

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ana Luísa Antunes da Cunha

Design de um Casaco com Auto  
Aquecimento Baseado em Tinta  
Condutora

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Design e Marketing de Produto Têxtil,  
Vestuário e Acessórios

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor Andrea Zille  
Professor Doutor Hélder Carvalho

## **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**

Um agradecimento ao Professor Andrea Zille e ao Professor Hélder Carvalho, não só pelo acompanhamento e orientação, mas também pela grande disponibilidade que demonstraram ao longo desta etapa, auxiliando-me prontamente sempre que necessário.

À Cátia Alves, por toda a ajuda durante o processo laboratorial e pela disponibilidade que demonstrou de acordo com as minhas necessidades.

À Isabel Ribeiro pela ajuda no laboratório e a toda a equipa do 2C2T, Centro de Ciências e Tecnologia Têxtil, pela disponibilidade que sempre demonstraram.

À Alexandra Alves pela disponibilização do laboratório e por se demonstrar sempre pronta em ajudar no que fosse necessário.

À Angelina Silva pela disponibilidade e ajuda na confeção do produto. E à Irene Moura pela ajuda na modelação.

Ao Paulo Silva, da oficina do departamento de eletrónica, pela ajuda e disponibilidade na montagem do circuito de aquecimento do casaco.

Aos meus pais, por todo o apoio prestado ao longo do meu percurso académico e por terem tornado possível a concretização desta etapa.

Aos meus irmãos, Teresa e Pedro, pela influência que sempre tiveram em mim e que, de certa forma, me fizeram chegar até aqui.

Um agradecimento especial ao Álvaro, por ter estado sempre presente em todos os momentos do meu percurso académico, tendo sido uma das pessoas que mais me ajudou e incentivou ao longo desta etapa.

Um agradecimento à Sónia, que sempre dispôs da sua ajuda e me incentivou em diferentes fases da minha vida a atingir os meus objetivos.

À Susana, que foi das pessoas mais influentes ao longo da minha vida e que sempre acreditou que este era o caminho, mesmo quando eu não acreditava.

E, por fim, a todas as pessoas que fizeram parte do meu percurso quer pessoal, quer académico, que de forma direta ou indireta me fizeram chegar até aqui e me acompanharam em diferentes etapas importantes da minha vida.

Um muito obrigada!

## **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, 26/01/2022

Assinatura: 

## RESUMO

Os têxteis inteligentes estão cada vez mais presentes no nosso cotidiano e são utilizados tanto para produtos puramente estéticos, como para soluções funcionais. Dentro dos têxteis inteligentes, surgem os têxteis termoeletrônicos que compõem grande parte deste trabalho, com o intuito de desenvolver um artigo de vestuário com propriedades termoeletrônicas, através do uso de polímeros condutores, mais concretamente poli(3,4- etilenodioxitiofeno) modificado por poli(estireno sulfonado) (PEDOT:PSS). Este polímero foi utilizado para revestir um tecido de poliéster (PES), ativado por um tratamento superficial de plasma atmosférico. Para este revestimento foram utilizadas cinco camadas de PEDOT:PSS com 7% em peso de dimetilsulfóxido (DMSO), este último adicionado para aumentar a condutividade elétrica. Analisaram-se as gamas de tensão necessárias para induzir temperaturas acima da temperatura corporal, começando-se por 12V, passando para 18V e, por fim, para 24V. Verificou-se que, para os elementos de aquecimento desenvolvidos, seria necessária uma tensão de 24V para se perceber um aumento de temperatura pelo toque humano. Contudo, a temperatura pode ser ajustável não só em função da tensão aplicada, mas também pelo número de camadas de PEDOT:PSS.

Apesar desta técnica necessitar de alguns ajustes, os resultados são favoráveis, permitindo a criação de um tecido termoeletrônico seguro, flexível e aplicado em superfícies têxteis de dimensões variadas.

O presente trabalho surge então com a intenção de pôr em prática a este tipo de tecnologia. Desenvolveu-se através de técnicas de design e modelação um casaco esteticamente apelativo ao consumidor com propriedades termorreguladoras, aliando assim a estética à função.

**Palavras-Chave:** Têxteis Inteligentes; Têxteis Termoeletrônicos; Polímero Condutor; PEDOT:PSS; Design.

## **ABSTRACT**

Intelligent textiles are increasingly present in our daily lives and are used both for purely aesthetic products and for functional solutions. Within intelligent textiles, thermoelectric textiles are a large part of this work, which aims to develop an article of clothing with thermoelectric properties, through the use of conducting polymers, specifically poly(3,4-ethylenedioxythiophene) modified by poly(sulfonated styrene) (PEDOT:PSS). This polymer was used to coat a polyester fabric (PES), activated by an atmospheric plasma surface treatment. For this coating, five layers of PEDOT:PSS were used with 7% by weight of Dimethyl sulfoxide (DMSO), added to increase the electrical conductivity. The voltage ranges necessary to induce temperatures above body temperature were analyzed, starting with 12V, going to 18V and finally to 24V. It was found that for the specific developed heating elements, a voltage of 24V would be needed to perceive a temperature increase through human touch. However, the temperature can be adjustable not only as a function of the applied voltage, but also by the number of layers of PEDOT:PSS.

Although this technique requires some adjustments, the results are favorable, allowing the creation of a safe, flexible thermoelectric fabric applied to textile surfaces of different dimensions.

This work was developed with the intention of putting this type of technology into practice. Through design and pattern design was developed an aesthetically appealing coat for the consumer with thermoregulating properties, thus combining aesthetics with function.

**Keywords:** Smart Textiles; Thermoelectric Textiles; Conductive Polymer; PEDOT:PSS; Design

# Índice

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2.	OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO	1
1.3.	METODOLOGIAS	2
1.3.1.	ABORDAGEM TEÓRICA	3
1.3.2.	ABORDAGEM PRÁTICA	3
1.4.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2.	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
2.1.	CONFORTO TERMOFISIOLÓGICO	4
2.2.	CONFORTO PSICOLÓGICO	6
2.3.	REAÇÕES E LESÕES CORPORAIS PROVOCADAS PELO FRIO	7
2.4.	PREVENÇÃO DE LESÕES PROVOCADAS PELO FRIO	8
2.5.	TÊXTEIS INTELIGENTES	9
2.6.	TÊXTEIS CONDUTORES	10
2.7.	TÊXTEIS TERMOELÉTRICOS	11
2.7.1.	NANOTUBOS DE CARBONO	12
2.7.2.	FIO BEKITEX BK 50	13
2.7.3.	BEKINOX VN	14
2.7.4.	BEKIFLEX	15
2.8.	POLÍMEROS CONDUTORES	16
2.8.1.	PEDOT:PSS	18
2.8.2.	MÉTODOS DE TRATAMENTO DE TÊXTEIS COM PEDOT:PSS	19
2.9.	PLASMA	19

2.10.	BENEFÍCIOS DOS TÊXTEIS TERMOELÉTRICOS	21
2.11.	PRODUTOS EXISTENTES	22
2.11.1.	COLETE AQUECIDO ORORO	22
2.11.2.	CASACO AQUECIDO GERBING GYDE ZENITH FLEECE	23
2.11.3.	FORRO DE CALÇAS GERBING	24
2.12.	REGULAMENTO E LEGISLAÇÃO	25
2.13.	DESIGN APLICADO AO VESTUÁRIO FUNCIONAL	26
2.13.1.	METODOLOGIA PROJETUAL	27
<u>3.</u>	<u>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EMPÍRICO</u>	<u>28</u>
3.1.	DESENVOLVIMENTO CONCEPTUAL	28
3.1.1.	BRAINSTORMING	28
3.1.2.	CONCEITO	29
3.1.3.	PAINEL SEMÂNTICO	30
3.2.	REQUISITOS	32
3.3.	MATERIAIS	34
3.4.	PROPOSTAS	37
3.5.	PROPOSTA FINAL	40
3.6.	PREPARAÇÃO DOS SUBSTRATOS TÊXTEIS	42
3.7.	MODELAÇÃO	47
3.8.	PROTOTIPAGEM	49
3.9.	APRESENTAÇÃO DO CASACO	51
<u>4.</u>	<u>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	<u>53</u>
4.1.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS FINAIS	54
<u>5.</u>	<u>CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS</u>	<u>64</u>

5.1. CONCLUSÕES	64
5.2. PERSPETIVAS FUTURAS	65
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>67</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>72</u>
ANEXO I – FICHAS TÉCNICAS	72
ANEXO II – MOLDE	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PULVERIZAÇÃO DOS NANOTUBOS DE CARBONO (GUGELMIN, 2011)	12
FIGURA 2 – FIO BEKITEK BK 50 (HARTMAN, 2006)	13
FIGURA 3 – FEIXES DE FIBRA DE AÇO INOXIDÁVEL BEKINOX VN/HT (BEKAERT, 2017)	15
FIGURA 4 – CONSTRUÇÕES DE CABO DE AÇO BEKIFLEX (BEKAERT, 2017)	15
FIGURA 5 - ESTRUTURA QUÍMICA DE PEDOT:PSS (GUO, ET AL., 2016)	18
FIGURA 6 – COLETE AQUECIDO (ORORO)	23
FIGURA 7 - CASACO GERBING GYDE ZENITH WOMEN'S FLEECE HEATED – 7V	24
FIGURA 8 – FORRO DE CALÇAS AQUECIDO (GERBING)	25
FIGURA 9 – ESQUEMA DA METODOLOGIA PROJETUAL DE MUNARI (1981)	27
FIGURA 10 – MAPA MENTAL	29
FIGURA 11 – PAINEL DE CONCEITO (PIERINI, 2012), (MUSEU COLEÇÃO BERARDO), (THE LIBRARY OF CONGRESS)	31
FIGURA 12 - PROPOSTAS	38
FIGURA 13 – ZONAS DE AQUECIMENTO	39
FIGURA 14 - CASACO VISTA FRENTE E COSTA	40
FIGURA 15 – CIRCUITO	41
FIGURA 16 – TECIDO DE POLIÉSTER 30X10 CM	42
FIGURA 17 – PLASMA ATMOSFÉRICO DE DESCARGA COM BARREIRA DIELETRICA (DBD)	43
FIGURA 18 – PESAGEM DOS TECIDOS	43
FIGURA 19 – AGITAÇÃO DA SOLUÇÃO	44
FIGURA 20 – IMERSÃO DOS SUBSTRATOS NA SOLUÇÃO	44
FIGURA 21 - FOULARD	45
FIGURA 22 – COLOCAÇÃO DOS TECIDOS SOBRE A PLACA DE ESFEROVITE	45
FIGURA 23 – ESTUFA BINDER	46
FIGURA 24 – ESTUFA MEMMERT	46
FIGURA 25 – PESAGEM FINAL DOS SUBSTRATOS TÊXTEIS CONDUTORES	47
FIGURA 26 - MODELAÇÃO	48
FIGURA 27 – MOLDES RECORTADOS EM PAPEL	48
FIGURA 28 – PROCESSO PROTOTIPAGEM	49
FIGURA 29 – MONTAGEM CIRCUITO	50
FIGURA 30 – PROTÓTIPO FINAL	52
FIGURA 31 – TEMPERATURA INICIAL TECIDO COSTAS	54
FIGURA 32 – TESTE EFEITO JOULE: TECIDO COSTAS 12V	55
FIGURA 33 – TESTE EFEITO JOULE: TECIDO COSTAS 18V E 24V	57
FIGURA 34 – TEMPERATURA INICIAL TECIDO BOLSOS	58
FIGURA 35 – TESTE EFEITO JOULE: TECIDO BOLSOS 12V	59

FIGURA 36 – TESTE EFEITO JOULE: TECIDO BOLSOS 18V E 24V	61
FIGURA 37 – FOTO TERMOGRÁFICA	63

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – TECNOLOGIAS SMART RELACIONANDO ESTÍMULOS COM A RESPOSTA (FERREIRA, ET AL., 2014).	9
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO FIO BEKITEK DE UM E DOIS CABOS (BEKAERT)	14
TABELA 3 – PROPRIEDADES DOS DIFERENTES POLÍMEROS CONDUTORES (TSEGHAI, ET AL., 2020)	17
TABELA 4 - REQUISITOS	32
TABELA 5 – ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS	33
TABELA 6 – MATRIZ DE DECISÃO DOS MATERIAIS DA CAMADA EXTERIOR	34
TABELA 7 – MATRIZ DE DECISÃO DE MATERIAIS DO FORRO	36
TABELA 8 – RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS A 12V (TECIDO MAIOR)	56
TABELA 9 – RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS A 18V E 24V (TECIDO MAIOR)	57
TABELA 10 – RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS A 12V (TECIDO MENOR)	60
TABELA 11 – RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS A 18V E 24V (TECIDO MENOR)	61

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

Ag – Prata

Al – Alumínio

Au – Ouro

C – Carbono

CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal

CO – Algodão

Cu – Cobre

DBD – Dupla barreira dielétrica

DMSO – Dimetilsulfóxido

EDOT – 3,4-etilenodioxitiofeno

EU – União Europeia

Fe – Ferro

Hg – Mercúrio

MIET – Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil

PEDOT: PSS – poli(3,4- etilenodioxitiofeno) modificado por poli(estireno sulfonado)

PES – Poliéster

PCM – Phase Change Materials

SNS – Serviço Nacional de Saúde

Zn – Zinco

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Identificação do problema**

A tecnologia tem vindo a estar cada vez mais presente nas nossas vidas e cada vez mais no nosso vestuário. Diversos produtos têxteis com propriedades tecnológicas já foram desenvolvidos ao longo dos anos, quer para satisfazer as necessidades do consumidor, quer para elementos puramente estéticos.

As baixas temperaturas são um dos fatores que influenciam bastante o desempenho do homem em atividades ao ar livre, pois o corpo humano responde às variações ambientais de forma dinâmica e interativa, podendo levar à morte caso a resposta seja insuficiente, ou se os níveis energéticos forem além dos limites de sobrevivência (Broega & Cabeço Silva, 2010).

Existem diversas técnicas para obtenção de têxteis com propriedades termorreguladoras, mas nem todas apresentam o conforto necessário para o consumidor, podendo tornar o produto demasiado pesado, ou pouco prático em termos de utilização e lavagens.

Desta forma, o presente trabalho visa o desenvolvimento de um artigo de vestuário com características termorreguladoras que não interfiram no conforto ergonómico do consumidor, que seja prático em questões de lavagem e, principalmente, que seja capaz de responder às necessidades termofisiológicas do ser humano em plena atividade física. Para tal, é necessário compreender quais as zonas do corpo mais sensíveis às mudanças de temperatura, de que forma se pode otimizar o design do produto de modo a que não interfira no conforto ergonómico do utilizador e que torne o momento da sua lavagem mais fácil. Outro aspeto a considerar é como este produto se pode diferenciar dos restantes em termos estéticos.

## **1.2. Objetivos e motivação**

O presente trabalho de investigação visa a criação de um produto de vestuário com auto aquecimento baseado em tinta condutora de PEDOT: PSS, que se trata de um polímero condutor com propriedades de condutividade elétrica bastante elevada. Esta tecnologia é conseguida através do tingimento dos tecidos com a tinta condutora PEDOT:PSS por um processo designado de foulardagem. O tipo de tecido selecionado e o seu número de camadas de revestimento têm por base uma investigação desenvolvida por mestranda do MIET, Mestrado Integrado em

Engenharia Têxtil, sendo que neste trabalho utilizar-se-á a opção com o melhor resultado de condutividade elétrica obtido.

O desenvolvimento de têxteis e produtos de vestuário com armazenamento de calor e propriedades termorreguladoras são conceitos que começaram a ser desenvolvidos há já algumas décadas (Tao, 2001). É possível obter-se têxteis termoelétricos através da introdução de materiais condutores em fios têxteis convencionais. Ou seja, introduzindo estes materiais condutores numa mistura de fibras, ou como revestimento do fio (Eira, 2012). Isto significa que o peso do material poderá aumentar ou tornar o têxtil ergonomicamente desconfortável ao uso. Daí surge a grande motivação para o desenvolvimento deste projeto, pois utilizar-se-á uma tecnologia que contraria estes fatores, uma vez que se utilizará um substrato têxtil condutor conseguido através do seu tingimento com tinta condutora de PEDOT:PSS em detrimento dos usuais fios condutores.

O outro fator que motivou a elaboração deste trabalho é a falta de opções esteticamente diferentes em produtos com este tipo de tecnologia. Geralmente os produtos disponíveis com tecnologia termorreguladora focam-se essencialmente na função, deixando de lado a parte estética. Neste projeto o objetivo é aliar a função à estética, de modo a criar um produto que se diferencie dos restantes, utilizando uma técnica de aquecimento diferente juntamente com um design que se distinga.

De um modo geral, os objetivos deste trabalho são:

- Atribuir uma utilidade à técnica de auto aquecimento baseado em tinta condutora de PEDOT:PSS, através do desenvolvimento de um casaco para o uso diário;
- Aliar a funcionalidade à estética;
- Oferecer ao consumidor um produto diferente dos demais, para utilização diária quando se expõe a baixas temperaturas.

### **1.3. Metodologias**

Tendo em conta a complexidade dos objetivos do presente trabalho, serão adotadas duas abordagens distintas durante a investigação do presente trabalho: uma teórica e uma prática.

### **1.3.1. Abordagem Teórica**

A abordagem teórica foi elaborada através de uma pesquisa qualitativa de carácter exploratório. Inicia-se com a pesquisa bibliográfica onde se pretende ter uma visão e conhecimento geral sobre os conceitos e as variáveis envolvidas na temática em questão. E, de seguida, realiza-se um estudo de caso para analisar a influência das baixas temperaturas no corpo humano e os tipos de tecnologias que permitem contrariar este estado, de modo a facilitar o processo de definição das estratégias a adotar para a realização do produto.

### **1.3.2. Abordagem Prática**

A abordagem prática envolve todo o procedimento experimental baseado nas etapas da metodologia de Munari (1981). O procedimento envolve instrumentos para o planeamento, recolha, análise e síntese das informações relacionadas com o projeto, que permitem a idealização e desenvolvimento de soluções inovadoras. O processo de design propriamente dito, realiza-se através da idealização do casaco com auto aquecimento baseado em tinta condutora e posterior confeção do protótipo. Por fim, esta etapa é finalizada através da apresentação dos resultados obtidos e a respetiva análise e discussão.

## **1.4. Estrutura da dissertação**

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, sendo o primeiro a introdução, na qual se pode encontrar toda a contextualização da investigação, os seus objetivos, a metodologia adotada, assim como a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico onde são definidos todos os conceitos teóricos úteis para a compreensão da dissertação. Realiza-se uma contextualização sobre os efeitos das baixas temperaturas no corpo humano, o tipo de têxteis e tecnologias existentes que permitem o conforto térmico do ser humano e a tecnologia posta em prática neste trabalho.

