Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Bruno Daniel Vieira Gomes

Metodologias de Design para Produtos Têxteis Inteligentes na Área do Desporto

junho de 2022

Metodologias de Design para Produtos Têxteis Inteligentes na Área do Desporto
Bruno Daniel Vieira Gomes
UMinho | 2022

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Bruno Daniel Vieira Gomes

Metodologias de Design para Produtos Têxteis Inteligentes na Área do Desporto

Tese de Doutoramento
Design de Moda

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Helder Carvalho
Professor Doutor Bernardo Providência

junho de 2022

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 RepositórioUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao professor Helder Carvalho, meu orientador científico, pela partilha da sua experiência e conhecimento, assim como, por toda a dedicação ao longo destes anos. Quero agradecer à professora Joana Cunha, por todo a dedicação e ao TSSIPRO pelo apoio financeiro através da bolsa de investigação UMINHO/BI/123/2017.

Ao professor Bernardo Providência, meu coorientador científico, pelo incentivo único à realização deste doutoramento, pela partilha da sua experiência e conhecimento, pela orientação e visão do caminho a percorrer. Não obstante, não poderei esquecer a relação de amizade que este caminho criou.

Aos investigadores André Paiva, Elena Osswald e Ana Cunha, muito obrigado pelo tempo e pelos ensinamentos que me deram, assim como, a oportunidade de realização.

Em especial à minha família, pela liberdade dada ao longo de toda a minha vida, pela disponibilidade e compreensão demonstrada ao longo de todo o meu percurso profissional.

Por último, um agradecimento especial à Ana Faria e à Rosana Alexandre, por estarem ao meu lado quando foi preciso, pela motivação, paciência e por toda ajuda.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados. Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 28 de novembro de 2021
Nome completo: Bruno Daniel Vieira Gomes

Assinatura: 

Metodologias de Design para Produtos Têxteis Inteligentes na Área do Desporto

Resumo

Apesar das fortes implicações no campo interdisciplinar da interação humano-computador (HCI), tem havido um movimento para que a roupa desportiva acolha no seu design inúmeras inovações, tanto nas tecnologias eletrónicas, como nos materiais e acabamentos. Posicionando-se audaciosamente entre o design de moda e os dispositivos vestíveis, estas roupas discorrem entre as tecnologias da informação e comunicação (ICT) e as plataformas da internet das coisas (IoT), trazendo benefícios e funcionalidades, consequentemente novas características de interação entre a roupa e o utilizador.

Nesse contexto, e no âmbito das atividades do projeto TSSIPRO – *Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products*, obteve-se o desenvolvimento de conhecimento através de dois estudos de caso, tendo cada um destes sido acompanhado por um método. O estudo "Smartsuit", que foi orientado pelo método Duplo Diamante, teve como foco o ciclismo. Corresponde a um contacto introdutório e multidisciplinar ao processo de design de vestuário inteligente para o desporto. Permitiu através da experiência empírica, experimental, pessoal do autor, o design e a prototipagem de um *skinsuit* com elétrodos integrados capazes de monitorizar a frequência cardíaca por eletrocardiografia (ECG). O estudo "Avantgarde" foi orientado pelo método Design Centrado no Utilizador, e teve como foco a esgrima. Corresponde já a uma maturação da temática e identifica os requisitos do utilizador. Permitiu através da experiência conceptual, teórica, metódica e organizada do autor, a conceptualização de um uniforme inteligente com sensor de pressão piezoresistivo flexível integrado no têxtil capaz de capturar o desempenho do toque da arma, facilitando a arbitragem e pontuação do jogo. Dispõe ainda de sensores inerciais (IMU) acoplados no têxteis capazes de capturar e rastrear os movimentos do atleta através da transposição do movimento para um modelo digital. Aqui, foi possível, a seleção e avaliação das tecnologias vestíveis através da agnição de dados quantitativos e qualitativos fornecidos pelos utilizadores.

Esta tese contribui para o crescente corpo de pesquisa sobre o uso de computadores vestíveis para a atividade desportiva. Através do utilizador enfatiza-se inovação, usabilidade e design. Mais especificamente, valida o interesse de atletas e treinadores de esgrima, por tecnologias com sensores de pressão e inerciais. Ao nível do processo de design possibilitou investigar e avaliar através de dois modelos destintos e, portanto, identificar as suas diferenças e limitações.

Palavras-chave: ciclismo; design; desporto; esgrima; e-têxteis; roupas inteligentes; vestibilidade

Design Methodologies for Smart Textile Products in the Field of Sport

Abstract

Despite the substantial implications in the interdisciplinary field of human-computer interaction (HCI), there has been a movement for sportswear to embrace numerous innovations in its design, both in electronic technologies and in materials and functionalisation. Audaciously situated between fashion design and wearable devices, these clothes roam between information and communications technology (ICT) and the internet of things (IoT) platforms, bringing benefits and functionalities, consequently new features of interaction between clothing and the user.

In this context, and within the scope of the activities of the TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products, the development of knowledge was obtained through two case studies, each of which was accompanied by a method. The "Smartsuit" study, which was guided by the Double Diamond method, focused on cycling. It corresponds to an introductory and multidisciplinary contact to the process of designing smart garments for sport. Through the author's empirical, experimental, personal experience, it allowed the design and prototyping of a skinsuit with embedded electrodes capable of monitoring heart rate by electrocardiogram (ECG). The "Avantgarde" study was guided by the User-Centered Design method and focused on fencing. It corresponds to a maturation of the theme and identifies the user's requirements. It allowed, through the author's conceptual, theoretical, methodical, and organized experience, the conceptualization of a smart uniform with a flexible piezoresistive pressure sensor integrated into the textile capable of capturing the performance of the weapon's touch, facilitating the refereeing, and scoring of the game. It also features with inertial sensors (IMU) coupled to the textiles capable of capturing and tracking the athlete's movements by transposing the movement to a digital model. Here, it was possible to select and evaluate the wearable technologies through the analysis of quantitative and qualitative data provided by users.

This thesis contributes to the growing body of research on the use of wearable computers for sports activities. Through the user, innovation, usability, and design are emphasized. More specifically, it validates the interest of athletes and fencing coaches in pressure and inertial sensor technologies. At the level of the design process, it made possible to investigate and evaluate through two distinct models and, therefore, identify their differences and limitations.

Keywords: cycling; design; sports; fencing; e-textiles; smart garments; wearability

Índice

1. Introdução 1

1.1. Relação da tecnologia vestível com o utilizador 2

1.2. Integração de tecnologias têxteis eletrónicas no desporto 4

1.3. Objetivos de pesquisa 8

1.4. Abordagem de pesquisa 11

1.4.1. Abordagem aplicada no primeiro estudo de caso 12

1.4.2. Abordagem aplicada no segundo estudo de caso 13

1.4.3. Visão geral das atividades realizadas 15

1.5. Estrutura de tese 18

PARTE 1. Fundamentos Teóricos 21

2. Revisão da literatura sobre roupas inteligentes para desporto 22

2.1. Enquadramento 23

2.2. Sensores, atuadores e condutores 26

2.2.1. Sensores 28

2.2.2. Atuadores 29

2.2.3. Condutores 31

2.3. Design de roupas inteligentes 31

2.4. Elementos para a construção de um sistema interativo inteligente 42

2.5. Perspetivas do designer sobre o consumidor 43

2.6. Considerações finais 45

3. Revisão sistemática sobre a vestibilidade de e-têxteis para desporto 47

3.1. Enquadramento 48

3.2. Método 50

3.2.1. Estratégia de pesquisa sistemática 50

3.2.2. Processo de seleção dos artigos 51
3.2.3. Processo de extração de dados 53
3.3. Resultados 53
3.3.1. Pesquisa em bases de dados 53
3.3.2. Estrutura taxonómica 61
3.3.3. Medição de grandezas 62
3.3.4. Tipos de *feedback* 64
3.3.5. Tipos de aplicações 65
3.3.6. Posicionamento dos sensores/elétrodos ou atuadores 66
3.3.7. Vestibilidade da tecnologia 67
3.4. Discussão 68
3.5. Considerações finais 69
PARTE 2. Estudos de Caso 71
4. Design e desenvolvimento de *skinsuit* inteligente para ciclismo 72
4.1. Enquadramento 72
4.2. Materiais e métodos 74
4.2.1. Processo de design 74
4.2.2. Usabilidade 75
4.2.3. Definição do conceito 76
4.2.4. Escolha do e-têxtil 77
4.2.5. Prototipagem do *skinsuit* 80
4.3. Resultados 89
4.4. Discussão 89
4.5. Considerações finais 90
5. Projetar o futuro do vestuário de esgrima inteligente 91
5.1. Processo de design 92

5.2. Enquadramento 93
5.2.1. Contextualização 93
5.2.2. Perguntas e objetivos de pesquisa 95
5.2.3. Vestuário de esgrima 95
5.3. Fundamentos sobre a satisfação do utilizador 97
5.4. Método de recolha de dados 98
5.4.1. Amostragem 98
5.4.2. Estruturação do inquérito 103
5.4.3. Descrição e análise temática dos dados recolhidos 106
5.4.4. Codificação e análise temática 108
5.5. Resultados 112
5.6. Discussão 116
5.7. Considerações finais 117
6. Conceptualização da próxima geração de uniforme de esgrima 118
6.1. Enquadramento 118
6.2. Materiais e métodos 121
6.2.1. Fabrico de sensor piezoresistivo impresso em têxtil flexível 121
6.2.2. Modelagem do colete interno 126
6.3. Aquisição do Rokoko Smartsuit Pro ™ 128
6.4. Conceptualização do uniforme de esgrima 131
6.4.1. Modelagem do uniforme 134
6.5. Resultados 135
6.6. Discussão 137
6.7. Considerações finais 137
7. Validação do conceito desenvolvido através do utilizador 138
7.1. Enquadramento 139

7.2. Avaliação das tecnologias selecionadas para o uniforme de esgrima 141

7.2.1. Escolha dos participantes 141

7.2.2. Construção da estrutura de avaliação 146

7.2.3. Descrição e análise dos dados recolhidos 150

7.3. Avaliação do conceito para o uniforme de esgrima 151

7.3.1. Questionário AttrakDiff mini 151

7.3.2. Seleção dos participantes 152

7.3.3. Estrutura de avaliação 154

7.3.4. Descrição e análise dos dados recolhidos 154

7.4. Resultados 154

7.4.1. Avaliação das tecnologias selecionadas 154

7.4.2. Avaliação do conceito de uniforme de esgrima 167

7.5. Discussão 170

7.6. Considerações finais 171

8. Discussão geral dos resultados 173

9. Conclusão 176

9.1. Síntese de resultados 176

9.2. Principais contributos 179

9.3. Limitações do estudo 180

9.4. Sugestões para investigação futura 180

Bibliografia 182

Apêndices 199

Anexos 219

Publicações 228

Lista de Siglas e Abreviaturas

ACM – *Association for Computing Machinery* - Associação para máquinas de computação

APP – Aplicação móvel

AT – Atratividade

BSN – *Body Sensor Network* - Rede corporal de sensores

CD – *Compact Disc* - Disco compacto

DAQ – *Data Acquisition Board* - Placa de aquisição de dados

ECG – Eletrocardiografia

EDA – *Electrodermal Activity* - Atividade eletrodérmica

EEG – Eletroencefalografia

EMG – Eletromiografia

FBG – *Fiber Bragg Grating* - Fibra ótica de rede de Bragg

FC – Frequência cardíaca

FIE – Federação Internacional de Esgrima

FPE – Federação Portuguesa de Esgrima

FR – Frequência respiratória

FSR – *Force-Sensing Resister* - Resistores sensíveis à força

GPS – *Global Positioning System* - Sistema de posicionamento global

GPRS – *General Pack Radio Service* - Serviço de rádio de pacote geral

GSA – Gasometria arterial

GSR – *Galvanic Skin Response* - Resposta galvânica da pele

HCI – *Human-Computer Interaction* - Interação homem-computador

IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos

ICT – *Information and Communications Tecnology* - Tecnologia da informação e comunicação

IMI – *Intrinsic Motivation Inventory* - Inventário de motivação intrínseca

IMU – *Inertial Measurement Unit* - Unidades de medição inercial

IoT – *Internet of Things* - Internet das coisas

IQR – *Interquartile Range* - Intervalo interquartil

KPF – *Knitted Piezoresistive Fabric* - Tecidos piezoresistivos de malha

LAN – *Local Area Network* - Rede de área local

LCD – *Liquid Crystal Display* - Display de cristal líquido

LED – *Light-Emitting Diode* - Díodo emissor de luz

MDN – Mediana

NIRS – *Near-Infrared Spectroscopy* - Espectroscopia no infravermelho próximo

PA – Pressão arterial

PAN – *Personal Area Network* - Rede de área pessoal

PCM – *Phase-Change Material* - Materiais de mudança de fase

pH – Potencial hidrogeniónico

PI – Pressão de interface

QP – Qualidade pragmática

QP – Questão de pesquisa, numerado de 1 a 6

QH-I – Qualidade hedónica-identidade

QH-E – Qualidade hedónica-estímulo

RCAAP - Repositórios científicos de acesso aberto de Portugal

RfD – *Research for Design* - Pesquisa para o design

RFID – *Radio Frequency Identification* - Identificação por radiofrequência

RGB – *Red Green Blue* - Sistema aditivo de cores, vermelho, verde e azul

RtD – *Research through Design* - Pesquisa através do design

SCB – *Signal Conditioning Board* - Placa de condicionamento de sinal

SD – *Standard Deviation* - Desvio padrão

SFIT – *Smart Fabrics and Interactive Textiles* - Tecidos inteligentes e têxteis interativos

SpO2 – Saturação periférica de oxigénio no sangue

SSD – *Solid-State Drive* - Unidade em estado sólido

SUS – *System Usability Scale* - Escala de usabilidade

TAM – *Technology Acceptance Model* - Modelo de aceitação da tecnologia

TC – Temperatura corporal

TPU – *Thermoplastic Polyurethane* - Poliuretano termoplástico

TSSIPRO – *Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products* - Tecnologias para produtos inovadores sustentáveis e inteligentes

UCD – *User Centred Design* - Design centrado no utilizador

WBAN – *Wireless Body Area Network* - Rede de área corporal sem fio

3D – Três dimensões

Lista de Figuras

Figura 1.1. Tecnologias vestíveis e respetivas aplicações (Beecham Research, 2018) 3

Figura 1.2. Interação da tecnologia vestível, interpretado de (Mihaleva & Koh, 2016) 4

Figura 1.3. Diferente aplicação de componentes eletrónicos, adaptado de (Köhler et al., 2011) 5

Figura 1.4. Integração e complexidade, adaptado de (Catrysse, Pirotte, & Puers, 2007) 6

Figura 1.5. Arquitetura de uma roupa inteligente, adaptado de (Muhammad Sayem et al., 2020) 7

Figura 1.6. Requisitos de design das roupas inteligentes, adaptado de (Lemey et al., 2018) 8

Figura 1.7. Natureza técnica do artefacto, adaptado de (Kroes, 2002) 11

Figura 1.8. Duplo Diamante, adaptado de (Council, 2007) 12

Figura 1.9. Design Centrado no Utilizador, adaptado de (Interaction Design Foundation, 2017) 13

Figura 1.10. Conjugação da RfD e RtD, adaptado de (Golsteijn, Hoven, Frohlich, & Sellen, 2014) 14

Figura 1.11. Visão geral das atividades realizadas 16

Figura 1.12. Estrutura de tese 19

Figura 2.1. Lei de Moore: Nº de transístores num chip duplica a cada dois anos (Roser & Ritchie, 2013) .. 23

Figura 2.2. Relações entre tecnologias vestíveis, adaptado de (Dunne et al., 2005) 24

Figura 2.3. Evolução das diferentes gerações, adaptado de (Hughes-Riley et al., 2018) 25

Figura 2.4. Localização da tecnologia vestível, adaptado sobre imagem (Zeagler, 2017) 28

Figura 2.5. Smart Shirt Wearable Motherboard ™ (Jayaraman & Park, 2001) 32

Figura 2.6. Casaco inteligente Jacquard ™ (Tanimura, 2016) 36

Figura 2.7. Detalhe de têxtil háptico e componentes eletrónicos de Jacquard ™ (Tanimura, 2016) 36

Figura 2.8. T-shirt BioMan+ (AiQ, 2013) 40

Figura 2.9. Smart T-shirt (OMsignal, 2014) 40

Figura 2.10. Smart Bra (Adidas, 2015) 40

Figura 2.11. PoloTech ™ Shirt (Ralph Lauren, 2015) 41

Figura 2.12. Men's Kit (Athos, 2015) 41

Figura 2.13. Smart Shirt (Hexoskin, 2016) 41

Figura 2.14. Material Inteligente e Tecnologia Inteligente, adaptado de (Berglin, 2008) 42

