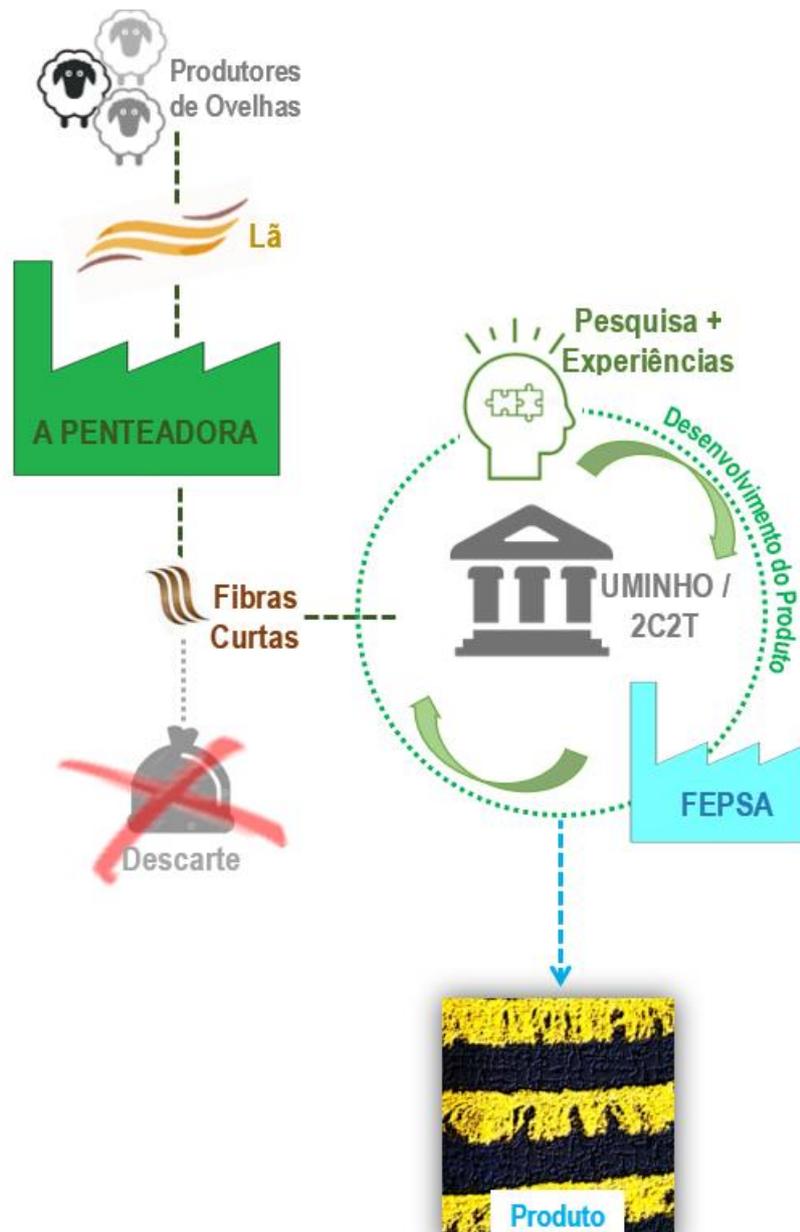


Figura 57: Diagrama do Desenvolvimento do Produto na Investigação

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Portanto o desenvolvimento do Produto ao longo da investigação de Doutorado propicio a geração de um material reciclado que prima pela Inovação, do uso das tecnologias – na Tecnologia de Não Tecidos por Agulhagem para fibras curtas de Lã, adida do processo de feltragem industrial, que potencializou os resultados de resistência do material (conforme já elencado) – e pela Sustentabilidade, no uso de matéria-prima – na reutilização de fibras curtas de Lã, descartadas no processo de penteação têxtil e de ourelas/tiréolas descartadas no processo de tecelagem.

Assim, o contributo maior da investigação, mesmo a tangenciar os demais aspetos e eixos de estudos em Sustentabilidade & Moda, é para a valência de Matéria-Prima, a expor todo o processo, materiais, insumos e vetores necessários à sua produção.

Tal potencial inovador gerou reconhecimento em Premiações, bem como o potencial sustentável podia receber selos e certificações do sector, tema do próximo tópico.

5.3 Premiações e Candidaturas à Selos e Certificações

Como modo de verificação do êxito da investigação, pôs-se o resultado obtido, no produto desenvolvido, em diferentes estágios da pesquisa, à prova em candidaturas de campeonatos na área de Inovação para produtos, que estão apresentados neste tópico. Além disso, também registado neste tópico, outra perspectiva importante, a de potencial admissibilidade à selos e certificações no segmento de Sustentabilidade, de modo a reiterar as fundamentais aptidões e valências do produto desenvolvido.

Para as competições na área de Inovação em produtos, a investigação pôs à prova os resultados obtidos nas fases: conceitual, intermediária e fase de prototipagem. Há a previsão, ainda, de candidatar o produto, agora em fase final e revisada do processo geral, em outras competições.

Na fase conceitual do Produto, foi-se inscrito na Premiação “Prêmio Brasil Criativo”, na categoria “Produto de Moda”, sob a alcunha de “Projeto Oficilã”, no ano de 2019 (3ª Edição). Esta premiação, realizado pela Secretaria Especial de Cultura do Governo Brasileiro, é considerada o evento oficial para reconhecimento e celebração da Economia Criativa no Brasil (Prêmio Brasil Criativo, 2019). Em tal pleito resultou-se da classificação de “Semifinalista” da proposta oriunda do conceito desenvolvido nesta investigação (vide Anexo 8).

Na fase intermediária (em etapa projetual) do Produto, submeteu-se o material como proposta conceitual na Premiação “*Green Concept Award*”, na categoria “*New Materials*”, sob o título de “*WOW Felt – Waste of Wool Felt*”, no ano de 2020 (7ª Edição). Esta premiação, feita em 2021, é realizada por um corpo de jurados especialistas na área de Produtos e Sustentabilidade, com suporte de várias empresas, inclusive da Ikea®, e tem por objetivo premiar e servir de plataforma para conceitos e produtos de design pela Sustentabilidade (Green Product Award,

2020). Nesta iniciativa obteve-se a classificação de “Semifinalista / Pré-Selecionado” em proposta do produto conceitual desenvolvido nesta investigação (vide Anexo 8).

Já na fase de Prototipagem do Produto, pleiteou-se a Premiação “*International Design Awards – IDA*”, na categoria “*Textile and Materials*”, sob o nome de “*Nonwoven 3D Printing Felt*”, no ano de 2019 (13ª Edição). Esta premiação, é realizada por um corpo de jurados técnicos e especializados na área de Design, com visibilidade internacional, e objetiva celebrar e dar visibilidade às inovações e aprimoramentos em diversas áreas do Design (International Design Awards, 2020). Esta empreitada gerou a premiação classificada como “Menção Honrosa” na proposta de produto, já protótipo, construído ao longo desta investigação (vide Anexo 8).

Ademias às premiações e reconhecimentos de corpo de jurados especializados nas áreas de Inovação, Design e Sustentabilidade, deve-se elencar possíveis candidaturas à selos e certificações internacionais voltadas a referendar e avaliar a excelência da matéria-prima, do processo e/ou de todo o produto pela Sustentabilidade. Aqui, portanto, destacam-se alguns destes selos e certificados em que seria possível o produto (em alguma etapa, ou num todo) se enquadrar.

Dentro do escopo de certificações já apresentadas, seria possível ser certificado, como produto de Lã reciclada, adquirir-se o selo *Recycled 100* da *Recycled Claim Standard* (RCS) – dado que as matérias-primas são condizentes com os padrões exigidos pela certificadora – e o selo *Global Recycled Standard* (GRS) da *Textile Exchange* – uma vez que o produto final se enquadra nos padrões e normas de exigência, e poder-se-ia adaptar a cadeia de custódia aos requisitos. Além disso, outra adaptação que possivelmente geraria mais atributos sustentáveis ao produto, seria na aquisição de lã oriundas de produtores adaptados aos padrões de exigência de Lã Orgânica e Lã Responsável, que geraria as certificações *Responsible Wool Standard* (RWS) e *Global Organic Textile Standard* (GOTS), no entanto estas normas são de responsabilidade maior, no processo, da Indústria Têxtil que do processo de desenvolvimento do produto a partir dos resíduos desta.

Ainda, seria possível candidatar o produto, com toda sua descrição e especificações técnicas, ao selo *ÖKO-TEX 100* (pelo produto não conter substâncias nocivas em nenhum de seus componentes), e o selo *EU Eco Flower* da Comissão Europeia (rótulo para produtos com potencial de reduzir os impactos ambientais e possuem uso eficiente dos recursos que utilizam) (Salcedo, 2014).

Por fim, mas não menos importante, destaca-se a possibilidade de, ainda, candidatar-se ao selo *Fair Trade Textile Standard*, quando estabelecidas produções contínuas e comércio do produto desenvolvido nesta investigação. Pois, para tanto, se faria necessário o planejamento estratégico, focalizado e direcionado das ações nos processos de produção, a averiguar matéria-prima, condições de trabalho, bem como da comercialização do produto, na precificação transparente e justa, a remunerar corretamente os profissionais que fizeram parte do processo de construção do produto (Fair Trade, 2016).

Dito isto, direciona-se a perceber que outras perspectivas podem ser dadas, adicionalmente, como modo de estudos futuros e aprofundados em outras vertentes metodológicas e científicas, tema do próximo tópico.

5.4 Perspectivas Futuras e possíveis Estudos Adicionais

Deste modo, este estudo se faz como uma prática e um contributo à Engenharia Têxtil, no ramo do desenvolvimento de novos materiais a partir da reciclagem de resíduos têxteis industriais limpos, como já apresentado e esmiuçado, a ter um direcionamento no Planejamento do Produto pela Inovação e Estratégia vertidos do Design.

Ademais, pode-se elencar mais aspetos que podem ser estudados no produto desenvolvido, a envolver diferentes ramos da Engenharia Têxtil e, até mesmo, concatenações com outras áreas para uma exploração mais aprofundada.

No segmento da Engenharia Têxtil pode-se ainda explorar o material feito como um componente de isolamento térmico e sonoro, dadas as propriedades e qualificações técnicas da lã neste sentido (Erhardt, Blumcke, Burger, Marklin, & Quinzler, 1975). Para este tipo de estudo, combina-se, à Engenharia Têxtil, a Engenharia de Materiais nas investigações de transferência de calor e propagações sonoras, também intitulado de Conforto Ambiental para a Arquitetura.

Também, pode-se verter-se a pesquisa na aprimoração do material para uso em vestuário, a criar diálogos da Engenharia Têxtil com o Design e Ergonomia do Vestuário, onde o cerne seria o os estudos de Conforto do Vestuário, a propor o refinamento do material de modo a adequar-se a tal proposta.

Ainda na Engenharia Têxtil, pode-se adensar os estudos da qualificação e caracterização técnica, no segmento de Física e Química Têxtil, dadas as propriedades típicas da fibra de lã (Bona, 1992), a desenvolver pesquisas como comportamento de absorção, retenção e dispersão de humidade, comportamento ignífugo e de propagação de chamas, capacidade antifúngica, antimicrobiana e antibacteriana, entre outros.

Já em vertentes de outras áreas, pode-se destacar a do Design, em que se pode investigar Sistemas Produtivos Padrões (Arruda, 2017) para combinações de cores e disposições dos materiais para produções sistêmicas. Ou ainda, em um viés mais robusto na sustentabilidade, o planejamento de um Sistema Serviço-Produto (Vezzoli, 2018), onde o produto desenvolvido estava interligado à um tipo de Serviço que fornecia, recebia na devolução e/ou descarte, fazia manutenção e/ou restaurava para novo uso/consumo.

Por fim, no aspecto dos estudos de Sustentabilidade, além da já expressa potencial candidaturas à selos e certificações com ajustes às demandas das certificadoras, pode-se caminhar para estudos de percepção do número de vezes que a fibra de lã no material teria capacidade de ser reciclada (Braungart & McDonough, 2015). Ou ainda, investigações para aprimoramento do ciclo produtivo do material, de modo a adequar, ainda mais, e agregar a maior sustentabilidade possível em cada etapa do processo, a tornar uma Produção mais limpa e ecológica (Smeraldi, 2009). Também, pode-se aprofundar no estudo de ACV do produto, a analisar e avaliar a pegada ambiental e as emissões específicas de gases e resíduos sólidos e líquidos na totalidade do processo, com cálculo da pegada de carbono e pegada ambiental específicas do sistema proposto (Oliveira & Mahler, 2018). Ademais, pode-se pôr a prova a capacidade de biodegradação do produto e/ou das fibras de lã, a estudar o conjunto de tempo, temperatura e humidade para total decomposição (Boavida, 2018).