O terceiro capítulo refere-se ao desenvolvimento do trabalho empírico, iniciando com a exploração da metodologia aplicada ao longo do trabalho, centrada nos processos criativos de Munari. De seguida, são apresentadas todas as fases do desenvolvimento do trabalho prático, desde o desenvolvimento conceptual, definição dos requisitos e materiais e, por fim, a preparação dos substratos têxteis.

O quarto capítulo aborda a apresentação e discussão dos resultados, iniciando com a proposta apresentada, seguida da sua modelação e prototipagem, finalizando com a discussão dos resultados finais.

Por fim, no quinto e último capítulo encontram-se as conclusões gerais e perspectivas futuras resultantes da investigação.

Após o quinto capítulo, apresenta-se ainda a bibliografia de suporte a esta investigação, assim como os anexos que contêm informações adicionais que sustentam esta dissertação.

## **2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO**

Neste capítulo será abordada toda a pesquisa bibliográfica onde se encontram definidos todos os conceitos teóricos úteis para a concretização deste projeto.

### **2.1. Conforto termofisiológico**

O conforto termofisiológico, ou térmico, está relacionado com as propriedades de transporte de calor e humidade do vestuário e com a forma como o vestuário ajuda a manter o balanço térmico do corpo. Existem quatro propriedades como sendo essenciais para o conforto térmico de um corpo vestido (Abreu, 2019):

- Resistência térmica (isolamento térmico);
- Permeabilidade ao ar;
- Permeabilidade ao vapor de água;
- Isolamento à água líquida.

Segundo Pan & Sun (2011), “o conforto ou desconforto térmico é definido como a condição satisfação ou insatisfação mental em relação com o meio”<sup>1</sup>. Esta satisfação ou insatisfação mental ainda são difíceis de explicar, havendo um grande interesse em se perceber por que é que

---

<sup>1</sup> Tradução livre

sensações relacionadas com o calor e o frio influenciam a percepção de conforto ou desconforto térmico.

A sensação de conforto ou desconforto térmico são definições opostas que se relacionam com a sensação térmica percebida pelo indivíduo. Se um indivíduo se encontra num local com temperaturas demasiado baixas procurará equilíbrio térmico em locais com temperaturas mais elevadas. O mesmo acontece de forma contrária, procurando em locais mais frescos o conforto térmico necessário em oposição ao desconforto provocado por temperaturas mais elevadas naquele exato momento. Ou seja, o indivíduo procura conforto térmico em locais com temperatura oposta àquela que lhe está a causar desconforto naquele momento (Broega & Cabeço Silva, 2010).

Esta procura pelo conforto térmico pode também ser encontrada no vestuário. Tendo em conta a temperatura ambiente o indivíduo necessitará de mais ou menos camadas de roupa. Ou seja, caso se encontre num local com temperatura ambiente baixa ao ponto de lhe causar desconforto térmico, através do uso de peças de vestuário com camadas mais grossas, ou até mesmo várias peças de vestuário de modo a criar mais camadas de ar, retendo dessa forma o calor fazendo com que a temperatura corporal aumente, o indivíduo estabelecerá um equilíbrio térmico corporal não necessitando necessariamente de se deslocar para um local com temperatura ambiente mais elevada. O mesmo acontece com temperaturas ambientais mais altas. Através do uso de peças de vestuário com materiais mais finos e frescos o indivíduo consegue fazer transferências de calor entre o corpo e o meio ambiente, de modo a que a sua temperatura corporal não aumente demasiado de forma a causar-lhe desconforto térmico (Broega & Cabeço Silva, 2010).

Este conforto térmico provocado pelo vestuário pode ser avaliado através de uma análise sensorial em condições climáticas controladas, onde será necessário questionar cada indivíduo sobre as sensações percebidas pelo vestuário que estão a utilizar naquele preciso momento. Contudo, esta avaliação mostra-se um pouco subjetiva, tendo em conta que a percepção humana do conforto térmico varia de indivíduo para indivíduo. Então, será necessária uma avaliação mais precisa de propriedades como o isolamento térmico, transferência de calor, humidade e de vapor de água, permeabilidade ao ar, entre outros, de cada tecido que compõe os artigos de vestuário. De entre os vários aparelhos, métodos e instrumentos para avaliar estas propriedades, é possível utilizar os seguintes (Broega & Cabeço Silva, 2010):

- Thermolabo;

- Permetest;
- Togmeter;
- Control Dish Method;
- Skin Model Method;
- Manequim “CHARLIE”;
- Entre outros.

## **2.2. Conforto psicológico**

O conforto psicológico está relacionado com a parte estética do vestuário, assim como o ambiente socioeconómico e cultural que o utilizador se encontra. A avaliação estética do vestuário é determinada pela individualidade do utilizador e influência pelas tendências de moda, sendo considerada uma avaliação estética subjetiva, mudando de indivíduo para indivíduo (Broega & Cabeço Silva, 2010).

Segundo Slater (1997), *“o conforto, tanto mental como físico, tornou-se muito importante nos últimos anos, principalmente porque novas fibras ou acabamentos podem fornecer uma ampla gama de propriedades relacionadas com o conforto do que era possível em meados do século XX e, portanto, podem alterar drasticamente o nível de satisfação com um material têxtil. Como resultado, aspetos de conforto desejáveis, como o cair, cor ou outras características visuais, toque ou calor, tornaram-se ajudas úteis em estratégias de marketing têxtil de sucesso”*<sup>2</sup>.

Desta forma, o conforto psicológico está relacionado com a influência que as tendências de moda têm sobre o consumidor, assim como a influência que a sociedade tem sobre o mesmo, deixando de parte características como a funcionalidade e propriedades dos tecidos. Para que o consumidor sinta conforto psicológico este recorre à forma como se veste para transmitir uma determinada imagem aos olhos dos que o rodeiam, recorrendo por vezes a marcas de luxo ou peças de vestuário em voga, de modo a atingir um determinado estatuto perante a sociedade. Desta forma, são utilizadas estratégias de marketing que avaliam as necessidades do consumidor tendo em conta as tendências de moda seguidas no momento e de consumo, de modo a potencializar o conforto psicológico sentido pelo utilizador (Broega & Cabeço Silva, 2010).

---

<sup>2</sup> Tradução livre

### **2.3. Reações e lesões corporais provocadas pelo frio**

O corpo humano mantém uma temperatura de, aproximadamente, 37 graus centígrados. A temperatura corporal é mantida constante através de vários mecanismos como a libertação de suor pelas glândulas sudoríparas, através da dilatação ou contração dos vasos sanguíneos, tendo em conta a temperatura ambiente, através da contração muscular como, por exemplo, os tremores, e vai variando conforme as necessidades termofisiológicas do ser humano (Tao, 2001).

Quando a pele se encontra exposta a um ambiente com temperaturas mais baixas, a temperatura corporal baixa conseqüentemente. Como resposta a essa descida de temperatura, o organismo utiliza vários mecanismos como forma de prevenção dessa descida, gerando então calor adicional. Como, por exemplo, através dos arrepios ou tremores. Os arrepios fazem com que os pelos corporais icem, criando uma camada de ar entre eles e a pele fazendo com que esse ar aqueça e, conseqüentemente, o corpo também. Os tremores fazem com que a musculatura corporal se contraia involuntariamente, produzindo dessa forma calor. Quando o corpo se depara com temperaturas mais baixas os vasos sanguíneos tendem a contrair, de modo a não comprometer a sobrevivência dos órgãos vitais, funcionando quase como uma escala de importância, irrigando sangue dos órgãos mais importantes à sobrevivência humana aos menos importantes. Isto apresenta implicações nesses órgãos irrigados com menores quantidades de sangue como, por exemplo, as extremidades do corpo, como dedos das mãos e pés, nariz e orelhas. Implicações essas que em situações extremas se dá a morte desses tecidos, ou até mesmo a do ser humano (Danzl, 2021).

O frio é então um fator que influencia bastante as lesões provocadas no corpo humano, aumentando em circunstâncias em que o fluxo sanguíneo se torna demasiado lento, de modo a consumir menos energia, fazendo com que os níveis de oxigénio baixem, podendo provocar lesões graves e até mesmo irreversíveis. Quando a alimentação e hidratação são inadequadas, levando à desidratação corporal e até mesmo cansaço, fazem com que o corpo não responda à necessidade do ser humano em situações extremas. E, por fim, quando o corpo entra em contacto com superfícies ou ambientes de baixas temperaturas ou húmidos, despoletando situações como hipotermia, acelerando as lesões corporais que podem ser evitadas através do uso de vestuário adequado a temperaturas baixas ou procura de locais com temperatura ambiente oposta à que de momento causa desconforto térmico (Danzl, 2021).

## **2.4. Prevenção de lesões provocadas pelo frio**

O frio pode ser prevenido através do uso de várias camadas de roupa. Ao fazê-lo está-se a criar várias camadas de ar entre cada peça de roupa, fazendo com que esse ar contido entre camadas vá aquecendo, gerando mais calor. Este mecanismo de produção de calor é idêntico aos arrepios produzidos pelo corpo humano quando este tem frio. Sendo a utilização de várias camadas de roupa mais eficaz, pois o número de camadas de ar é maior, aquecendo mais rápido o corpo. Este mecanismo pode ser melhorado através do uso de peças de roupa compostas por lã, ou fibras sintéticas, como o poliéster, uma vez que são termicamente resistentes (Danzl, 2021).

Segundo o Serviço Nacional de Saúde (SNS), *“Quando exposto a baixas temperaturas, o corpo perde calor mais depressa do que o que consegue produzir. O resultado é a hipotermia, ou seja, temperatura corporal excessivamente baixa, situação perigosa, pois a pessoa poderá não se aperceber da gravidade da situação e assim não fazer nada para corrigir.*

*São geralmente vítimas de hipotermia:*

- *Idosos com fraca alimentação, roupa ou aquecimento;*
- *Bebés que dormem em quartos frios;*
- *Pessoas que permanecem por períodos prolongados no exterior;*
- *Consumidores de álcool ou drogas.” (SNS, 2017).*

Para além da hipotermia, podem ser provocadas pelo frio outras lesões, como queimaduras, úlceras, congelamento, lesões nos tecidos, como frieiras, entre outras. Estas lesões podem ser evitadas através do uso de várias camadas de roupa, como descrito no primeiro parágrafo, assim como através da ingestão de muitos líquidos, de preferência quentes, e de uma boa alimentação (Danzl, 2021).

Os alimentos ajudam na produção de calor através da energia que as células libertam quando os processam, e as bebidas quentes são uma fonte direta de calor, que previnem também a desidratação. Por sua vez, as bebidas alcoólicas devem ser evitadas, uma vez que provocam uma sensação temporária de calor, quando na verdade ajudam na perda de calor, uma vez que o álcool

provoca a dilatação dos vasos sanguíneos, o que faz com que o indivíduo se sinta quente e permita assim a fuga de calor do corpo (Danzl, 2021).

## 2.5. Têxteis inteligentes

Os têxteis inteligentes, ou *smart textiles*, são têxteis capazes de sentir e reagir aos diferentes estímulos do meio ambiente. Tao (2001) afirma que estes se dividem em três categorias: têxteis inteligentes passivos, têxteis inteligentes ativos e têxteis muito inteligentes. Segundo Tao (2001) os têxteis inteligentes passivos “*só podem sentir as condições ou estímulos ambientais*”<sup>3</sup> sendo os menos complexos dos três, funcionando somente como sensores. Os têxteis inteligentes ativos “*sentem e reagem às condições ou estímulos*”<sup>4</sup>, apresentando função de atuador, produzindo uma reação ao estímulo. E, por fim, os têxteis muito inteligentes “*podem sentir, reagir e adaptarem-se*”<sup>5</sup>, demonstrando assim o maior grau de complexidade dos três. Estes apresentam todas as características dos anteriores, acrescentando a adaptação de acordo com a resposta recebida.

A Tabela 1 mostra a relação entre o efeito físico e o princípio teórico do dispositivo sensorial a ser aplicado em cada efeito físico (Ferreira, 2015).

Tabela 1 – Tecnologias smart relacionando estímulos com a resposta (Ferreira, et al., 2014).

		Resposta				
		Elétrica	Magnética	Ótica	Térmica	Mecânica
Estímulo	Elétrico	-	-	Eletrocromáticos/ Eletroluminescentes Eletro-ótico	Termoelétrico	Piezoelétrico Fluido dielétrico Eletro reológico
	Magnético	-	-	Magnetótico	-	Fluido magneto-reológico Magnetostritivo

<sup>3</sup> Tradução livre

<sup>4</sup> Tradução livre

<sup>5</sup> Tradução livre

	Ótico	Fotocondutor	-	Fotocrômico	-	-
	Térmico	-	-	Termocrômico Termoluminescente	Phase changing material (PCM)	Memória de forma
	Mecânico	Piezoelétrico/ Eletroresistivos	Magnetorestitivo	Mecânico-crômico	-	Auxéticos

De um modo geral, são várias as funções que se podem encontrar num têxtil inteligente: sensorização, processamento de dados; atuação; armazenamento; comunicação. Contudo, é crucial garantir que estas funções mantenham as características básicas dos têxteis inalteradas, tais como, a maleabilidade, flexibilidade, resistência mecânica, resistência à lavagem, leveza e conforto durante os movimentos corporais (Ferreira, 2015).

## 2.6. Têxteis condutores

Segundo Kolanjikombil (2018), os materiais têxteis condutores são têxteis com condutividade, ou seja, são estruturas têxteis com capacidade de condução de corrente elétrica. Este tipo de têxteis apresentam um elevado grau de importância no campo dos têxteis inteligentes. No entanto, os têxteis convencionais são materiais que não apresentam condução de corrente elétrica, ou seja, são materiais não condutores, havendo uma necessidade de tornar os substratos têxteis funcionais, de modo que obtenham esta característica (Wang, 2010).

Desta forma, é possível alterar a superfície dos materiais têxteis, de modo a conferir-lhes propriedades condutoras, através de várias técnicas. Técnicas essas que requerem a integração de materiais condutores como micro/nano partículas metálicas, filamentos ou nano tubos de carbono, fibras ou fios metálicos, tintas condutoras, ou polímeros condutores (Kazani, et al., 2012). Sendo os mais comumente utilizados (Huyvetter, 2013):

- Cobre (Cu);
- Prata (Ag);
- Ouro (Au);
- Alumínio (Al);
- Ferro (Fe);
- Zinco (Zn);
- Mercúrio (Hg);
- Carbono (C).

Ainda dentro dos têxteis condutores, inserem-se os têxteis condutores para auto aquecimento resistivo, uma vez que os têxteis e os polímeros condutores se comportam como resistências. Resistência essa que quando lhe aplicada uma corrente, a energia elétrica produzida é convertida em calor, utilizando este acontecimento para o desenvolvimento de têxteis com propriedades termoelétricas (Koncar, 2016).

## **2.7. Têxteis termoelétricos**

O conforto térmico é percebido pelo ser humano quando ocorre um equilíbrio térmico entre o meio ambiente, vestuário e corpo humano, sendo influenciados por diversos parâmetros.

Relativamente ao meio ambiente, este confere conforto térmico se a temperatura ambiente for oposta à temperatura corporal produzida. Ou seja, se a temperatura corporal se encontrar abaixo da temperatura ideal (aproximadamente 37°C), ocorrerá um equilíbrio térmico se o indivíduo procurar um local com temperatura ambiente mais elevada. A temperatura ambiente pode também ser influenciada pelas condições climáticas, ou seja, se houver precipitação, ventos fortes, neve, etc., recorrendo-se ao vestuário para ajudar a manter o equilíbrio térmico. Desta forma, o vestuário é considerado como uma barreira entre o meio ambiente e o corpo humano, protegendo-o das diferentes agressões do meio ambiente através das propriedades termorreguladoras dos materiais têxteis (Majumdar, 2011).

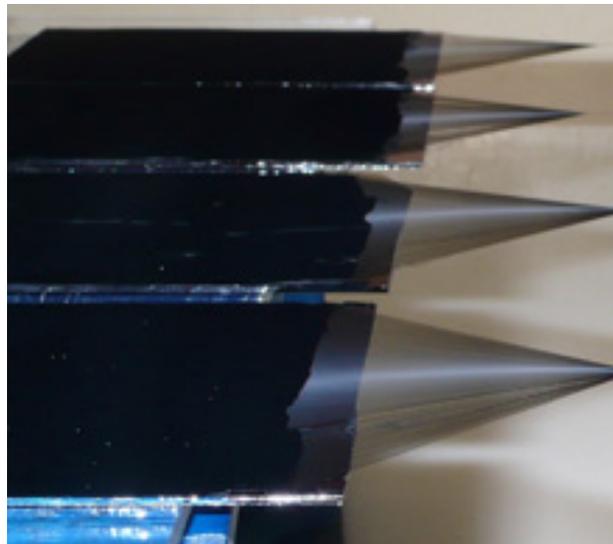
Os têxteis e vestuário com armazenamento de calor e termorreguladores são conceitos que começaram a ser estudados e desenvolvidos no século XX (Tao, 2001). Estes têxteis têm na sua integração componentes eletrônicos, que melhoram a condutividade dos materiais, gerando um

grande interesse no desenvolvimento de têxteis inteligentes (Moraes, et al., 2017). Desta forma, é possível tornar têxteis convencionais em têxteis termoeletrônicos através da inserção de materiais condutores na sua composição, ou seja, introduzindo materiais condutores numa mistura de fibras, revestimento do próprio fio, ou revestimento do próprio tecido (Eira, 2012).

Alguns destes materiais condutores podem encontrar-se no mercado, como fios condutores elétricos de nanotubos de carbono desenvolvidos por investigadores da Universidade do Texas e fios condutores desenvolvidos pela empresa Bekaert.

### **2.7.1. Nanotubos de Carbono**

Investigadores da Universidade do Texas, Dallas, desenvolveram fios condutores elétricos de nanotubos de carbono com o objetivo de desenvolver estruturas têxteis leves, capazes de funcionar como baterias móveis. Esta técnica utiliza partículas de elementos supercondutores como o bário e o magnésio, que são pulverizados no interior dos nanotubos de carbono, como se observa na Figura 1 (Gugelmin, 2011).



*Figura 1 - Pulverização dos nanotubos de carbono (Gugelmin, 2011)*

A principal dificuldade encontrada foi trabalhar com estes materiais em formato de pó, sendo necessário montar uma verdadeira rede de nanotubos, que posteriormente são pulverizados pelo

pó composto por bóhrio e magnésio. Desta forma, obtém-se um material condutor fino, maleável e resistente (Gugelmin, 2011).

### **2.7.2. Fio Bekitex BK 50**

A empresa Bekaert é a produtora do fio Bekitex, que tem como característica uma elevada condução elétrica. Bekitex é a marca registada de fios têxteis que contêm na sua composição uma determinada percentagem de fibras de aço inoxidável Bekinox (Figura 2). Segundo a empresa Bekaert as suas propriedades proporcionam uma vasta gama de aplicações, tais como:

- Anti estático;
- Aquecimento;
- Têxteis inteligentes;
- Transferência de sinal;
- Blindagem eletromagnética.