Figura 2.15. Terceira geração do capacete airbag (Hövding, 2019) 46

Figura 3.1. Principais etapas do sistema inteligente, adaptado de (Rault et al., 2017) 48

Figura 3.2. Fluxograma da revisão sistemática, adaptado de PRISMA (Moher et al., 2009) 52

Figura 3.3. Taxonomia dos sistemas vestíveis inteligentes apurados nos 32 artigos 61

Figura 3.4. Visão global das tecnologias apuradas nos 32 artigos 63

Figura 3.5. Posicionamento das tecnologias apuradas nos 32 artigos 66

Figura 3.6. Combinação de tecido e biopele sintética responsiva (Yao, Wang, et al., 2015) 68

Figura 3.7. Combinação de tecido e ar comprimido (Ou et al., 2016) 69

Figura 4.1. Cinta torácica do dispositivo de frequência cardíaca Mo-fit (Amazon, 2019) 73

Figura 4.2 Aplicação do modelo Duplo Diamante, adaptado de (Nessler, 2018) 74

Figura 4.3 Estrada, contrarrelógio, pista (Connellan, 2019), montanha e ciclocrosse (Santos, 2019) .. 75

Figura 4.4. Dimensões do *skinksuit*, adaptado de (Paiva, Vieira, et al., 2019) 76

Figura 4.5. Dispositivo BBB - Bluetooth 4.0 (BBB Cycling, 2018) 77

Figura 4.6. Banda elástica com tecido condutor 78

Figura 4.7. Banda elástica com tecido condutor costurado 78

Figura 4.8. Banda elástica com tecido condutor e esponja 78

Figura 4.9. Banda elástica com malha condutora 79

Figura 4.10. Banda elástica com silicone condutor 79

Figura 4.11. Banda elástica com tinta condutora 79

Figura 4.12. Modelagem do segundo protótipo 80

Figura 4.13. Primeiro modelo em papel e desenhos 81

Figura 4.14. Segundo protótipo, e-têxtil escolhido e dispositivo BBB – Bluetooth 4.0 82

Figura 4.15. Elétrodo e circuito interior impresso e estampa exterior em TPU 83

Figura 4.16. Exterior do terceiro protótipo 84

Figura 4.17. Interior do terceiro protótipo 85

Figura 4.18. Pormenor de ombro sem costura do terceiro protótipo 86

Figura 4.19. Vestibilidade do terceiro protótipo 87

Figura 4.20. Posição do dispositivo BBB – Bluetooth 4.0 no terceiro protótipo 88

Figura 4.21. Captura de ecrã durante a utilização da aplicação móvel BBB Bikeboard 89

Figura 5.1. Aplicação do modelo UCD, adaptado de (Interaction Design Foundation, 2017) 92

Figura 5.2. Uniforme de esgrima: 1º florete; 2º sabre e 3º espada (Leon Paul London, 2019) 93

Figura 5.3. Pormenores de confeção dos uniformes (Leon Paul London, 2019) 96

Figura 5.4. Modelo proposto, adaptado de (Norman, 2004, p.22; Lamb & Kallal, 1992, p.42) 98

Figura 5.5. Dados gerais do inquérito 100

Figura 5.6. Treino de juniores no Sport Club do Porto 101

Figura 5.7. Uniformes utilizados no Sport Club do Porto 102

Figura 5.8. Treino de juniores na Academia de Esgrima João Gomes 103

Figura 5.9. Ocorrência de cada código, examinadas pelo tamanho de sua representação 109

Figura 5.10. Resumo dos resultados da primeira secção sobre Requisitos Funcionais 112

Figura 5.11. Resumo dos resultados da segunda secção sobre Requisitos de Design 113

Figura 5.12. Resultados sobre o nível de entendimento sobre roupas inteligentes 114

Figura 5.13. Resultados sobre as tecnologias que o utilizador incorporaria 114

Figura 5.14. Resultados sobre o equipamento atualmente usado 115

Figura 5.15. Resultados sobre as marcas que os utilizadores preferem 116

Figura 6.1. Sistema elétrico de pontuação 120

Figura 6.2. Sistema de pontuação wireless para a prática de esgrima sem fios (Lane, 2017) 120

Figura 6.3. Dimensões do colete interno inteligente, tamanho M 121

Figura 6.4. Vista explodida do sensor com uma estrutura de 3 camadas 122

Figura 6.5. Processo de serigrafia, abertura de quadro 15 cm x 15 cm 123

Figura 6.6. Processo de serigrafia, colocação de camada piezoresistiva 124

Figura 6.7. Processo de serigrafia, utilização de mesa de impressão com sistema magnético 124

Figura 6.8. Processo de serigrafia de camada piezoresistiva, tinta sobre tecido de algodão 125

Figura 6.9. Utilização de florete para teste de sensor com tamanho 2.5 x 2.5 cm 126

Figura 6.10. Modelagem do colete interno 127

Figura 6.11. Modelagem bidimensional do colete interno 127

Figura 6.12. Rokoko Smartsuit Pro ™ (Rokoko Electronics, 2020) 128

Figura 6.13. Captura de ecrã durante a utilização do *software* Rokoko Studio 130

Figura 6.14. Resumo das observações 131

Figura 6.15. Uniforme de florete masculino de nível 1, adaptado (Allstar International, 2020) 132

Figura 6.16. Conceito para o uniforme de esgrima 133

Figura 6.17. Modelagem bidimensional do uniforme de esgrima 134

Figura 6.18. Informação adquirido de LabVIEW, gravação de diferentes forças de pressão 135

Figura 6.19. Informação adquirida de Rokoko Studio, gravação de adução de braço direito 136

Figura 7.1. Arquitetura do conceito "Avantgarde" 139

Figura 7.2. Funcionamento do hipotético *feedback* 140

Figura 7.3. Meios utilizados no exercício da atividade 143

Figura 7.4. Vestuário inteligente usado no exercício da atividade 144

Figura 7.5. Exercício com Rokoko Smartsuit Pro ™ 145

Figura 7.6. Exercício com colete protótipo 145

Figura 7.7. Género dos participantes 153

Figura 7.8. Escalões etários dos participantes 153

Figura 7.9. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (IMI) 157

Figura 7.10. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (SUS) 161

Figura 7.11. Ocorrência de cada código, examinadas pelo tamanho de sua representação 163

Figura 7.12. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (TAM) 166

Figura 7.13. Média das respostas em cada subescala (AttrakDiff mini) 169

Figura 7.14. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (AttrakDiff mini) 170

Figura 8.1. Novo modelo para o design de vestuário desportivo inteligente..... 174

Lista de Tabelas

Tabela 1. Lista de sinais básicos percecionados por sensores....27

Tabela 2. Lista de tipos de sensores....29

Tabela 3. Lista de tipos de atuadores....30

Tabela 4. Lista de projetos financiados pelo Sexto e Sétimo Programa-Quadro da União Europeia....34

Tabela 5. Lista de projetos desenvolvidas entre 1998–2016....37

Tabela 6. Lista de elementos de um sistema inteligente....43

Tabela 7. Perspetiva do designer, adaptado de (Perry et al., 2017)....44

Tabela 8. Estratégia de busca, artigos publicados entre Jan.2009–Jan.2019....51

Tabela 9. Pesquisa em bases de dados e lista de artigos....54

Tabela 10. Classificação de tipos de *feedback*....64

Tabela 11. Classificação de aplicações....65

Tabela 12. Vestibilidade da tecnologia têxtil eletrónica....67

Tabela 13. Primeira secção – Requisitos Funcionais....104

Tabela 14. Segunda secção – Requisitos de Design....105

Tabela 15. Terceira secção – Visão Futura....106

Tabela 16. Aspetos quantitativos e qualitativos....107

Tabela 17. Atribuição de momentos significativos em códigos....110

Tabela 18. Ordens de códigos de justificativa e trechos de entrevistas selecionados....111

Tabela 19. Sistemas inerciais de captura de movimentos....129

Tabela 20. Sistemas óticos de captura de movimentos 129

Tabela 21. Pontuação QuickDASH incapacidade/sintomas 142

Tabela 22. Atividade desempenhada pelos esgrimistas 143

Tabela 23. Questões do inquérito – Inventário de motivação intrínseca (IMI) 147

Tabela 24. Questões do inquérito – Escala de usabilidade (SUS) 148

Tabela 25. Questões da entrevista – Funcionamento da tecnologia e preferência de feedback 148

Tabela 26. Questões do inquérito – Modelo de aceitação da tecnologia (TAM) 149

Tabela 27. Traduções para os 10 itens do AttrakDiff mini 152

Tabela 28. Resumo do coeficiente de alfa 155

Tabela 29. Estatísticas descritivas para todos os itens da motivação intrínseca 156

Tabela 30. Pontuação pelo método SUS para a captura dos movimentos 158

Tabela 31. Pontuação pelo método SUS para a pressão de toque 158

Tabela 32. Resumo do coeficiente de alfa, captura de movimentos 159

Tabela 33. Resumo do coeficiente de alfa, tecnologia de pressão do toque 159

Tabela 34. Estatísticas descritivas para todos os itens da usabilidade da captura dos movimentos ... 160

Tabela 35. Estatísticas descritivas para todos os itens da usabilidade da pressão de toque 160

Tabela 36. Atribuição de momentos significativos em códigos 163

Tabela 37. Ordens de códigos de justificativa e trechos de entrevistas selecionados 164

Tabela 38. Resumo do coeficiente de alfa 165

Tabela 39. Estatísticas descritivas para todos os itens da aceitação da tecnologia 166

Tabela 40. Resumo do coeficiente de alfa e correlação inter-item 167

Tabela 41. Estatísticas descritivas para todos os itens da escala AttrakDiff mini. 168

1. Introdução

As atividades de investigação do design abrangem várias tarefas de desenvolvimento e conhecimento científico. Estas visam testar/desenvolver metodologias de design no desenvolvimento de wearables, com estudos de caso em dois wearables desportivos, nomeadamente no design de um *skinsuit* para o ciclismo, bem como, o design conceptual de um uniforme para a esgrima, através da aplicação de tecnologias inteligentes de base têxtil desenvolvidas ou adquiridas no decurso da pesquisa.

Segundo Rambausek (2014), os têxteis inteligentes e as roupas inteligentes (i.e., tecnologias vestíveis), um conceito também conhecido por "*Wearable Computing"* (i.e., computação vestível), são hoje já afamados na comunidade do sector têxtil. Uma indústria que não apenas vê uma oportunidade no desenvolvimento de uma nova categoria de produtos, como juntamente com as indústrias relacionadas compreende que a aposta nos produtos têxteis inteligentes poderá ser uma chave para o futuro. No editorial *"Wearable computing techniques for smart health"*, Kumar, Paul, & Chen (2020) sintetizam a computação vestível como o estudo ou a prática de inventar, projetar e contruir, através da miniaturização de dispositivos computacionais e sensores suportados pelo corpo. Dispositivos que poderão fornecer informação específica e limitada, como monitorizar a frequência cardíaca, medir a velocidade de marcha ou até funções mais avançadas. Um "computador vestível" que, segundo Mann (1996), pode ser usado por baixo, sobre ou em roupas (i.e., roupas inteligentes).

As roupas inteligentes fazem parte de um novo foco de atenção que discorre entre as tecnologias da informação e comunicação (ICT) (Ferscha, Lukowicz, & Zambonelli, 2014; Buchwald, Letner, Urbach, & Von Entreß-Fürsteneck, 2018) e as plataformas da internet das coisas (IoT) (Swan, 2012; Hiremath, Yang, & Mankodiya, 2014; Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2018). Para Post & Orth (1997), a combinação de áreas e ramos de atividade levam à evolução e criação de novos produtos, solucionando desafios que oferecem novas oportunidades de negócio, desafios estes que carecem de investigação, desenvolvimento, experimentação e validação. Nesta perspetiva, as roupas inteligentes encontram-se audaciosamente posicionadas entre a tecnologia e o design, para além das fortes implicações na esfera interdisciplinar da interação humano-computador (Lupton, 2014), das tecnologias têxteis eletrónicas, do design de interação e da vestibilidade. Sendo a interação humano-computador (HCI) uma prática multidisciplinar que se foca em ambas as interações entre o utilizador e o computador (*hardware* e *software*), bem como no design da interface do computador com o objetivo de criar sistemas acessíveis, funcionais, eficientes e de interação segura. Apesar do design da interface digital não ser aprofundado

no decurso desta pesquisa, facilmente compreendemos que na atividade profissional o designer comete o mesmo tipo de lapsos que o programador quando se esquece de pensar sobre a experiência do utilizador. Segundo Kolko (2011), o design de interação é a criação de uma interlocução de natureza física e emocional entre o utilizador e o produto, sistema ou serviço; manifesta-se na interação entre forma, função e tecnologia. Seja no desenvolvimento de uma roupa, dispositivo ou programa, um dos princípios é criar empatia com o utilizador. Um artefacto funcional torna-se inútil sem utilizador e esforço, tempo e dinheiro terão sido desperdiçados ao longo do processo de design. De acordo com Hekkert & McDonagh (2003), as experiências são únicas, compostas por pequenos atos relacionados com contextos, pessoas e produtos; estas experiências não podem ser projetáveis, apenas as interações com os utilizadores. Para McLellan (2000), design de experiência tem como objetivo criar experiências, não sendo estas apenas funcionais e objetivas, mas também, envolventes, atraentes, memoráveis e agradáveis.

Neste sentido, a premissa fundamental desta pesquisa é abordar práticas para um "bom design" de um uniforme inteligente para esgrima. Um processo de design focado no utilizador onde é preponderante a aplicação do modelo Design Centrado no Utilizador (*User Centred Design* – UCD), através de ferramentas que se relacionam com o utilizador e misturam métodos de investigação por questionário, entrevista e observação de forma a analisar e conhecer o que pode funcionar ou não, para melhorar o design. Envolvendo assim o utilizador nas fases do processo de design e avaliação.

Este capítulo encontra-se dividido em cinco secções. Começa por descrever a relação da tecnologia vestível com o utilizador, seguido da integração das tecnologias têxteis eletrónicas que deram origem a esta pesquisa. Numa terceira secção aborda-se a formulação do problema e dos objetivos, seguido da enunciação da metodologia de pesquisa utilizada, por último descreve-se a estrutura adotada.

1.1. Relação da tecnologia vestível com o utilizador

Segundo Schifferstein & Hekkert (2008, p.1), vivemos rodeados por artefactos e serviços, criados pelo homem para atender a algum propósito, transportar de um lugar para outro, comunicar com alguém, proteger, divertir e assim por diante; é durante esta interação e processamento de informação que experimentamos uma ou mais emoções resultantes de uma ligação afetiva ao produto. Não obstante a forma como se interage com o artefacto, usamos os sentidos (i.e., visão, audição e tato) para o perceber, comunicamos com ele (i.e., toque e voz), utilizando neste processo de interação o nosso sistema

cognitivo. Num cenário crescente de qualidade de vida e consequente aumento da exigência do utilizador, associada à evolução tecnológica, exige-se cada vez mais desempenho e design. É fundamental inovar e potencializar novos conceitos, dotar as roupas de funções diferenciadoras que complementem a experiência do utilizador e, embora cada artefacto possua uma integração específica da tecnologia, a procura de novas tipologias tem feito emergir a integração de novos sistemas eletrónicos.

O mercado de dispositivos vestíveis é mais diversificado do que à partida se possa imaginar. Através da empresa Beecham Research, Ltd. é possível compreender a dimensão das tecnologias vestíveis, tanto diversificadas, como diferenciadas pelas funções e setores de aplicação (Figura 1.1). Seja para melhorar operações de negócios, segurança, médica, bem-estar, desporto, estilo de vida, comunicação e beleza.