Assim, ao que foi posto à prova e constado aqui, a Engenharia Têxtil corroborada interdisciplinarmente com o Design e a Sustentabilidade, como método, estratégia e projeção, a trazer um contributo exitoso e significativo à baila. Ao que parece, a Engenharia Têxtil caminha, assim, cada vez mais no desenvolvimento de um novo momento para a Ciência e para a Indústria, a favorecer um futuro mais sustentável e ecológico.

REFERÊNCIAS

- ABGI. (11 de Janeiro de 2021). *Para compreender o Desenvolvimento experimental e classificar projetos de maneira assertiva para a Lei do Bem*. Fonte: ABGI Group - Brasil: <https://brasil.abgi-group.com/radar-inovacao/recursos-para-inovacao/para-compreender-o-desenvolvimento-experimental/#:~:text=Segundo%20o%20Manual%20de%20Frascati,sistemas%20e%20servi%C3%A7os%20ou%20C3%A0>
- ADG Brasil. (2002). *O Valor do Design: guia ADG Brasil de prática profissional do designer gráfico*. São Paulo: Editora SENAC São Paulo.
- Ambiente, C. E.-D.-G. (2000). *A UE e a Gestão dos Resíduos*. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias.
- ANIL. (2018). *Lanifícios em Portugal*. Covilhã: Associação Nacional dos Industriais de Lanifício (ANIL).
- Araújo, M. d., & Castro, E. M. (1986). *Manual de Engenharia Têxtil (2 Volumes)*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Arruda, A. (2017). *Design & Complexidade*. São Paulo: Blucher.
- ATP. (2018). *Sector - Dados Estatísticos*. Lisboa: Associação Têxtil e Vestuário de Portugal (ATP).
- Bento, A. J. (2013). Dissertação apresentada no Instituto Superior de Gestão. *Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Vestuário Usado para Portugal: SIGVETU*. Lisboa, Portugal: INSTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO.
- Berlim, L. (2012). *Moda e Sustentabilidade: Uma reflexão necessária*. São Paulo: Estação das Letras e Cores.
- BÍBLIA. (1999). *A Bíblia Sagrada*. Brasília: Sociedade Bíblica do Brasil.

- Boavida, L. R. (2018). Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT). *Estudo da biodegradabilidade do algodão, lã e feltro de pêlo de coelho pardo em condições de compostagem à escala laboratorial*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Boff, L. (2012). *Sustentabilidade: O que é - o que não é*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Bona, M. (1992). *La Qualità Nel Tessile: Metodi fisici di controllo dei prodotti e dei processi*. Torino: Paravia.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2015). *Cradle to Cradle: Criar e reciclar ilimitadamente*. São Paulo: Editora GG.
- Brown, S. (2010). *Eco Fashion*. London: Laurence King.
- Bruno, F. d. (1992). *Tecelagem: Conceitos e Princípios*. Rio de Janeiro: Editora SENAI/CETIQT.
- Bürdek, B. E. (2010). *Design: História, Teoria e Prática do Design de Produtos*. São Paulo: Blucher.
- Calderin, J. (2009). *Form, Fit and Fashion: All the details Fashion Designers need to know but can never find*. Beverly: Rockport Publishers.
- Caven, B., Redl, B., & Bechtold, T. (2018). An investigation into the possible antibacterial properties of wool fibers. *Textile Research Journal*, 1-7.
- CETESB; SINDITÊXTIL. (2009). *Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil (Série P+L)*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo.
- CETESB; SINDITÊXTIL. (2012). *Retalho Fashion*. São Paulo: CETESB/SINDITÊXTIL - SP.
- Cionek, C. A. (2020). Tese apresentada no Departamento de Engenharia Têxtil (DET). *Durabilidade de fibras destinadas a fabricação de artigos para roupas de banho*. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho (UMinho).
- Coelho, A. (26 de Novembro de 2020). Especificações técnicas para feltragem na FEPSA (São João da Madeira/Portugal). (R. Puppim, & A. C. Broega, Entrevistadores)

- Comissão Europeia. (18 de Dezembro de 2014). *Decisão da Comissão*. Fonte: Jornal Oficial da União Europeia: https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Resíduos/Classificacao/Decisao2014955UE.pdf
- Eco, U. (2008). *Como se faz uma Tese*. São Paulo: Editora Perspectiva.
- Eco, U. (2016). *A definição de Arte*. Rio de Janeiro: Record.
- Ella's Wool. (17 de Outubro de 2016). *Soft wool vs. scratchy wool - Here's the difference*. Fonte: Ella's Wool Blog: <https://ellaswool.com/blogs/news/soft-wool-vs-scratchy-wool-heres-the-difference>
- Erhardt, T., Blumcke, A., Burger, W., Marklin, M., & Quinzler, G. (1975). *Curso Técnico Têxtil 2: física e química aplicada - fibras têxteis - tecnologia (3 v.)*. São Paulo: E.P.U.
- Exame - Redação. (24 de Janeiro de 2020). *Fórum de Davos termina mais verde do que nunca*. Fonte: Revista Exame - Economia: <https://exame.com/economia/davos-termina-mais-verde-do-que-nunca/>
- Faerm, S. (2012). *Curso de Design de Moda: princípios, práticas e técnicas*. São Paulo: Editora GG.
- Fair Trade. (2016). *Fair Trade Textile Standard*. Bonn, Germany: Fair Trade.
- FAWC. (07 de Outubro de 2012). *[ARCHIVED CONTENT] Farm Animal Welfare Council - 5 freedoms*. Fonte: Farm Animal Welfare Council: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121010012427/http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>
- Feghali, M. K., & Dwyer, D. (2010). *As Engrenagens da Moda*. Rio de Janeiro: Editora SENAC Rio.
- Fischer, A. (2010). *Construção do Vestuário (Coleção Fundamentos do Design de Moda - V. 03)*. Porto Alegre: Bookman.

- Fontoura, C. M. (2015). Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química. *Síntese e caracterização de poliamidas furânicas de fonte renovável*. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
- Fraga, D. G. (2020). O Zero Waste frente à pragmática do consumo no setor de corte da confecção do vestuário. *Tese defendida no Doutorado em Tecnologia Ambiental*. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil: Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).
- Fulco, P. d., & Silva, R. L. (2008). *Modelagem Plana Masculina (Série: Métodos de Modelagem)*. Rio de Janeiro: SENAC Nacional.
- Geetanjali Woollens. (2021). *Company Profile*. Fonte: Geetanjali Woollens Pvt.: <http://www.geetanjaliwoollens.com/company-profile.html>
- Godart, F. (2010). *Sociologia da Moda*. São Paulo: Editora SENAC São Paulo.
- Gore, A. (2006). *An Inconvenient Truth: The Crisis of Global Warming*. Rodale Press: Pensylvania.
- GOTS. (2020). *Certification - GOTS*. Fonte: Global Organic Textile Standard: <https://www.global-standard.org/certification-and-labelling/certification#elementsofinspection>
- Green Product Award. (2020). *Green Concept Award 2020*. Fonte: Green Product Award: <https://www.gp-award.com/en/gcaward>
- H&M. (2020). *H&M Group: Animal Welfare & Material Ethics Policy*. Estocolmo: H&M Group - GLOBAL SUSTAINABILITY DEPARTMENT.
- H&M. (2021). *About Us - H&M Group*. Fonte: H&M Group: <https://hmgroup.com/about-us/>
- Hallett, C., & Johnston, A. (2012). *Fabric for Fashion: The Swatch Book*. London: Laurence King Publishing.
- IKEA. (2020). *IKEA Sustainability Strategy - People & Planet Positive*. Delft, Países Baixos: IKEA Systems B.V.
- IKEA. (2021). *About us*. Fonte: IKEA: <https://about.ikea.com/en/about-us>

- INETI . (2000). *Guia Técnico - Sector Têxtil*. Lisboa: INETI - Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.
- International Design Awards. (2020). *About - IDA*. Fonte: IDA Design Awards: <https://www.idesignawards.com/about/>
- ISO 9073-3. (1989). *Textiles – Test methods for nonwovens: Part 3 - Determination of tensile strength and elongation*. Geneva Switzerland: International Organization for Standardization.
- IWTO. (2016). *Guidelines for conducting a life cycle assessment of the environmental performance of wool textiles*. Brussels, Belgium: International Wool Textile Organisation - Wool LCA Technical Advisory Group.
- Jones, S. J. (2011). *Fashion Design: Manual do Estilista*. São Paulo: Cosac Naify.
- Jordão, C., Broega, A. C., Puppim, R., & Marques, A. D. (2019). Sustainable entrepreneurship in the reuse of textile waste: H Sarah Trading case study in Portugal. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, v. 459, Aegean International Textile and Advanced Engineering Conferente (AITAE 2018)*. Lesvos, Greece: IOP Publishing.
- Jordão, C., Puppim, R., & Broega, A. (2019). Solutions Notes on Clean Textile Waste. Em J. Machado, F. Soares, & G. Veiga, *Innovation, Engineering and Entrepreneurship* (pp. 682-689). Cham, Switzerland: Springer.
- Klein, D. (2012). *The Intimate Habitat: Fibres, Comfort and Wellbeing in the Context of Fashion (Master of Arts Thesis)*. Melbourne, Australia: School of Architecture and Design, College of Design and Social Context, RMIT University.
- Leonas, K. K. (2017). The Use of Recycled Fibers in Fashion. *Textile Science and Clothing Technology*, pp. 55-79.
- Lipovetsky, G. (2009). *O Império do Efêmero: A Moda e seu destino nas sociedades modernas*. São Paulo: Companhia de Bolso.

- Maroni, L. G., Publio, W. T., Saito, J., & Lima, C. G. (1999). *Classificação, Identificação e Aplicações de Nãotecidos*. São Paulo: ABINT - Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos.
- Mendonça, M. d. (2006). *O reflexo no Espelho: o vestuário e a moda como linguagem artística e simbólica*. Goiânia: Editora UFG.
- Meroni, A. (Julho-Dezembro de 2008). Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline. *Strategic Design Research Journal*, pp. 31-38.
- Mihailovic, T., Asanovi, K., & Mihajlidi, T. (2007). Complex estimation of woven fabrics bending ability. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 453-458.
- Ministério do Meio Ambiente. (23 de Janeiro de 1996). *Portaria 15/96*. Fonte: Diário da República Electrónico: <https://data.dre.pt/eli/port/15/1996/01/23/p/dre/pt/html>
- Monteiro, N. (8 de Março de 2019). Conhecimento das Práticas e Processos da Penedora (Unhais da Serra/Portugal). (R. Puppim, & A. C. Broega, Entrevistadores)
- OECD. (2002). *Manual de Frascati: Proposta de Práticas Exemplares para Inquéritos sobre Investigação e Desenvolvimento Experimental*. Coimbra: F. Iniciativas.
- Oliveira, S. B., & Mahler, C. F. (2018). *Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos: Uma Introdução*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna.
- ONU. (2015). *The 17 Goals*. Fonte: United Nations: <https://sdgs.un.org/goals>
- ONU. (2016). *ONU discute desafio de mobilizar financiamento para os ODS*. Fonte: ONU News: <https://news.un.org/pt/story/2016/04/1547971-onu-discute-desafio-de-mobilizar-financiamento-para-os-ods>
- Ozen, M. S., Sancak, E., Soin, N., Shah, T. H., & Siores, E. (2015). Investigation of electromagnetic shielding effectiveness of needle punched nonwoven fabric produced from conductive silver coated staple polyamide fibre. *The Journal of The Textile Institute*, 912-922.