*Figura 2 – Fio Bekitex BK 50 (Hartman, 2006)*

Na Tabela 2, é possível observar as diferentes características do fio Bekitex de um cabo e dois cabos (Bekaert).

Tabela 2 – Características do fio Bekitex de um e dois cabos (Bekaert)

Código	Composição	Massa Linear		Resistência à rotura	Alongamento	Condutividade elétrica*
		Dtex	Nm			
Bekitex® BK 50/1	20% Bekinox® 80% PES	200	50	550 cN	14%	100 Ω/cm
Bekitex® BK 50/2	20% Bekinox® 80% PES	400	25	1150 cN	17%	50 Ω/cm

\*condutividade elétrica: a distância dos elétrodos 5 cm

### 2.7.3. Bekinox VN

A Bekinox VN (Figura 3) é um feixe de fibra de aço inoxidável caracterizado pela sua espessura fina, que lhe confere flexibilidade e pelo número de filamentos, que varia entre os 200 e mais de 1500, conferindo-lhe uma elevada durabilidade (Bekaert, 2017). Segundo a Bekaert, “este multifilamento de aço inoxidável pode ser utilizado numa vasta gama de aplicações, tais como:

- Anti estático;
- Têxteis inteligentes;
- Transferência de sinal;
- Fio de costura resistente ao calor;
- Condutividade térmica”.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Tradução livre



*Figura 3 – Feixes de fibra de aço inoxidável Bekinox VN/HT (Bekaert, 2017)*

#### **2.7.4. Bekiflex**

A Bekiflex oferece uma ampla gama de cabos de aço de baixa resistência (Figura 4), que se mostram mais flexíveis do que os cabos de cobre usuais, entre eles: Bekiflex HR, Bekiflex MR e Bekiflex LR, sendo possível fazer qualquer tipo de cabo (Bekaert, 2017).



*Figura 4 – Construções de cabo de aço Bekiflex (Bekaert, 2017)*

## 2.8. Polímeros condutores

Os polímeros condutores são materiais orgânicos, comumente denominados de “metais sintéticos”, uma vez que combinam as propriedades elétricas, eletrônicas e magnéticas dos metais com as características mecânicas do plástico, permitindo que se comportem como materiais condutores, ou semicondutores (Ferreira, et al., 2014).

Segundo Duraisamy, et al. (2013), estes polímeros condutores apresentam “*boas propriedades óticas e elétricas, baixo custo, estabilidade ambiental e fácil processabilidade em substratos flexíveis/não flexíveis*”. Esta é então outra forma de conferir condutividade aos têxteis, através da aplicação de tintas condutoras recorrendo a técnicas de estamaria, tais como: estamaria por quadros, jato de tinta ou impressão 3D. Um dos fatores que determina a eficiência desta técnica é o grau de absorção das tintas pelos substratos têxteis, pois quanto mais à superfície as tintas permanecem, mais condutor será o material. Desta forma, quanto mais lisos e planos os substratos têxteis forem, melhor será a distribuição dos polímeros e, conseqüentemente a sua condutividade elétrica, verificando-se vantajosa a utilização desta técnica (Suh, et al., 2020).

Para além da elevada condutividade elétrica, os polímeros condutores apresentam também outras vantagens como: baixo peso e estabilidade ambiental, sendo bastante vantajosos no desenvolvimento de têxteis inteligentes e interativos. Em contrapartida, o desenvolvimento de fibras condutoras integrando polímeros condutores verificou-se bastante insatisfatória, apresentando baixa resistência mecânica, fragilidade, baixa taxa de produção e difícil processamento. Desta forma, verificou-se mais eficaz uma simbiose entre as propriedades condutoras dos polímeros e as propriedades mecânicas dos têxteis (Bashir, 2013). Contudo, esta técnica apresenta alguns problemas relacionados com a durabilidade, tais como (Suh, et al., 2020):

- Danos na sua estrutura caso a camada seja demasiado espessa, podendo facilmente ser removida;
- Oxidação ou corrosão, uma vez que a maioria destes polímeros utilizam elementos de prata na sua composição, dificultando a potencialização da condução elétrica, uma vez que se trata de um elemento frágil;
- Destruição das conexões condutoras da camada de tinta, devido aos repetidos movimentos de dobra, influenciando na condutividade elétrica do material.

Segundo Duraisamy, et al. (2013), dentro dos polímeros condutores utilizados, “os derivados à base de polianilina são considerados como tóxicos para o ambiente, devido à presença de benzidina. Os demais polímeros heteroaromáticos e seus derivados, como polifenileno, polipirrol, politiofeno, não se demonstram ambientalmente tóxicos, apresentando boas propriedades físico-químicas. Em particular, derivados baseados em tiofeno, como o poli(3,4-etilenodioxitiofeno) (PEDOT)”<sup>7</sup>. Relativamente a este último, o PEDOT, e uma vez que apresenta falta de solubilidade em diferentes solventes, é necessário o uso de um derivado funcional como o poli(estireno sulfonado) (PSS), obtendo-se o PEDOT:PSS. Contudo, o PSS limita a condutividade elétrica, sendo necessário um solvente condutor como o dimetilsulfóxido (DMSO) (Duraisamy, 2013). Na Tabela 3 é possível observar as propriedades dos diferentes polímeros condutores.

Tabela 3 – Propriedades dos diferentes polímeros condutores (Tseghai, et al., 2020)

<b>Polímero</b>	<b>Condutividade (S/cm)</b>	<b>Tipo de Doping</b>	<b>Propriedades</b>	<b>Limitações</b>
<b>Polianilina</b>	112	P	Estabilidade ambiental; várias formas estruturais; Baixo custo	Solubilidade limitada; Difícil de processar; Não biodegradável
<b>Polipirrol</b>	2000	P	Elevada condutividade elétrica; Fácil preparação; Fácil modificação superficial	Rígido; Insolúvel; Frágil
<b>Politiofeno</b>	560	P	Boas propriedades óticas; Fácil preparação; Elevada condutividade elétrica	Difícil de processar
<b>PEDOT:PSS</b>	4700	P	Elevada condutividade elétrica; Conductor transparente	Precisa de realizar etapas adicionais durante o processamento

<sup>7</sup> Tradução livre

### 2.8.1. PEDOT:PSS

O PEDOT:PSS (Figura 5), poli(3,4-etilenodioxitiofeno) modificado por poli(estireno sulfonado), é um polímero que fornece propriedades de reflexão de calor e distribuição uniforme de temperatura. Os tecidos termoeletrônicos obtidos podem ser usados em têxteis com grandes áreas de elementos de aquecimento, podendo ser utilizados para o desenvolvimento de vestuário, tapetes, cobertores, assentos de automóveis, entre outros (Moraes, et al., 2017).

O PEDOT:PSS permite que os materiais apresentem elevada condutividade elétrica, elevada estabilidade em contacto com o ar ou a elevadas temperaturas, boa resistência à humidade, ausência de citotoxicidade e, também, solubilidade em água. O PEDOT no seu estado natural, apresenta falta de solubilidade em solventes, apresentando tendência a oxidar no momento em que se encontra em contacto com o ar (Tseghai, et al., 2020). Para contrariar este problema, combinou-se o PEDOT com o polieletrólito PSS, um contra-íon dispersível em água, que estabelece um equilíbrio de cargas durante a polimerização oxidativa do monómero 3,4-etilenodioxitiofeno (EDOT). Desta forma, obtém-se uma dispersão aquosa estável do complexo PEDOT:PSS (Dias, 2014).

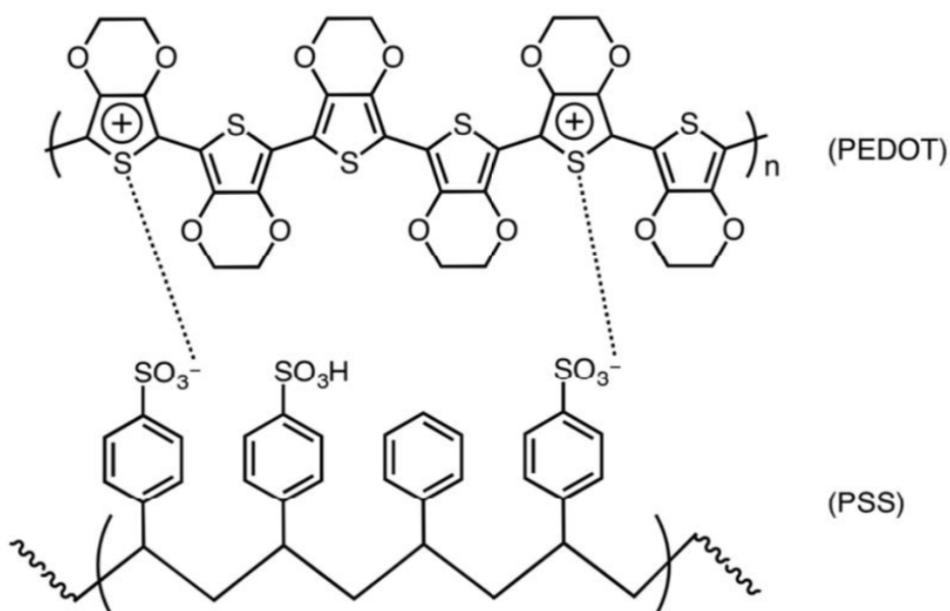


Figura 5 - Estrutura química de PEDOT:PSS (Guo, et al., 2016)

De modo a melhorar as propriedades do complexo PEDOT:PSS, uma das abordagens utilizadas é a mistura de um solvente orgânico (como, por exemplo, metanol, etanol, isopropanol, acetonitrilo, acetona ou tetrahidrofutano) e água a elevadas temperaturas. No entanto, a melhoria das propriedades de PEDOT:PSS depende da composição da mistura de todos estes componentes (Dias, 2014).

### **2.8.2. Métodos de tratamento de têxteis com PEDOT:PSS**

Segundo Tseghai, et al. (2020), o PEDOT:PSS pode ser aplicado em materiais têxteis através da polimerização *in situ* de 3,4-etilenodioxitiofeno (EDOT) sobre o substrato têxtil na presença de PPS, ou aplicando a dispersão do polímero PEDOT:PSS sobre o material têxtil. De um modo geral, é possível adicionar o polímero numa solução de polímero durante a fiação da fibra, processos de revestimento/tingimento e/ou técnicas de estamparia, podendo ser utilizadas para obter têxteis condutores à base do polímero PEDOT:PSS.

No presente trabalho, o polímero de PEDOT:PSS será aplicado nos substratos têxteis através de um processo designado por foulardagem. A foulardagem consiste na fixação da solução recorrendo a roletes compressores, foçando o banho a penetrar na estrutura do material, tornando a condutividade elétrica mais eficiente (Martins, et al., 2015).

### **2.9. Plasma**

Para que o substrato têxtil de poliéster se torne mais hidrófilo, de modo a que absorva mais quantidade de PEDOT:PSS, dá-se ao tecido um tratamento de plasma atmosférico em ar para melhorar a sua hidrofiliçidade.

O plasma divide-se em dois grandes grupos: os térmicos e os não térmicos. O plasma térmico é o que pode ser encontrado na natureza como, por exemplo, nos relâmpagos e auroras boreais e em corpos celestes como, por exemplo, nas estrelas. Este tipo de plasma pode ser produzido artificialmente usando descargas elétricas (corrente contínua ou alternada), laser, radiofrequência ou ainda descargas micro-ondas a pressão atmosférica. Contudo, o plasma térmico não é aplicado em nenhum material têxtil, uma vez que este não é capaz de suportar a sua natureza destrutiva devido à sua elevada temperatura (superior a 70000K) (Magalhães, 2007).

O gás de elétrons dos plasmas não térmicos, ou frios, ao contrário dos plasmas térmicos, apresentam temperaturas inferiores, que se situam entre os 3000 e os 70000K, demonstrando ser mais adequados a serem aplicados nos têxteis, uma vez que a maior parte destes são polímeros sensíveis ao calor. Este tipo de descarga plasmática mostra-se muito vantajosa no que diz respeito à indução de modificações químicas e morfológicas na superfície das fibras, levando a que haja uma melhoria da hidrofiliabilidade e da acessibilidade de diversas espécies químicas às fibras (Zille, et al., 2015).

Os plasmas frios podem ser divididos em dois tipos: o plasma atmosférico e o plasma de baixa pressão. O plasma de baixa pressão é um tipo de plasma bastante controlado e reprodutível, (Carreira, 2015). Em contrapartida, apresenta como desvantagem o elevado custo do equipamento e o maior consumo energético, comparativamente com o plasma atmosférico (Wei, 2009).

Relativamente ao plasma atmosférico, e tal como o nome indica, é um sistema que processa materiais em condições atmosféricas. Este tipo de tratamento pode ser considerado como um método simples e ecológico, originando uma alteração da superfície onde é aplicado, sem alterar as propriedades do material. Esta tecnologia plasmática pode ser dividida em quatro tipos de plasma atmosférico: corona, dupla barreira dielétrica (DBD), descarga brilhante (Glow Discharge – APGD) e jato de plasma (Oliveira, et al., 2010).

No presente trabalho, será utilizada a descarga de barreira dielétrica, sendo um dos plasmas não térmicos mais eficazes. Apresenta baixa frequência (40 kHz) e é gerado por uma descarga elétrica de 10 kV em condições atmosféricas. A descarga é realizada no material seco, à temperatura, pressão e atmosfera normal, num condensador formado por dois elétrodos de material dielétrico, que estão separados por um espaço muito reduzido, onde o material se movimenta de forma contínua e a velocidade controlada (Oliveira, et al., 2010). Neste tipo de plasma pelo menos um dos elétrodos encontra-se revestido por um material dielétrico que acumula carga que será transportada para a superfície do material, ou seja, o plasma é formado pela diferença de tensão existente entre o par de elétrodos. A camada dielétrica tem como função restringir a quantidade de carga transportada numa descarga e distribuir a carga por toda a área do eletrodo (Nema & Jhala, 2015).

As desvantagens que a DBD apresenta são o facto de não ser completamente uniforme e a sua duração ser reduzida. Este tipo de tecnologia plasmática é muito utilizado no que toca à alteração das propriedades das diferentes fibras têxteis, sendo a hidrofiliabilidade uma das propriedades mais estudada e alterada. Esta propriedade apresenta grande importância em diversas aplicações, como é o caso do tingimento e estampa (Nema & Jhala, 2015). Este tipo de tratamentos pode ser realizado recorrendo a diferentes elementos químicos, nomeadamente o oxigénio ( $O_2$ ) e o azoto ( $N_2$ ).

Uma vez que o têxtil utilizado neste projeto é composto por fibras de poliéster, e uma vez que o poliéster é hidrófobo, é necessário conferir-lhe a capacidade de absorver água, ou outros líquidos polares através de tratamentos plasmáticos. Quando realizado este tratamento com oxigénio, a hidrofiliabilidade do material aumenta substancialmente, uma vez que este tratamento aumenta o número de grupos polares na fibra, como grupos carbonilo ( $-C=O$ ), hidroxilo ( $-OH$ ) e carboxilo ( $-COOH$ ), que são de natureza hidrofílica, levando a uma redução na tensão superficial do tecido de poliéster tratado (Kan & Yuen, 2011).

## **2.10. Benefícios dos têxteis termoelétricos**

Ao longo do dia, o corpo humano tem oscilações de temperatura consoante as condições de temperatura do meio ambiente, assim como a influência que o vestuário tem dependendo do meio em questão. Desta forma, os têxteis termoelétricos demonstram-se vantajosos para o ser humano, quando este se encontra em locais com temperaturas baixas, e aplicar calor numa determinada zona do corpo aumenta o fluxo sanguíneo, aumentando assim o fluxo de proteínas e oxigénio contidos no sangue (Tao, 2001). Para além de manter a temperatura corporal estável e confortável, produtos têxteis termoelétricos podem também (Carroll, 2020):

- **Aliviar a dor** – quando expostos a temperaturas baixas o corpo exerce tensão muscular, provocando dores no corpo. Quando aplicado calor sobre o corpo, os músculos relaxam, diminuindo a sensação de desconforto;
- **Acalmar a rigidez corporal** – a rigidez corporal pode ser provocada durante atividades do quotidiano como, por exemplo, durante o sono ou o trabalho. Durante estas atividades a correta posição corporal é muitas vezes esquecida, fazendo com

que o corpo fique mais rígido, aumentando as complicações na mobilidade corporal. Através do uso de têxteis termoelétricos esta rigidez muscular é aliviada recuperando a sensação de conforto;

- **Curar lesões** – os têxteis termoelétricos ajudam também na velocidade de recuperação de lesões, pois o calor estimula o aumento do fluxo sanguíneo no corpo.

Através destes benefícios, é possível oferecer ao consumidor as condições necessárias para a prática de atividades de baixo esforço em ambiente frios, de modo a que obtenha um ótimo desempenho físico.

## **2.11. Produtos existentes**

Tendo em conta as diversas vantagens que os têxteis termoelétricos apresentam, é possível encontrar no mercado várias opções de produtos de vestuário com características termoelétricas para benefício do ser humano.

### **2.11.1. Colete aquecido Ororo**

A marca Ororo desenvolveu um colete aquecido (Figura 6), que permite ao utilizador realizar atividades de baixo esforço físico em ambientes com temperaturas baixas. Este colete apresenta características como (Ororo):

- Quatro zonas de calor: no bolso esquerdo e direito, no meio das costas e na gola;
- Porta USB para carregar smartphones e outros dispositivos móveis;
- Capuz removível;
- Resistente ao vento e à água;
- Respirável;
- Bateria capaz de alimentar o casaco até 10h;
- Utilização de fibra de carbono;
- Valor do colete aquecido ronda os 200 euros.



*Figura 6 – Colete aquecido (Ororo)*

### **2.11.2. Casaco aquecido Gerbing Gyde Zenith Fleece**

A Gerbing é uma marca especializada em vestuário aquecido como: luvas, calças, casacos e meias, disponibilizando uma linha de produtos de 12V e 7V. Os casacos aquecidos Gerbing Gyde Zenith Fleece (Figura 7) são alimentados pela tecnologia Gerbing Microfio, que tem sido utilizada há várias décadas para fornecer um aquecimento de elevado desempenho. O casaco apresenta características como (Gerbing):

- Toque suave;
- Três zonas de aquecimento: duas no peito e uma nas costas;
- Bateria capaz de alimentar o casaco até 10h;
- Temperatura máxima de aproximadamente 57°C;
- Tecnologia de retenção ativa de calor;
- Resistente à água e ao vento;
- Valor do casaco Gerbing Gyde Zenith Women's Fleece Heated – 7V de bateria, ronda os 195 euros.