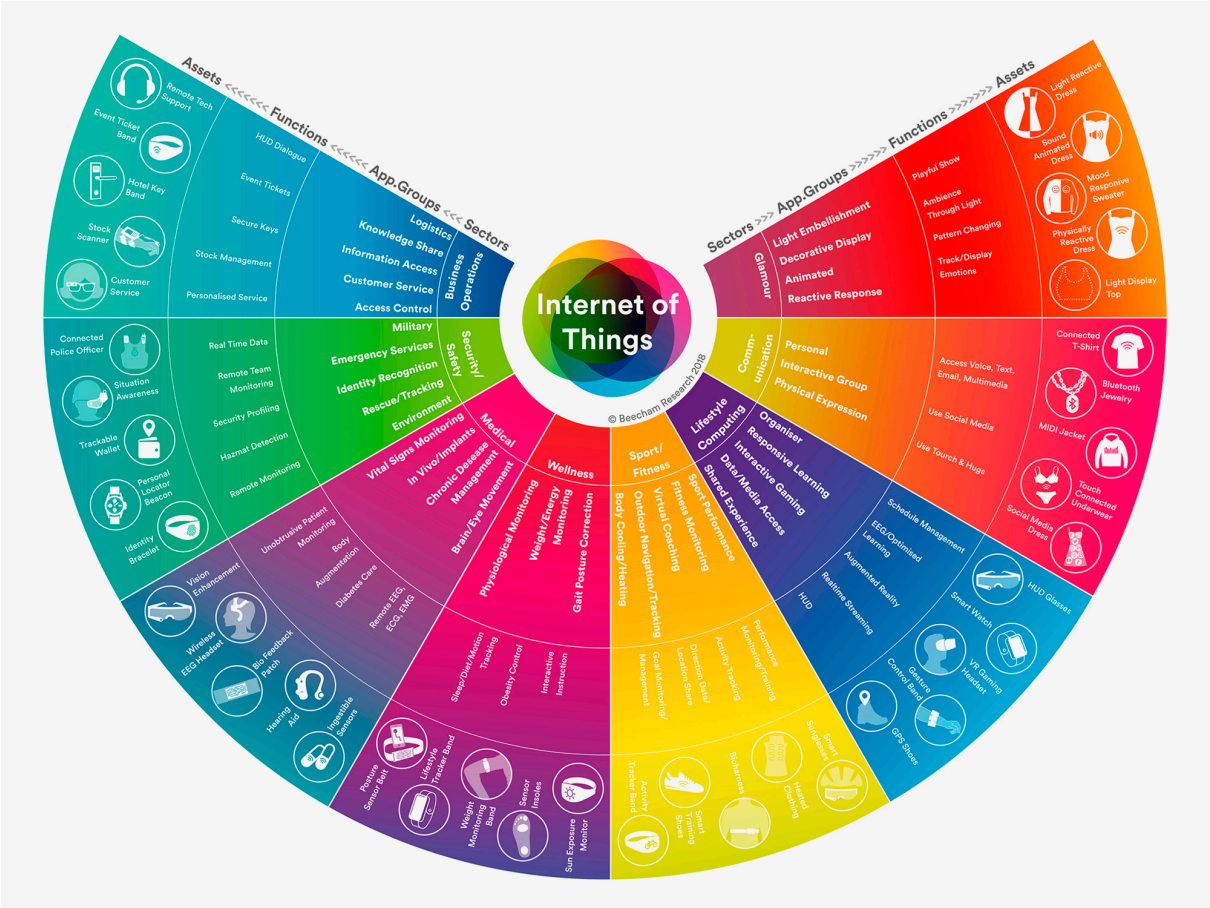


Figura 1.1. Tecnologias vestíveis e respetivas aplicações (Beecham Research, 2018)

De acordo com o relatório de Harrop, Hayward, Das, & Holland (2015), existem dois modelos principais de tecnologias vestíveis: os dispositivos vestíveis (e.g. relógios inteligentes) e as roupas (e.g. *T-shirts* inteligentes). Especificamente nas roupas ocorre sobretudo a integração de componentes eletrónicos convencionais usando periféricos como o telefone inteligente ou variantes. Para Mihaleva & Koh (2016)

o corpo humano é um recetor biológico, e enquanto interface adicional a tecnologia vestível permite a interação entre corpo, roupa e ambiente (Figura 1.2).

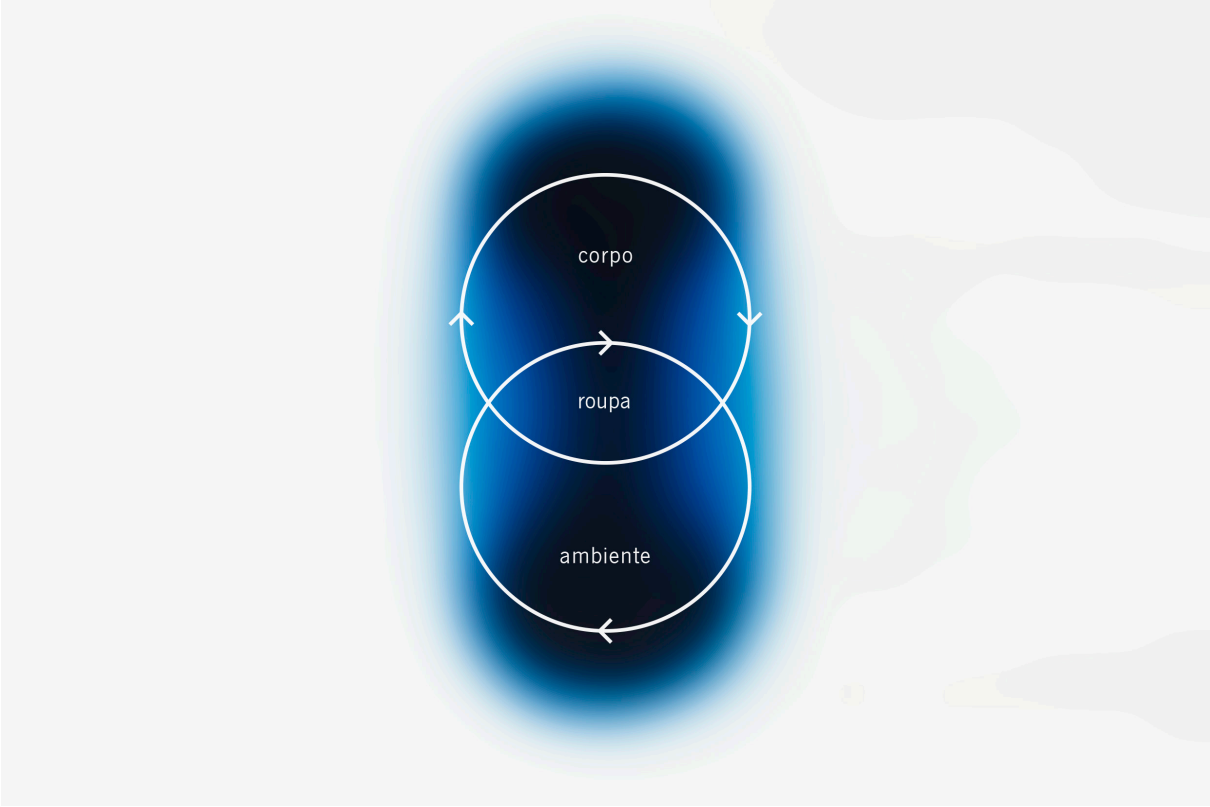


Figura 1.2. Interação da tecnologia vestível, interpretado de (Mihaleva & Koh, 2016)

A roupa exerce uma conexão íntima com o corpo humano, tanto no aspeto físico, como social e visual. É esta conexão que se almeja estudar através da integração de tecnologias vestíveis na roupa desportiva, uma indústria potencialmente interessada no desenvolvimento de novos paradigmas. Considerando a especificidade do tema que se investiga, o utilizador e a natureza das questões colocadas pela investigação, sendo possível desenvolver uma abordagem metodológica ponderada que auxilie o designer a projetar neste sector de inovação.

1.2. Integração de tecnologias têxteis eletrónicas no desporto

No contexto atual os sistemas vestíveis evoluem para a segunda geração, descrita como *Wearables* 2.0. A primeira geração *Wearables* 1.0. considera acessórios eletrónicos como sistemas vestíveis (e.g., relógios e pulseiras). Segundo Chen et al. (2016), os *Wearables* 2.0 são tecnologias que podem ser entendidas como roupas diárias, que fornecem funções e serviços de alto desempenho, incorporam na sua estrutura têxtil sensores e módulos de processamento. De acordo com Stoppa & Chiolerio (2014) os

têxteis eletrónicos ou e-têxteis, são tecidos que incorporam eletrónica, interconexões tecidas e apresentam flexibilidade física, sendo intrínseco ao tecido as suas interconexões e componentes. Traduzindo-se em requisitos de deteção, comunicação e interconexão de sensores e módulos eletrónicos, representando um recurso útil para um melhor conhecimento do contexto e seu gerenciamento. Para Mecheels, Breckenfelder, & Schroth (2004), Köhler, Hilty, & Bakker (2011) e Köhler (2013), a aplicação de componentes eletrónicos em superfícies têxteis pode ser delineada segundo três etapas sucessivas de inovação: adoção, integração e combinação, como se observa na Figura 1.3.

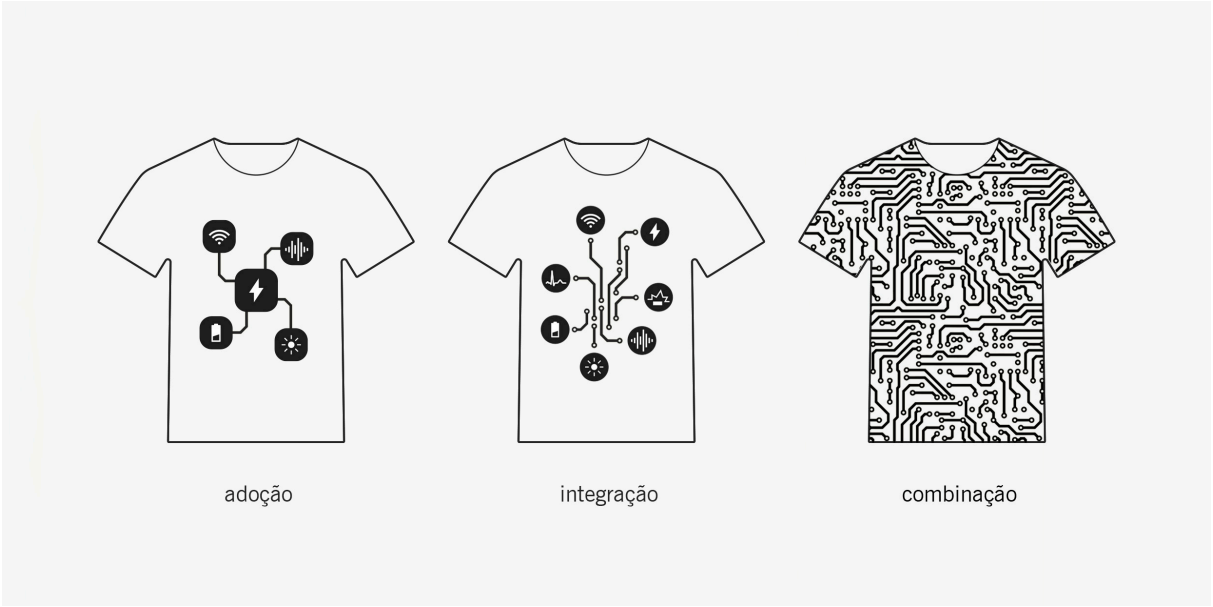


Figura 1.3. Diferente aplicação de componentes eletrónicos, adaptado de (Köhler et al., 2011)

Na primeiro etapa (adoção) os dispositivos eletrónicos são incorporados ou agregados a uma plataforma têxtil, por exemplo, incorporados em bolsos (Ridolfi, Vetter, Solà, & Sartori, 2010). Na segunda e atual etapa (integração) os componentes eletrónicos devem ser fisicamente inseridos no material têxtil, aqui a eletrónica faz parte do tecido, sendo, por exemplo, sensores bordados, integração de fios condutores, placas de circuito costuradas, como o uso de unidades de medida inercial anexadas à roupa a fim de gravar e transpor os movimentos para um modelo digital (Kang et al., 2017). Na terceira etapa (combinação) as estruturas e materiais têxteis passam a ter funções eletrónicas, a tecnologia é assimilada no tecido como parte intrínseca, onde os componentes são tricotados ou tecidos no têxtil, por exemplo, transístores integrados ou em forma de fio, circuitos à base de fibras, fibras fotovoltaicas, e particularmente, elétrodos têxteis integrados para monitorizar a atividade cardíaca e a transpiração (Lage, Catarino, Carvalho, & Rocha, 2015). Mecheels (2004) redefiniu as três etapas sucessivas de inovação como: eletrónica incorporada, textronics e fibertronics (Figura 1.4).

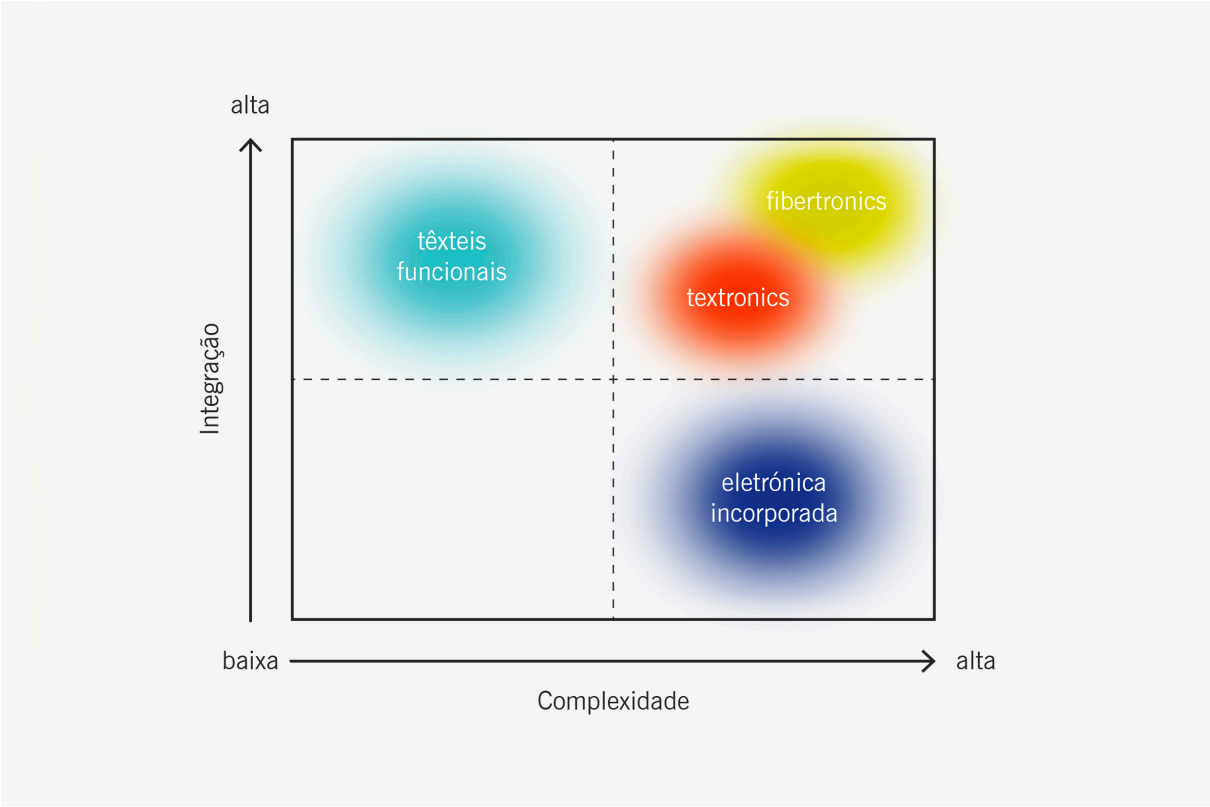


Figura 1.4. Integração e complexidade, adaptado de (Catrysse, Pirotte, & Puers, 2007)

Através da engenharia as tecnologias vestíveis têm se desenvolvido rapidamente, prometendo discrição, conforto e adaptação, onde através de estudos de validação técnica se esforça para alcançar precisão, confiabilidade e eficácia. Segundo Birringer & Danjoux (2009), investigadores na esfera do design de interação, contribuem com importantes ensaios que apostam na experiência interativa e responsiva; permitindo uma interface digital livre entre utilizador e computador, dando-se a introdução de sistemas interativos de rastreio corporal. Por outro lado, Lin & Kreifeldt (2001) indicam que estes sistemas vestíveis exigem uma interface física sofisticada, através da integração no processo de design da ergonomia e do design industrial, o que produzirá produtos de aparência agradável e de funcionalidade superior. Para Patel et al. (2012) várias áreas beneficiam as tecnologias vestíveis, tais como recentes avanços que promovem a miniaturização de sensores, têxteis inteligentes, tecnologia de computação e tecnologias para a captura de movimentos. Segundo Camomilla et al. (2018), estes novos sistemas vestíveis permitem a monitorização contínua do estado fisiológico do utilizador. No desporto, o resultado é um treino acompanhado por um *feedback* útil, intrínseco e oportuno para apoio ao processo de aprendizagem e motivação do atleta, visando colmatar falhas de desempenho. Este *feedback* facultado em tempo real é fornecido por sensores de última geração, portáteis, acessíveis, fáceis de usar, que permitem a execução de tarefas durante a atividade física. A Figura 1.5 ilustra a arquitetura geral de uma

roupa inteligente (Muhammad Sayem, Hon Teay, Shahariar, Luise Fink, & Albarbar, 2020), num cenário de uso universal de um têxtil inteligente (Nesenbergs & Selavo, 2015; Nesenbergs, 2016) e numa relação entre corpo, roupa e ambiente (Mihaleva & Koh, 2016).