- Palmer, S., & Wang, X. (2005). Objective Assessment of Pilling of Nonwoven Fabrics Using the Two Dimensional Discrete Wavelet Transform. *17th IMACS World Congress scientific computation, applied mathematics and simulation* (pp. 840-844). Paris: IMACS.
- Patagonia. (2021). *Business Unusual - Patagonia*. Fonte: Patagonia: <https://www.patagonia.com/business-unusual/>
- Patagonia. (2021). *Wool Fabric - Patagonia*. Fonte: Patagonia: <https://www.patagonia.com/our-footprint/wool.html>
- Peixoto, J. J. (14 de Maio de 2019). Testes Iniciais com Fibras residuais de lã (DET-UMinho; Guimarães/Portugal). (R. Puppim, Entrevistador)
- Pezzolo, D. B. (2007). *Tecidos: história, tramas, tipos e usos*. São Paulo: SENAC SP.
- Portugal 2020. (4 de Março de 2015). *COMPETE 2020*. Fonte: Portugal 2020: <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/Media/Default/Docs/Programas%20Operacionais/B>
- Prakash, C. V. (15 de Dezembro de 2018). *Process Control in Combing*. Fonte: Spinners World (Blogspot): <https://textilesworldwide.blogspot.com/2018/12/process-control-in-combing.html>
- Prêmio Brasil Criativo. (2019). *Home - Prêmio Brasil Criativo*. Fonte: Prêmio Brasil Criativo: <https://www.premiobrasilcriativo.com.br/#o-premio>
- Preuss, S. (29 de Outubro de 2019). *How brands can transition to pain free, non-mulesed sheep wool*. Fonte: Fashion United UK: <https://fashionunited.uk/news/business/how-brands-can-transition-to-pain-free-non-mulesed-sheep-wool/2019102945941>
- Puppim, R. (2016). Sobre Indústria de Moda e Sustentabilidade: Por quê, Para quê e Para quem? *Anais do Colóquio de Moda 2016*. João Pessoa: ABEPPEM.
- Puppim, R., & Beduschi, D. P. (2018). Perspectiva da Moda e Sustentabilidade: Estudo de Casos. Em F. B. Tullio, & L. Tullio, *Gestão de Processos Sustentáveis* (pp. 147-165). Ponta Grossa: Editora Athena.

- Puppim, R., Broega, A. C., Jordão, C., & Teixeira, M. A. (2018). A Case Study of New Products and Materials from Textile Recycling and Reuse. *Textile Institute World Conference (TIWC 2018)* (pp. 178-186). Leeds: University of Leeds.
- Puppim, R., Jordão, C. E., Arruda, L. M., Beduschi, D. P., & Broega, A. C. (2018). Valências na Moda e Sustentabilidade: Apontamento de lacunas. *Anais do Congresso Internacional de Design e Moda (CIMODE)*. Madrid: CIMODE.
- Querioz, L. L. (2014). *Utopia da sustentabilidade e Transgressões no Design*. Rio de Janeiro: 7 Letras.
- Ralph Lauren Corp. (2020). *Global Citizenship & Sustainability Report*. New York: Ralph Lauren Corp.
- Ralph Lauren Corp. (2021). *Our Company*. Fonte: Ralph Lauren Corporate: <https://corporate.ralphlauren.com/our-company>
- Ravasio, P., & Rodewald, A. (2018). *Recycled Wool: A Primer for Newcomers and Rediscoverers*. Zug, Switzerland: European Outdoor Group and Greenroom Voice.
- República Federativa do Brasil. (2 de Agosto de 2010). LEI N° 12.305. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, DF, Brasil: Governo Federal.
- Rewald, F. G. (2006). *Tecnologia de Nãotecidos*. São Paulo: LCTE Editora.
- Ribeiro, L. G. (1984). *Introdução à Indústria Têxtil* (Vol. I). Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT.
- Robertson, S. (21 de May de 2019). *Análise do cabelo na Ciência Forense*. Fonte: News Medical Life Sciences: [https://www.news-medical.net/life-sciences/Hair-Analysis-in-Forensic-Science-\(Portuguese\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/Hair-Analysis-in-Forensic-Science-(Portuguese).aspx)
- Rodrigues, F. B. (10 de Setembro de 2020). Afinação do processo de Mantos (DET-UMinho; Guimarães/Portugal). (R. Puppim, Entrevistador)
- Sachs, I. (2009). *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Salcedo, E. (2014). *Moda Ética para um futuro sustentável*. São Paulo: Editora GG.

- San Martin, M. (2009). *How to be a fashion designer*. Beverly: Maomao Publications.
- Santos, H. N., Lara, S. L., & Martins, J. H. (2020). Wool felt: Characterization, comparison with other materials, and investigation of its use in hospital accessories. *Textile Research Journal*.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*. Harlow: Pearsoned.
- Schulte, N. K. (2015). *Reflexões sobre Moda Ética: Contribuições do biocentrismo e veganismo (Série Teses de Moda)*. Florianópolis: Editora da UDESC.
- SEDUC. (2012). *Curso Técnico em Tecelagem - Fibras Têxteis*. Fortaleza: Secretaria de Educação do Ceará - SEDUC.
- SENAI-SP. (2014). *Manual Técnico: Têxtil e Vestuário (Coleção SENAI Mix Design #1)*. São Paulo: SENAI - São Paulo.
- Silva, A. (17 de Dezembro de 2020). Resultados dos testes de FTIR nos materiais. (R. Puppim, Entrevistador)
- Silva, E. P. (2014). *Fontes Renováveis de Energia: Produção de Energia para um Desenvolvimento Sustentável*. São Paulo: Livraria da Física (LF).
- Smeraldi, R. (2009). *O novo manual de Negócios Sustentáveis*. São Paulo: Publifolha.
- Sobreira, M. A. (2011). Tese apresentada no Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Materiais. *Reuso industrial Têxtil como alternativa sustentável*. Belo Horizonte, MG, Brasil: Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).
- Synergia Socioambiental. (10 de Fevereiro de 2021). *Agenda Davos 2021 e as pautas de interesse Socioambiental*. Fonte: Synergia Socioambiental - Fique por dentro: <https://www.synergiaconsultoria.com.br/fique-por-dentro/agenda-davos-2021-pautas-de-interesse-socioambiental>
- Terralana.co.nz. (s.d.). (132) *Pinterest*. Fonte: *Pinterest*: <https://www.pinterest.nz/pin/611011874417640462/>

- TESTEX Textile. (Outubro de 2017). *O que você sabe da rigidez do tecido e sua medição?* Fonte: Testex Textile: <https://www.testextextile.com/pt/saber-medi%C3%A7%C3%A3o-de-rigidez-de-tecido/>
- Textile Exchange. (2020). *Preferred Fiber & Materials: Market Report 2020*. Lamesa/Texas/USA: Textile Exchange.
- Thompson, R., & Thompson, M. (2013). *Sustainable Materials, Processes and Production*. London: Thames & Hudson.
- Tomás, C. (02 de Janeiro de 2016). *Expresso - 230 toneladas de roupa vão para o lixo*. Fonte: Expresso: <https://expresso.sapo.pt/sociedade/2016-01-10-230-toneladas-de-roupa-va-para-o-lixo#gs.7xb7YYE>
- Tridapalli, F. C., & Silva, G. L. (2019). A importância da Modelagem na unificação de gêneros. Em L. d. Bertoso, *Na estante da mod* (pp. 110-119). Ponta Grossa: Atena Editora.
- Udale, J. (2009). *Tecidos e Moda (Coleção Fundamentos de Design de Moda. V. 2)*. Porto Alegre: Bookman.
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2011). *Product Design and Development*. New York: McGraw-Hill Education.
- Vadicherla, T., & Saravanan, D. (2014). Textiles and Apparel Development Using Recycled and Reclaimed Fibers. Em S. S. Muthu, *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing* (pp. 139-160). Singapore: Springer Singapore.
- Valor Econômico. (21 de Março de 2019). *Indústria da moda polui mais que navios e aviões*. Fonte: Valor Econômico: <https://valor.globo.com/empresas/coluna/industria-da-moda-polui-mais-que-navios-e-avioes-1.ghtml>
- Veiga, J. E. (2010). *Sustentabilidade: A legitimação de um novo valor*. São Paulo: SENAC-SP.
- Vezzoli, C. (2018). *Sistema produto + serviço sustentável: Fundamentos*. (A. d. Santos, Trad.) Curitiba: Editora Insight.

Vezzoli, C., & Manzini, E. (2002). *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais*. São Paulo: EDUSP.

Wiedemann, S. G., Biggs, L., Nebel, B., Bauch, K., Laitala, K., Klepp, I. G., . . . Watson, K. (2020). Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1486-1499.

ANEXOS

ANEXO 1 - Abstracts que incidem na busca dos dois termos para Sistematização em Base de Dados (Estado da Arte)

Base	AUTEX Journal
Língua	English
Período	2018 (Issue 4)
Autor(es)	Koszevska, Małgorzata
Título	Circular Economy – Challenges for the Textile and Clothing Industry
Abstract	The circular economy model has recently gained a lot of attention worldwide from scientists, business people and authorities. The importance of the transition towards a more circular economy has also been noticed in the European Union. The new regulations provide the enabling framework for the circular economy to flourish. At the same time, although there is no standardized approach to creating a circular economy, while defining appropriate policies, care must be taken that they are suitable for particular industries. The limits of the present linear economy model (take-make-waste) are extremely apparent when examining the textile and clothing industry. The transition to a circular economy requires significant changes in both production and consumption models. This article uses a literature review and industry examples to identify and evaluate challenges faced by the clothing and textile industry in adapting to the circular economy model.

Base	Fashion & Textile
Língua	English
Período	2018 (Issue - May)
Autor(es)	Hong, Kyung Hwa
Título	Effects of tannin mordanting on coloring and functionalities of wool fabrics dyed with spent coffee grounds
Abstract	A large amount of functional materials remain in spent coffee grounds and form discards in the coffee beverage industry. Moreover, the extract from these spent coffee grounds contains sufficient amounts of pigments that can be utilized for textile dyeing. Therefore, in this study, the coloring and functional development of textiles by application of spent coffee extracts to wool fabrics was investigated. For preparation of the dyed wool fabrics, spent coffee grounds were dried after collecting them from a local coffee house. They were then subjected to extraction using a manual espresso machine. The spent coffee extract was applied to wool fabrics using an infrared (IR) dyeing machine, and after dyeing, the wool fabrics were post-mordanted in various concentrations of aqueous tannin solutions. The color and surface properties of wool fabrics dyed with spent coffee extract were investigated using spectrophotometry and Fourier-transform IR spectroscopy, respectively. And, their antibacterial and antioxidant capacities were also studied. The dyed wool fabrics were significantly brown in appearance, and their colorfastness to light improved upon mordanting with tannin. In addition, mordanting also improved the antibacterial and antioxidant capacity of the dyed wool fabrics.

Base	Fashion & Textile
Língua	English
Período	2017 (Issue - December)
Autor(es)	Pasricha, Anupama; Greeninger, Rachel
Título	Exploration of 3D printing to create zero-waste sustainable fashion notions and jewelry
Abstract	This research followed design as a research paradigm to apply zero-waste principles to 3D printing in efforts to ensure sustainable applications of 3D technology in the apparel and fashion industry. Researchers used Rhinoceros 5, Tinkercad, MakerBot Replicator 2 desktop 3D printer, and polylactic acid filament to create elaborate designs. This design research is the first successful attempt at 3D printing for biodegradable zero-waste fashion notions and accessories. The researcher employed design thinking and strategies to create objects without the use of rafts and supporters removing waste creation. Multiple attempts resulted in an acceptable outcome of five pendant designs for necklaces, two earring designs, and nine layer-designed buttons. The buttons were attached to a draped cape design utilizing 95% of the fabric. There is a considerable potential to use this disruptive technology in designing and creating fashions that are unique, sustainable (zero-waste), and made on demand.

Base	The Textile Research Journal
Língua	English
Período	2020 (Issue – 7 & 8)
Autor(es)	Adeel, Shahid; Kiran, Shumaila; Habib, Noman; Hassan, Atya; Kamal, Shagufta; Qayyum, M Abdul; Tariq, Kinza
Título	Sustainable ultrasonic dyeing of wool using coconut coir extract
Abstract	Due to an increasing awareness of the harmful effects of synthetic dyes among the global community, the demand for natural dyes in the textile sector has increased. The current study has been conducted to explore coconut coir, that is, <i>Cocos nucifera</i> , as a new dye yielding plant for wool dyeing under ultrasonic (US) radiation. Unirradiated and US-irradiated extracts of coconut coir were utilized to dye unirradiated and US-irradiated wool fabrics. To make the process more sustainable, acacia, henna, turmeric and pomegranate extracts as biomordants were used to dye wool fabric at 65°C for 45 min. It was found that a good color yield was achieved by dyeing US-treated wool with US-treated acidic methanolic extract at 65°C for 45 min. It is found that biomordanting profoundly added value in coloration and also enhanced the fastness rating of the dyed wool fabrics. It is concluded that US rays have excellent efficacy for exploring the coloring wealth of plants for dyeing of natural fabrics.