*Figura 7 - Casaco Gerbing Gyde Zenith Women's Fleece Heated – 7V*

### **2.11.3. Forro de calças Gerbing**

Ainda da marca Gerbing, é possível observar na Figura 8 um forro de calças aquecido, para utilizar sob roupas externas. Este produto apresenta características como (Gerbing):

- Quatros zonas de aquecimento: duas na parte da frente das pernas e duas nas ancas;
- Isolamento compressível;
- Repelente à água;
- Durável;
- Uso fácil sob roupas externas;
- Aquecimento MicrowirePRO®;
- Tamanhos disponíveis: S – XXL.



Figura 8 – Forro de calças aquecido (Gerbing)

Este forro de calças aquecido e o seu sistema de aquecimento permitem a utilização das roupas que o consumidor já possui, proporcionando uma distribuição uniforme de calor por todo o corpo.

## 2.12. Regulamento e Legislação

Segundo a (European Commission), o setor têxtil é um “*setor diversificado que desempenha um papel importante na indústria transformadora europeia*”<sup>8</sup>.

Existe uma necessidade em garantir a segurança do consumidor e, para isso, é necessário definir a rotulagem das fibras, de modo a mantê-lo informado. De acordo com (European Commission) “*a União Europeia alinhou as leis com o Regulamento Têxtil (UE) n° 1007/2011 sobre os nomes de fibras e etiquetagem relacionados com a composição de fibras de produtos têxteis*”. Este Regulamento tem como objetivo proteger os interesses dos consumidores informando-o sobre as características do produto, de modo a que este tenha conhecimento sobre o tipo de fibras nele utilizadas, se existe presença de materiais não têxteis ou de origem animal, ou informações sobre o uso de substâncias perigosas (European Commission). Deste modo, há uma preocupação em

---

<sup>8</sup> Tradução livre

relação aos impactos provocados pelos têxteis inteligentes na saúde e segurança humana e no meio ambiente, sendo necessário tomar medidas de prevenção, que são tomadas de acordo com requisitos de regulamentação ou normas técnicas (Köhler & Som, 2013).

Contudo, ainda não existe nenhuma legislação ou regulamentação para têxteis com características termorreguladoras, havendo uma urgente necessidade em ser realizada.

### **2.13. Design Aplicado ao Vestuário Funcional**

Segundo Fiorini (2008) “o design é um processo criativo e inovador, que fornece soluções para problemas fundamentais nos setores produtivos, tecnológicos, económicos, sociais, ambientais e culturais”. O design é um fator muito importante no desenvolvimento de peças de vestuário, aliando a estética à função. Para o desenvolvimento desta fase é necessário um designer formado na área com bases de planeamento e sentido estético, de modo a responder às necessidades humanas (Munari, 1966).

O desenvolvimento de vestuário com propriedades termoelétricas aumentou bastante nas últimas décadas. A designer Jenifer Darmour (2012) afirma que existem quatro princípios considerados fundamentais para que produtos de vestuário com tecnologias incorporadas sejam utilizados e aceites pelo consumidor. Primeiro, é necessário perceber a que público-alvo estes produtos se destinam, tendo em conta o seu estilo de vida e ambiente em que se inserem. Segundo, é crucial que os componentes eletrónicos sejam discretos, de modo a não interferir com as atividades do utilizador. Terceiro, e de modo a acrescentar valor ao produto, a conexão a *softwares* e serviços. E, por último, a remoção do fator *geek*. Ou seja, os produtos de vestuário tecnológicos foram de tal forma desenvolvidos para satisfazer a função, que muitos deles não passaram de projetos de investigação, não podendo ser consumidos pelo público. Desta forma, removendo o então chamado fator *geek*, surge a possibilidade de desenvolver vestuário tecnológico com um sentido estético mais apurado, de modo a ser comercializado.

Desta forma, o design aplicado ao vestuário com propriedades termoelétricas deve conjugar a função à estética, de modo a despoletar vontade de aquisição por parte do público.

### 2.13.1. Metodologia Projetual

Para o desenvolvimento do processo de design, existe uma metodologia a ser seguida. Segundo (Munari, 1981), a metodologia projetual serve como auxílio para o desenvolvimento de um projeto, de modo a atingir o melhor resultado com o menor esforço. Essa metodologia é dividida em várias etapas, como se pode observar na Figura 9.

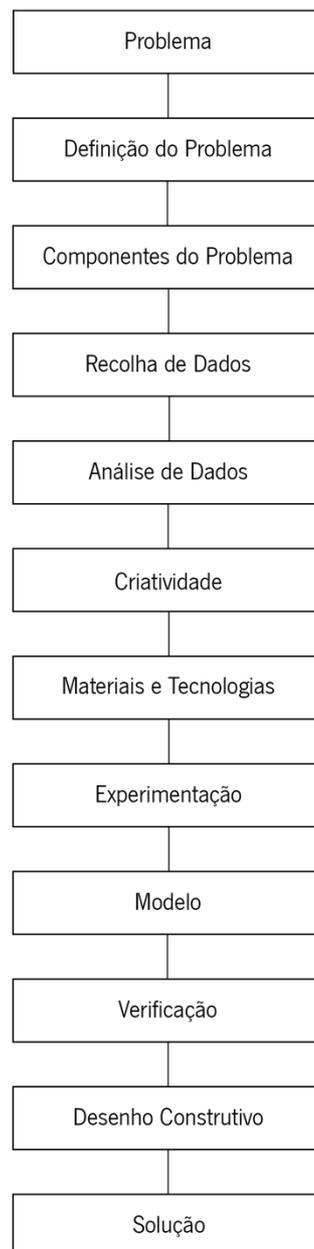


Figura 9 – Esquema da Metodologia Projetual de Munari (1981)

O processo de design inicia-se com a identificação de um problema, e a metodologia projetual apresenta as diferentes etapas que ajudam o designer a solucioná-lo. Esta planificação tem como objetivo ajudar o designer chegar à solução do problema de forma mais rápida e eficaz.

### **3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO EMPÍRICO**

Neste capítulo, será trabalhado todo o desenvolvimento criativo do projeto, abordando-se tópicos como: o desenvolvimento conceptual, que engloba a realização de um *brainstorming*, conceito e painel semântico, os requisitos e materiais do produto e todo o processo de design.

#### **3.1. Desenvolvimento conceptual**

Nesta fase, abordar-se-á todo o desenvolvimento conceptual do trabalho, desde o *brainstorming* até ao processo de design. Inicia-se pela elaboração de um mapa mental de forma a chegar ao conceito do projeto, que será sustentado por um *moodboard*, com o objetivo de complementar a sua explicação. Após a realização desta parte ligada à inspiração, explora-se que requisitos e materiais serão os mais adequados à concretização deste projeto. Por fim, reunida toda esta informação, começa o processo de design propriamente dito, onde serão exploradas quais as opções mais favoráveis à concretização do protótipo final.

##### **3.1.1. Brainstorming**

Numa primeira fase, e uma vez que o projeto gira em torno de conceitos como o frio, utilizou-se essa mesma palavra para dar início ao brainstorming do desenvolvimento conceptual deste projeto, como se pode verificar na Figura 10. Partindo da palavra Frio, surgem ramificações daquilo que são conceito que remetem para esta temática, tais como: Chuva; Gelo; Inverno; Vento; Neve. Analisando cada uma delas foi possível desenvolver ramificações secundárias, de forma a aprofundar cada uma destas palavras. Analisado o potencial de cada palavra, direcionou-se a seleção do conceito para a palavra “vento”, por envolver mais estímulos visuais auxiliando no desenvolvimento da inspiração. Uma vez que o vento se trata da movimentação do ar, dependendo da sua força, este proporciona a movimentação dos objetos em seu redor, resultando, por vezes, em cenários de tempestade. Estes cenários incluem muitas vezes a destruição da paisagem, que

desencadeia o desequilíbrio visual da mesma, resultando numa imagem visualmente assimétrica. Desta forma, trabalhar-se-á a assimetria como conceito deste trabalho.

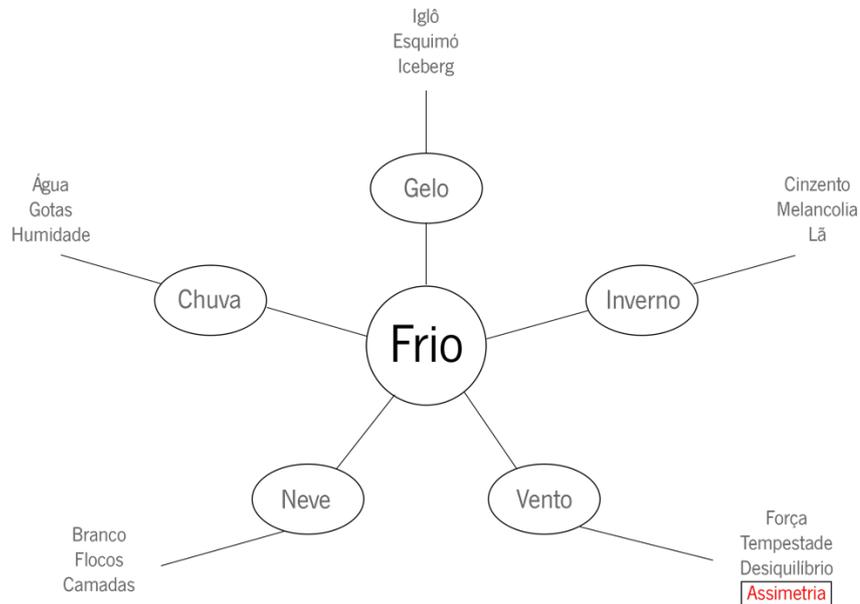


Figura 10 – Mapa mental

Através da palavra assimetria, é possível desenvolver vários elementos no que toca ao design, de modo a obter um produto diferente do usual e que cativa o interesse do consumidor. Desta forma, explorar-se-á este conceito através do auxílio de um *moodboard* e respetiva justificação.

### 3.1.2. Conceito

O conceito deste projeto gira em torno da palavra assimetria, e tudo aquilo que a caracteriza. A assimetria é a ausência de simetria, falta de regularidade ou equilíbrio. As assimetrias podem ser verificadas em direções diferentes, tais como: na vertical, horizontal e no conjunto. Podem ser conseguidas através do desequilíbrio, da desconstrução e/ou de distorções de objetos, formas ou imagens.

Neste projeto a assimetria será tida em conta no processo de design, onde determinados elementos irão compor um produto onde a simetria não estará presente. Poderá ser composta

através do uso de diferentes cores ou formas, de modo a que se obtenha um produto fora do comum. Artigos de vestuário com propriedades termorreguladoras com a finalidade de proteger o utilizador das temperaturas climatéricas baixas tendem a focar-se apenas na função, esquecendo por vezes da estética do produto, sendo uma das características que, primeiramente, cria um impacto ou interesse no consumidor. Desta forma, aliando a funcionalidade à estética, estar-se-á a desenvolver um produto diferenciado, marcando assim uma posição no mercado que este tipo de produtos ainda não ocupa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Assimetria; Desequilíbrio; Desconstrução; Distorção.

### **3.1.3. Painel semântico**

A primeira imagem do painel (Figura 11) apresenta uma obra de 2004 de Anish Kapoor, denominada Cloud Gate. É uma estrutura feita em aço inoxidável com dimensões 10 x 20 x 12,8m, situada no Millennium Park, Chicago, EUA (Anish Kapoor). Apesar da simetria presente ao traçar um eixo vertical ao centro, horizontalmente é possível observar uma assimetria, uma vez que existe uma irregularidade na forma. Devido ao material de que é feito este objeto, um material refletor, é possível observar também uma distorção da imagem refletida, obtendo assim um objeto equilibrado através do desequilíbrio.

Quanto à segunda imagem, é possível observar uma das várias obras de Piet Mondrian, neste caso, o Tableau (amarelo, preto, azul, vermelho e cinzento), de 1923 (Museu Coleção Berardo). Nesta obra, um óleo sobre tela de dimensão 54,5 cm por 53,5 cm, observa-se uma assimetria total na disposição das cores. Pode-se dizer que existe um equilíbrio cromático, uma vez que as cores escuras são complementadas com cores mais vivas na quantidade certa, de forma a que umas cores não sobressaiam mais que outras. Contudo, é claramente visível a presença de uma assimetria através da disposição das cores, assim como na quantidade e forma que cada uma ocupa.

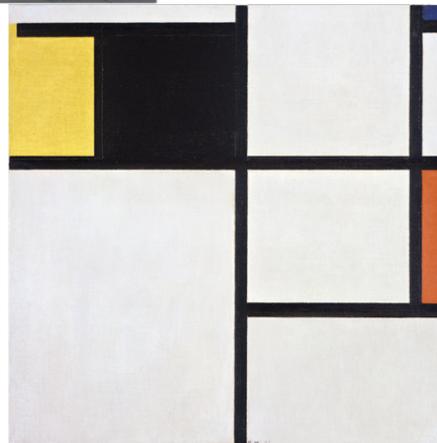
Por fim, a terceira imagem apresenta uma obra do arquiteto Frank Gehry, o Walt Disney Concert Hall, de 2003. Composta por formas onduladas e angulares (ArchDaily, 2013) é possível verificar uma evidente assimetria, devido à forma como cada elemento está disposto. Quer

horizontalmente, quer verticalmente esta obra apresenta uma assimetria total, podendo se dizer que existe um equilíbrio na quantidade de elementos e nas suas formas.

Ou seja, toda a assimetria, apesar de contraditória, é equilibrada, pois utiliza vários elementos que complementam o conjunto. Quando se olha para o todo é perceptível um equilíbrio visual sendo equilibrado através da disposição de cada elemento.



Anish Kapoor  
Cloud Gate, 2004



Piet Mondrian  
Tableau (amarelo, preto, azul,  
vermelho e cinzento), 1923



Frank Gehry  
Walt Disney  
Concert Hall, 2003

Figura 11 – Painel de Conceito (Pierini, 2012), (Museu Coleção Berardo), (The Library of Congress)

### 3.2. Requisitos

Tendo em conta os requisitos dos produtos disponíveis no mercado, foram selecionados aqueles que demonstraram ser os mais pertinentes para a criação deste produto. Na Tabela 4 estão presentes os requisitos essenciais para a criação de um produto de vestuário para atividades ao ar livre de baixo esforço físico em locais com temperaturas baixas e o seu respetivo grau de importância numa escala de 1 a 5, sendo o 1 – Menos importante e o 5 – Mais importante. Desta forma, é possível dar prioridade a determinados requisitos em detrimento de outros, facilitando o projeto deste produto.

Tabela 4 - Requisitos

<b>Requisitos</b>	<b>Vestuário para atividades ao ar livre em baixas temperaturas</b>
<b>Impermeável</b>	4
<b>Isolante</b>	4
<b>Durabilidade ao desgaste</b>	3
<b>Controlo térmico</b>	5
<b>Gestão de humidade</b>	3
<b>Suavidade</b>	2
<b>Conforto estético</b>	5

\*Escala de 1 a 5: 1 – Menos importante; 5 – Mais importante

Elaborada a tabela de requisitos, é possível perceber que o controlo térmico e o conforto estético são os mais importantes a obter. De seguida, encontram-se requisitos como a impermeabilidade e o isolamento. Com pontuação média encontram-se a durabilidade ao desgaste e a gestão da humidade e, por fim, com pontuação mais baixa, a suavidade.

Classificada a ordem de importância de cada um dos requisitos, a Tabela 5 apresenta a identificação das principais características de desempenho, requisitos e atributos que o produto deverá ter. Para cada um desses requisitos atribuiu-se um peso, em percentagem de 0 a 100, de acordo com esse mesmo grau de importância.

*Tabela 5 – Especificação dos requisitos*

<b>Requisitos</b>	<b>Peso (%)</b>	<b>Fatores Associados</b>	<b>Propriedades/Desempenho</b>
<b>Impermeável</b>	18%	Resistente à água, vento e neve	Hidrófobo
<b>Isolante</b>	13%	Impedir que o frio entre	Isolamento térmico
<b>Durabilidade ao desgaste</b>	10%	Resistência à abrasão, fricção, etc.	Resistência mecânica
<b>Controlo térmico</b>	23%	Conforto térmico; Capacidade de manter a temperatura corporal adequada	Resistência térmica
<b>Gestão de humidade</b>	10%	Deixar passar o suor; respirabilidade	Respirável
<b>Suavidade</b>	3%	Material macio	Conforto sensorial
<b>Conforto estético</b>	23%	Design apelativo	Conforto psicológico

Para o desenvolvimento deste produto os principais requisitos a cumprir são o controlo térmico e o conforto estético, uma vez que se pretende aliar a funcionalidade à parte estética.

Uma vez que zonas onde as temperaturas são mais baixas, geralmente, são também zonas onde a precipitação e vento são comuns, colocando a impermeabilidade e o isolamento como os requisitos com segundo maior grau de importância.

De seguida, encontram-se a durabilidade ao desgaste e a gestão de humidade, pois são características essenciais em produtos para atividade ao ar livre. É muito importante que um produto com esta finalidade seja resistente às agressões do meio, porque é constantemente

fustigado com chuva, vento, neve e fatores de uso, sendo essencial estar presente característica. No mesmo nível que a durabilidade, encontra-se também a gestão da humidade, porque apesar do consumidor se encontrar em ambientes com temperaturas baixas, a atividade física que este está a realizar pode causar um aumento da temperatura corporal, gerando produção de suor. Desta forma, é fundamental que o produto seja respirável, de modo a conferir conforto sensorial ao consumidor, evitando que este fique com o corpo e o seu vestuário húmido.

Por fim, com a percentagem mais baixa, contudo não menos importante, encontra-se a suavidade, sendo também um dos requisitos que se deve atribuir ao produto, de modo a conferir conforto sensorial ao consumidor.

### 3.3. Materiais

Definidos os requisitos do produto, passa-se então à seleção das fibras que mais se adequam à concretização do produto.

O material deste produto será composto por duas partes: camada exterior e forro. Ambas as camadas apresentarão uma estrutura em tafetá, uma vez que é a estrutura que apresenta maior estabilidade dimensional.

A camada exterior é a que estará mais em contacto com as agressões do meio ambiente, sendo necessário que esta seja impermeável, durável, isolante e que retenha o calor, evitando que este seja transferido para o exterior. Como se pode observar na Tabela 6, foram selecionados materiais com características idênticas no que toca a propriedades como elevada resistência térmica, sendo a característica principal do produto.

*Tabela 6 – Matriz de decisão dos materiais da camada exterior*

Requisitos	Camada Exterior		
	PET – Polietileno Tereftalato	Lã	Poliamida
<b>Impermeável (25%)</b>	2	1	2
<b>Isolante (25%)</b>	2	2	2

<b>Durabilidade ao desgaste (10%)</b>	3	2	3
<b>Controlo térmico (30%)</b>	3	3	2
<b>Gestão de humidade (10%)</b>	1	1	1
<b>TOTAL</b>	2,3	1,95	2

\*Os valores atribuídos às fibras são multiplicados pelas percentagens, por exemplo:  $1 \times 0,3 = 0,3$

- Impermeável: 1 – Não; 2 – Sim;
- Isolante: 1 – Não; 2 – Sim;
- Durabilidade ao desgaste: 1 – Não; 2 – Média; 3 – Alta;
- Controlo térmico: 1 – Não; 2 – Média; 3 – Alta;
- Gestão de humidade: 1 – Não; 2 – Média; 3 – Alta.