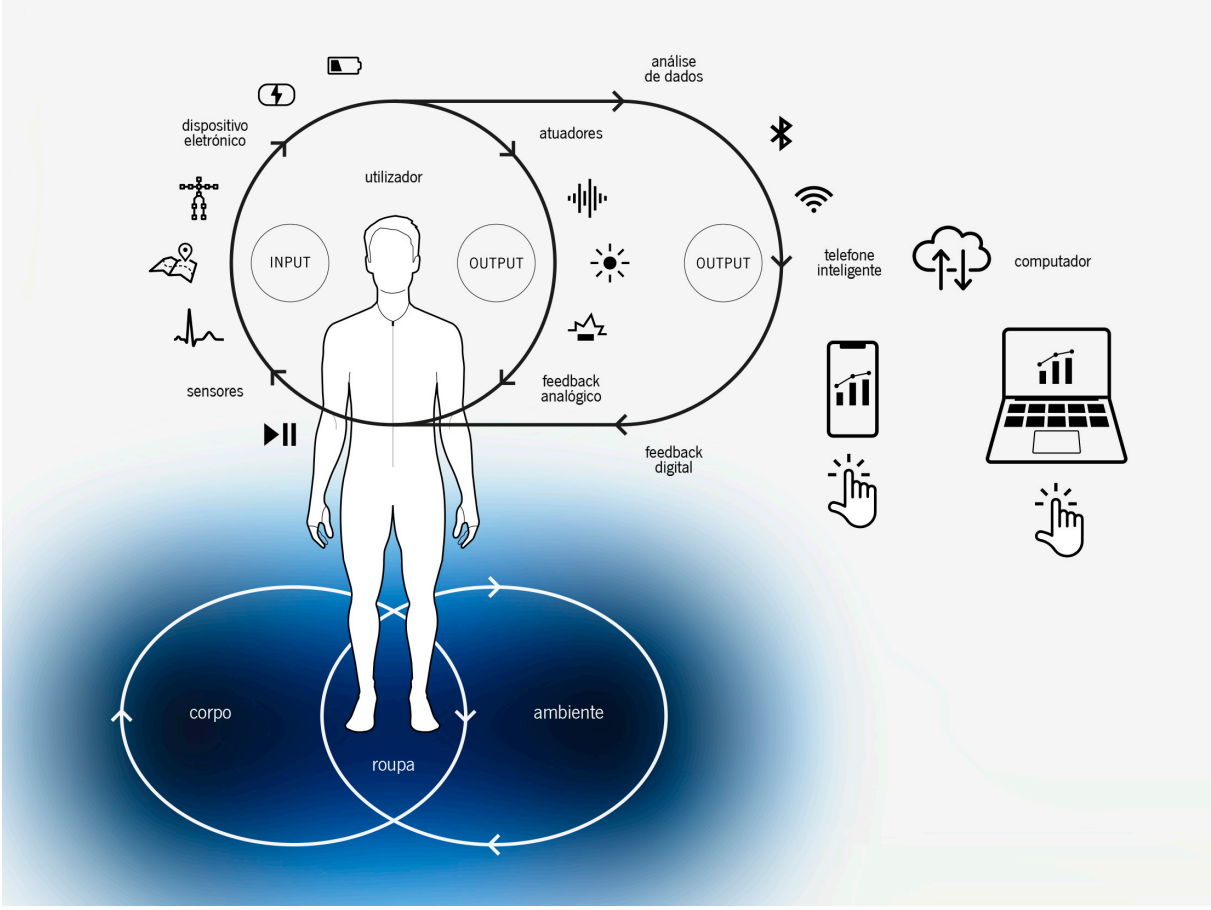


Figura 1.5. Arquitetura de uma roupa inteligente, adaptado de (Muhammad Sayem et al., 2020)

Consideram-se três componentes funcionais: a primeira concentra-se na implementação e viabilidade da tecnologia, por exemplo, soluções de integração de eletrónica nos têxteis (Stoppa & Chiolerio, 2014); a componente seguinte concentra-se na interação com o utilizador, por exemplo, monitorização corporal do utilizador acompanhado por um *feedback* personalizado (Coyle et al., 2010); a última dá ênfase ao serviço e técnicas de análise de dados para possibilitar a comunicação com os utilizadores através da interação humano-nuvem (Chen et al., 2017; Dias & Paulo Silva Cunha, 2018).

Esta visão por detrás da computação vestível prevê que no futuro sistemas eletrónicos sejam parte integrante das nossas roupas cotidianas. De acordo com Hughes-Riley, Dias, & Cork (2018), a segunda geração *Wearables* 2.0. evoluirá com o sensor incorporado na roupa inteligente, resultando em "computadores vestíveis" de terceira ou de próxima geração, onde a roupa em si serve o propósito de

sensor. Segundo Lemey, Agneessens, & Rogier (2018), estes sistemas vestíveis precisam atender a requisitos especiais de vestibilidade e serão caracterizados pelas suas capacidades de reconhecer automaticamente a atividade e o status comportamental do seu utilizador, bem como o contexto da ação à sua volta, usando estas informações para ajustar a configuração e a funcionalidade do sistema. A Figura 1.6 mostra uma visão geral e esquemática sobre os requisitos impostos às roupas inteligentes, onde a integração de funcionalidades adicionais não pode afetar o conforto do utilizador, que se traduz na necessidade de uma roupa discreta, flexível, respirável e leve.

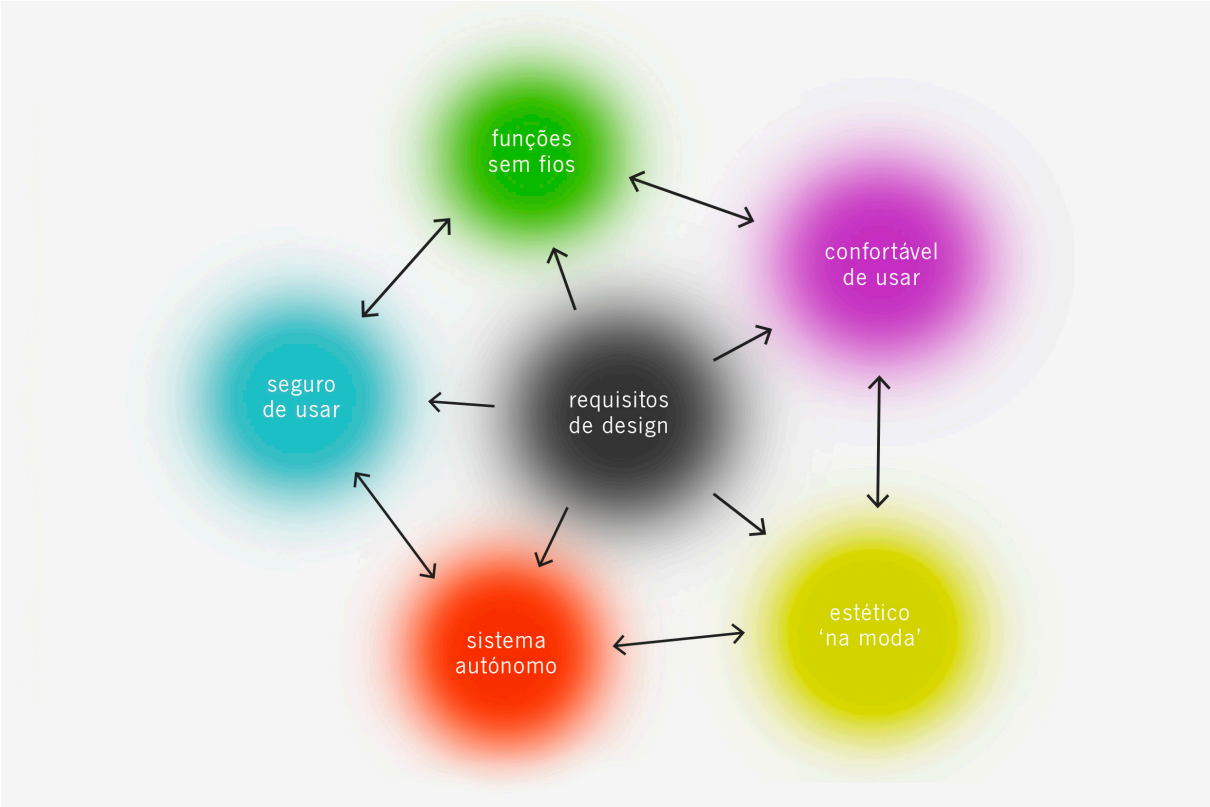


Figura 1.6. Requisitos de design das roupas inteligentes, adaptado de (Lemey et al., 2018)

Estas diferentes interações entre os requisitos funcionais conduzidos pelos objetivos de usabilidade, os requisitos técnicos para a implementação tecnológica e os requisitos sobre a experiência do utilizador objetivam a integração de tecnologias na roupa desportiva atendendo à dimensão visual, bem como tornar o produto, vestível, utilizável, preciso, motivador e, por fim, simples e conveniente de utilizar.

1.3. Objetivos de pesquisa

Apelidado de "e-sportswear" por Yanfen & Pu (2011), o design de vestuário inteligente para a atividade desportiva usufrui de diferentes aplicações tecnológicas. Desde as mais usuais, como a monitorização

cardíaca, através de sensores/elétrodos (ECG) até as mais recentes tecnologias, como o rastreio do toque através de tecidos com atributos piezoresistivos e, a captura dos movimentos corporais através de unidades de medida inercial (IMU). Se por um lado, através do processo de design desenvolve-se cada vez mais sistemas vestíveis ergonómicos de interface física sofisticada que respondem aos requisitos do utilizador, não apenas funcionais, como de significado de comunicação, por outro, através da engenharia têxtil/eletrónica é possível desenvolver novos têxteis e dispositivos eletrónicos de alta precisão e confiabilidade. Sendo este o objeto de pesquisa, divide-se em duas fases distintas:

Numa primeira fase, através de uma revisão de literatura sobre sistemas vestíveis capazes de monitorizar biossinais e informar o utilizador dos dados recolhidos, pretende-se fomentar o design e a prototipagem de um *skinsuit* inteligente para a prática de ciclismo. Consequentemente consolidar conhecimentos sobre a integração de sensores/elétrodos na confeção de e-têxteis, bem como aspetos de funcionalidade, usabilidade e aparência. Estes são conhecimentos fundamentais para dar início ao entendimento científico sobre o que são têxteis eletrónicos e como funcionam.

Numa segunda fase pretende-se conceptualizar um sistema vestível inteligente para a atividade física de esgrima que permita colmatar as necessidades do utilizador. Considera-se que os têxteis eletrónicos são uma importante plataforma de inovação multifuncional. Para dar continuidade à investigação é necessário realizar nos mecanismos de busca existentes uma exaustiva pesquisa sistemática de literatura sobre as tecnologias têxteis eletrónicas indicadas para a atividades desportiva. Após a identificação das tecnologias vestíveis passiveis de serem integradas no têxtil, é fundamental avançar para um processo centrado no utilizador. Com o objetivo de diminuir as barreiras entre o designer e o utilizador, por meio de questionário, entrevista e observação, especifica-se os requisitos de design e obtém-se uma criteriosa seleção de indicadores. Primeiro identifica-se a importância dos requisitos funcionais, como bem-estar, aspetos biomecânicos e valorização (Luo, Mao, Au, Li, & Zhang, 2014); segundo identifica-se a importância dos requisitos de design emocional, de valor comportamental, visceral e reflexivo (Norman, 2004) e requisitos estéticos, de valor funcional, estético e expressivo (Lamb & Kallal, 1992); terceiro, identifica-se elementos de preferência, enumerando marcas de equipamento de esgrima e tecnologias vestíveis, estuda-se como avaliar a satisfação com o equipamento atual, bem como, examina-se o conhecimento do utilizador sobre o que são roupas inteligentes, codificando as suas opiniões e experiências. A partir desta recolha de dados quantitativos e qualitativos, dá-se início ao processo de criação de soluções de design. A fim de chegar a uma solução recíproca é indispensável o contacto direto com o utilizador, pretendendo-se avaliar através do utilizador as tecnologias selecionadas para integrar

na solução e validar o design desenvolvido. Um sistema que num futuro próximo poderá ser simples e conveniente de operar, abordando diferentes tecnologias tanto a nível da experiência responsiva, como interativa.

As principais questões da pesquisa centram-se, portanto, no design centrado no utilizador através do estudo de tecnologias de têxteis inteligentes. Pretende-se alcançar considerações finais que possam levar à discussão um novo modelo de design e potencialmente influenciar futuros estudos em roupas inteligentes para a atividade desportiva, em especial, para a esgrima. Bem como, motivar designers, engenheiros e programadores a contribuírem com projetos relacionados com e-têxteis, alertando para etapas chave no processo de design, maximizando o sucesso destes produtos e colmatando as lacunas de experiência do utilizador entre as necessidades e os objetivos do design (Perry, Malinin, Sanders, Li, & Leigh, 2017).

Sendo assim, a hipótese a testar nesta tese é a seguinte:

- O Design pode contribuir para o desenvolvimento de roupa inteligente mais eficaz na sua função e com mais aceitação por parte do utilizador.

Para testar esta hipótese, terão que se procurar respostas para as seguintes questões de pesquisa:

- QP1 – Qual o panorama do design de roupas inteligentes para o desporto?
- QP2 – Como integrar tecnologia têxtil eletrónica no design de roupas inteligentes?

- QP3 – Quais as tecnologias têxteis eletrónicas indicadas para a atividade desportiva?
- QP4 – Que tecnologias têxteis eletrónicas poderão ser passiveis de aplicar, segundo o utilizador?

- QP5 – Como validar o design e a tecnologia têxtil eletrónica de uma roupa inteligente?
- QP6 – Até que ponto o utilizador está recetivo ao uso de roupas inteligentes?

1.4. Abordagem de pesquisa

Segundo Kroes (2002), os artefactos técnicos têm uma natureza dupla. Por um lado, são objetos físicos, construções feitas pelo homem que podem ser usados para desempenhar uma determinada função; por outro, são objetos intencionais, pois é a função de artefacto técnico que o distingue de objetos físicos naturais, função que apenas tem significado dentro de um contexto de ação humana intencional. No livro "*The sciences of the artificial*", Herbert Simon (1996) argumenta que a ciência do artificial se parecerá com a ciência da engenharia porque esta lida com a síntese das coisas. Em contraste com os cientistas, "o engenheiro e mais particularmente o designer estão preocupados com a forma como as coisas devem ser – como devem ser para atingir os objetivos e funcionar" (Simon, 1996, p.4). Uma das características marcantes dos artefactos técnicos é o facto de poderem ser caracterizados em termos de funções e objetivos. Por outro lado, o ambiente interno e externo de um artefacto é importante porque molda o próprio artefacto. Segundo Simon (1996, p.9) "Um artefacto pode ser considerado um ponto de encontro, uma "interface" nos termos atuais entre um ambiente "interno", a substância e a organização do próprio artefacto, e um ambiente "externo", o ambiente em que ele opera. O ambiente interno é apropriado ao ambiente externo, ou vice-versa, o artefacto servirá ao propósito pretendido.". Já de acordo com Kroes (2002) importa incluir o contexto da ação humana na análise do artefacto técnico porque não faz sentido falar sobre funções técnicas sem referência a um contexto, como se observa na Figura 1.7.