Base	The Textile Research Journal
Língua	English
Período	2018 (Issue – 3)
Autor(es)	Ding, Cailing; Yu, Jianyong; Chen, Weiguo
Título	The structure and properties of wool treated with a reversed-phase microemulsion containing aqueous alkali
Abstract	In order to limit modification to the surface of wool fibers and decrease pollution caused by conventional chemical treatments using chlorine, a water-in-oil-type reversed-phase microemulsion with decamethylcyclopentasiloxane as the external phase was prepared containing very small amounts of an aqueous solution of alkali. The edges of the wool cuticle scales were modified by the alkali in aqueous solution contained in the reversed-phase microemulsion. The external phase decamethylcyclopentasiloxane can be recycled after application. In this paper, the solubility of water in the reversed-phase microemulsion and its stability were first studied and then it was applied in the treatment of wool. The results showed that surfactant sodium alcohol ether sulfate/NaOH aqueous solution was quite stable. Felting shrinkage of treated wool was reduced and the initial dyeing speed was higher than that for untreated wool. The corroded scales of treated wool were observed by scanning electron microscopy and the bromine Allwörden reaction with bromine water was reduced or eliminated after treatment. This adsorbable organohalogen-free modification should be useful in improving the manufacturing properties of wool, such as hydrophilicity, and as a pretreatment for wool printing.

ANEXO 2 – Amostragem dos resultados dos testes no aparelho FTIR com numeração dos picos das curvas geradas pelo Sistema Gráfico

- Tabelas de Numeração de Picos 1 (Manto base – resultado comparativo: Lã); 2 (Ourelas – resultado comparativo: inconclusivo/polímero)

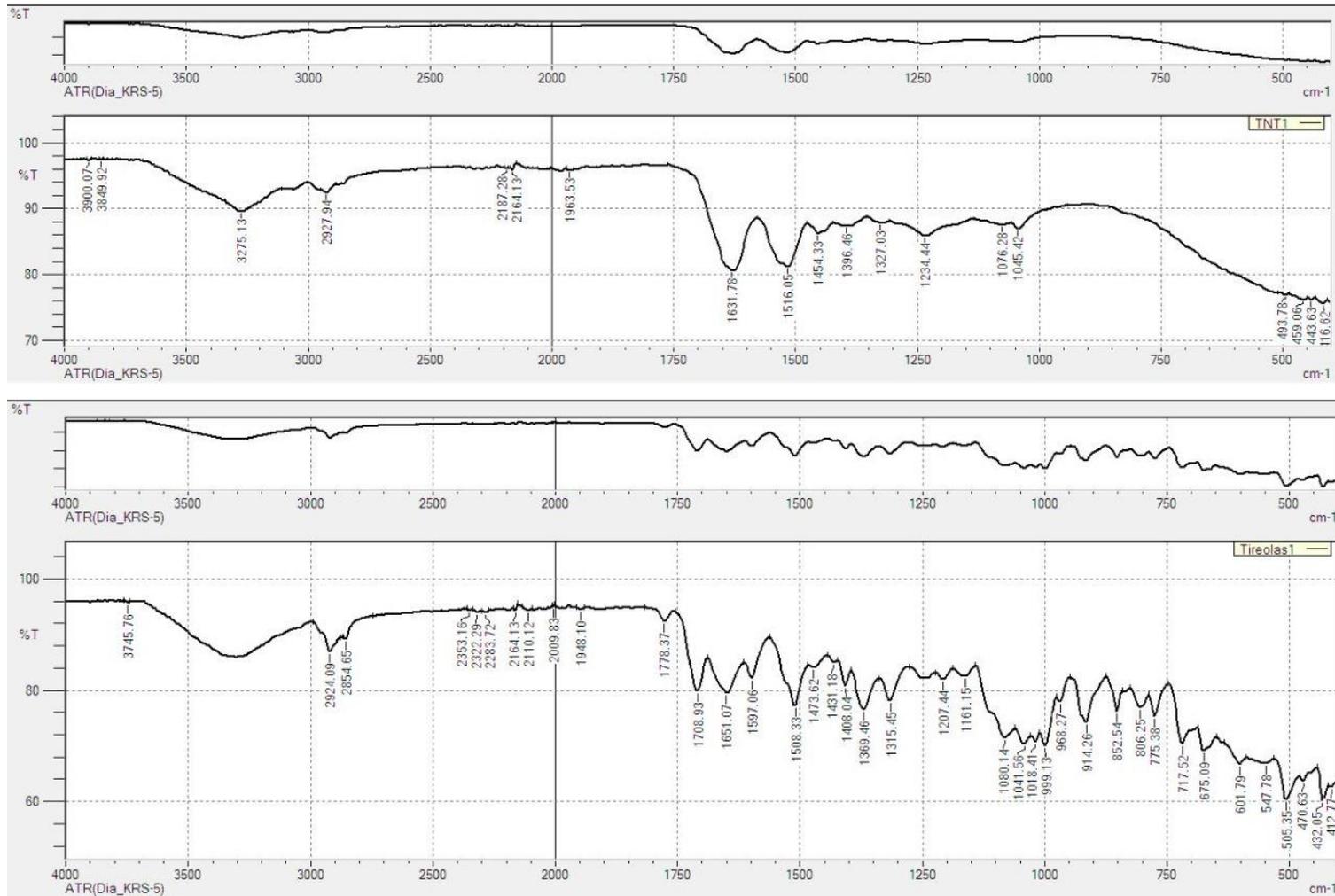
Peak Pick Table		Point Pick Table		Pause Record				
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Area color
1	416.62	75.55	0.73	432.05	408.91	556.863	6.884	Auto
2	443.63	76.24	0.26	451.34	432.05	455.663	2.209	Auto
3	459.06	76.14	0.51	486.06	451.34	814.502	9.105	Auto
4	493.78	76.87	0.27	509.21	486.06	530.802	2.341	Auto
5	1045.42	86.95	1.19	1056.99	941.26	1256.039	4.635	Auto
6	1076.28	87.47	0.56	1134.14	1056.99	932.606	20.745	Auto
7	1234.44	85.88	2.38	1307.74	1134.14	2206.374	173.104	Auto
8	1327.03	87.87	0.49	1354.03	1307.74	549.529	13.276	Auto
9	1396.46	87.36	0.84	1423.47	1354.03	846.751	33.943	Auto
10	1454.33	86.28	1.56	1477.47	1423.47	700.552	44.154	Auto
11	1516.05	81.27	6.85	1577.77	1477.47	1570.005	386.572	Auto
12	1631.78	80.61	10.31	1762.94	1577.77	2020.261	651.495	Auto
13	1963.53	95.76	0.36	1971.25	1955.82	63.194	3.312	Auto
14	2164.13	95.81	0.63	2171.85	2144.84	97.387	5.690	Auto
15	2187.28	96.03	0.26	2194.99	2179.56	59.448	2.095	Auto
16	2927.94	92.43	0.78	2951.09	2885.51	459.148	21.856	Auto
17	3275.13	89.56	2.19	3344.57	3109.25	2112.823	259.535	Auto
18	3649.92	97.39	0.22	3657.63	3642.20	36.512	1.587	Auto
19	3900.07	97.31	0.27	3907.78	3888.49	48.611	1.996	Auto

Fonte: Tabela produzida no sistema do aparelho FTIR Shimadzu Irapinity-1S

Peak Pick Table		Point Pick Table	Pause Record					
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Area color
1	412.77	62.65	0.61	420.48	405.05	571.852	4.962	Auto
2	432.05	60.16	4.36	443.63	420.48	869.316	48.120	Auto
3	470.63	63.73	1.08	478.35	443.63	1216.441	11.055	Auto
4	505.35	60.40	5.69	532.35	478.35	1962.129	130.431	Auto
5	547.78	66.83	0.97	590.22	532.35	1887.431	28.391	Auto
6	601.79	66.74	1.98	632.65	590.22	1340.401	38.097	Auto
7	675.09	69.21	3.59	686.66	648.08	1140.227	78.262	Auto
8	717.52	70.48	6.77	748.38	686.66	1580.065	176.241	Auto
9	775.38	75.34	4.42	786.96	748.38	833.733	69.101	Auto
10	806.25	76.89	2.87	825.53	786.96	839.892	59.050	Auto
11	852.54	76.28	4.53	875.68	840.96	706.617	55.746	Auto
12	914.26	74.34	8.11	948.98	875.68	1534.286	248.486	Auto
13	968.27	77.94	1.90	975.98	948.98	541.592	17.193	Auto
14	999.13	70.07	4.42	1010.70	975.98	926.291	78.217	Auto
15	1018.41	70.77	1.33	1029.99	1010.70	551.831	12.701	Auto
16	1041.56	70.39	1.92	1060.85	1029.99	879.286	30.148	Auto
17	1080.14	71.53	4.35	1141.86	1060.85	1954.339	241.075	Auto
18	1161.15	82.60	1.66	1188.15	1141.86	775.873	Calculate...	Auto
19	1207.44	82.01	1.44	1222.87	1188.15	597.172	29.203	Auto
20	1315.45	78.12	4.75	1338.60	1276.88	1155.715	115.190	Auto
21	1369.46	76.58	6.30	1396.46	1338.60	1169.585	176.111	Auto
22	1408.04	80.78	3.60	1423.47	1396.46	461.048	42.826	Auto
23	1431.18	85.03	0.77	1442.75	1423.47	279.288	7.121	Auto
24	1473.62	84.18	0.81	1485.19	1442.75	637.090	18.033	Auto
25	1508.33	77.24	8.79	1562.34	1485.19	1317.510	318.997	Auto
26	1597.06	82.29	4.32	1616.35	1562.34	771.838	84.949	Auto
27	1651.07	79.49	5.91	1689.64	1616.35	1294.485	226.491	Auto
28	1708.93	79.90	8.47	1755.22	1689.64	886.449	236.338	Auto
29	1778.37	92.39	2.13	1816.94	1755.22	373.349	40.094	Auto
30	1948.10	94.58	0.29	1955.82	1940.39	81.862	2.703	Auto
31	2009.83	94.99	0.26	2013.68	2002.11	56.382	1.712	Auto
32	2110.12	94.35	0.44	2133.27	2094.69	209.374	10.107	Auto
33	2164.13	94.31	0.78	2171.85	2156.42	81.961	6.239	Auto
34	2283.72	93.98	0.32	2299.15	2272.15	158.874	4.756	Auto
35	2322.29	93.97	0.43	2337.72	2299.15	224.603	7.318	Auto
36	2353.16	94.32	0.30	2360.87	2337.72	128.429	3.300	Auto
37	2854.65	89.17	0.85	2866.22	2742.78	976.877	-70.351	Auto
38	2924.09	86.95	3.69	2989.66	2877.79	1179.731	159.661	Auto
39	3745.76	95.77	0.27	3761.19	3738.05	93.600	2.710	Auto

Fonte: Tabela produzida no sistema do aparelho FTIR Shimadzu Irapinity-1S

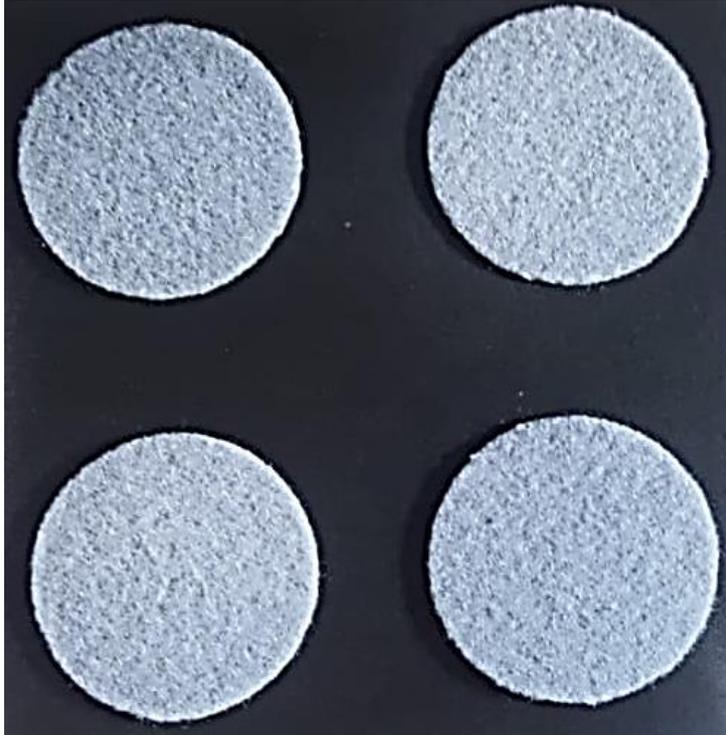
- Curvas e numerações dos Testes: 1 (Manto base – resultado comparativo: Lã); 2 (Ourelas – resultado comparativo: inconclusivo/polímero)