Analisando os resultados de cada um dos materiais, é possível observar que o que obteve pontuação mais elevada foi o Polietileno Tereftalato (PET), pois reúne as características fundamentais que um material que compõe a parte exterior do produto precisa. É um material com elevada resistência térmica, absorve pouco a humidade e seca rápido. Apesar de ser pouco respirável, apresenta uma elevada resistência mecânica, reunindo assim as condições fundamentais para ser a selecionada para compor a camada exterior do produto.

Relativamente ao forro, o requisito principal, assim como a camada exterior, será o controlo térmico. Uma vez que o sistema de auto aquecimento se encontrará no forro, é essencial que o forro permita que o calor produzido pelo substrato têxtil revestido com PEDOT:PSS seja transferido em direção ao corpo. Isto fará com que a temperatura corporal aumente, podendo gerar produção de suor. Desta forma, é necessário que esta camada seja também respirável, de modo a que seque mais rápido evitando esta situação. Por fim, e uma vez que este será o material que se encontrará em contacto com o corpo, é fundamental que este seja confortável ao toque, de modo a conferir ao consumidor conforto sensorial, e que permita transferência de calor, para que o calor emitido pelo substrato têxtil chegue ao corpo.

Na Tabela 7, é possível observar os requisitos fundamentais do forro e a forma como cada fibra se comporta de acordo com as suas características.

Tabela 7 – Matriz de decisão de materiais do forro

Requisitos	Forro			
	Poliéster	Lã	Algodão	Viscose
<b>Gestão de humidade (40%)</b>	1	1	3	3
<b>Transferência de calor (40%)</b>	1	1	3	3
<b>Suavidade (20%)</b>	2	2	3	2
<b>TOTAL</b>	1,2	1,2	3	2,8

\*Os valores atribuídos às fibras são multiplicados pelas percentagens, por exemplo:  $1 \times 0,3 = 0,3$

- Gestão de humidade: 1 – Não; 2 – Média; 3 – Alta;
- Transferência de calor: 1 – Baixa; 2 – Média; 3 – Alta;
- Suavidade: 1 – Não; 2 – Média; 3 – Alta.

O controlo térmico do forro funciona de forma diferente do controlo térmico da camada exterior. Uma vez que o substrato têxtil revestido com PEDOT:PSS não pode estar em contacto direto com a pele, é necessário que exista uma barreira entre os dois. Essa barreira é o forro que deverá permitir a transferência de calor do substrato para a pele. Desta forma, é necessário que a composição do forro apresente uma elevada condutividade térmica, permitindo que o calor passe.

A fibra que apresenta melhores resultados é a fibra de algodão, porque para além de permitir estas transferências de calor, é também uma fibra respirável, característica essencial para manter o conforto do consumidor. Desta forma, o corpo não ficará húmido e recebe o calor necessário para se manter quente. Por fim, o requisito com menor percentagem de importância é a suavidade, sendo uma característica também fundamental, uma vez que é a camada que se encontrará em contacto com o corpo, sendo necessário o uso de um material macio para conferir conforto ao toque.

O forro terá como fibra principal o algodão, podendo ser misturada com outras fibras como, por exemplo, o poliéster, de modo a complementar ainda mais o requisito principal que é o controlo térmico.

### **3.4. Propostas**

O desenvolvimento das propostas teve por base o conceito acima apresentado, conceito esse que aborda a assimetria. Nestas propostas (Figura 12) trabalhou-se a assimetria através da disposição de cores em diversos locais da peça, assim como a obra *Tableau* (amarelo, preto, azul, vermelho e cinzento) de Mondrian, definindo a localização das cores aleatoriamente até se chegar a uma proposta esteticamente agradável e equilibrada. Através do uso de duas cores contrastantes foi-se atribuindo a diferentes zonas da peça cada uma delas, de modo a obter um design diferente e apelativo.

Na primeira proposta a cor mais escura surge na maioria do casaco, sendo contrastada com uma cor mais viva na zona central, direcionando o olhar do observador para essa mesma zona, sendo imediatamente perceptível uma assimetria nesse local, uma vez que se utilizou a cor mais escura para quebrar a simetria na zona inferior direita do painel frontal.

Já na segunda proposta é possível perceber uma assimetria vertical, uma vez que o lado esquerdo do casaco apresenta duas cores distintas, enquanto que no lado direito a cor mais escura mostra-se predominante.

A terceira proposta como uma derivação da primeira proposta, onde a cor mais viva predomina no centro, sendo alongada pela manga direita, ao contrário da proposta 1. Resultando num equilíbrio cromático, mantendo sempre a assimetria como palavra-chave.

Por fim, experimentou-se jogar com a assimetria através da utilização destas mesmas duas cores, sendo colocadas verticalmente de formas opostas, criando um equilíbrio cromático mais evidente.



1



2



3



4

Figura 12 - Propostas

Diversas opções poderiam surgir através destas quatro propostas. Contudo, a terceira proposta foi a que suscitou mais interesse a ser desenvolvida, apresentando uma evidente assimetria como manda o conceito e por se mostrar ser a mais irreverente, tendo em conta o que se pode encontrar atualmente no mercado.

Após a definição do design do casaco, definiram-se também as zonas onde seriam aplicadas as fontes de calor (Figura 13), de modo a atribuir ao produto a propriedade termorreguladora. Para tal, concluiu-se que seria necessário um painel para a zona das costas, para aliviar a dor provocada pela tensão que o corpo exerce quando sente frio, e um painel em cada um dos bolsos, para manter as mãos quentes, uma vez que é uma das zonas do corpo que arrefece mais rapidamente.

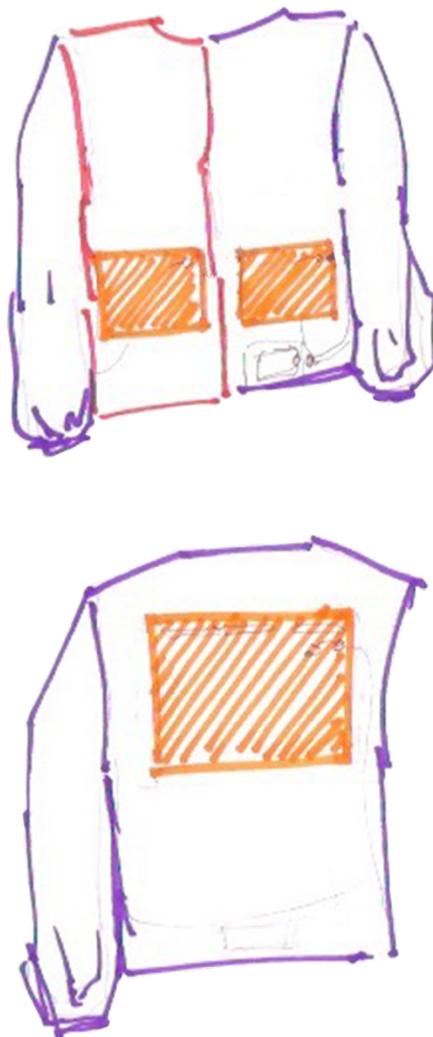


Figura 13 – Zonas de aquecimento

### 3.5. Proposta Final

Uma vez definida a proposta final, passou-se à elaboração das ilustrações com recurso ao programa Adobe Illustrator, como se pode verificar na Figura 14. De modo a complementar estas ilustrações, foi realizada a ficha técnica deste artigo para facilitar a identificação dos processos de produção e especificações, que pode ser encontrada no Anexo I.



*Figura 14 - Casaco vista frente e costa*

Uma vez que o casaco apresenta um sistema de aquecimento, é necessário perceber como a montagem do circuito de aquecimento é feita. Para isso, e utilizando novamente o programa Adobe Illustrator, tendo-se realizado uma ilustração dessa montagem, como se pode observar na Figura 15.

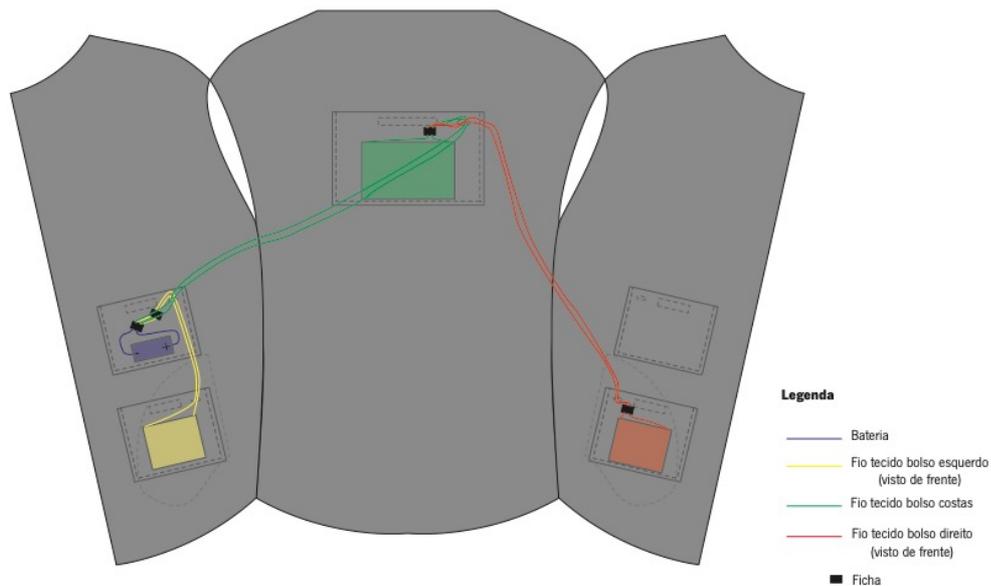


Figura 15 – Circuito

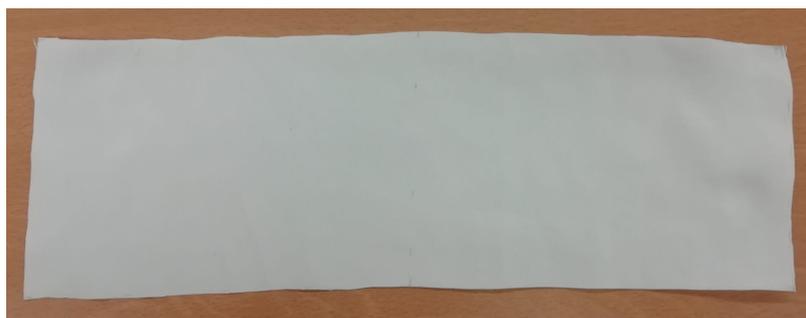
Nesta ilustração, é possível observar como é feita a montagem do circuito de aquecimento no interior do casaco. No bolso superior do lado esquerdo encontra-se a fonte de alimentação que permite o aquecimento dos substratos têxteis condutores, que faz ligação ao tecido que se encontra diretamente abaixo, identificado a amarelo, e ao tecido que se encontra na zona das costas, identificado a verde. A ficha que faz ligação do tecido amarelo à fonte de alimentação, permite que o tecido seja removido no momento da lavagem da peça, daí o fio identificado a verde estar ligado à ficha da bateria. O mesmo sistema é utilizado para os tecidos identificados a verde e vermelho. No bolso das costas surge uma ficha onde a ficha macho liga os fios ao tecido (permitindo a remoção do tecido para lavagem do casaco) e a ficha fêmea leva dois fios (verde) à fonte de alimentação e outros dois (cor-de-laranja) ao tecido situado no bolso direito, de modo a que este também aqueça. Mais uma vez no tecido identificado a cor-de-laranja colocou-se outra ficha, para que a remoção do mesmo seja possível, de forma a manter as suas propriedades intactas no momento da lavagem do casaco. Por fim, é possível observar um quinto bolso na zona superior do lado direito, que serve como bolso de reserva para uma segunda bateria, ou até mesmo para o utilizador guardar dispositivos móveis, como o telemóvel, ou objetivos como carteira, lenços, etc.

### 3.6. Preparação dos substratos têxteis

De entre os vários testes realizados em diferentes amostras pela mestranda do MIET, Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil, a que obteve melhores resultados de condutividade elétrica foi a amostra com as seguintes características:

- Tecido 1,5x6 cm 100% poliéster;
- Tratamento plasmático atmosférico para aumentar a hidrofiliidade do tecido;
- Solução de 6 ml de PEDOT:PSS, sendo 7% DMSO.

Para este trabalho iniciou-se com a definição das medidas pretendidas do substrato têxtil, no caso 30x10 cm, como se pode observar na Figura 16.



*Figura 16 – Tecido de poliéster 30x10 cm*

Para tornar o tecido mais hidrófilo fez-se um tratamento superficial, de modo a absorver mais quantidade da solução de PEDOT:PSS mais DMSO. Trata-se de um tratamento de plasma no plasma atmosféricos de descarga com barreira dielétrica (DBD), como se pode observar na Figura 17. Para se obter as características pretendidas, as condições utilizadas neste aparelho foram:

- Velocidade dos cilindros: 4 m/s;
- Energia: 1 kW;
- Cinco passagens de cada um dos lados do tecido.



Figura 17 – Plasma atmosférico de descarga com barreira dielétrica (DBD)

Após o tratamento plasmático e antes de mergulhar o substrato têxtil na solução de PEDOT:PSS mais DMSO, o mesmo foi cortado com as dimensões de cada painel e posteriormente pesados como se pode observar na Figura 18, para no final se verificar se houve algum aumento significativo no seu peso.

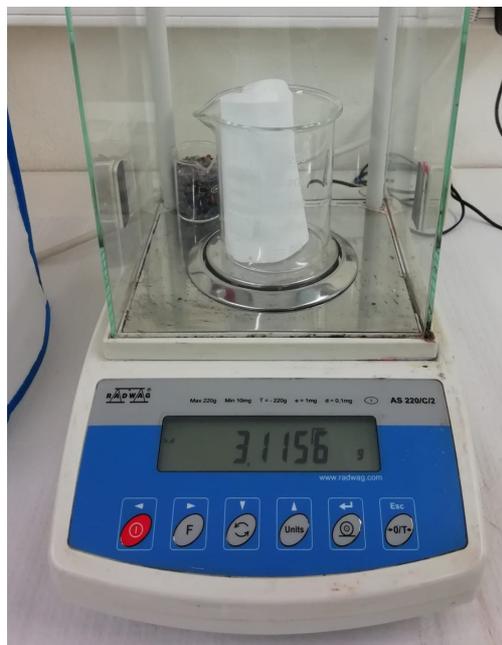
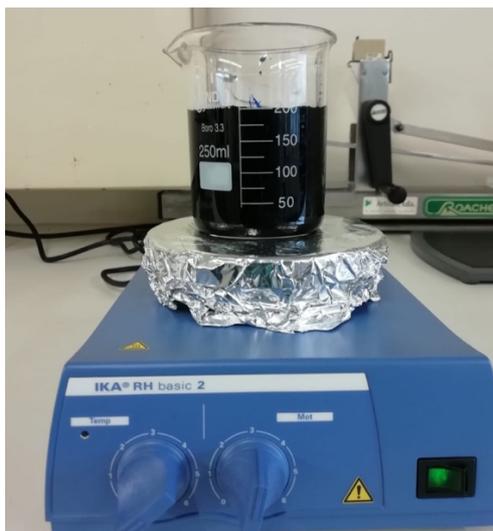


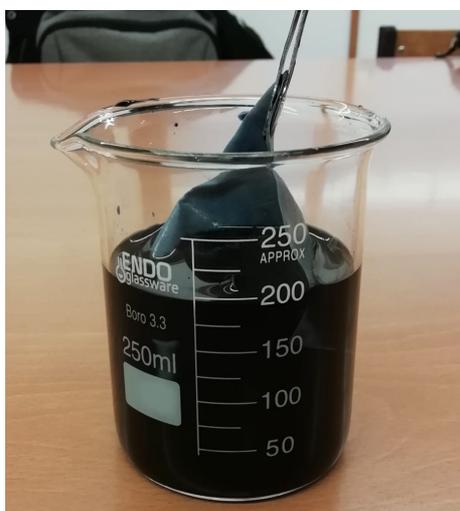
Figura 18 – Pesagem dos tecidos

Após realizados os cálculos, tendo por base as características da amostra da mestranda do MIET, a quantidade de solução para um tecido 10x30 cm é de 200 ml de PEDOT:PSS, sendo 7% DMSO. Desta forma, preparou-se a solução num gobelé contendo 186 ml de PEDOT:PSS e 14 ml de DMSO. Depois de preparada a mistura, colocou-se a solução a agitar durante 10 minutos, como se pode verificar na Figura 19.



*Figura 19 – Agitação da solução*

Após a agitação, na Figura 20 é possível observar que se mergulhou o tecido já cortado na solução durante 5 minutos.



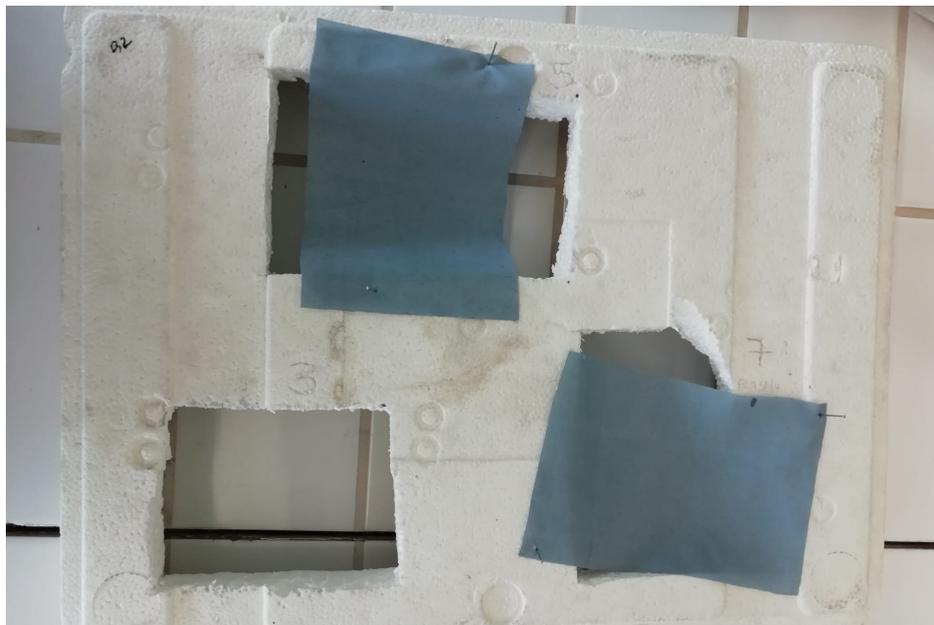
*Figura 20 – Imersão dos substratos na solução*

De seguida, colocou-se os tecidos no foulard para retirar o excesso de solução (Figura 21), sendo realizada apenas uma passagem com pressão a 2 bar.