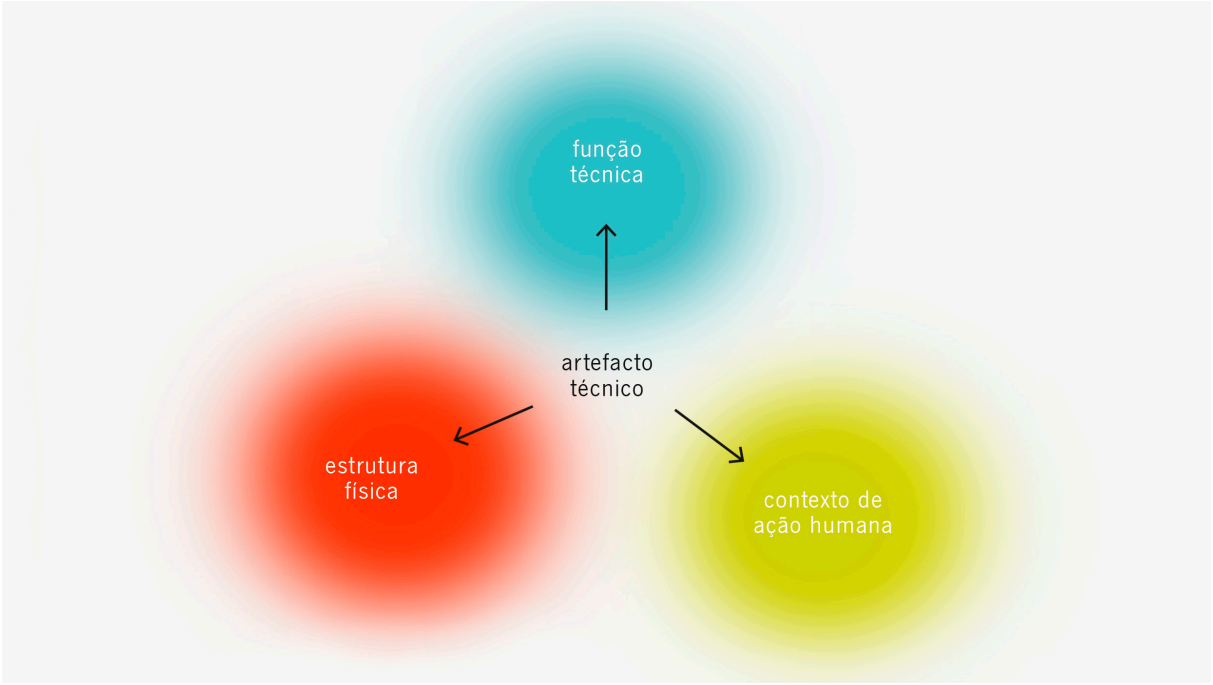


Figura 1.7. Natureza técnica do artefacto, adaptado de (Kroes, 2002)

1.4.1. Abordagem aplicada no primeiro estudo de caso

Preparatória, empírica, experimental e pessoal, baseada na experiência do autor (i.e., ciclista amador), contudo metódica e organizada. A abordagem no primeiro estudo de caso consolida conhecimentos na integração e confeção de sensores/elétrodos e-têxteis, bem como, fundamenta o desenvolvimento de uma tecnologia têxtil eletrónica que apoie a realização de um protótipo. Com o objetivo de criar um artefacto tangível para ciclismo, aplica-se o modelo Duplo Diamante do Design Council, como se observa na Figura 1.8. Um processo de design divergente (diamante aberto) e convergente (diamante fechado) de ideias, não linear, ao mesmo tempo flexível e adaptável, o que garante uma avaliação profunda e completa de possibilidades (Council, 2007). Através deste modelo pretende-se chegar a uma solução assertiva, com maior grau de confiança no design e integração de tecnologia têxtil eletrónica.

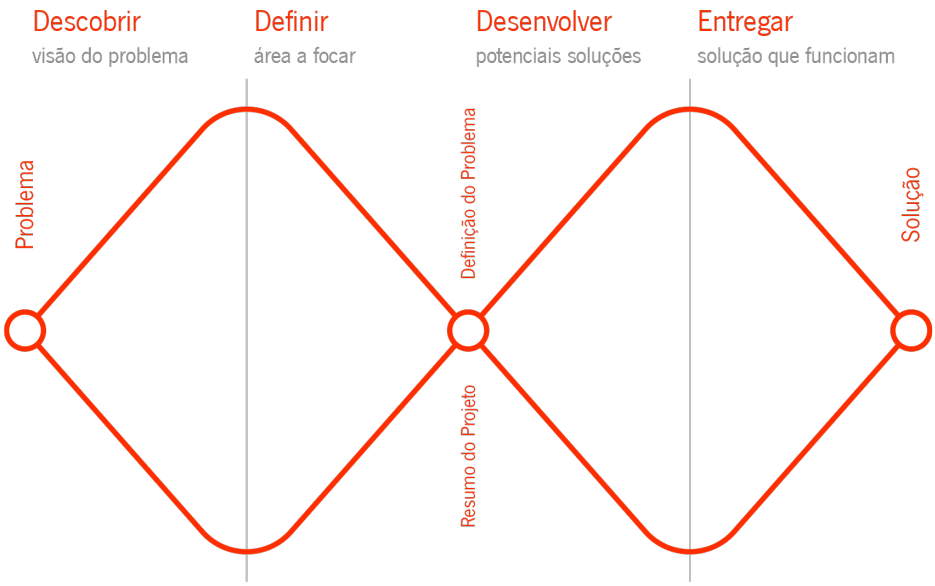


Figura 1.8. Duplo Diamante, adaptado de (Council, 2007)

Cada interação da abordagem deste modelo envolve a criação de quatro fases distintas:

- Descobrir – Questionar o desafio e identificar as necessidades do utilizador;
- Definir – Entender as descobertas, emergindo como resultado um resumo do projeto que define o problema com base nas informações;
- Desenvolver – Desenvolvimento, teste e refinamento de várias soluções em potencial;
- Entregar – Selecionar uma solução única que funcione e preparar a apresentação.

1.4.2. Abordagem aplicada no segundo estudo de caso

Conceitual, teórica, metódica e organizada, baseada na experiência do utilizador, pretende investigar e conhecer. A abordagem no segundo estudo de caso pretende consolidar conhecimentos, bem como, fundamentar o desenvolvimento de uma tecnologia têxtil eletrónica que apoie o design de um vestuário para a esgrima. Com este objetivo, aplica-se o modelo Design Centrado no Utilizador (Jokela, 2002), um termo cunhado por Kling (1977). O conceito *User Centred Design* (UCD) torna-se popular após ser adotado pelo laboratório de pesquisa de Donald Norman na Universidade da Califórnia, com a publicação do livro "*User-Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*" (Norman & Draper, 1986). Este ganhou ainda mais atenção e aceitação através do livro "*The Design of Everyday Things*", originalmente chamado de "*The psychology of everyday things*" (Norman, 1988). Em ambos os livros as recomendações têm como base as necessidades do utilizador, deixando de parte o que Norman considera de questões secundárias, como a estética. Posteriormente com o livro "*Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*", Norman (2004) retorna algumas das suas ideias para considerar o que acha redutor, como a estética que nos repulsa ou atrai a determinado produto. Segundo Van Kesteren, Stappers, & de Bruijn (2007) os produtos não são apenas reconhecidos pelas suas funções, mas também pelas emoções desencadeadas no indivíduo durante o seu uso. Neste âmbito, Hekkert & McDonagh (2003) afirmam que o designer se depara com a subjetividade, uma vez que as emoções são reações que diferem de indivíduo para indivíduo, através da sua experiência no diagnóstico que faz dos objetos observados.

A Figura 1.9 mostra as etapas gerais do modelo Design Centrado no Utilizador, tendo a sua aplicação neste trabalho como objetivo a conceptualização de um vestuário inteligente para esgrima. Isto inclui a conveniência do produto em termos de uso, funcionalidade, aceitação, atratividade, bem como os requisitos do utilizador.

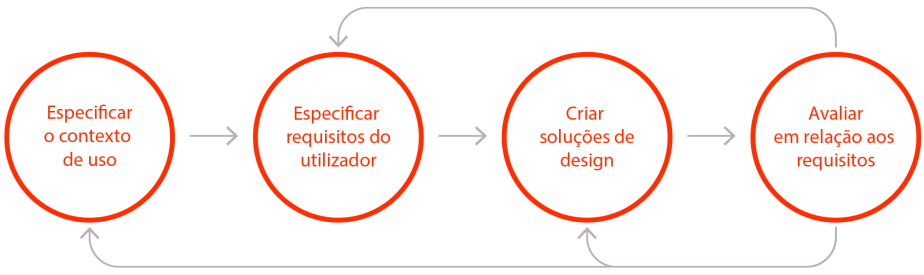


Figura 1.9. Design Centrado no Utilizador, adaptado de (Interaction Design Foundation, 2017)

Cada interação da abordagem deste modelo envolve a criação de quatro fases distintas:

- Especificar o contexto de uso – Identificar o utilizador, o tipo de uso e as condições de uso;
- Especificar requisitos do utilizador – Identificar os requisitos que devem ser atendidos de forma que o produto seja bem-sucedido;
- Criar soluções de design – Construir um conceito geral para um design completo;
- Avaliar em relação aos requisitos – Testar o produto construído com utilizadores reais.

Atividades como revisão sistemática de literatura, questionários, entrevistas semiestruturadas, observação, análise e validação fazem parte de uma abordagem de design instruído pela pesquisa. Sendo o estudo dos requisitos do utilizador (i.e., *user research* ou *design research*) preponderante na estruturação de uma metodologia de design centrada no utilizador. Segundo Stappers & Giaccardi (2013), a pesquisa através do design (RtD – *Reseach through Design*) desempenha o papel central em conceber conhecimento que possa ser comunicado explicitamente através da documentação em texto ou tacitamente através do design do protótipo. Por outro lado, a pesquisa para o design (RfD – *Research for Design*) faz parte da atividade de design, sendo o meio para responder às perguntas de design, tendo o seu foco no resultado da pesquisa. Neste estudo conjuga-se a ação "pesquisa para o design" e "pesquisa através do design" (Figura 1.10).

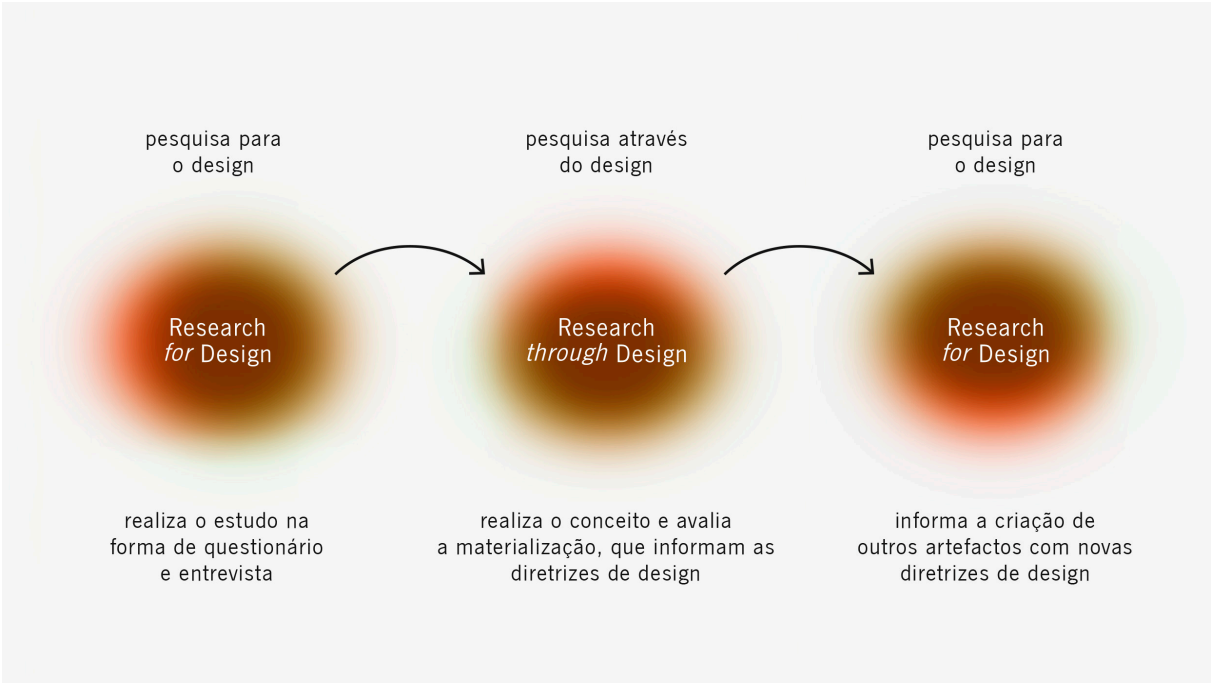


Figura 1.10. Conjugação da RfD e RtD, adaptado de (Golsteijn, Hoven, Frohlich, & Sellen, 2014)

Permite-se assim que as descobertas de uma pesquisa possam informar futuros trabalhos de outras pesquisas (Golsteijn et al., 2014). A pesquisa para o design (RfD) realiza o estudo na forma de questionário e entrevista. Informa a pesquisa através do design (RtD), permitindo desenvolver o conceito e avalia a materialização, criando diretrizes de design. Por último, é considerada a ação de pesquisa para o design (RfD), informando a criação de novos artefactos com novas diretrizes de design.

Para que o conhecimento adquirido entre na esfera do utilizador, pretende-se um entendimento sobre a importância da pesquisa para o design e da pesquisa através do design, no contexto conceitual de roupas inteligentes. Consolidar o seu uso e valor perante o utilizador; questionar e analisar o exercício de pesquisa e design como agente ativo na criação e mediação entre o design centrado no utilizador, a interação homem-computador e as emoções do utilizador. Uma relação/empatia entre o utilizador e o artefacto, onde o valor simbólico por via da forma de comunicar faz parte da funcionalidade, eficiência e usabilidade do produto.

Após a tomada de consciência e reflexão sobre os resultados, é proposta uma metodologia passível de criar uma plataforma de interação entre designer e utilizador, atendendo às necessidades do utilizador. Seguidamente, pretende-se analisar a relação de envolvimento dos utilizadores com as roupas inteligentes, sob o ponto de vista da experiência. A sistematização dos resultados obtidos e descobertas realizadas pela pesquisa e design delineiam diretrizes suscetíveis de aplicação para o desenvolvimento de um novo artefacto (i.e., sistema vestível, agradável, utilizável, motivador e preciso) que posteriormente é avaliado. As avaliações incluem estudos de motivação intrínseca, aceitação, usabilidade, apreciação da tecnologia e atratividade.

1.4.3. Visão geral das atividades realizadas

A Figura 1.11 apresenta uma visão geral da atividade realizada ao longo da pesquisa. Os fundamentos teóricos estão divididos em dois capítulos que correspondem à primeira parte da tese. Esta traduz-se inicialmente numa revisão de literatura (Capítulo 2), prosseguida por uma revisão sistemática sobre a integração de tecnologias têxteis eletrónicas para o desempenho desportivo (Capítulo 3). A segunda parte da tese encontra-se dividida em quatro capítulos, correspondendo ao desenvolvimento e design de dois estudos de caso. O primeiro estudo tem como base a experiência pessoal (i.e., ciclista amador), consistindo no design e prototipagem de um produto para ciclismo (Capítulo 4).

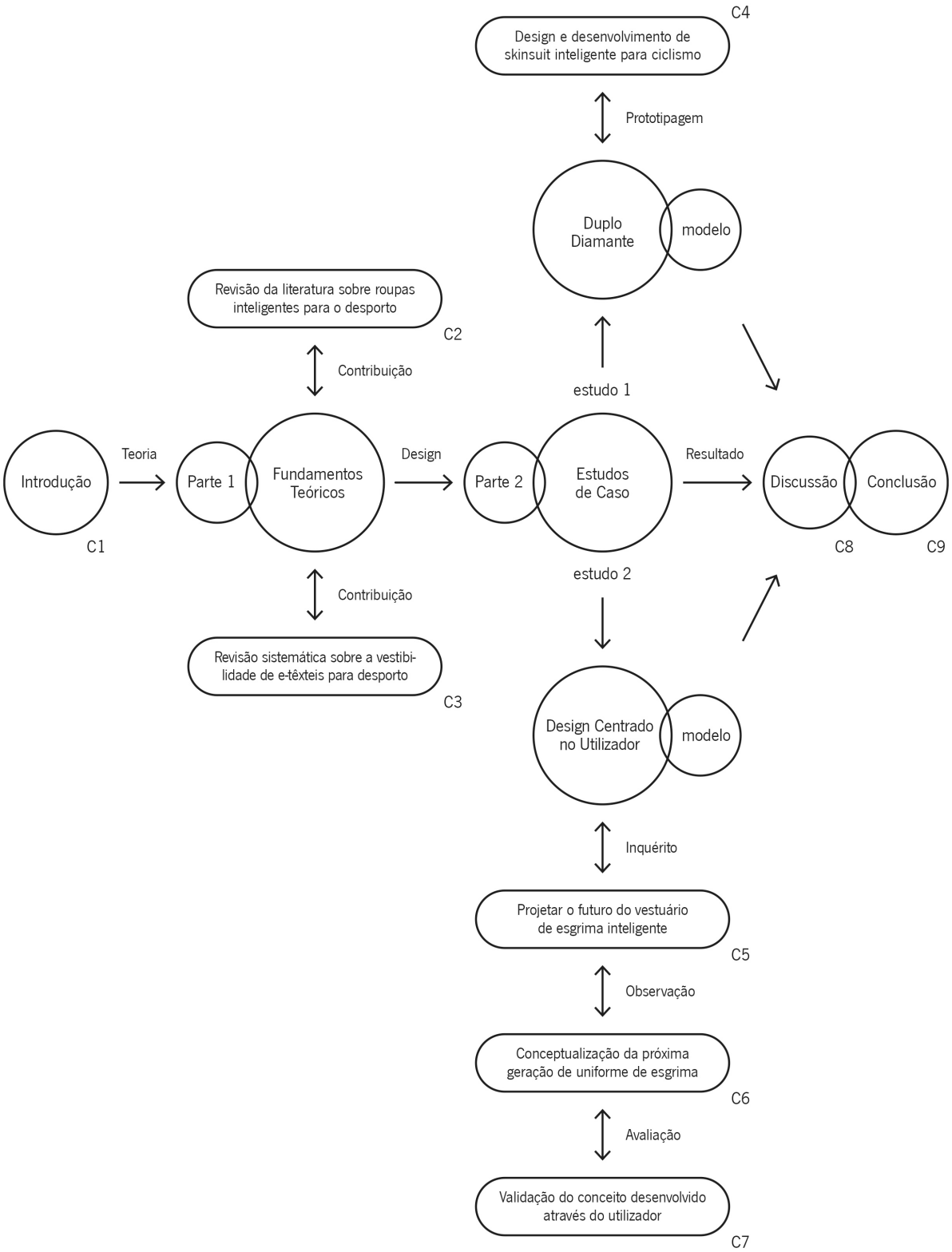


Figura 1.11. Visão geral das atividades realizadas

O segundo estudo tem como base a experiência do utilizador, e é acompanhado por uma pesquisa de campo com o objetivo de desenvolver o futuro do vestuário de esgrima (Capítulo 5). De seguida, desenvolve-se um colete para a medição da pressão de toque e adquire-se um fato com unidades de medida inercial para a captura de movimentos. Através da observação do atleta em jogo e em treino obtém-se elementos para a conceptualização do uniforme de esgrima (Capítulo 6). Por fim, recorrendo novamente ao utilizador, é avaliada a solução final para o uniforme de esgrima (Capítulo 7).