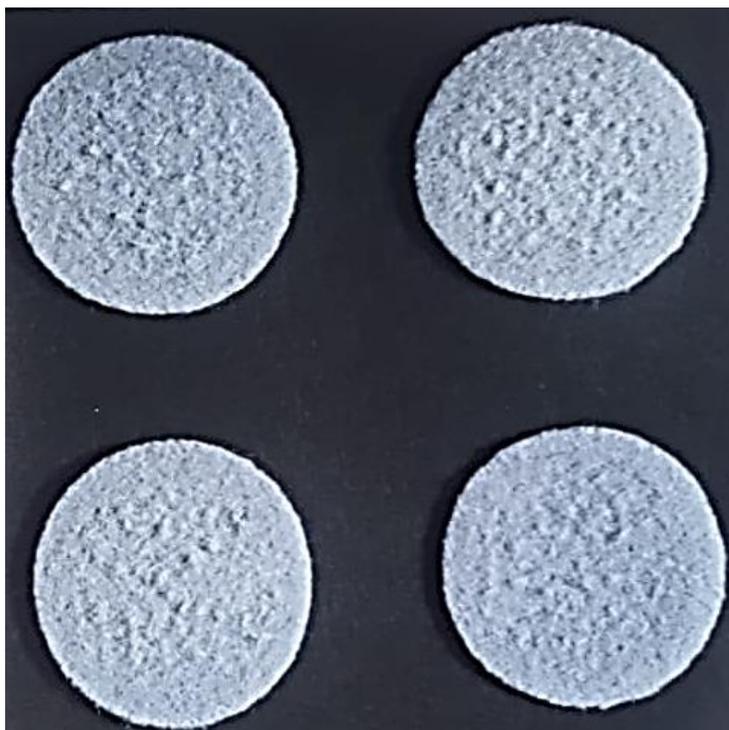
Fonte: Gráficos produzidos no sistema do aparelho FTIR Shimadzu Irapinity-1S

ANEXO 3 – Padrão dos Provetes de Comparação de Imagem com resultados do teste de *Pilling*.

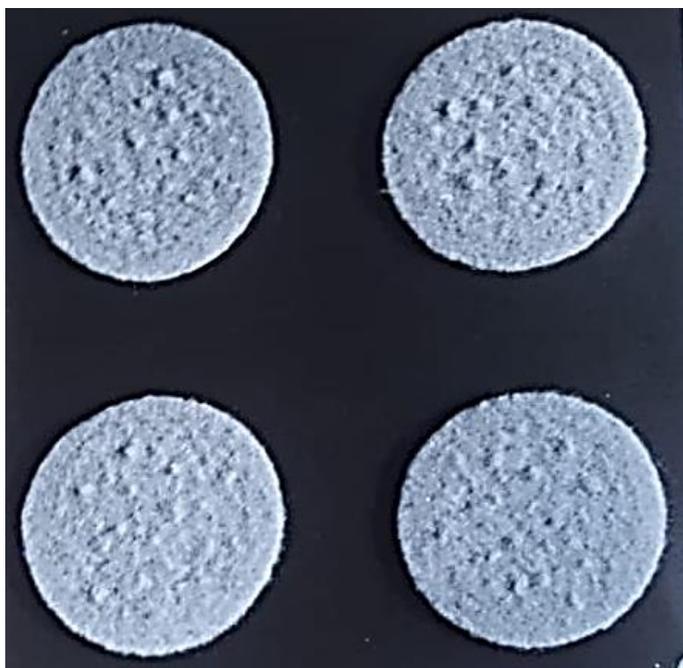
Padrão 1 – Leve



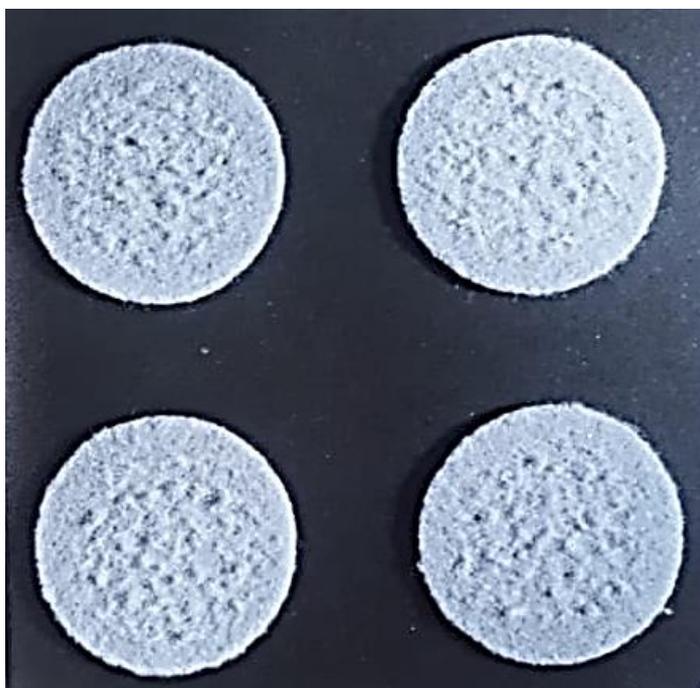
Padrão 2 – Médio-Leve



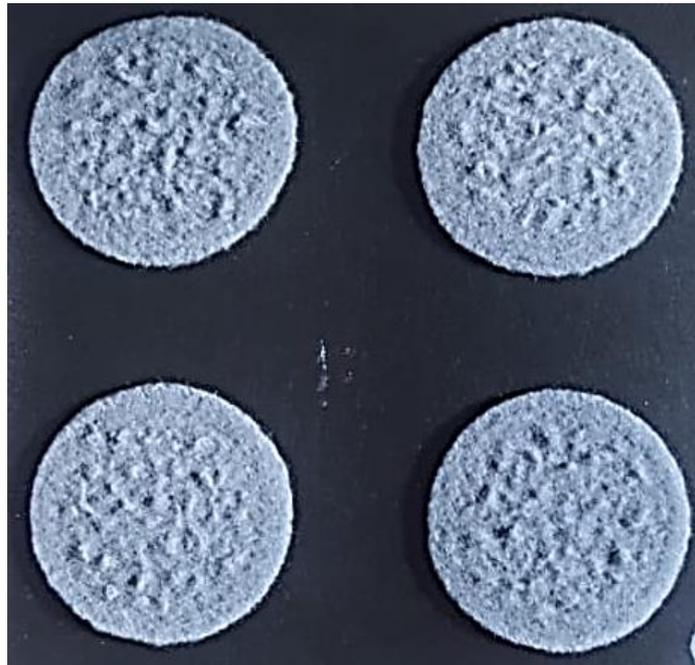
Padrão 3 – Médio



Padrão 4 – Acentuado



Padrão 5 – Muito Acentuado



ANEXO 4 – Produto Bruto – Tabela de resultados do Teste de Abrasão

Resultados expressos em peso (g), proporcionalidade (%) em relação à massa inicial, e variação negativa (perda) em relação a fase/ciclo anterior (Δ %).

Amostra 1 - Fibra Longa não feltrado																
Fase 0		Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fase 5		
Peso	% massa inicial	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase
0,741g	100%	0,7377g	99,55%	0,45%	0,7362g	99,35%	0,20%	0,7344g	99,11%	0,24%	0,7324g	98,84%	0,27%	0,7305g	98,58%	0,26%
Amostra 2 - Fibra Longa não feltrado																
Fase 0		Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fase 5		
Peso	% massa inicial	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase
0,8578g	100%	0,8539g	99,55%	0,45%	0,8523g	99,36%	0,19%	0,8507g	99,17%	0,19%	0,8491g	98,99%	0,19%	0,8474g	98,79%	0,20%
Amostra 3 - Fibra Curta não feltrado																
Fase 0		Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fase 5		
Peso	% massa inicial	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase
0,7371g	100%	0,7287g	98,86%	1,14%	0,723g	98,09%	0,78%	0,7158g	97,11%	1,00%	0,708g	96,05%	1,09%	0,7027g	95,33%	0,75%
Amostra 4 - Fibra Curta não feltrado																
Fase 0		Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fase 5		
Peso	% massa inicial	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase
0,5413g	100%	0,5354g	98,91%	1,09%	0,529g	97,73%	1,20%	0,5211g	96,27%	1,49%	0,5138g	94,92%	1,40%	0,5068g	93,63%	1,36%
Amostra 5 - Fibra Curta feltrado																
Fase 0		Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fase 5		
Peso	% massa inicial	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase
0,403g	100%	0,3955g	98,14%	1,86%	0,3893g	96,60%	1,57%	0,3826g	94,94%	1,72%	0,3766g	93,45%	1,57%	0,3698g	91,76%	1,81%
Amostra 6 - Fibra Curta feltrado																
Fase 0		Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			Fase 5		
Peso	% massa inicial	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase	Peso	% massa inicial	Δ fase
0,3775g	100%	0,3732g	98,86%	1,14%	0,3704g	98,12%	0,75%	0,3673g	97,30%	0,84%	0,3644g	96,53%	0,79%	0,3604g	95,47%	1,10%

ANEXO 5 – Produto Bruto – Tabela de resultados do Teste de *Bending* – realizados no Flexômetro (Cálculo da média de dobra)

Cálculo apresentado na média das aferições dos 4 lados (frente e verso; lado esquerdo e direito) para cada amostra e média geral total do tipo de amostras.

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm
lado 1	3,5	7	4,35	8,7	4,1	8,2	4,15	8,3	3,45	6,9
lado 2	5,1	10,2	4,5	9	4	8	4,4	8,8	4,6	9,2
lado 3	4,2	8,4	6	12	5,6	11,2	4,15	8,3	5,2	10,4
lado 4	4,7	9,4	4,35	8,7	4,05	8,1	5,1	10,2	3,9	7,8
Média	-	8,75	-	9,6	-	8,875	-	8,9	-	8,575
Média	8,94 cm									
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm
lado 1	4,15	8,3	5,55	11,1	3,85	7,7	4,95	9,9	5,45	10,9
lado 2	5,3	10,6	3,85	7,7	5,5	11	4,4	8,8	4,8	9,6
lado 3	5,65	11,3	3,8	7,6	5,7	11,4	4,55	9,1	3,9	7,8
lado 4	4,5	9	3,45	6,9	4,4	8,8	4,5	9	4,6	9,2
Média	-	9,8	-	8,325	-	9,725	-	9,2	-	9,375
Média	9,285 cm									
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés – 45º)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm	medida flexômetro	medida cm
lado 1	4,5	9	4,5	9	4,9	9,8	4,5	9	5,7	11,4
lado 2	4,6	9,2	4,7	9,4	4,6	9,2	4,6	9,2	4,3	8,6
lado 3	5,2	10,4	5	10	4,8	9,6	4,9	9,8	4,8	9,6
lado 4	4,6	9,2	4,6	9,2	4,5	9	4,5	9	4,7	9,4
Média	-	9,45	-	9,4	-	9,4	-	9,25	-	9,75
Média	9,45 cm									

Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	<i>medida flexômetro</i>	<i>medida cm</i>								
<i>lado 1</i>	4,95	9,9	4,05	8,14	5,4	10,8	4,65	9,3	4,55	9,1
<i>lado 2</i>	4,7	9,4	3,9	7,8	5,6	11,2	4,4	8,8	4,85	9,7
<i>lado 3</i>	4,8	9,6	4,95	9,9	5,4	10,8	4,7	9,4	4,25	8,5
<i>lado 4</i>	3,6	7,2	4	8	4,5	9	5,15	10,3	4,65	9,3
Média	-	9,025	-	8,45	-	10,45	-	9,45	-	9,15
Média	9,305 cm									
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	<i>medida flexômetro</i>	<i>medida cm</i>								
<i>lado 1</i>	5	10	4,5	9	4,65	9,3	4,4	8,8	4,45	8,9
<i>lado 2</i>	4,2	8,4	4,4	8,8	4,1	8,2	3,9	7,8	4,5	9
<i>lado 3</i>	4,7	9,4	3,8	7,6	3,5	7	3,95	7,9	4,45	8,9
<i>lado 4</i>	4,35	8,7	4,05	8,1	4,6	9,2	5,05	10,1	4,4	8,8
Média	-	9,125	-	8,375	-	8,425	-	8,65	-	8,9
Média	8,695 cm									
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés – 45º)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	<i>medida flexômetro</i>	<i>medida cm</i>								
<i>lado 1</i>	6	12	5,6	11,2	5,6	11,2	5,8	11,6	5,75	11,5
<i>lado 2</i>	5,7	11,4	5,05	10,1	6,15	12,3	5,5	11	5,8	11,6
<i>lado 3</i>	5,7	11,4	5,45	10,9	5,85	11,7	6,05	12,1	5,35	10,7
<i>lado 4</i>	5,4	10,8	6,1	12,2	5,6	11,2	5,2	10,4	6,4	12,8
Média	-	11,4	-	11,1	-	11,6	-	11,275	-	11,65
Média	11,405 cm									

Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	<i>medida flexômetro</i>	<i>medida cm</i>								
<i>lado 1</i>	5	10	5,65	11,3	4,85	9,7	4,45	8,9	4,8	9,6
<i>lado 2</i>	3,7	7,4	3,95	7,9	5,15	10,3	3,7	7,4	5,4	10,8
<i>lado 3</i>	5,05	10,1	4,5	9	4,8	9,6	5,15	10,3	4,75	9,5
<i>lado 4</i>	5,15	10,3	5,45	10,9	4,8	9,6	5,6	11,2	4,35	8,7
Média	-	9,45	-	9,775	-	9,8	-	9,45	-	9,65
Média	9,625 cm									
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	<i>medida flexômetro</i>	<i>medida cm</i>								
<i>lado 1</i>	3,55	7,1	4	8	3,9	7,8	4,55	9,1	4,3	8,6
<i>lado 2</i>	5,2	10,4	5,15	10,3	4,8	9,6	3,75	7,5	4,5	9
<i>lado 3</i>	5,3	10,6	4,95	9,9	4,65	9,3	5,05	10,1	4,6	9,2
<i>lado 4</i>	4,35	8,7	4,55	9,1	4,4	8,8	4,5	9	5,3	10,6
Média	-	9,2	-	9,325	-	8,875	-	8,925	-	9,35
Média	9,135 cm									
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés – 45º)										
	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	<i>medida flexômetro</i>	<i>medida cm</i>								
<i>lado 1</i>	7,4	14,8	7,5	15	6,15	12,3	7,35	14,7	6,8	13,6
<i>lado 2</i>	5,8	11,6	6	12	7,4	14,8	6,9	13,8	7,15	14,3
<i>lado 3</i>	6,5	13	7,15	14,3	7,5	15	6	12	5,9	11,8
<i>lado 4</i>	7,2	14,4	5,75	11,5	5,9	11,8	7,6	15,2	7,25	14,5
Média	-	13,45	-	13,2	-	13,475	-	13,925	-	13,55
Média	13,52 cm									

ANEXO 6 – Produto Bruto - Tabela de resultados dos Cálculos da unidade de massa por área das amostras no Teste de *Bending*

Cálculo realizado de unidade de massa por área, em que as amostras são padronizadas na medida de 2,5cm por 25,0cm, ou 62,5cm², a gerar o fator de cálculo de 0,00625 como divisor do valor do peso de cada amostra

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área
2,7806g	444,896 g/m ²	3,2977g	527,632 g/m ²	3,1938g	511,008 g/m ²	2,6743g	427,888 g/m ²	2,9450g	471,2 g/m ²
Média – 476,5248 g/m²									
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área
2,6919g	430,704 g/m ²	2,5243g	403,888 g/m ²	2,8003g	448,048 g/m ²	2,7115g	433,84 g/m ²	2,8101g	449,616g/m ²
Média – 433,2192 g/m²									
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45º)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área
2,4646g	394,336 g/m ²	2,7155g	434,48 g/m ²	2,9018g	464,288 g/m ²	3,1140g	498,24 g/m ²	3,0295g	484,72 g/m ²
Média – 455,2128 g/m²									
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área	peso	unidade de massa por área
4,0761g	652,176 g/m ²	3,5985g	575,76 g/m ²	4,3520g	696,32 g/m ²	4,4522g	712,352 g/m ²	3,8210g	611,36 g/m ²

Média – 649,5936 g/m²									
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>
4,1073g	657,168 g/m ²	3,7383g	598,128 g/m ²	3,9790g	636,64 g/m ²	3,8995g	623,92 g/m ²	4,0985g	655,76 g/m ²
Média – 634,3232 g/m²									
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>
3,4743g	555,888 g/m ²	3,5008g	560,128 g/m ²	3,8950g	623,2 g/m ²	3,9114g	625,824 g/m ²	3,6018g	576,288 g/m ²
Média – 588,2656 g/m²									
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>
3,1440g	503,04 g/m ²	3,1617g	505,872 g/m ²	3,0972g	496,552 g/m ²	2,9917g	478,672 g/m ²	3,1105g	497,68 g/m ²
Média – 496,3632 g/m²									
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa por área</i>
2,5759g	412,144 g/m ²	2,4731g	395,696 g/m ²	2,2832g	365,312 g/m ²	2,6116g	417,856 g/m ²	2,6808g	428,928 g/m ²
Média – 403,9872 g/m²									
Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)									
Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
<i>peso</i>	<i>unidade de</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de massa</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de</i>	<i>peso</i>	<i>unidade de</i>

	<i>massa por área</i>		<i>por área</i>		<i>massa por área</i>		<i>massa por área</i>		<i>massa por área</i>
3,2140g	514,24 g/m²	3,3310g	532,96 g/m²	2,9851g	477,616 g/m²	3,1445g	503,12 g/m²	2,9083g	465,328 g/m²
<u>Média – 498,6528 g/m²</u>									

ANEXO 7 – Produto Bruto – Tabela de resultados dos Cálculos da Rigidez à Flexão para todos os tipos de amostras com tipologias e direções

Cálculo realizado conforme equação:

$$G = m \times C^3 \times 10^{-3}$$

Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido da Máquina)			
G	m	C³	10⁻³
298,0455625	444,896	8,75	0,001
466,8150252	527,632	9,6	0,001
357,2175474	511,008	8,875	0,001
301,6477755	427,888	8,9	0,001
297,1034315	471,2	8,575	0,001
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Transversal)			
G	m	C³	10⁻³
405,3751592	430,704	9,8	0,001
233,030988	403,888	8,325	0,001
412,0912309	448,048	9,725	0,001
337,8260019	433,84	9,2	0,001
370,472168	449,616	9,375	0,001
Amostra - Fibra Curta Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
G	m	C³	10⁻³
332,7835515	394,336	9,45	0,001
360,8721363	434,48	9,4	0,001
385,6301842	464,288	9,4	0,001
394,333605	498,24	9,25	0,001
449,2672763	484,72	9,75	0,001
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido da Máquina)			
G	m	C³	10⁻³
479,4092889	652,176	9,025	0,001
347,3854437	575,76	8,45	0,001
794,6167962	696,32	10,45	0,001
601,1599968	712,352	9,45	0,001
468,3389765	611,36	9,15	0,001
Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Transversal)			
G	m	C³	10⁻³
499,3154763	657,168	9,125	0,001
351,3569759	598,128	8,375	0,001
380,7182105	636,64	8,425	0,001
403,8101488	623,92	8,65	0,001
462,2904714	655,76	8,9	0,001

Amostra - Fibra Curta Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
G	m	C³	10⁻³
823,5725311	555,888	11,4	0,001
766,0484168	560,128	11,1	0,001
972,7503872	623,2	11,6	0,001
897,019462	625,824	11,275	0,001
911,2076401	576,288	11,65	0,001

Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido da Máquina)			
G	m	C³	10⁻³
424,5197947	503,04	9,45	0,001
472,4881709	505,872	9,775	0,001
467,35077	496,552	9,8	0,001
403,9554293	478,672	9,45	0,001
447,231236	497,68	9,65	0,001

Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Transversal)			
G	m	C³	10⁻³
320,9315871	412,144	9,2	0,001
320,8545346	395,696	9,325	0,001
255,3694985	365,312	8,875	0,001
297,064884	417,856	8,925	0,001
350,605908	428,928	9,35	0,001

Amostra - Fibra Longa Não Feltrada (Sentido Viés - 45°)			
G	m	C³	10⁻³
1251,217207	514,24	13,45	0,001
1225,790945	532,96	13,2	0,001
1168,598134	477,616	13,475	0,001
1358,492338	503,12	13,925	0,001
1157,649455	465,328	13,55	0,001

ANEXO 8 – Resultados de Premiações e Classificações Oficiais

Prêmio Brasil Criativo – 3ª Edição / 2019 – Classificação Oficial: Semifinalista

09/11/2019

Semifinalistas | Prêmio Brasil Criativo

SEMIFINALISTAS

PREMIO BRASIL CRIATIVO NAS REDES SOCIAIS



Nome	Cidade	Projeto	Categoria
Adriana Costa	São Paulo	SP ÁGAMA BOLSAS	Moda
Felipe de Souza Silva	Bom Jardim	RJ Monthal - ReBoard	Moda
Flávia Maria Saad de Aquino	Santos	SP Juicybazar	Moda
Jacirene França de Souza	São Luís	MA Brechó Para Mulheres Estupidamente Inteligentes	Moda
João Dolzan Junior	Rio do Sul	SC Proposta Verde	Moda
Junior de Jesus Costa	São Paulo	SP Era Uma Vez...	Moda
Lais Nery	São Paulo	SP Insecta Shoes	Moda
Luciana da Silva Lima Natal	Natal	RN Crioula Bagwear	Moda
Maria Ivonete Gomes Cordeiro	Barcarena	PA Lioxiki	Moda
Maria Zeferina	São Luís	MA DEMODÊ	Moda
Pedro Pires Ruffier	Rio de Janeiro	RJ MOVIN	Moda
Regis Puppim	Brasília	DF Projeto Oficialã	Moda

Green Concept Award – 7ª Edição / 2021 – Classificação Oficial: Semifinalista / Pré-Seleção

Feedback & Pre-Selection Seal

Caixa de entrada x Atualizações x



Green Product Award Team <service@gp-award.com>
para mim ▾

seg., 7 de dez. de 2020 08:18



Dear Regis Puppim,

Congratulations again! Your submission **WOW Felt (Waste of Wool Felt)** is now officially a part of the **Green concept Award Pre-Selection 2021**.

Attached you find the link to download your Pre-Selection seal for your communication:

<https://www.gp-award.com/downloads/Signet-GCA-pre-selection-2021.zip>

#gpaward // @gpaward for Insta / Facebook / Pinterest /linkedin // @GP_Award on Twitter

Note: Please optimize your submission and provide plain pictures without logos, texts or text-fragments in landscape format (2160 X 1350 pixels) to service@gp-award until December 9th. Do not combine so many images together max 2-3, as in mobile view ist hard to see.

If you have any further questions, do not hesitate to contact us.

Kind Regards,

Nils Bader & the Green Product Team

Tel: +49 30 25 742-880
Mail: nba@gp-award.com

Join the network: www.gp-award.com
Meet us on: [Facebook](#) [Instagram](#) [Twitter](#) [Pinterest](#)



Green Product Award

Green Product Award
Hosted by
white lobster GmbH & Co. KG
Tempelhofer Ufer 23 – 24
10963 Berlin

Amtsgericht Charlottenburg, HRA 46462 B; Komplementärin: Grünes Gold GmbH, Berlin, Amtsgericht Charlottenburg, HRB 140173 B This message may contain confidential information and must not be copied, disclosed or used by anybody other than the intended recipient. If you have received this message in error, please notify us immediately by reply e-mail and delete all records of the message from your computer. The views represented in this message are solely those of the author. Neither the author nor white lobster accepts any liability for the contents of this message.