*Figura 21 - Foulard*

Retirado o excesso de solução, colocou-se os tecidos numa placa de esferovite para passarem à secagem nas estufas, como se verifica na Figura 22.



*Figura 22 – Colocação dos tecidos sobre a placa de esferovite*

Colocados os substratos têxteis na primeira estufa (binder), estas permaneceram durante uma hora a 60°C para fixar a solução no tecido (Figura 23).



*Figura 23 – Estufa binder*

Retirados os tecidos da primeira estufa, estes foram colocados noutra estufa (memmert) durante dois minutos a 150° C (Figura 24).



*Figura 24 – Estufa memmert*

Uma vez secas, foi repetido todo o processo durante cinco vezes, desde a imersão dos tecidos na solução, até passar pela última estufa, de modo a tornar o substrato mais condutor.

Uma vez concluído todo o processo, os tecidos foram pesados uma última vez, como se pode observar na Figura 25, e concluiu-se que a variação do seu peso antes de depois da sua imersão na solução foi praticamente inexistente, com um aumento de 0,0561g.



*Figura 25 – Pesagem final dos substratos têxteis condutores*

### **3.7. Modelação**

Para esta etapa, o método de modelação utilizado para a elaboração dos moldes foi a modelação plana. Começou-se por analisar o desenho técnico tendo em conta as medidas pretendidas, recorrendo-se ao Audaces Moldes Avançado para a obtenção dos moldes (Figura 26) propriamente ditos.

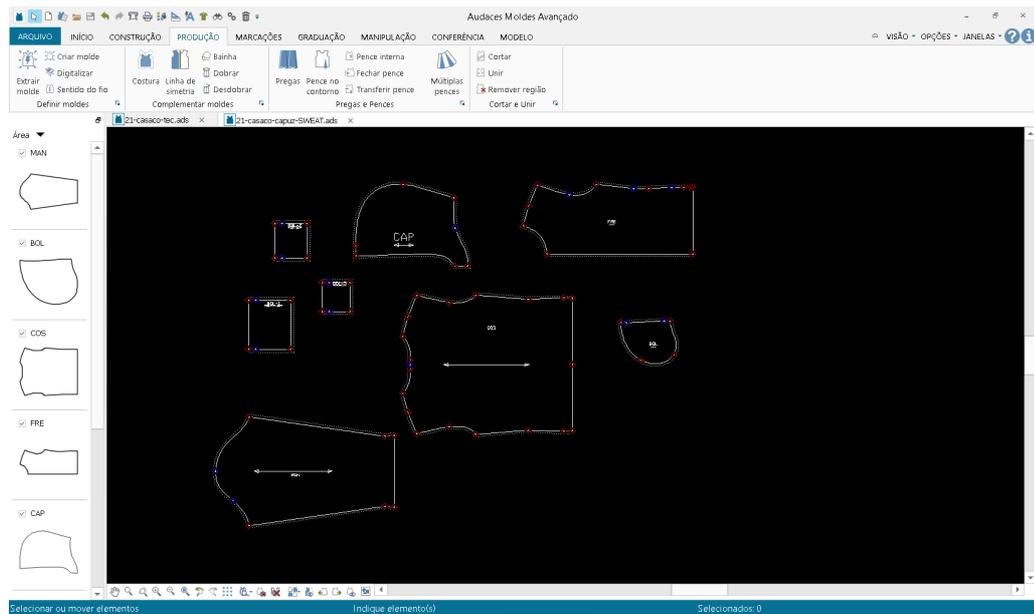


Figura 26 - Modelação

Após a obtenção dos moldes, que podem ser encontrados no Anexo II, estes foram impressos e recortados em papel (Figura 27), para posteriormente dar-se continuidade ao desenvolvimento do protótipo.



Figura 27 – Moldes recortados em papel

### 3.8. Prototipagem

Preparados os moldes, iniciou-se o processo de prototipagem em tecido com o objetivo de dar vida ao produto idealizado. As etapas deste processo, ilustradas na Figura 28, tiveram início no recorte dos tecidos, através do auxílio dos moldes previamente recortados. Uma vez recortados, passou-se à fase da costura, de modo a unir todas as partes para se obter a peça final. Como é possível observar o sistema de fecho do casaco é através de um fecho de correr e o sistema de fecho dos bolsos interiores através de fita de velcro. Para finalizar, foram feitas casas com cerca de 1 cm no interior de cada um dos bolsos internos, de modo a que possa ser feita a passagem dos fios que complementam a montagem do circuito de aquecimento.

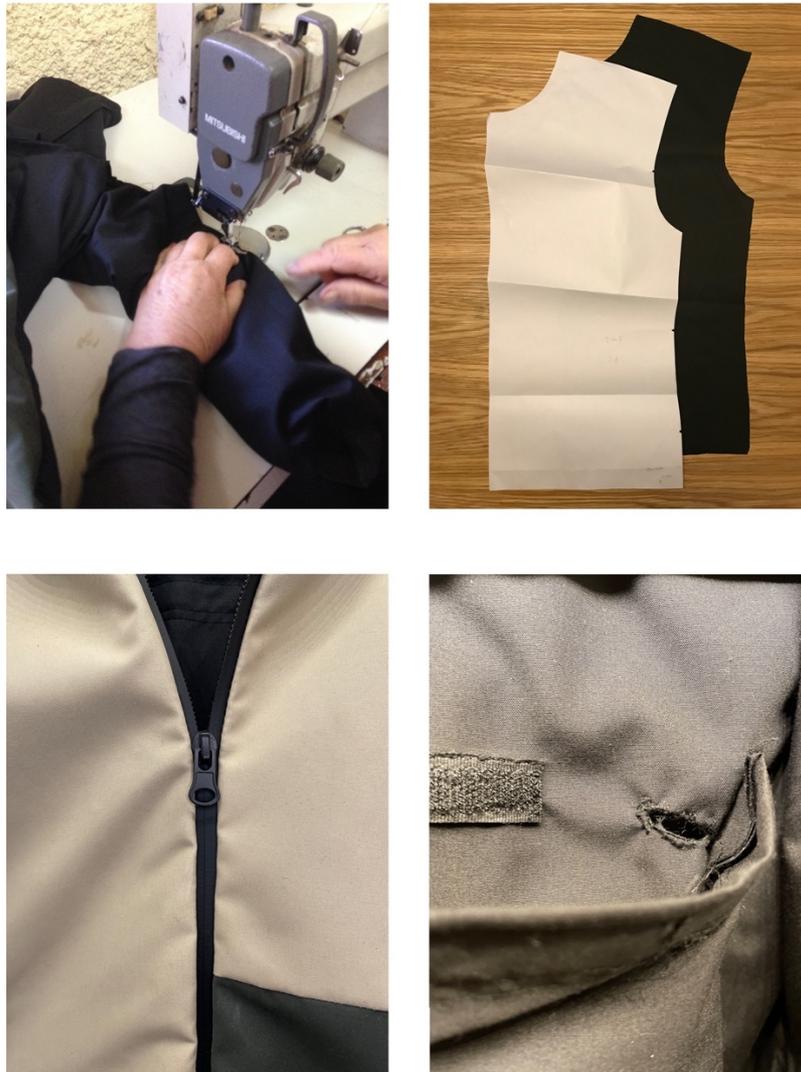


Figura 28 – Processo Prototipagem

Após a conclusão do processo de prototipagem, iniciou-se a montagem do circuito de aquecimento, como se pode verificar na Figura 29, tendo por base o circuito de montagem explícito na Figura 15. Numa fase inicial colocou-se fio desnudado para fazer a ligação elétrica, contudo a condução de calor não funcionou. Então, de modo a melhorar o contacto desta ligação, utilizou-se fita de cobra costurada sob as laterais do tecido, obtendo-se assim uma melhoria substancial na condução de calor.



*Figura 29 – Montagem Circuito*

Uma vez concluído o protótipo, é possível verificar na ficha técnica, que se encontra no Anexo I, as especificações de limpeza e conservação deste produto. Uma vez que se trata de um produto que contém fios condutores entre o tecido exterior e o forro é proibido lavar o casaco com água, sendo o mais indicado a lavagem a seco, após a remoção dos tecidos condutores. É proibido passar a ferro, para evitar que os fios que ficam no interior da peça aqueçam demasiado, podendo danificar os tecidos em contacto, assim como é proibido utilizar lixívia para evitar essa mesma danificação dos tecidos (tecido exterior e forro).

A etiqueta de limpeza e conservação, foi pensada de modo a que se prolongue o ciclo de vida deste produto, tornando desta forma durável e preservando durante mais tempo as suas características.

### **3.9. Apresentação do casaco**

Concluída a etapa da prototipagem, realizou-se um registo fotográfico do protótipo, de modo a apresentar detalhadamente cada elemento que compõe este casaco. Foram realizados registos fotográficos da peça vista de frente, de costas e dos seus pequenos detalhes, como se pode observar na Figura 30.



*Figura 30 – Protótipo Final*

Neste registo fotográfico é possível observar um casaco com um design diferente do comum, tendo em conta a sua tecnologia, apresentando uma assimetria cromática e com um sistema que permite a remoção dos tecidos condutores. Para o tecido exterior utilizou-se dois tipos de tecidos impermeáveis compostos por 100% PET (Polietileno Tereftalato), diferindo apenas na cor. Já para o tecido do forro utilizou-se um tecido 100% algodão para permitir a respirabilidade do corpo durante a sua utilização.

Para reforçar a impermeabilidade do casaco não foram utilizadas costuras visíveis, de modo a evitar que a água pudesse passar através delas e utilizou-se também um fecho de correr impermeável para reforçar esta característica do produto.

Para manter o corpo quente recorreu-se ao uso de um capuz e dos substratos têxteis preparados anteriormente com revestimento condutor (Subcapítulo 4.2.). O capuz serve para manter a zona da cabeça e do pescoço quentes, de modo a que não haja perdas de calor, e para evitar que o utilizador se molhe em caso de precipitação. Quanto aos tecidos condutores que permitem que o casaco aqueça consoante as necessidades do utilizador, foram confeccionados cinco bolsos internos localizados em zonas estratégicas. Um dos bolsos situa-se na zona das costas, sendo também o que ocupa maior área, permitindo que o corpo não fique tenso devido ao frio, aliviando assim a dor provocada pela tensão exercida pelo corpo e mantendo a temperatura corporal constante. Já os bolsos situados nos painéis frontais, dois de um lado, dois do outro, dispostos um por cima do outro, encontram-se também situados em zonas estratégicas como, por exemplo, na zona das mãos, permitindo que estas se mantenham sempre quentes, e os outros dois logo acima, utilizados como bolsos para a colocação das fontes de alimentação, ou até mesmo para guardar objetos do dia-a-dia, como o telemóvel ou lenços de mão. Todos os bolsos internos apresentam uma casa com cerca de 1 cm, de modo a permitir a passagem do circuito de aquecimento, para que os substratos têxteis condutores aqueçam.

#### **4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Neste capítulo estão inseridas as etapas finais do processo de design, que consiste na ilustração da proposta final, o processo de tingimento do tecido com tinta condutora, a modelação e prototipagem do casaco, a apresentação do protótipo final através de uma sessão fotográfica e a discussão dos resultados finais.

#### 4.1. Discussão dos resultados finais

Para se perceber se realmente o produto funciona, realizou-se um teste de aquecimento nos substratos têxteis condutores, o teste Efeito Joule – Auto Aquecimento Resistivo. Este teste registra a relação entre passagem de corrente elétrica pelo material e o aquecimento obtido. Para efetuar este teste foram utilizados os seguintes materiais:

- Fonte de alimentação de corrente elétrica;
- Multímetro com software marca Agilent;
- Câmara Termográfica, marca Testo;
- Célula de suporte dos tecidos;
- Crocodilo positivo e crocodilo negativo.

Iniciou-se o teste Efeito Joule no tecido maior, com dimensões 15x10 cm, colocando-o na célula de suporte, que apesar de não apresentar as dimensões necessárias para colocar corretamente este tecido, foi a forma mais eficaz para verificar a condução de calor. Registou-se a temperatura ambiente, 18,7°C, e a temperatura a que o tecido se encontrava, 20,9°C, como se pode verificar na Figura 31. Esta temperatura poderá apresentar influência de fatores intrínsecos ao material, daí encontrar-se quase 2°C acima da temperatura ambiente.

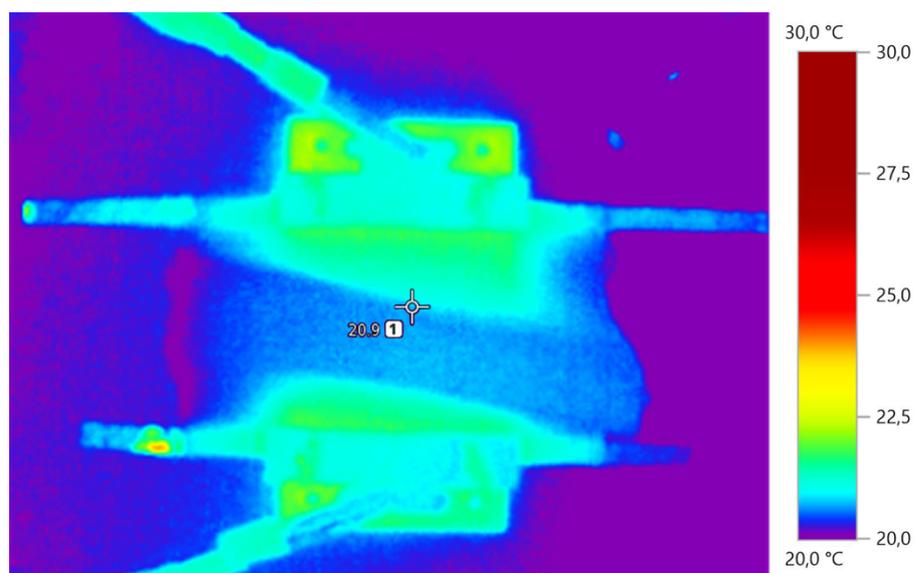


Figura 31 – Temperatura inicial tecido costas

Após a verificação da temperatura inicial do tecido, iniciou-se o teste com tensão de 12V, durante 30 min, sendo verificada a temperatura de 5 em 5 minutos, como se pode observar na Figura 32. Nos primeiros 5 minutos registou-se um aumento de temperatura de 3,6°C, atingindo os 24,5°C. A partir daqui, a temperatura mostrou-se constante, sendo a temperatura registada após 30 minutos de 24,8°C. Isto significa que:

- Em comparação com a temperatura ambiente houve um aumento de 6,1°C;
- Em comparação com a temperatura inicial do tecido houve um aumento de 3,9°C;
- E, por fim, relativamente à temperatura corporal que ronda os 37°C, é possível perceber que a temperatura atingida será impercetível pelo ser humano.

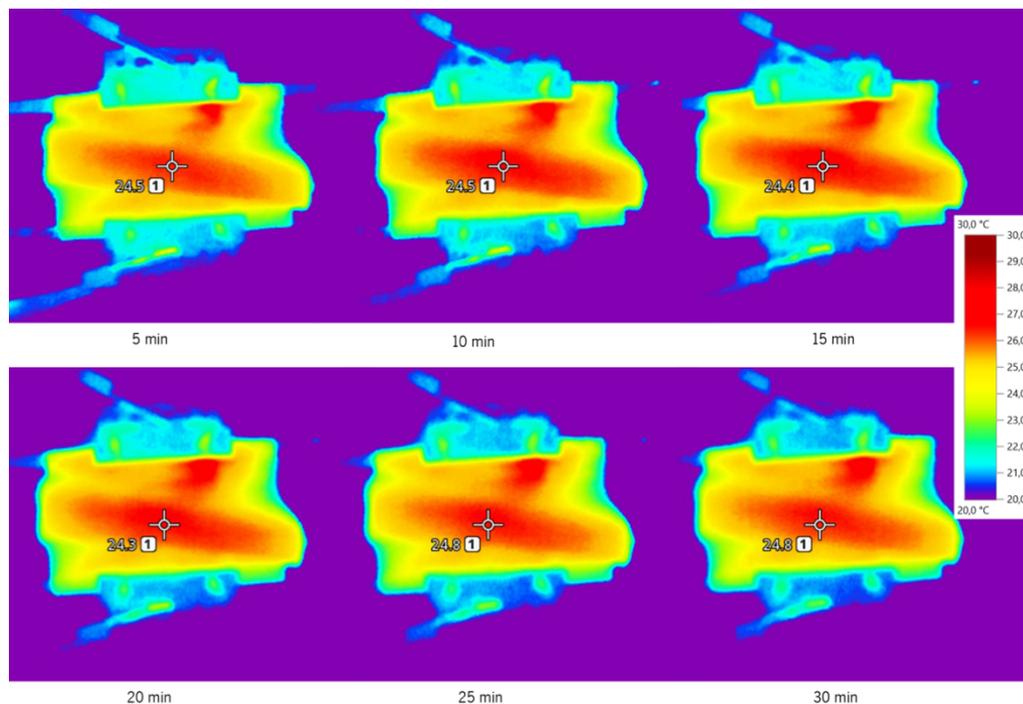


Figura 32 – Teste Efeito Joule: Tecido costas 12V

Após a realização do teste Efeito Joule, o multímetro registou em Excel os valores da corrente que se estabeleceu ao longo da meia hora. Utilizando a fórmula  $R=U/I^9$ , determinou-se a resistência

---

<sup>9</sup> R – Resistência ( $\Omega$ ); U – Tensão (V); I – Corrente (A)

elétrica do material e concluiu-se que tanto a corrente como a resistência se mostraram relativamente constantes ao longo do tempo determinado (Tabela 8).

Tabela 8 – Relação entre variáveis a 12V (tecido maior)

	Tempo (minutos)					
	5	10	15	20	25	30
Temperatura (°C)	24,5	24,5	24,4	24,3	24,8	24,8
Tensão – U (V)	12	12	12	12	12	12
Corrente – I (A)	0,04346	0,04371	0,0439	0,04387	0,04386	0,04385
Resistência – R ( $\Omega$ )	276,12	274,54	273,35	273,54	273,6	273,7

De modo a perceber se a tensão seria demasiado baixa, fazendo como que o tecido não atingisse a temperatura necessária para poder aquecer o corpo humano, aumentou-se a tensão para 18V (Figura 33). Verificou-se então que nos primeiros 5 minutos o tecido atingiu os 25,4°C, mantendo a partir daí uma temperatura constante. Então, decidiu-se aumentar novamente a tensão, para 24V, e comparativamente com a temperatura inicial do tecido, houve realmente um aumento de temperatura significativo, passando de 20,9°C para 29,2°C. Contudo, este aumento também não se mostra significativo para aquecer adequadamente o corpo humano em ambientes com temperaturas baixas. Para se obter melhores resultados as soluções seriam:

- Aumentar a diferença de potencial, correndo o risco do tecido deixar de conduzir;
- Aumentar a quantidade de camadas do polímero condutor;
- Alterar as dimensões do tecido de modo a alterar a sua resistência elétrica.