Métodos de pesquisa aplicados nos correspondentes capítulos:

- No Capítulo 2, apresenta-se uma revisão de literatura sobre roupas inteligentes para o desporto. Compreende-se de modo geral o que está feito e como funciona.
- No Capítulo 3, apresenta-se uma revisão sistemática sobre tecnologias vestíveis para o desempenho da atividade desportiva. Através da sistematização é possível alcançar um resumo objetivo e uma análise crítica dos artigos relevantes para formular questões de pesquisa, um método útil para resumir evidências, seguindo as diretrizes do PRISMA statement (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & The PRISMA Group, 2009; Galvão, Pansani, & Harrad, 2015). Desta forma, formula-se a pergunta de revisão; definem-se critérios de inclusão e exclusão; desenvolve-se estratégia de busca; selecionam-se estudos; extraem-se dados; avalia-se a qualidade do estudo; analisam-se e interpretam-se resultados; e divulgam-se descobertas (Uman, 2011).
- No Capítulo 4, apresenta-se protótipo de um *skinsuit* para ciclismo. Através da integração de tecnologias têxteis eletrónicas, a adoção de um dispositivo eletrónico (Y8YBH20) e uma aplicação móvel BBB – Bikeboard, fornece *feedback* síncrono para monitorização cardíaca e respiratória. Este capítulo teve o objetivo estabelecer um contacto introdutório ao desenvolvimento e integração de sensores/elétrodos têxteis.
- No Capítulo 5, apresenta-se um estudo sobre o possível futuro do vestuário esgrima. Aplica-se uma metodologia de pesquisa com base em inquérito por questionário e entrevista (Apêndice 1), incluindo métodos qualitativos e métodos quantitativos (Lazar, Feng, & Hochheiser, 2017), indagando sobre as necessidades, expectativas e exigências dos utilizadores, focando em três questões: i) identificar a importância dos requisitos funcionais (i.e., bem-estar, aspetos biomecânicos, valorização); ii) identificar a importância dos requisitos de design emocional (i.e., comportamental, visceral, reflexivo); iii) identificar elementos de preferência futura (i.e., preferências, factos, satisfação, opinião).

- No Capítulo 6, apresenta-se novo conceito de uniforme de esgrima. Para desenvolver este conceito seguiu-se dois caminhos distintos. O primeiro descreve o processo de design para o desenvolvimento de um colete interno inteligente passível de se incorporar no vestuário de esgrima, através da integração de sensores de pressão piezoresistivos flexíveis impressos em têxtil para rastrear o desempenho do toque da lâmina, de maneira prática e discreta. Os testes de desempenho foram realizados usando *software* desenvolvido no LabVIEW. Os sinais de força aplicada e a tensão de saída foram exíbidos no *software* "*Sensor Signal Acquisition*". O segundo descreve a aquisição do Rokoko Smartsuit Pro ™, um fato inteligente que proporciona a captura de movimentos através do *software* tridimensional Rokoko Studio. Por fim, com base nos conhecimentos adquirido no manuseamento das tecnologias e a informação adquirida através da observação do utilizador, apresenta-se um novo conceito para o uniforme de esgrima que proporcionará *feedback* útil.
- No Capítulo 7, recorre-se ao utilizador para a validação do conceito desenvolvido, através de demonstração física e visualização digital. Nos estudos sobre a apreciação do atleta, aplicam-se vários inquéritos, como: motivação intrínseca (Anexo 5) e medição da usabilidade (Anexo 6). Além disso, uma entrevista semiestruturada para junto dos atletas proceder à apreciação do funcionamento das tecnologias aplicadas e *feedback* (Apêndice 6). Já junto do treinador procede-se à avaliação da aceitação da tecnologia (Anexo 7). Por último, os esgrimistas avaliam qualidades pragmáticas, hedónicas e a atratividade do conceito concebido (Anexo 8).

1.5. Estrutura de tese

A Figura 1.12 mostra a estrutura de tese e a forma como foram respondidas as perguntas da pesquisa nos correspondentes capítulos:

- Capítulo 2, corresponde a uma revisão de literatura que explora o campo do design de roupas inteligentes para o desporto, contribuindo com a exposição de definições e exemplos.
- Capítulo 3, dá início a uma revisão sistemática que consolida a pesquisa sobre as tecnologias têxteis eletrónicas passíveis de serem aplicadas no design de sistemas vestíveis para o desporto.
- Capítulo 4, descreve e integra tecnologia têxtil eletrónica no design de um *skinsuit* para ciclismo "Smartsuit", que monitoriza a frequência cardíaca, fornecendo um *feedback* síncrono através de aplicação para telefone inteligente.
- Capítulo 5, resulta do levantamento das tecnologias têxteis eletrónicas existentes passíveis de aplicar no vestuário de esgrima e apresentação das mesmas ao utilizador através de um inquérito por

questionário e entrevista, a consequente interação com o utilizador resulta em um conhecimento importante que deu o mote para o design de um novo conceito de vestuário de esgrima.

- Capítulo 6, descreve o desenvolvimento de um uniforme para esgrima "Avantgarde", através da integração de sensores de pressão piezoresistivos para rastrear o desempenho do toque da lâmina e a adoção de unidades de medida inercial para a captura de movimentos, fornecendo um *feedback* síncrono através de *softwares*.
- Capítulo 7, descreve o novo conceito de uniforme que pode ser utilizado tanto no treino, como no jogo. Através de questionários e entrevista semiestruturada avalia-se até que ponto o utilizador está recetivo, valida-se a motivação, a usabilidade das tecnologias, o funcionamento/*feedback* das tecnologias, a aceitação das tecnologias, e a atratividade do conceito.
- Capítulo 8, afirma conhecimentos, discute a contribuição do estudo, enfatiza a originalidade do trabalho desenvolvido e expõe um novo modelo de design,
- Capítulo 9, apresenta a conclusão do estudo de tese, declara as contribuições, as reflexões sobre os processos de design aplicados e futuras pesquisa.

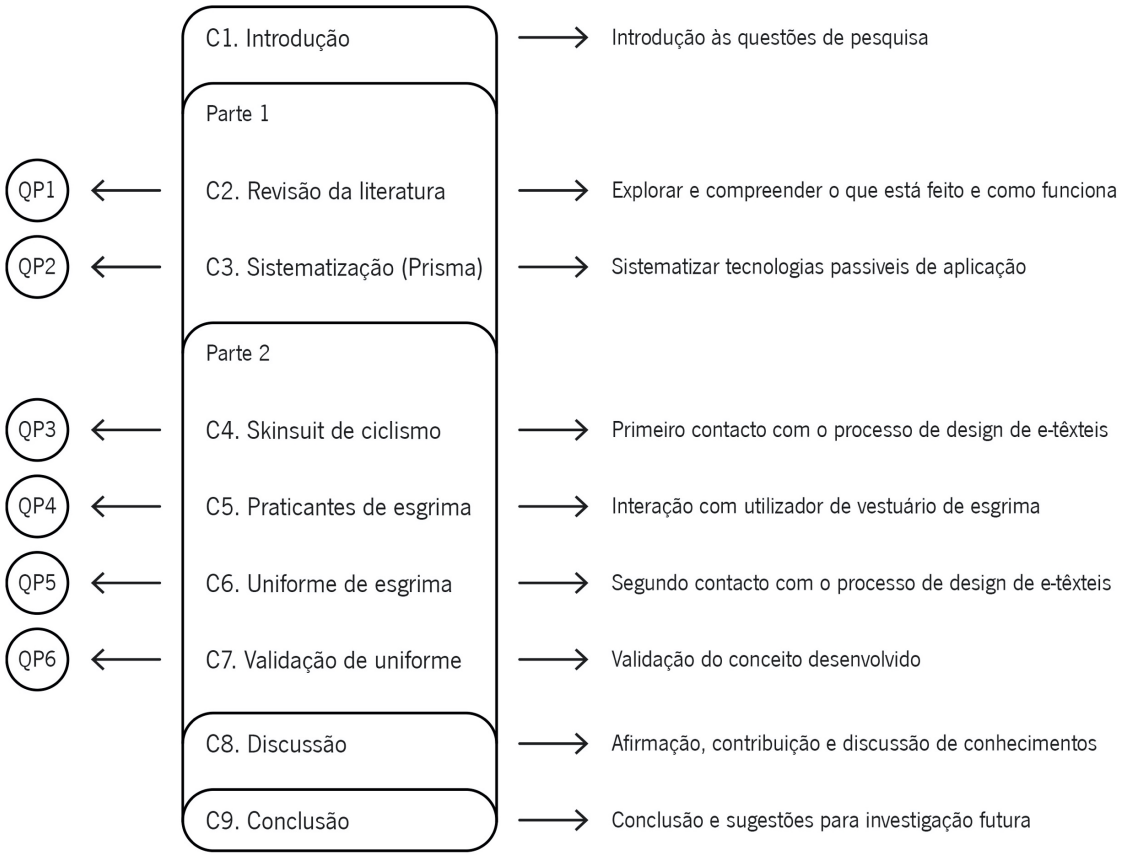


Figura 1.12. Estrutura de tese

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

PARTE 1. Fundamentos Teóricos



2. Revisão da literatura sobre roupas inteligentes para desporto

Numa nova temática é fundamental iniciar a pesquisa científica através de uma revisão de literatura, uma vez que se compreende o que esta feito e o que se pretende investigar; com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de novas hipóteses e conceitos na integração de tecnologias têxteis eletrónicas em roupa orientada para o desporto. A integração de tecnologias multifuncionais num material tão comum como o têxtil, tornou-se nos últimos anos uma área de especial interesse e importante plataforma para a inovação tecnológica, tanto no âmbito da ciência dos materiais, como da engenharia têxtil, eletrónica, informática, entre outras.

O conceito de uma "pele sensível" representa para Lumelsky, Shur, & Wagner (2001) um novo paradigma de têxteis inteligentes. Segundo Schwarz, Van Langenhove, Guermonprez, & Deguillemont (2010), estes têxteis inteligentes são estruturas têxteis que detetam e reagem a diferentes estímulos do ambiente. Na sua forma mais simples, o têxtil reage automaticamente sem uma unidade de processamento, já na forma mais complexa, os têxteis inteligentes detetam, reagem e ativam funções específicas através de uma unidade de processamento. A ideia de "segunda pele" é considerada por Dunne (2010), como uma roupa inteligente que nos separa e conecta ao ambiente; um comunicador de experiências e significados.

Perante isto, as tecnologias da informação e comunicação (ICT) estão a alterar a forma como pensamos e desenvolvemos novos paradigmas para a atividade desportiva através de tecnologias portáteis e têxteis eletrónicos, que enfatizam a integração de telecomunicações (i.e., comunicações sem fio) e permitem ao utilizador aceder, armazenar, transmitir e alterar informação. Com o advento de novos tipos de têxteis eletrónicos (e.g. monitorização da atividade cardíaca ou muscular), o têxtil tornou-se uma plataforma integradora de novas tecnologias e incrementadora de novas funcionalidades. Desta forma, com a adição de tecnologias computacionais, o têxtil torna-se "inteligente", fornecendo informações ao utilizador de forma omnipresente, promovendo uma nova forma de interação com o têxtil.

Esta revisão tem como objetivo fornecer uma visão geral dos produtos disponíveis e numa fase primária compreender o nível de inovação. Para além disso, analisa o ponto de maturidade em que se encontram os têxteis inteligentes, mostrando a sua dinâmica, tanto em projetos financiados, como comerciais. Por fim, a revisão revela alguns produtos que estão ou foram efetivamente comercializados.

2.1. Enquadramento

Vivemos dependentes de produtos de alta tecnologia, uma elevada propensão para utilizar dispositivos eletrónicos, computacionais e autónomos. Como previsto pela projeção da Lei de Moore, o desempenho da microeletrónica será cada vez maior. Sendo possível observar na Figura 2.1 que a densidade de transístores tem aumentado exponencialmente entre 1971–2017, observa-se que o número de transístores em um circuito integrado denso dobra aproximadamente a cada dois anos. Segundo Catrysse et al. (2007), nas próximas décadas este novo paradigma pode alterar drasticamente o ambiente que nos rodeia, traduzindo-se num ambiente inteligente, que abrange um princípio de eletrónica em todos os lugares e sempre. Uma rede de pequenos circuitos, de baixo consumo e alto desempenho que utilizam sensores e atuadores, ao mesmo tempo que disponibilizam interfaces amigáveis e comunicam sem fios. Estes sistemas eletrónicos ficarão cada vez mais invisíveis através da sua integração em roupas e ambientes.

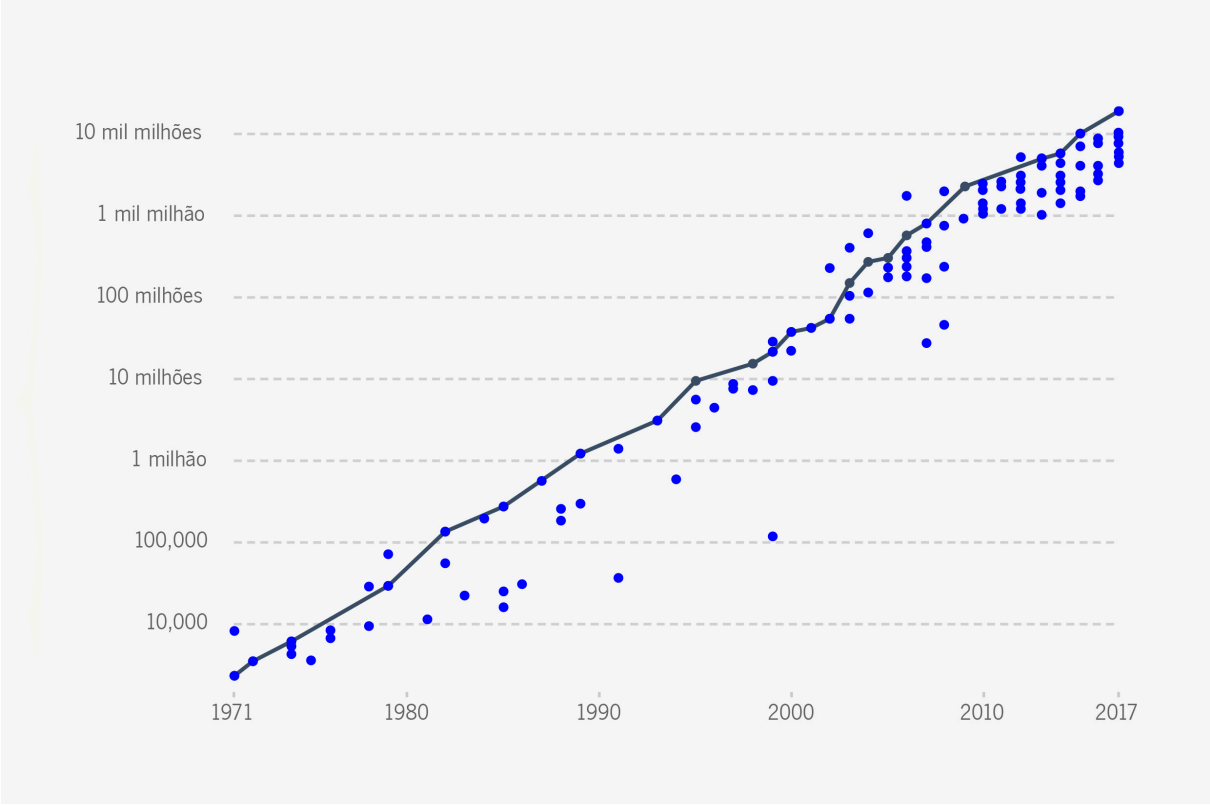


Figura 2.1. Lei de Moore: N° de transístores num chip duplica a cada dois anos (Roser & Ritchie, 2013)

A definição de têxtil inteligente deriva do conceito de materiais inteligentes, referido pela primeira vez em 1989 no Japão. De acordo com Van Langenhove & Hertleer (2004, p.63), têxteis inteligentes são "Têxteis capazes de detetar os estímulos do meio ambiente, reagir a eles e adaptar-se a eles pela integração de

funcionalidades na estrutura têxtil. O estímulo e a resposta podem ter uma origem elétrica, térmica, química, magnética ou outra.". Por mais que um têxtil seja tecnologicamente avançado, como são exemplo os têxteis ultrarresistentes ou têxteis de compressão, estes são considerados têxteis funcionais e não inteligentes. Segundo Dunne, Ashdown, & Smyth (2005), a tecnologia vestível em si contém dois subgrupos de interesse. O primeiro subgrupo são os *wearables*, dispositivos vestíveis que desempenham tarefas de processamento de informação. O segundo subgrupo são as roupas inteligentes, dispositivos integrados na roupa que conferem nova funcionalidades, transmitem informação para ser processada por um telefone inteligente ou computador. O desígnio da tecnologia vestível ultrapassa o da roupa funcional, como se observa na Figura 2.2.