**Green
Concept Award**
Semifinalist 2021



ANEXO 9 – Tabela de Operações de Valorização de Resíduos

Tabela Anexa: Operações de Valorização de Resíduos

Código de Valorização	Tipo de Valorização
R1	recuperação ou regeneração de solventes
R2	reciclagem ou recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes
R3	reciclagem ou recuperação de metais ou compostos metálicos
R4	reciclagem ou recuperação de outras matérias inorgânicas
R5	regeneração de ácidos ou bases
R6	recuperação de produtos que servem para captar poluentes
R7	recuperação de produtos provenientes de catalisadores
R8	regeneração ou outros reempregos de óleos
R9	utilização principal como combustível ou outro meio de produção de energia
R10	espalhamento no solo em benefício da agricultura ou da ecologia, incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas
R11	utilização de resíduos obtidos a partir de uma das operações abrangidas pelos pontos R1 a R10
R12	ofertas de troca de resíduos para serem submetidos a qualquer das operações numeradas de R1 a R11
R13	acumulação de materiais para serem submetidos a uma das operações referidas no presente anexo, com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efetuada

Fonte: Adaptado de (Ministério do Meio Ambiente, 1996)

ANEXO 10 – Tabelas de Análises de Incidência dos Termos Pesquisados na Sistematização de
Base de Dados

Tabela - Incidência dos Termos na *AUTEX Journal*

ANO	ISSUE	INCIDÊNCIA		
		Termo 1	Termo 2	1 + 2
2021	1	1	0	0
2020	4	1	1	0
	3	0	1	0
	2	0	0	0
	1	0	1	0
2019	4	1	3	0
	3	0	0	0
	2	1	0	0
	1	0	0	0
2018	4	1	1	1
	3	1	0	0
	2	1	0	0
	1	0	0	0
2017	4	1	0	0
	3	0	0	0
	2	0	0	0
	1	0	0	0
TOTAL		8	7	1

Tabela Incidência dos termos na *Fashion & Textiles*

ANO	ISSUE	INCIDÊNCIA		
		Termo 1	Termo 2	1 + 2
2020	Jul.	0	0	0
	Jan.	0	0	0
2019	Nov.	0	4	0
	Fev.	0	0	0
2018	Maio	1	5	1
2017	Dez.	1	1	1
TOTAL		2	6	2

Tabela Incidência dos termos na *The Textile Research Journal*

ANO	ISSUE	INCIDÊNCIA		
		Termo 1	Termo 2	1 + 2
2021	7 e 8	0	0	0
	5 e 6	2	0	0
	3 e 4	1	1	0
	1 e 2	0	0	0
2020	23 e 24	0	1	0
	21 e 22	2	0	0
	19 e 20	2	0	0
	17 e 18	0	0	0
	15 e 16	0	0	0
	13 e 14	0	0	0
	11 e 12	0	0	0
	9 e 10	2	1	0
	7 e 8	2	1	1
	5 e 6	1	2	0
	3 e 4	1	0	0
	2	0	0	0
	1	0	0	0
2019	23 e 24	3	0	0
	21 e 22	3	0	0
	19 e 20	1	1	0
	18	0	0	0
	17	0	0	0
	16	0	0	0
	15	0	0	0
	14	0	0	0
	13	2	0	0
	12	0	0	0
	11	1	1	0
	10	1	0	0
	9	0	0	0
	8	0	0	0
	7	0	1	0
	6	0	0	0
	5	0	0	0
	4	1	1	0
	3	0	0	0
	2	0	0	0
1	1	0	0	
1	0	0	0	
2018	24	0	0	0
	23	0	0	0
	22	0	0	0
	21	2	0	0
ANO	ISSUE	INCIDÊNCIA		

		<i>Termo 1</i>	<i>Termo 2</i>	<i>1 + 2</i>
2018 (Cont.)	20	0	0	0
	19	1	0	0
	18	0	0	0
	17	0	0	0
	16	1	0	0
	15	0	0	0
	14	0	0	0
	13	0	0	0
	12	0	0	0
	11	0	0	0
	10	1	0	0
	9	2	0	0
	8	0	0	0
	7	0	0	0
	6	0	0	0
	5	1	0	0
	4	0	0	0
3	1	1	1	
2	0	0	0	
1	2	0	0	
1	0	0	0	
2017	20	1	0	0
	19	0	0	0
	18	0	0	0
	17	0	0	0
	16	0	0	0
	15	0	0	0
	14	3	0	0
	13	1	1	0
	12	0	0	0
	11	0	0	0
	10	0	0	0
	9	0	0	0
	8	1	0	0
	7	0	0	0
	6	0	0	0
	5	1	1	0
	4	1	0	0
3	0	0	0	
2	0	0	0	
1	0	0	0	
TOTAL		45	13	2

ANEXO 11 – Análise Combinatória de Variantes do Produto

Código	Elemento Base (Manto de Fibras)	Elemento Estético Aplicado (Ourelas)
1	Preto	Sem Aplicação
2	Preto	Vermelho – Aleatório
3	Preto	Vermelho – Determinado
4	Preto	Amarelo – Aleatório
5	Preto	Amarelo – Determinado
6	Preto	Azul – Aleatório
7	Preto	Azul – Determinado
8	Preto	Vermelho e Amarelo – Aleatório
9	Preto	Vermelho e Amarelo – Determinado
10	Preto	Vermelho e Azul – Aleatório
11	Preto	Vermelho e Azul – Determinado
12	Preto	Amarelo e Azul – Aleatório
13	Preto	Amarelo e Azul – Determinado
14	Preto	Vermelho, Amarelo e Azul – Aleatório
15	Preto	Vermelho, Amarelo e Azul – Determinado
16	Colorido	Sem Aplicação
17	Colorido	Vermelho – Aleatório
18	Colorido	Vermelho – Determinado
19	Colorido	Amarelo – Aleatório
20	Colorido	Amarelo – Determinado
21	Colorido	Azul – Aleatório
22	Colorido	Azul – Determinado
23	Colorido	Vermelho e Amarelo – Aleatório
24	Colorido	Vermelho e Amarelo – Determinado
25	Colorido	Vermelho e Azul – Aleatório
26	Colorido	Vermelho e Azul – Determinado
27	Colorido	Amarelo e Azul – Aleatório
28	Colorido	Amarelo e Azul – Determinado
29	Colorido	Vermelho, Amarelo e Azul – Aleatório
30	Colorido	Vermelho, Amarelo e Azul – Determinado

ANEXO 12 – Gráficos do Resultado para teste de Resistência à Tração e Alongamento

Gráficos para fibra longa, fibra curta e fibra curta feltrada - para amostras no sentido da máquina e fibra longa, fibra curta e fibra curta feltrada para amostras no sentido transversal - onde se observa os gráficos compostos por um eixo de força (em N – newtons) e outro por extensão (em mm – milímetros), com as cinco amostras esboçadas em cores diferentes.

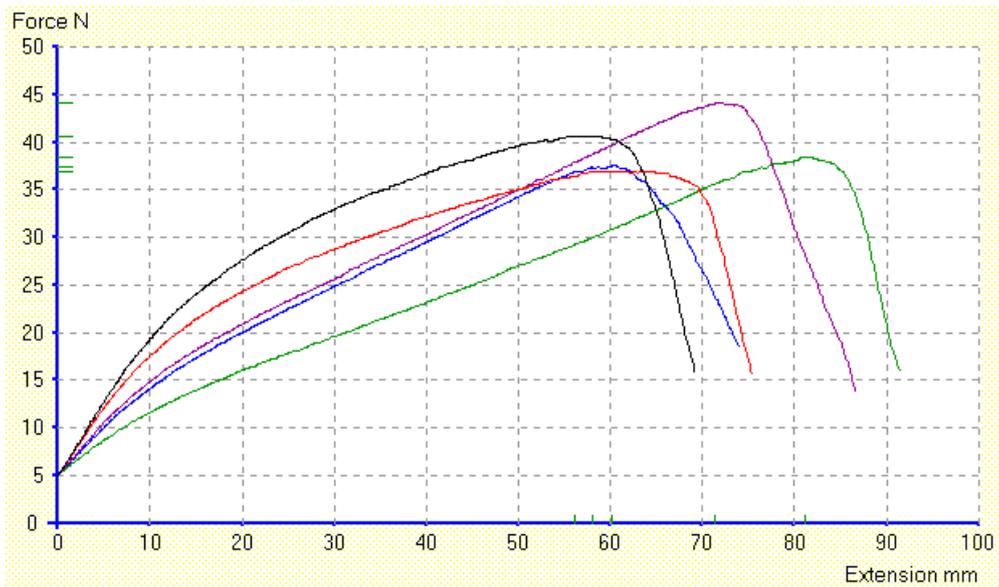


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Longa - Sentido da Máquina)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

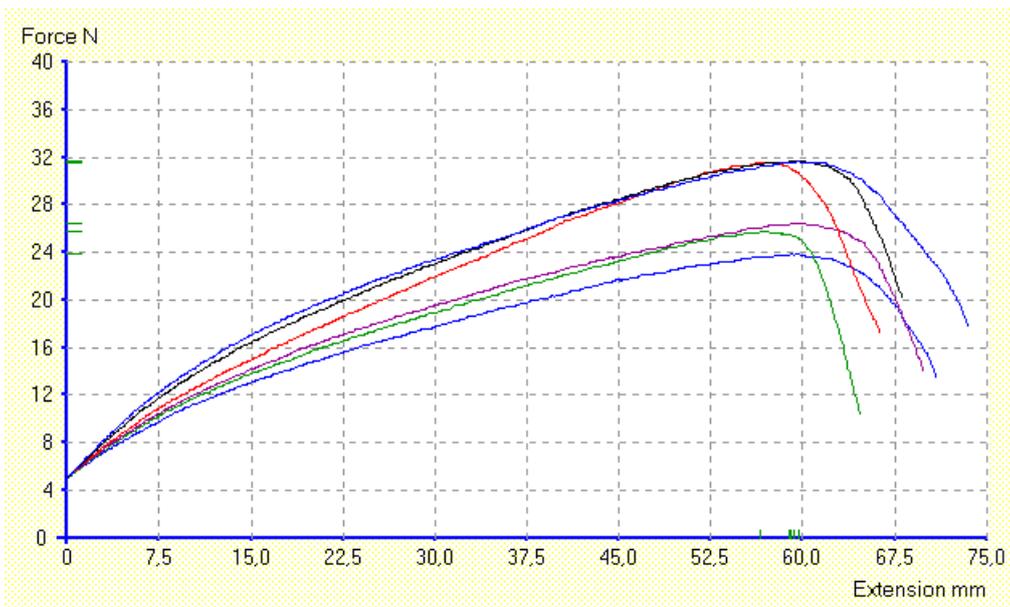


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Curta - Sentido da Máquina)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

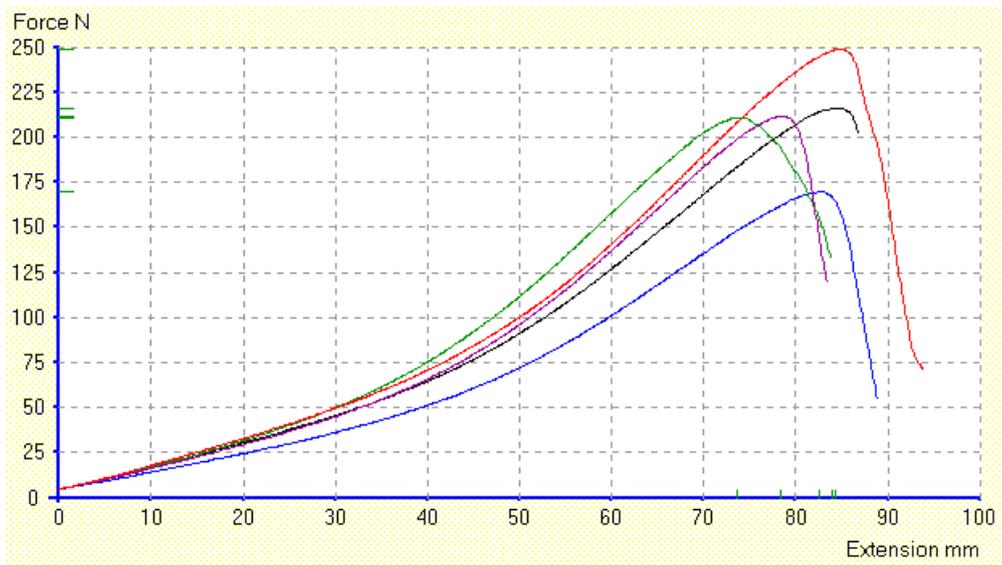


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Curta Feltrada - Sentido da Máquina)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