No teste com 18V e 24V, ligou-se os crocodilos diretamente nas fitas de cobre costuradas nas laterais do tecido, para também se perceber se esta técnica seria eficaz na condução de corrente da fonte de alimentação para o tecido, sendo o resultado final positivo, como se pode observar na Figura 33.

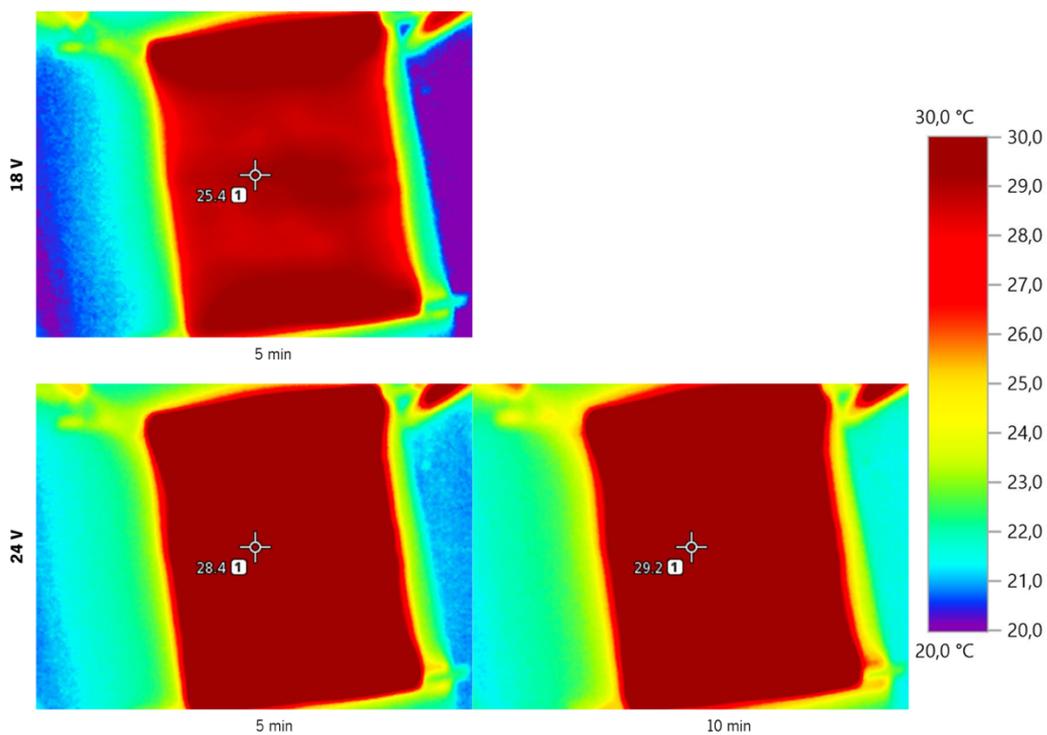


Figura 33 – Teste Efeito Joule: Tecido costas 18V e 24V

Alteradas as tensões para 18V e 24V, o multímetro registou novamente em Excel os valores da corrente que se estabeleceu ao longo dos 5 e 10 minutos, respetivamente. Verificou-se que com o aumento da tensão a corrente também aumentou, fazendo com que o tecido aquecesse mais (Tabela 9).

Tabela 9 – Relação entre variáveis a 18V e 24V (tecido maior)

	Tempo (minutos)	
	5	-
Temperatura (°C)	25,4	-
Tensão – U (V)	18	-
Corrente – I (A)	0,05846	-
Resistência – R (Ω)	307,9	-

	Tempo (minutos)	
	5	10
Temperatura (°C)	28,4	29,2
Tensão – U (V)	24	24
Corrente – I (A)	0,08015	0,08005
Resistência – R (Ω)	299,44	299,81

Para os tecidos mais pequenos, com 7,5x10 cm, utilizou-se a célula de suporte para se fazer o teste. Registou-se a temperatura inicial do tecido (Figura 34), de 17,2°C, encontrando-se 1,5°C abaixo da temperatura ambiente. Mais uma vez, esta temperatura pode ser influenciada por fatores externos.

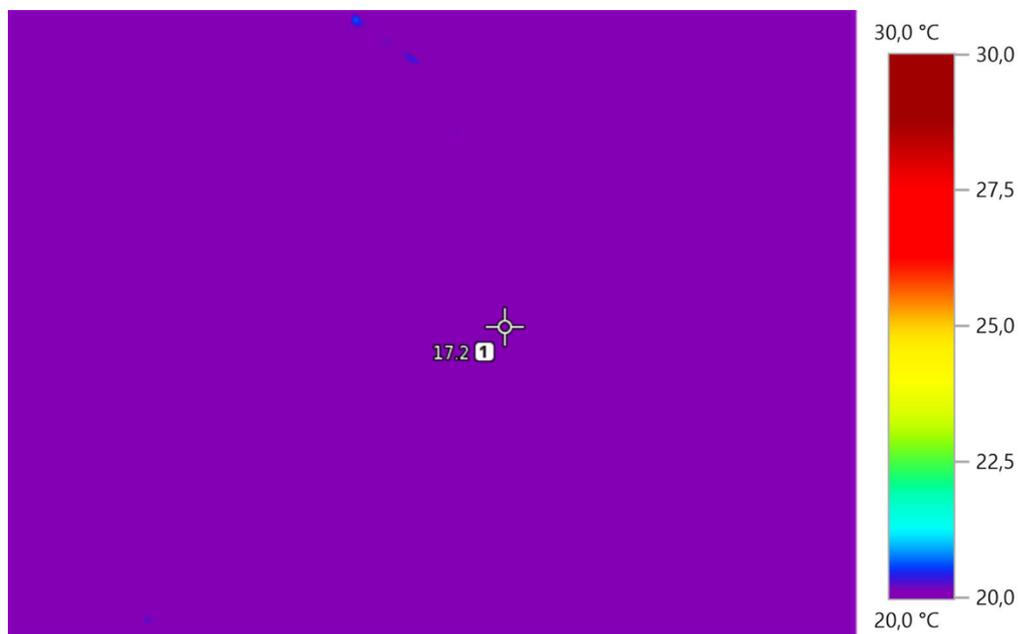


Figura 34 – Temperatura inicial tecido bolsos

Iniciado o teste, é possível verificar na Figura 35 que nos primeiros 5 minutos houve um aumento de 11,6°C em relação à temperatura inicial. A partir daí, e tal como aconteceu no tecido das

costas, a temperatura manteve-se praticamente constante, atingindo os 29,7°C após meia hora. Isto significa que:

- Em comparação com a temperatura ambiente houve um aumento de 11°C;
- Em comparação com a temperatura inicial do tecido houve um aumento de 12,5°C;
- E, por fim, relativamente à temperatura corporal que ronda os 37°C, é possível perceber que a temperatura atingida será praticamente impercetível ao toque, sendo impossível de aquecer o corpo.

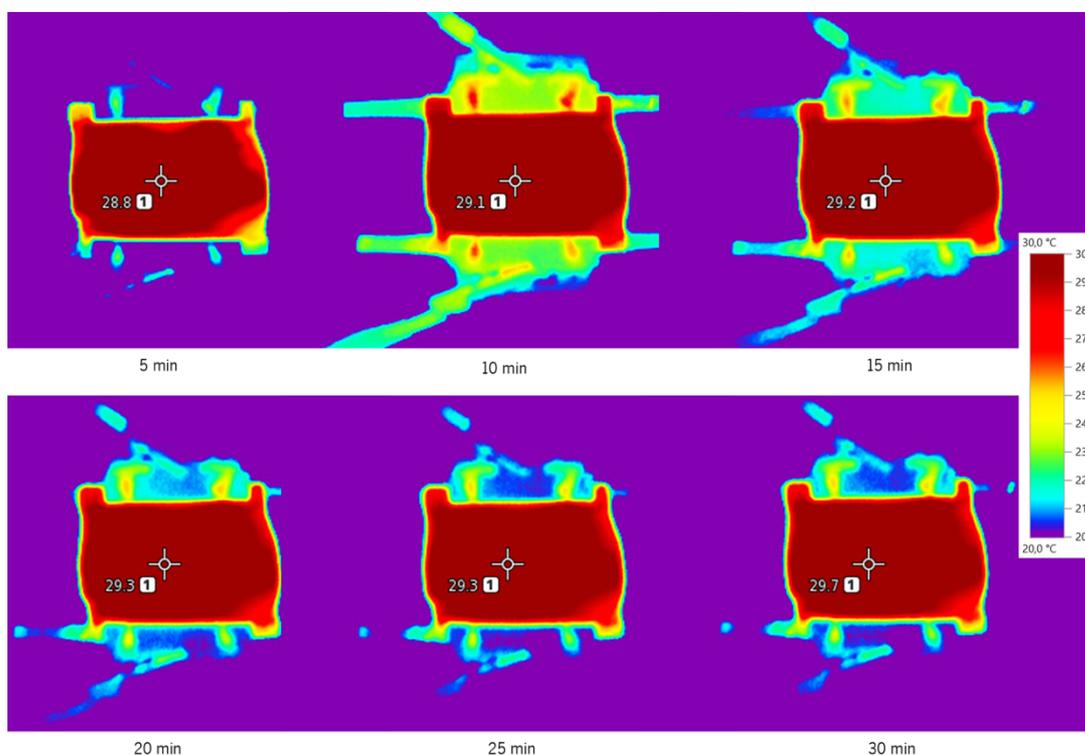


Figura 35 – Teste Efeito Joule: Tecido bolsos 12V

Após a realização do teste Efeito Joule, o multímetro registou em Excel os valores da corrente que se estabeleceu ao longo da meia hora. Utilizando a fórmula  $R=U/I^{10}$ , determinou-se a resistência elétrica do material e concluiu-se que tanto a corrente como a resistência se mostraram

---

<sup>10</sup> R – Resistência ( $\Omega$ ); U – Tensão (V); I – Corrente (A)

relativamente constantes ao longo do tempo determinado (Tabela 10). Com isto, conclui-se que, comparativamente com o tecido maior, os tecidos mais pequenos têm menor resistência e, por isso, com a mesma tensão sofrem mais corrente e conseqüentemente aquecem mais.

*Tabela 10 – Relação entre variáveis a 12V (tecido menor)*

	Tempo (minutos)					
	5	10	15	20	25	30
Temperatura (°C)	28,8	29,1	29,2	29,3	29,3	29,7
Tensão – U (V)	12	12	12	12	12	12
Corrente – I (A)	0,06823	0,06791	0,06765	0,06755	0,06734	0,06737
Resistência – R (Ω)	175,88	176,7	177,38	177,65	178,2	178,12

Assim como o tecido anterior, decidiu-se aumentar a tensão para 18V e 24V, para observar que temperatura atingia o tecido (Figura 36) e também se ligaram os elétrodos diretamente nas fitas de cobre costuradas nas laterais do tecido. Verificou-se então que nos primeiros 5 minutos o tecido atingiu 34,4°C, mantendo a partir daí uma temperatura constante. Então, decidiu-se aumentar novamente a tensão, para 24V, e comparativamente com a temperatura inicial do tecido, houve realmente um aumento de temperatura significativo, passando de 17,2°C para 47,8°C. Este foi o melhor resultado obtido, apresentando um aumento de temperatura de 10,8°C relativamente à temperatura corporal, de aproximadamente de 37°C, e um aumento de 29,1°C relativamente à temperatura ambiente. Este aumento mostra-se significativo caso a temperatura corporal seja mais baixa que os habituais 37°C. Contudo, caso seja necessário um maior aumento da temperatura dos tecidos seria necessário, assim como no tecido das costas:

- Aumentar a diferença de potencial, correndo o risco de o tecido deixar de conduzir;
- Ou aumentar a quantidade de camadas do polímero condutor.

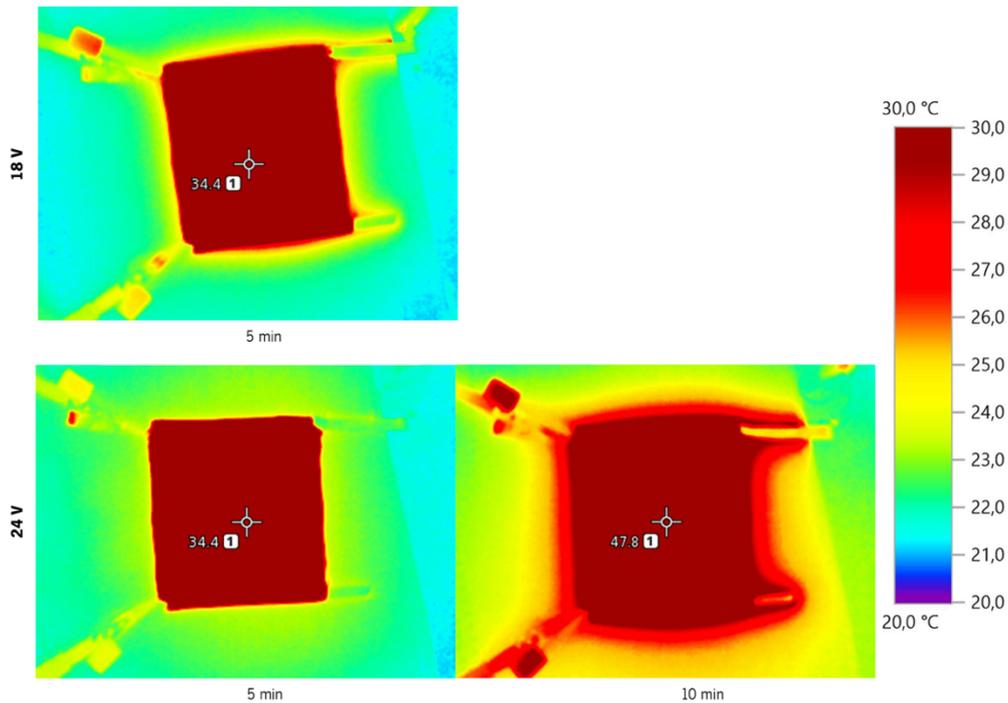


Figura 36 – Teste Efeito Joule: Tecido bolsos 18V e 24V

Alteradas as tensões para 18V e 24V, o multímetro registou novamente em Excel os valores da corrente que se estabeleceu ao longo dos 5 e 10 minutos, respetivamente. Verificou-se que com o aumento da tensão a corrente também aumentou, fazendo com que o tecido aquecesse mais, assim como na alteração da tensão do tecido maior (Tabela 11).

Tabela 11 – Relação entre variáveis a 18V e 24V (tecido menor)

	Tempo (minutos)	
	5	-
Temperatura (°C)	34,4	-
Tensão – U (V)	18	-
Corrente – I (A)	0,08344	-
Resistência – R (Ω)	215,72	-
	Tempo (minutos)	

	5	10
Temperatura (°C)	34,4	47,8
Tensão – U (V)	24	24
Corrente – I (A)	0,11243	0,11135
Resistência – R ( $\Omega$ )	213,47	215,54

Em todos os testes é possível verificar que não existiram pontos quentes na zona das ligações, mostrando ser mais um ponto a favor do uso deste técnica.

Registado através da câmara termográfica as zonas de aquecimento que surgiriam na parte exterior do casaco (Figura 37), verificou-se que não se observa grande alteração de temperatura, mostrando que o tecido exterior isola termicamente o interior do casaco, não havendo assim grandes perdas de calor. Deve-se ter também em conta que a temperatura ambiente registada era de 20,9°C e a perceção das zonas aquecidas no registo fotográfico é influenciada pelas rugosidades dos tecidos. Contudo, e uma vez que os tecidos estão a ser alimentados com a mesma tensão, os tecidos mais pequenos encontrar-se-ão mais quentes que o tecido maior.

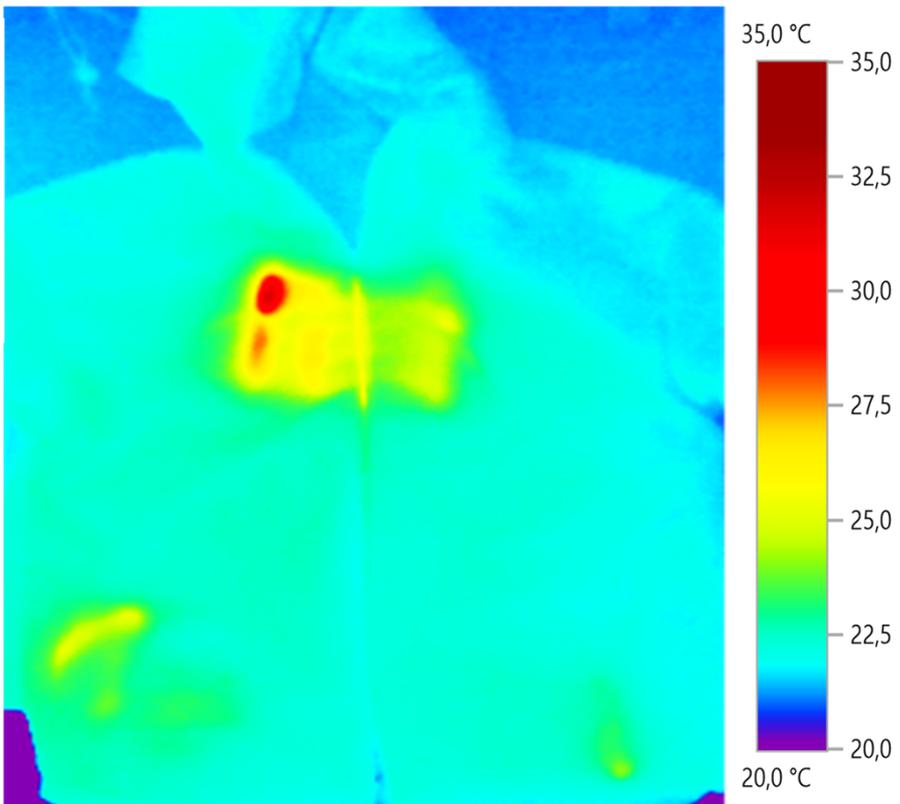


Figura 37 – Foto termográfica

## **5. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS**

### **5.1. Conclusões**

Com base nos resultados obtidos, na simplicidade que a técnica de revestimento demonstrou no seu processo e os resultados obtidos através do teste de aquecimento resistivo, chegou-se à conclusão que a utilização de substratos têxteis condutores possuem um grande potencial a serem trabalhados para aplicações em têxteis para vestuário. Desta forma, o processo de design desenvolveu-se de modo a atribuir uma utilidade a esta técnica.