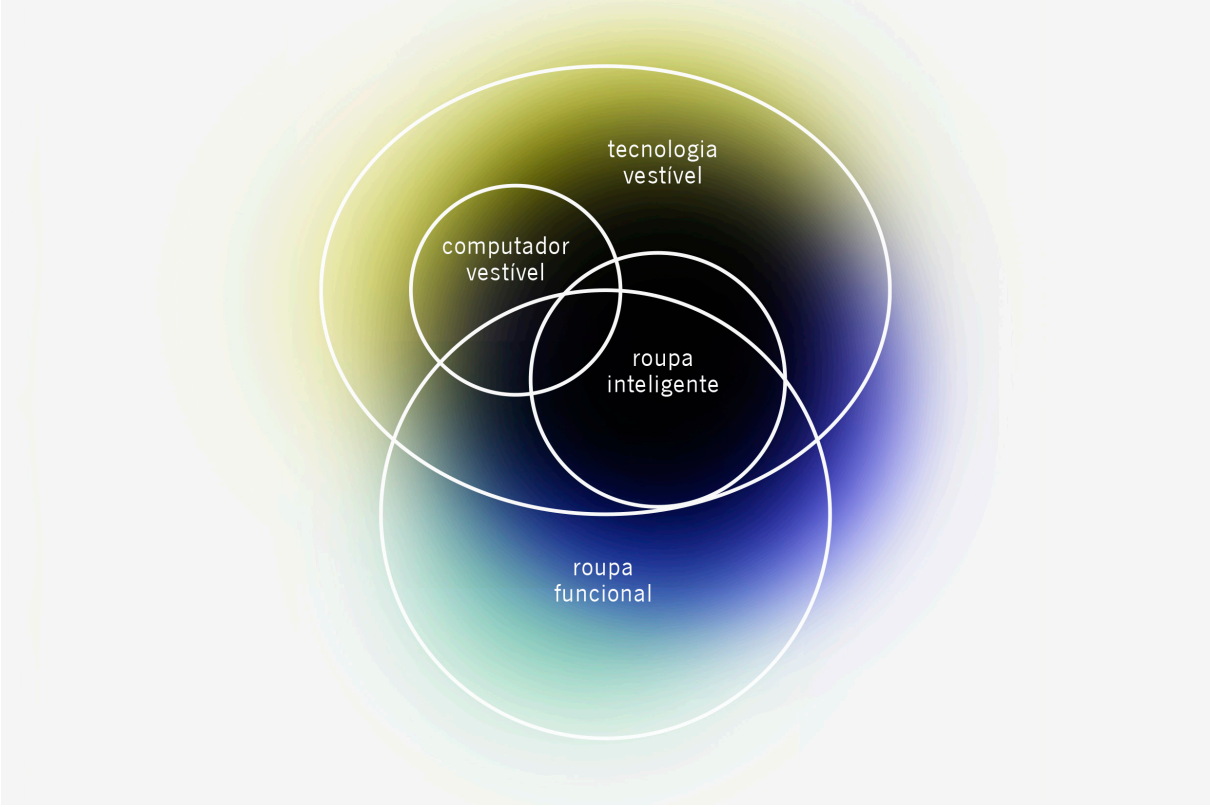


Figura 2.2. Relações entre tecnologias vestíveis, adaptado de (Dunne et al., 2005)

Inicialmente, os têxteis inteligentes foram aplicados em ambiente militar e viagens espaciais. As primeiras aplicações da tecnologia permitiram o surgimento de têxteis inteligentes na área de aplicação médica (monitorização, diagnóstico e alerta), segurança (deteção, prevenção e proteção) e desportiva (conforto, treino e monitorização). Apesar da integração de tecnologia eletrónica em têxteis enfrentar inúmeros desafios, permite que a funcionalidade de uma roupa se torne dinâmica e interativa. Como resultado, roupas inteligentes são capazes de monitorizar o seu próprio estado e comportamento estrutural, detetam fatores externos, efetuam operações e enviam informação, um recurso útil para conhecimento

do contexto (Schwarz et al., 2010). Segundo Hughes-Riley et al. (2018), três caminhos foram já percorridos para associar eletrónica aos têxteis. Três gerações estão a adicionar às peças de vestuário: dispositivos eletrónicos adicionados ou circuitos elétricos (primeira geração), atuadores e sensores e-têxteis (segunda geração) e fios funcionais (terceira geração), como se observa na Figura 2.3.

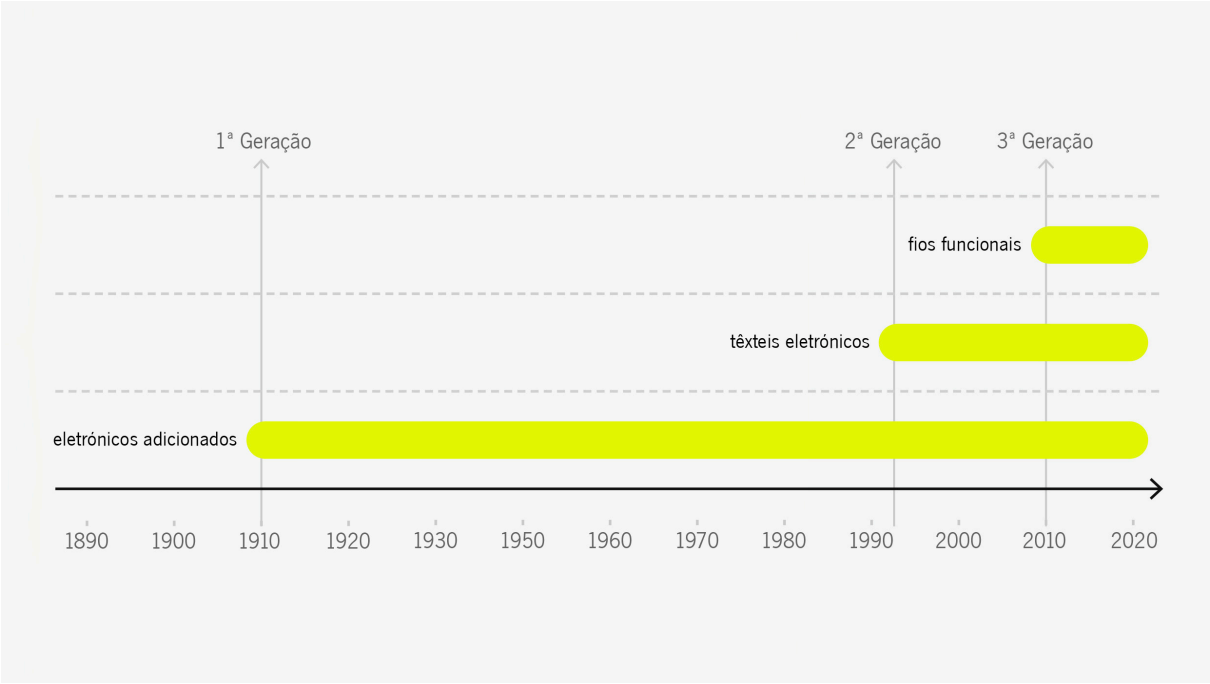


Figura 2.3. Evolução das diferentes gerações, adaptado de (Hughes-Riley et al., 2018)

Segundo Berglin (2013) este progresso é resultado do desenvolvimento específico em três domínios. O primeiro é a introdução de novos tipos de fibras têxteis e estruturas, por exemplo, materiais condutores. O segundo é a miniaturização da eletrónica, que possibilita a integração da mesma em estruturas e produtos têxteis. O terceiro são os diferentes tipos de tecnologias sem fio que permitem que a tecnologia seja vestível e ao mesmo tempo comunique com outros dispositivos tais como computadores ou telefones inteligentes.

Para Seymour (2008), este último possibilitou a anexação ao corpo de sistemas pessoais de transmissão de dados, marcando um ponto de viragem no desenvolvimento e servindo de mote para outras inovações. Segundo Van Langenhove & Hertleer (2004) a extensão da inteligência destes têxteis pode ser classificada em três subgrupos, identificados por (Zhang & Tao, 2001a, 2001b, 2001c):

- Têxteis inteligentes passivos, podem detetar estímulos do ambiente, possuem a função de sensores;

- Têxteis inteligentes ativos, podem detetar estímulos do ambiente e também reagir a eles; para além das funções de sensor, possuem a função de atuador;
- Têxteis muito inteligentes, dão um passo adiante, podem detetar, reagir e adaptar-se aos estímulos do ambiente; possuem uma unidade de processamento com capacidade cognitiva, que age e reage.

De acordo com Behr (2018), atualmente já assistimos à transformação digital na indústria da moda 4.0. Nos próximos anos é provável que a indústria do vestuário sofra profundas mudanças, bem como a interconexão digital de vestuário inteligente como parte do ambiente da Internet das Coisas (IoT), capaz de transferir e reunir dados através de dispositivos vestíveis conectados. Para Aliverti (2017), no futuro seremos cada vez mais capazes de monitorizar e controlar objetos distantes, por meio de teleoperação e telepresença, permitindo ao utilizador algum tipo de interação à distância – procurando simular condições presenciais.

2.2. Sensores, atuadores e condutores

Segundo Van Langenhove & Hertleer (2004), para definir por completo um têxtil inteligente, é preciso integrar na estrutura têxtil dois componentes distintos: sensor e atuador. Com base nos sinais do sensor a unidade de processamento aciona o atuador. Por sua vez, uma roupa inteligente pode conter cinco funções distintas: detetar, atuar, processar dados, armazenar energia e comunicar dados; não sendo obrigatório todas as funções estarem aplicadas simultaneamente. Segundo Patel et al. (2012) o sistema remoto é constituído por três partes:

- Monitorização do estado do utilizador através de sensores, sendo os sensores posicionados em função da área de interesse e recolhendo informação sobre aspetos fisiológicos. Por exemplo, sensores para monitorização da frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (FR);
- Comunicação, sendo os dados recolhidos pelos sensores enviados para um dispositivo central que armazena e analisa os dados;
- Análise dos dados adquiridos, recebendo o utilizador toda a informação sobre o seu estado fisiológico. Quando o sistema é usado por profissionais (e.g. treinadores) estes poderão intervir.

A Tabela 1 resume numa lista os sinais básicos, descreve os parâmetros medidos pelo sistema de deteção vestível e identifica o tipo de sensor usado, bem com as suas tipologias (Lai et al., 2013; Andreoni, Standoli, & Perego, 2016; Mendes Jr., Vieira, Pires, & Stevan Jr., 2016).

Tabela 1. Lista de sinais básicos percecionados por sensores

SINAIS	PARÂMETROS	SENSORES	AVALIAÇÃO
Eletrocardiografia (ECG)	Atividade elétrica do coração e frequência cardíaca (FC)	Elétrodo	Medição da diferença de tensão entre dois elétrodos que são colocados na superfície do corpo, junto ao coração
Eletroencefalografia (EEG)	Atividade elétrica do cérebro	Elétrodo	Medição da diferença de tensão entre múltiplos elétrodos que são colocados na superfície da cabeça
Eletromiografia de superfície (EMG)	Atividade elétrica do musculo	Elétrodo	Medição da diferença de tensão entre dois elétrodos que são colocados na superfície do corpo, junto a músculos
Respiração	Frequência respiratória (FR)	Elétrodo	Obtém parâmetros de respiração indiretamente, deteta a expansão e contração do tórax ou abdómen
Gasometria Arterial (GSA)	Potencial hidrogeniónico (pH) e saturação do oxigénio no sangue (SpO2)	Ótico (LED)	Medição da saturação de oxigénio no sangue por uma taxa de absorção de luz vermelha e infravermelha que passa por uma parte fina do corpo
Pressão Arterial (PA)	Sistólica/diastólica e frequência cardíaca (FC)	Braçadeira inelástica	Medição do pico de pressão sistólica e a pressão mínima de diastólica
Pressão de Interface	Contacto/toque/pressão	Piezoresistivo	Medição do valor da pressão de acordo com sensor baseado no efeito piezoresistivo.
Resistência	Impedância corporal e resposta galvânica da pele (GSR)	Elétrodo	Estima a composição corporal, em particular a gordura corporal e a massa muscular
Temperatura	Temperatura corporal (TC)	Termoresistivo	Medição da temperatura com base em sensor termoresistivo
Transpiração	Suor	Elétrodo	Medição do suor de acordo com as mudanças de resistividade e capacitância causadas por mudanças nas glândulas sudoríficas
Acelerómetro e giroscópio	Aceleração específica de um corpo e a taxa angular	Dispositivo eletrónico (IMU)	Obtenção de aceleração em cada eixo espacial do espaço tridimensional e medição da velocidade angular do objeto em rotação de acordo com o princípio da conservação do momento angular

Ao questionar as causas mais frequentes para a vestibilidade da tecnologia, Zeagler (2017) considera razões funcionais, técnicas e sociais na localização da tecnologia no corpo humano, expondo vantagens oferecidas pelas diferentes localizações, A Figura 2.4 ilustra as localizações onde a tecnologia vestível pode ser mais provável de se desenvolver. Quanto mais escura é a cor apresentada nos modelos, maior é a probabilidade de um dispositivo vestível ser colocado nesse local do corpo.

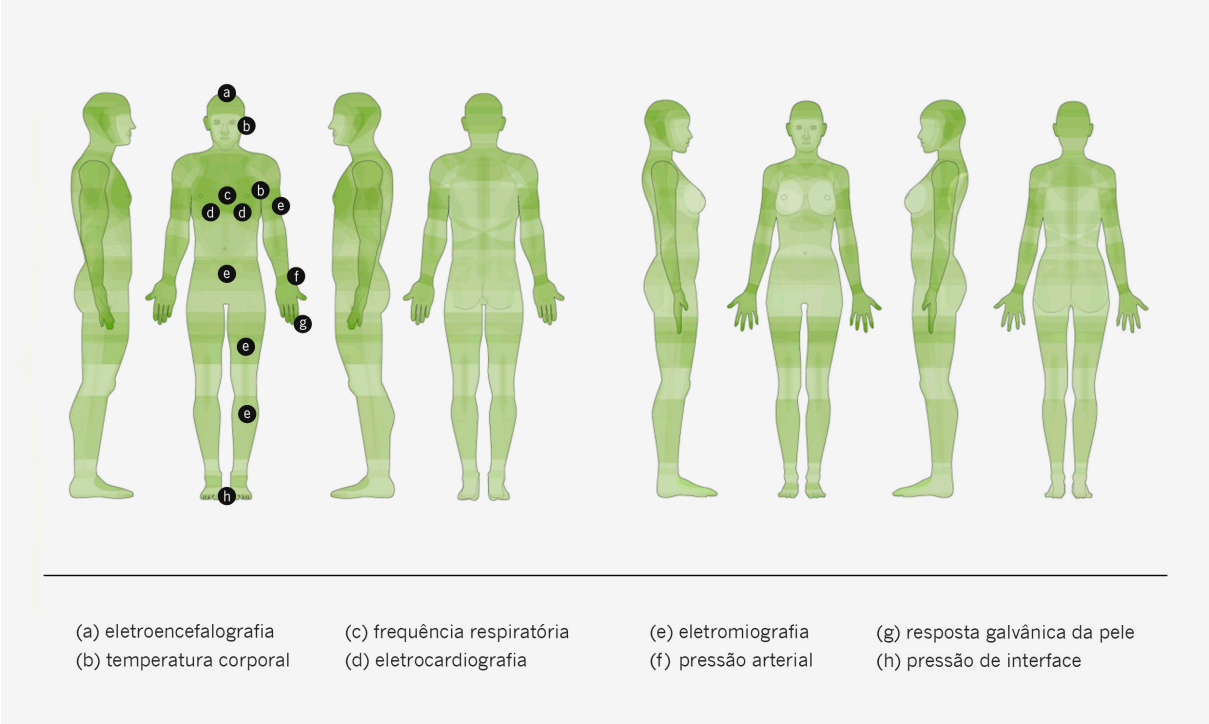


Figura 2.4. Localização da tecnologia vestível, adaptado sobre imagem (Zeagler, 2017)

2.2.1. Sensores

A integração de sensores em roupas permite medir uma variedade de dados provenientes não só do corpo humano, como também do ambiente (Berglin, 2008). Um sensor pode ser considerado como um equipamento ou dispositivo, capaz de detetar, medir, registar e/ou responder a determinado estímulo físico (e.g. deteta movimento, posição, gravidade, humidade, luz, vibração, pressão, posição, som, proximidade, térmico e tensão), químico (e.g. deteta a presença e/ou concentração de produtos químicos) ou biológico (e.g. deteta um analito alvo).