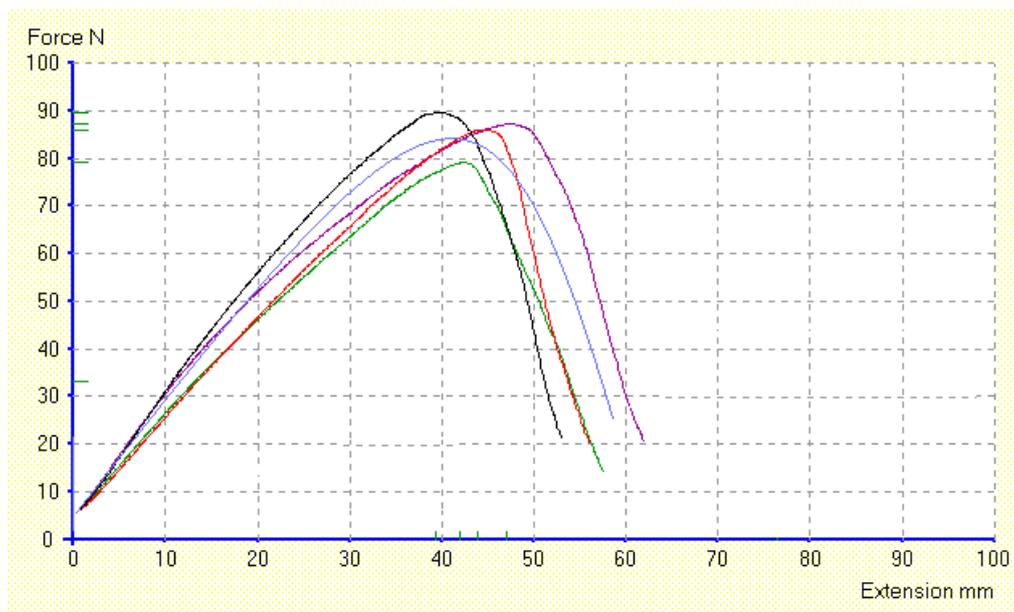


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Longa - Sentido Transversal)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

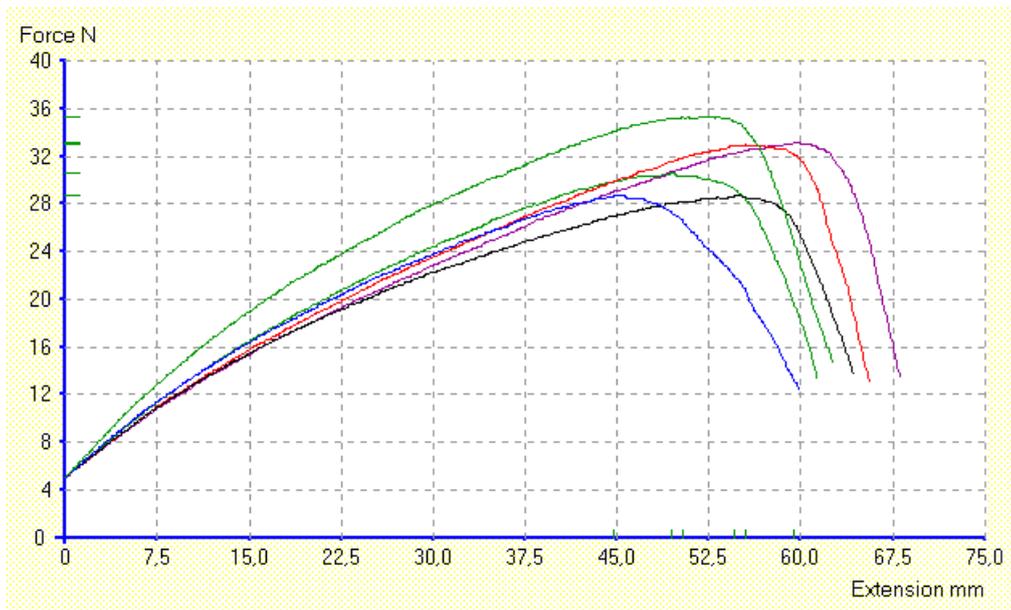


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Curta - Sentido Transversal)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

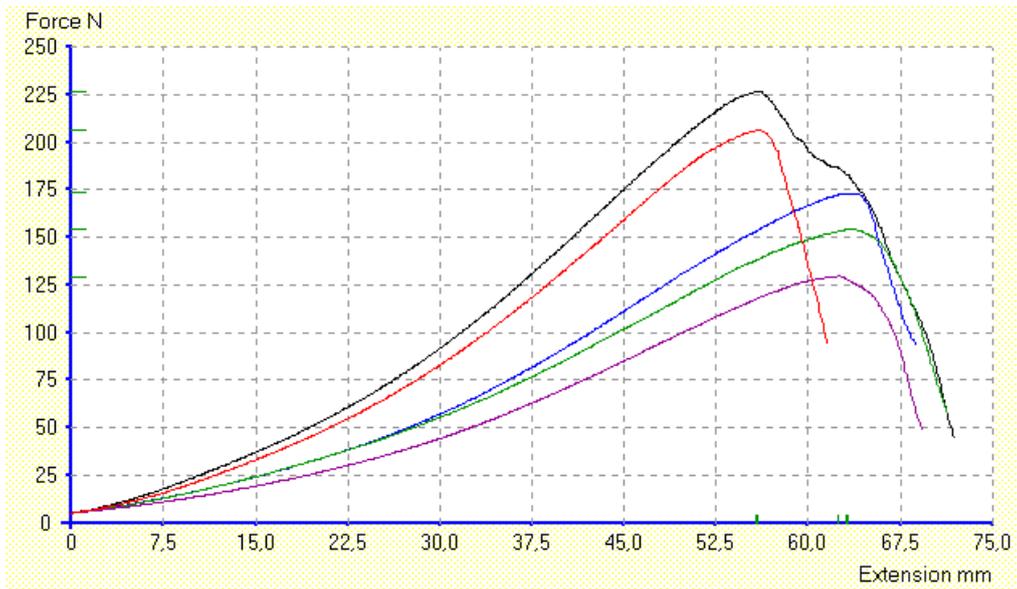


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Curta Feltrada - Sentido Transversal)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

ANEXO 13 – Gráficos do Resultado para teste de Resistência à Tração e Alongamento – Material com Ourelas

Gráficos para fibra curta feltrada - para amostras no sentido da máquina – com a inserção de ourelas no material - onde se observa o gráfico composto por um eixo de força (em N – newtons) e outro por extensão (em mm – milímetros), com as cinco amostras esboçadas em cores diferentes.

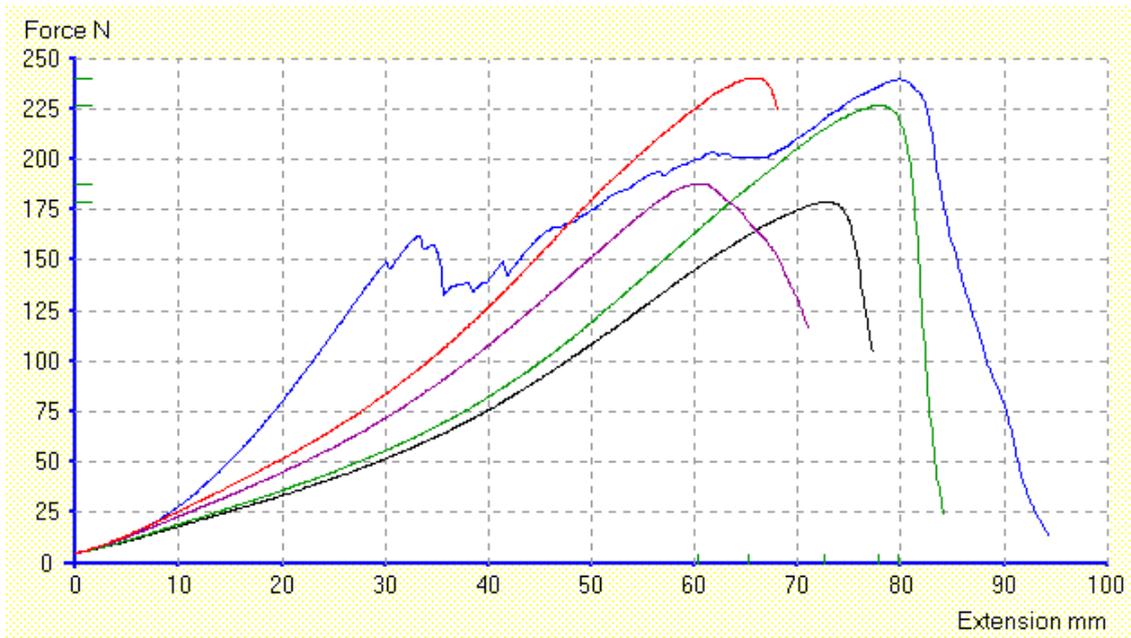


Gráfico do resultado de Resistência à Tração e Alongamento (Fibra Curta Feltrada com Ourelas - Sentido da Máquina)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

ANEXO 14 – Gráficos do Resultado para teste de Resistência ao Rasgo

Gráficos para fibra curta feltrada - para amostras no sentido da máquina e no sentido transversal - onde se observa os gráficos compostos por um eixo de força (em N – newtons) e outro por extensão (em mm – milímetros), com as cinco amostras esboçadas em cores diferentes.

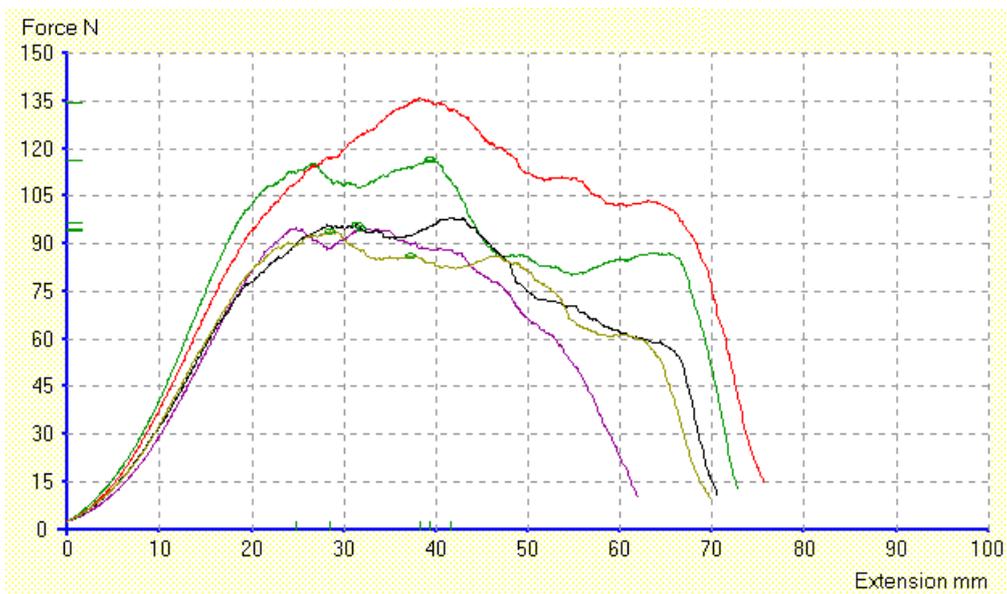


Gráfico do resultado de Resistência ao Rasgo (Sentido da Máquina)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51

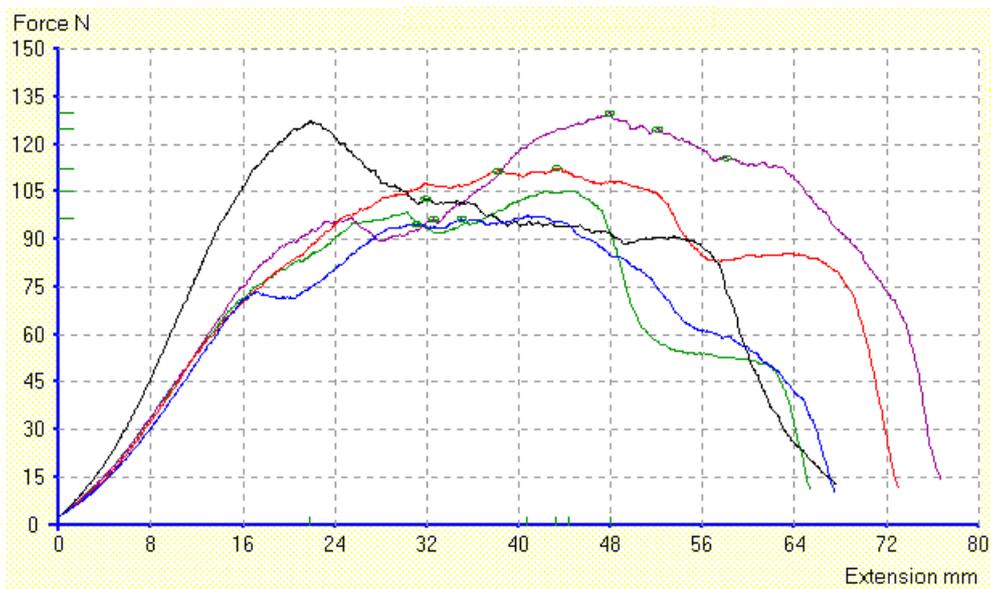


Gráfico do resultado de Resistência ao Rasgo (Sentido Transversal)

Fonte: Imagem gerada pelo software QMat 3.51