Percebeu-se a necessidade que havia em desenvolver um sistema de remoção dos substratos têxteis condutores, para que no momento da lavagem do casaco estes não se danificassem e, assim, foram colocados cinco bolsos internos com casas para as ligações, de modo a que esta remoção fosse possível. Um bolso situado na zona das costas, para aliviar a tensão corporal provocada pelo frio, um bolso na zona de cada uma das mãos, para estas se manterem quentes, e um bolso por cima de cada um deles, sendo um para a fonte de alimentação e o outro para bolso de reserva, caso seja necessário transportar uma segunda fonte de alimentação, ou simplesmente para transportar objetos, como o telemóvel. De forma a proteger ainda mais o utilizador das baixas temperaturas, decidiu-se acrescentar um capuz, de modo a evitar perdas de calor pela cabeça e pescoço.

Definidos os elementos fulcrais deste produto, passou-se ao desenvolvimento conceptual, onde se verificou uma necessidade de atribuir algum valor estético ao casaco, visto que é um fator em falta neste tipo de produtos. Desta forma, e através do conceito definido, a assimetria, desenvolveu-se um casaco com painéis de cores diferentes distribuídos pelas diferentes partes que o compõem, tendo sempre em mente a parte funcional.

Utilizaram-se tecidos impermeáveis 100% polietileno tereftalato para a camada exterior, de modo a que o utilizador não se molhasse e mantivesse quente, e tecido 100% algodão para o forro para que o mesmo mantivesse o equilíbrio térmico e gestão de humidade. De modo a reforçar a impermeabilidade do produto, teve-se em conta que costuras visíveis e aviamentos permeáveis não deveriam ser utilizados, chegando à conclusão que o ideal seria não apresentar costuras visíveis e utilizar um fecho de correr impermeável como forma de fechar o casaco.

Com base nos objetivos traçados no presente trabalho, verificou-se através do teste Efeito Joule – Auto Aquecimento Resistivo, que o que irá determinar a melhor tensão para atingir a temperatura próxima do ideal para o utilizador, será a temperatura ambiente e, a partir daí, ajustar a melhor tensão a ser aplicada para atingir a temperatura ideal, de modo a conferir conforto térmico.

Após a análise dos resultados do teste, verificou-se que a mesma tensão em tecidos com dimensões diferentes mostrou-se também diferente. No tecido dos bolsos, mais pequeno, utilizando a tensão mais favorável, de 24V, atingiu-se uma temperatura de 47,8°C após 10 minutos, enquanto que no tecido das costas, o maior, utilizando a mesma tensão, produziu-se uma corrente menor, atingindo uma temperatura de 29,2°C, no mesmo intervalo de tempo. Relativamente à temperatura ambiente, o tecido de menor dimensão apresentou um aumento de temperatura de 29,1°C e o tecido maior um aumento de 8,3°C, mostrando mais uma vez a influência que a dimensão exerce sob a corrente e, conseqüentemente, o aumento de temperatura. Para contornar este problema seria necessária uma tensão maior para o tecido maior, ou um aumento do seu número de revestimento de camadas.

## **5.2. Perspetivas Futuras**

Tendo em conta os resultados obtidos e advertências encontradas ao longo deste trabalho, seria essencial para complementar esta investigação, uma pesquisa sobre a durabilidade do produto, uma vez que não se tem a certeza do tempo de vida que os substratos condutores têm ao serem aplicados em determinados produtos.

Investigar qual o melhor tipo de bateria para alimentar estes tecidos e, conseqüentemente analisar o tempo de duração da mesma no protótipo de acordo com a tensão aplicada e temperatura desejada.

Estudar o efeito Joule nos substratos condutores com mais camadas de revestimento e, conseqüentemente, qual a tensão necessária para atingir a temperatura desejada.

Analisar o efeito Joule nos diferentes tipos de protótipos tendo em conta a sua finalidade como, por exemplo: vestuário, assentos de automóveis, anti congelamento ou roupa de cama.

Analisar as implicações da geometria dos tecidos na sua resistência elétrica e, em consequência, na alimentação necessária para se atingirem temperaturas relevantes.

E, por fim, analisar um plano de custos de produção e de comercialização para os diferentes tipos de produtos a produzir.

## Bibliografia

Abreu, M. J., 2019. *CIÊNCIA DO CONFORTO*, Guimarães.

Anish Kapoor. *Portal das Nuvens*. [Online]  
Available at: <https://anishkapoor.com/110/cloud-gate-2>

[Acedido em novembro 2021].

ArchDaily, 2013. *AD Classics: Walt Disney Concert Hall / Frank Gehry*. [Online]  
Available at: <https://www.archdaily.com/441358/ad-classics-walt-disney-concert-hall-frank-gehry>

[Acedido em novembro 2021].

Bashir, T., 2013. *Conjugated Polymer-based Conductive Fibers for Smart Textile Applications*.  
Chalmers University of Technology.

Bekaert, 2017. *Bekinox® VN and Bekiflex® for heatable textiles*. [Online]  
Available at: [file:///Users/luisacunha/Downloads/Bekaert-VN-Bekiflex-datasheet%20\(1\).pdf](file:///Users/luisacunha/Downloads/Bekaert-VN-Bekiflex-datasheet%20(1).pdf)

[Acedido em outubro 2021].

Bekaert. *BEKITEX HIGHLY ELECTRICALLY CONDUCTIVE SPUN YARN*. [Online]  
Available at: <https://itp.nyu.edu/archive/physcomp-spring2014/sensors/uploads/Reports/Bekitex.pdf>

[Acedido em outubro 2021].

Broega, A. C. & Cabeço Silva, M. E., 2010. O conforto total do vestuário: design para os cinco sentidos. *Actas de Diseño*, julho.

Carreira, C., 2015. *Otimização de um Sistema Plasma para a Modificação de Superfícies*, Porto.

Carroll, C., 2020. The Benefits of Heat Therapy for Injuries. *Verywell Fit*, 27 março.

Danzl, D. F., 2021. *Considerações gerais sobre lesões provocadas pelo frio*. [Online]  
Available at: <https://www.msmanuals.com/pt-pt/casa/les%C3%B5es-e-envenenamentos/les%C3%B5es-provocadas-pelo-frio/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-les%C3%B5es-provocadas-pelo-frio>

[Acedido em outubro 2021].

Darmour, J., 2012. *4 Rules For Designing Wearable Tech That People Will Actually Wear*. [Online]  
Available at: <https://www.fastcompany.com/1670646/4-rules-for-designing-wearable-tech-that>

people-will-actually-wear

[Acedido em dezembro 2021].

Dias, T., 2014. *Otimização de dispersões de polímero PEDOT:PSS para fabrico de filmes finos*, Porto.

Duraisamy, N. H. S.-J. & C. K.-H., 2013. Deposition and characterization of silver nanowires embedded PEDOT:PSS thin films via electrohydrodynamic atomization. *Chemical Engineering Journal*, 01 junho. Volume 225.

Eira, M., 2012. *DESENVOLVIMENTO DE PAINÉIS DE AQUECIMENTO TEXTEIS*, Guimarães.

European Commission. *Textiles and clothing industries*. [Online] Available at: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-and-clothing-industries\\_pt](https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-and-clothing-industries_pt) [Acedido em outubro 2021].

European Commission. *Textiles and clothing legislation*. [Online] Available at: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-and-clothing-industries/legislation\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-and-clothing-industries/legislation_en) [Acedido em outubro 2021].

Ferreira, A., 2015. *Produtos têxteis inteligentes incorporando filamentos compósitos com nanotubos de carbono*, Guimarães.

Ferreira, A., Ferreira, F. & Oliveira, F., 2014. Têxteis Inteligentes – Uma breve revisão da literatura. *REDIGE*, abril.

Fiorini, V., 2008. *Design de Moda: abordagens conceituais e metodológicas em Design de Moda: olhares diversos* Editado por Doroteia Pires. São Paulo: Estação das Letras e Cores.

Gerbing. *Gerbing Gyde Zenith Women's Fleece Heated Jacket - 7V Battery*. [Online] Available at: <https://www.thewarmingstore.com/gerbing-gyde-zenith-womens-fleece-heated-jacket.html>

[Acedido em outubro 2021].

Gerbing. *Heated trouser liner*. [Online] Available at: <https://gerbing.eu/en/heated-trouser-liner/#product-general>

[Acedido em outubro 2021].

Gugelmin, F., 2011. *Tecidos do futuro poderão recarregar seus gadgets*. [Online] Available at: <https://www.tecmundo.com.br/futuro/7663-tecidos-do-futuro-poderao-recarregar-seus-gadgets.htm>

[Acedido em outubro 2021].

Gugelmin, F., 2011. *Tecidos do futuro poderão recarregar seus gadgets*. [Online] Available at: <https://www.tecmundo.com.br/futuro/7663-tecidos-do-futuro-poderao-recarregar-seus-gadgets.htm>

[Acedido em outubro 2021].

Guo, Y. et al., 2016. *PEDOT:PSS "Wires" Printed on Textile for Wearable Electronics*. [Online] Available at: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.6b08036>

[Acedido em outubro 2021].

Hartman, K., 2006. *Conductive Fabric & Thread as Input*. [Online] Available at: <https://itp.nyu.edu/archive/physcomp-spring2014/sensors/Reports/SoftSensing.html>

[Acedido em outubro 2021].

Huyvetter, S. D., 2013. *Heat generating textile based on conductive yarns*, Guimarães.

Köhler, A. R. & Som, C., 2013. Risk preventative innovation strategies for emerging technologies the cases of nano-textiles and smart textiles. *ScienceDirect*, 30 julho.

Kan, C. & Yuen, C., 2011. *Surface and Coatings Technology. Effect of atmospheric pressure plasma treatment on wettability and dryability of synthetic textile fibres*, 02 dezembro.

Kazani, I. et al., 2012. Electrical Conductive Textiles Obtained by Screen Printing. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 20 janeiro.

Koncar, V., 2016. *Smart Textiles and Their Applications*. Woodhead Publishing.

Magalhães, M., 2007. *Indução plasmática da mercerização em materiais celulósicos*, Guimarães.

Majumdar, A., 2011. *Soft Computing in Textile Engineering*. Reino Unido: Woodhead Publishing.

Martins, T. G., Chiapetta, S. C., Carvalho, L. J. & Cassella, R. J., 2015. Comparação da Eficiência de Diferentes Técnicas (Esgotamento e Foulardagem) de Fixação de Permetrina em Tecidos Têxteis. *Revista Virtual de Química*, 21 fevereiro.

Moraes, M. R. et al., 2017. Glycerol/PEDOT:PSS coated woven fabric as flexible heating element on textiles. *Journal of Materials Chemistry C*, março.

Munari, B., 1966. *Design as Arte*. Reino Unido: Penguin Books.

Munari, B., 1981. *Das coisas nascem coisas*. Lisboa: Edições 70.

Museu Coleção Berardo. *Piet Mondrian*. [Online]  
Available at: <https://pt.museuberardo.pt/colecao/obras/850>  
[Acedido em novembro 2021].

Nema, D. S. K. & Jhala, P. P. B., 2015. *Plasma Technologies for Textile and Apparel*. Woodhead Publishing India Pvt. Ltd..

Oliveira, F. R., Souto, P. & Carneiro, N., 2010. Aplicação da descarga plasmática de dupla barreira diéletrica(DBD) em fibras têxteis hidrofóbicas – estudo da força colorística. *REDIGE*.

Ororo. *MEN'S HEATED LIGHTWEIGHT DOWN VEST - BLACK (NEW)*. [Online]  
Available at: <https://www.ororowear.com/products/mens-lightweight-heated-down-vest-black>  
[Acedido em outubro 2021].

Ororo. *MEN'S HEATED LIGHTWEIGHT DOWN VEST - BLACK (NEW)*. [Online]  
Available at: <https://www.ororowear.com/products/mens-lightweight-heated-down-vest-black>  
[Acedido em outubro 2021].

Pierini, G. R., 2012. *Anish Kapoor Sculpteur architecte*. [Online]  
Available at: <https://www.boumbang.com/anish-kapoor/>  
[Acedido em dezembro 2021].

SNS, 2017. *Prevenir efeitos do frio*. [Online]  
Available at: <https://www.sns.gov.pt/noticias/2017/01/05/prevenir-efeitos-do-frio/>  
[Acedido em outubro 2021].

Suh, M., Curto, S., Prakash, P. & Rhoon, G. v., 2020. *Wearable Bioelectronics: Chapter 6 - Wearable device for thermotherapies*. Elsevier Ltd..

Tao, X., 2001. *Smart Fibres, Fabrics and Clothing: Fundamentals and Applications*. Cambridge: Woodhead Publishing.

The Library of Congress. *The Library of Congress*. [Online]  
Available at:

<https://www.loc.gov/pictures/phpdata/pageturner.php?type=contactminor&IMG2=/pnp/pplot/13700/13725/01300r.jpg&IMG3=/pnp/pplot/13700/13725/01300v.jpg&IMG4=/master/pnp/pplot/13700/13725/01300u.tif&agg=pplot&item=13725>

[Acedido em dezembro 2021].

Tseghai, G. B. et al., 2020. PEDOT:PSS-Based Conductive Textiles and Their Applications. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 28 março.

Wang, L., 2010. *Chapter 6 in Smart Textile Coatings and Laminates Edited by William C. Smith*. Estados Unidos da América: Woodhead Publishing Limited.

Wei, Q., 2009. *Surface Modification of Textiles*. Woodhead Publishing Limited.

Zille, A., Oliveira, F. R. & Souto, A. P., 2015. *Plasma Treatment in Textile Industry*.

# Anexos

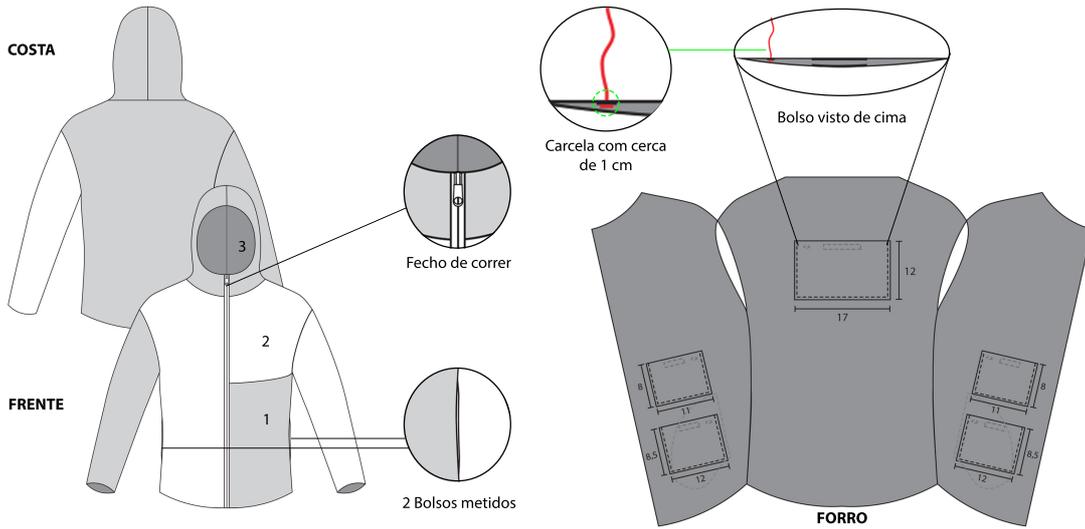
## Anexo I – Fichas Técnicas



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

FICHA TÉCNICA  
Sistema de Gestão de Qualidade

Referência do Desenho: Referência Interna: **C01 - V1** Desenho/Gráfico/Modelo: **LUÍSA CUNHA**



**NOTA:** Casaco forrado, com capuz e dois bolsos metidos laterais; Fecho de correr para fechar o casaco; 5 Bolsos de chapa no forro com fita de velcro para fechar e carcelas com cerca de 1 cm.

1/2



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

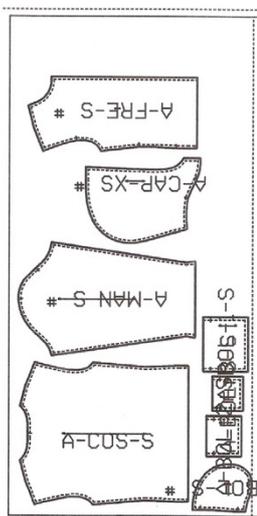
FICHA TÉCNICA  
Sistema de Gestão de Qualidade

Referência Interna: <b>C01 - V1</b>	Cliente/Departamento: <b>Universidade do Minho</b>	Coleção:	Data: <b>07/12/2021</b>
Referência do Cliente:	Designer: <b>Luísa Cunha</b>	Para: <b>Modelagem / Planeamento</b>	
Referência do Desenho:	Amostra Aprovada Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	Assinatura:	Data de Aprovação:
		Amostra Enviada Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	Assinatura:
			Data de Envio:
Assinalar com X			
Descrição, Acessórios, Acabamentos e Anexos:			
Técnica	Digital		
	Sublimado		
	Transfer		
	Bordado		
	Estampado Normal		
Estampado	Metro		
	Posicional		
Tingimento / Lavagens			
Outros			
		- Fecho preto impermeável - 50 cm altura <b>Localização:</b> Zona central do casaco	
			- Velcro preto - 1,5 cm largura <b>Localização:</b> Bolsos internos
Etiqueta de Limpeza e Conservação:		Etiqueta Comercial:	Localização na Peça:
Materiais da Amostra:	Material 1: <b>TAFETÁ</b>	Material 2: <b>TAFETÁ</b>	Material 3: <b>TAFETÁ</b>
			Material 4:
Fornecedor:			
Referência:			
Cor:	<b>VERDE CAQUI</b>	<b>BEGE</b>	<b>PRETO</b>
Composição:	<b>100% PET</b>	<b>100% PET</b>	<b>100% CO</b>
Peso (g/m2):	<b>100 GRS / M2</b>	<b>100 GRS / M2</b>	<b>70 GRS / M2</b>
Largura (cm):	<b>150 CMS</b>	<b>150 CMS</b>	<b>150 CMS</b>
Outros:			

2/2

## Anexo II – Molde


 Arquivo: X:\audaces\PLANOS\21-CASACO-TEC.amk  
 Data de criação: 2/12/2021 (16:35)  
 Última alteração: 2/12/2021 (16:36)




---

Tecido: 1 Tipo: PLANO Sentido único: Não  
 Fatores de escala(X=1.00,Y=1.00) Peso: 0 g/m<sup>2</sup>  
 Aproveitamento: 45.30% Encaixados: 8/14  
 Comprimento: 853.7479 mm Largura: 1750 mm  
 Rendimento (consumo): 0 mm/pacote (0% de perda)  
 Rendimento (peso): 0 g/pacote (0% de perda)  
 Peso líquido: 0 g/pacote  
 Área usada modelo 21-CASACO-TEC: 0.7598 m<sup>2</sup> (100.00%)  
 Peso líquido modelo 21-CASACO-TEC: 0 g

---

Tamanho	Completos	Moldes encaixados	Modelo
S,XS	0	8	21-CASACO-TEC

---