Segundo Cochrane, Koncar, Lewandowski, & Dufour (2007), os sensores deveram estar internamente integrados na estrutura têxtil para poderem acompanhar todas as deformações mecânicas, sem afetar as características têxteis originais. Existem vários tipos de sensores para diferentes tipos de estímulos, como se observa na Tabela 2. Têxteis inteligentes passivos, como as fibras óticas e materiais condutores,

podem também ser usados como sensores. Também alguns dos têxteis inteligentes ativos como fibras de polímero piezoelétrico, ou uso de pigmentos termocrómicos, entre outros, podem detetar mudanças e responder a estímulos como pH (Mohr & Wolfbeis, 1994). Sensores termopares são usados para medir temperatura de superfícies expostas a um fluxo de calor (Heichal, Chandra, & Bordatchev, 2005).

Tabela 2. Lista de tipos de sensores

SENSORES		DEFINIÇÃO
Físico	Movimento	Deteta mudanças de movimento como inclinação, rotação ou aceleração
	Posição	Determinam a posição física no posicionamento global
	Gravidade	Indica a direção e a magnitude da gravidade
	Humidade	Mede a humidade absoluta ou relativa
	Luz	Converte energia luminosa
	Vibração	Mede a vibração de acordo com o eixo de monitorização
	Pressão	Consiste num elemento sensível à pressão para determinar a força aplicada a uma área
	Posição	Converte um parâmetro físico, relacionado à posição num sinal elétrico
	Som	Converte o som num sinal elétrico
	Proximidade	Deteta sem contato físico, a presença ou ausência de objetos
	Térmico	Deteta estado ou fluxo térmico
	Tensão	Converte a tensão mecânica num um sinal elétrico.
Biológico		Reconhecer um analito alvo, combinando um componente biológico com um componente físico-químico detetor. Este são detetados e medidos pelo transdutor, que converte a informação em num sinal mensurável
Químico		Deteta a presença e/ou concentração de químico/químicos. Converte uma propriedade química, um analito específico em um sinal mensurável.

2.2.2. Atuadores

Um atuador é um equipamento ou dispositivo que permite responder a determinado sinal; faz com que um objeto mude de cor e forma (Berglin, 2008), converte energia em movimento, liberta substâncias, produz som e muitos outros (Van Langenhove & Hertleer, 2004). Na Tabela 3 observa-se alguns tipos de atuadores.

Tabela 3. Lista de tipos de atuadores

ATUADORES	DEFINIÇÃO
Materiais crómicos	Materiais impressos ou tingidos que alterarem as suas propriedades óticas devido a estímulos como temperatura, luz, mecânicos, químicos ou elétricos, de acordo com os estímulos externos. Existem diferentes tipos de materiais crómicos que respondem a diferentes estímulos: fotocrómicos respondem à luz; termocrómicos respondem às mudanças de temperatura; electrocrómicos respondem à eletricidade; mecanocrómicos respondem à tensão mecânica ou deformação; ionocrómicos respondem a diferentes pH; solvatocrómicos respondem a líquidos; quimiocrómicos respondem a produtos químicos e piezocrómicos respondem a mudança de pressão (Addington & Schodek, 2005; Vik & Periyasamy, 2018)
Materiais de mudança de fase (PCM)	Materiais que mudam de um estado para outro. Têm como principal característica o armazenamento de calor e a sua consequente libertação através de um processo reverso, em que durante este processo a temperatura do material diminui. Como principal campo de aplicação, pode-se mencionar o universo desportivo, uma vez que através deste o utilizador obterá uma regulação térmica estável durante a atividade física (Bendkowska, Tysiak, Grabowski, & Blejzyk, 2005)
Materiais de alteração de propriedade reológica	Materiais que mudam a sua viscosidade devido a campos elétricos ou magnéticos, (Addington & Schodek, 2005)
Hidrogéis que respondem a estímulos	Rede tridimensional de polímero que responde a estímulos como pH, campo elétrico ou mudanças de temperatura (Lam Po Tang & Stylios, 2006)
Materiais de memória de forma (SMM)	Transforma energia, principalmente térmica, em movimento e é capaz de reverter de uma forma para uma forma anterior. Existem dois tipos de materiais com memória de forma: Ligas metálicas com memória de forma (SMA) e polímeros com memória de forma (SMP) (Lendlein & Kelch, 2002)
Materiais eletroluminescentes	Materiais que emitem luz em resposta a uma corrente elétrica que o atravessa, ou a um forte campo elétrico (Berglin, 2008)
Materiais fotovoltaicos	Materiais que convertem radiação solar em potencial elétrico (Berglin, 2008)
Díodo emissor de luz (LED)	Componentes que converte potencial elétrico em luz (Berglin, 2008)
Materiais fotoluminescentes	Materiais classificados em fluorescência e fosforescência, a diferença entre os dois é o modo de luminescência, que se traduz por uma duração de emissão muito mais larga no caso da fosforescência (Berglin, 2008)
Materiais óticos luminescentes	Têm o efeito típico que se encontra em fibras óticas, estes tipos de fibras técnicas aplicam-se em tecidos que emitam luz (Berglin, 2008)
Materiais piezoelétricos	Materiais que geram um potencial elétrico em resposta à pressão mecânica (Berglin, 2008)

A diferença entre os materiais crómicos e luminescentes, é que o primeiro altera de cor enquanto o segundo emite luz graças a um estímulo. Classifica-se os luminescentes em fotoluminescência (o estímulo externo é a luz), em ótica luminescência (condução de luz) e em eletroluminescência (o estímulo externo é a eletricidade). Os materiais piezoelétricos criam uma força quando passa uma corrente elétrica através do material (Addington & Schodek, 2005); e por fim, os materiais de memória de forma transformam energia, principalmente térmica, em movimento e são capazes de reverter a sua forma (Lam Po Tang & Stylios, 2006). Existem dois tipos de materiais com memória de forma, as ligas metálicas com memória de forma (SMA – *Shape Memory Alloys*) e os polímeros com memória de forma (SMP – *Shape Memory Polymers*).

2.2.3. Condutores

Além de sensores e atuadores existe um grupo de materiais que conduz a eletricidade, conhecidos por condutores. Segundo Berglin (2008), geralmente não são categorizados como sensores ou atuadores, mas, devido às suas propriedades condutoras, são úteis em aplicações inteligentes como caminho para a transferência de dados. Mas também são componentes importantes na criação de sensores e atuadores. Metais, como prata e cobre, são os materiais mais condutores. O carbono tem uma boa condutividade e é usado tanto na sua própria forma pura, mas também misturado em outros materiais. Existem dificuldades a serem enfrentadas no processamento destes materiais, bem como a condutividade não suficiente para a maioria das aplicações. Materiais condutores também são usados como sensores flexíveis. Estes podem assumir muitas formas diferentes, como fibras incorporadas em roupas flexíveis e encostadas à pele para medir, por exemplo, o movimento articular (Gibbs & Asada, 2004), fios, fibras, tecidos, polímeros, tintas, silicones condutores e costuras ou bordados (Lam Po Tang & Stylios, 2006).

2.3. Design de roupas inteligentes

Financiado pela Marinha dos Estados Unidos, em 1996 surge um dos primeiros projetos na área das roupas inteligentes, o Georgia Tech Wearable Motherboard ™ (GTWM). Criado para operações em campo de batalha, esta *smart shirt* (Figura 2.5) utiliza fibras óticas interconectadas para monitorizar os sinais vitais do corpo. Os sensores integrados na *T-shirt* inteligente transmitem mudanças abruptas na pulsão arterial do utilizador, temperatura corporal e outros sinais vitais. Se o utilizador for atingido por uma bala

ou qualquer outro objeto penetrante, a equipa médica pode detetar quase que instantaneamente a sua localização, respondendo eficazmente ao problema (Park, Mackenzie, & Jayaraman, 2002).

No início do século XX, a Royal Philips Electronics apresenta o projeto New Nomads, um conceito visionário que explorou a integração de dispositivos vestíveis Numa variedade de roupas desportivas e lazer (Eves, Green, Van Heerden, Mama, & Marzano, 2000). No mesmo período surge o SensVest, um colete que mede, regista e transmite aspetos do desempenho físico, como a frequência cardíaca, a temperatura e o movimento, através de dados confiáveis e úteis. Este sistema é desenvolvido para ser confortável, não devendo inibir o uso e o desempenho (Knight et al., 2005).

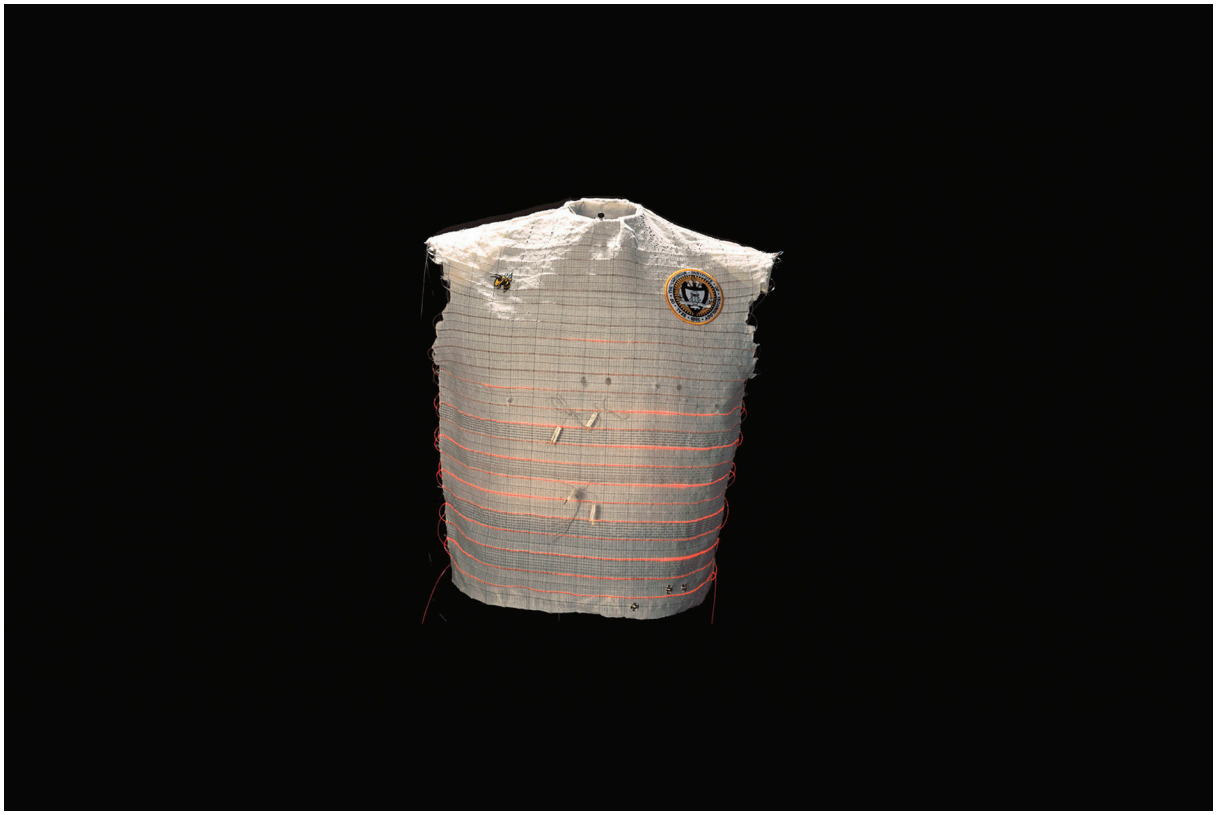


Figura 2.5. Smart Shirt Wearable Motherboard ™ (Jayaraman & Park, 2001)

A partir do projeto Georgia Tech Wearable Motherboard ™ surgiram vários outros projetos cofinanciados pela Comissão Europeia que fizeram parte do grupo Smart Fabrics and Interactive Textiles (SFIT). Estes projetos forneceram conhecimentos significativos para uma melhoria no desenvolvimento de interfaces têxteis e sistemas vestíveis inteligentes de monitorização; bem como na integração de sensores e componentes eletrónicos, sendo exemplo: WEALTHY, MyHeart, OFSETH, BIOTEX, ConText, ProeTEX, entre outros (Lymberis & Paradiso, 2008).

O WEALTHY apresenta um sistema constituído por uma interface implementada através da integração de sensores, permitindo o processamento dos dados e telecomunicação dos mesmos por rede GPRS – *General Pack Radio Service* ou Bluetooth. Usa como elétrodos materiais condutores em forma de fibra e fio que são integrados na peça de vestuário. Através da análise e processamento dos sinais fisiológicos é possível a extrapolação de parâmetros e desta forma contribuir para a elaboração de mensagens de alerta através de um relatório clínica do paciente. O projeto tem como foco pacientes com problemas cardíacos em reabilitação, mas também pretende ajudar profissionais a considerar o stress físico e os riscos de saúde laboral. Neste projeto foram desenvolvidos dois tipos de sensores têxteis integrados através de um processo de produção em tricotagem. O primeiro sensor é um tecido piezoresistivo à base de elastano revestido com borracha com carbono para o registo da frequência respiratória. O segundo sensor é construído por fios à base de metal para a monitorização da frequência cardíaca (Paradiso, Loriga, Taccini, Gemignani, & Ghelarducci, 2005).

Considerado como continuação do projeto anterior, o MyHeart tem como foco apoiar os utilizadores a combater os principais fatores de risco das doenças cardiovasculares e ajudar a evitar ataques cardíacos (i.e., diagnosticar, detetar e reagir). Este projeto teve o objetivo de alcançar conhecimento sobre o estado de saúde do utilizador através da monitorização contínuo dos sinais vitais, através de um sistema de *feedback*, capaz de interagir com o utilizador e com os serviços profissionais (Habetha, 2006).

Boa parte dos projetos tiveram como foco sensores elétricos. Já o projeto OFSETH teve o seu foco na integração de tecnologias relacionadas com fibras óticas em têxteis para amplificar as capacidades de monitorização da saúde. Foram utilizadas duas tecnologias, uma baseada em sensores de fibra ótica de rede de Bragg (FBG – *Fibre Bragg Grating*) e outra baseada em espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS – *Near Infra-Red Spectroscopy*). A tecnologia possibilita avaliar vários parâmetros fisiológicos como a frequência cardíaca, respiratória, a oximetria, o pH ou a concentração de glicose (De jonckheere et al., 2007).

O projeto BIOTEX tinha várias valências para a área desportiva e desempenho, abrindo um novo campo de investigação no cenário clínico. Visou o desenvolvimento de sensores têxteis para medir os parâmetros fisiológicos e a composição química dos fluidos corporais, com particular interesse no suor. Foi desenvolvido um sistema de deteção de vestígios que integra um sistema de manuseio de fluidos com base têxtil para a coleta de amostras, através do desenvolvimento de sensores de sódio, condutividade e pH. Também foram desenvolvidos sensores de fluxo de transpiração, ECG, frequência respiratória e

oxigenação do sangue. Pela primeira vez, foi possível monitorizar vários parâmetros fisiológicos em conjunto através de uma rede de sensores vestíveis distribuídos pelo corpo do utilizador (Coyle et al., 2010).

Um dos projetos pioneiros foi também o ConText, um colete com sensores e componentes eletrónicos integrados para monitorização contínua da atividade muscular, a fim de calcular os níveis de stress psicológico. O desenvolvimento destes sensores EMG não invasivos, bem como a criação de um substrato têxtil com condutividade para transmissão de dados e fornecimento de energia são as partes importantes do projeto (Langereis et al., 2007).

O projeto ProeTEX faz uso de tecnologias já mencionadas anteriormente, para a monitorização do estado de saúde de bombeiros e o potencial risco do ambiente. Consiste numa *T-shirt* e um cinto ligados a um dispositivo vestível implementado na farda. Usa a comunicação wireless, processando dados e transmitindo remotamente informações úteis para o gestor da operação. O sistema permite a deteção de parâmetros de estado de saúde do utilizador (e.g. frequência cardíaca e respiratória, temperatura corporal, oxigênio no sangue, localização, atividade ou postura corporal) e variáveis ambientais (e.g. temperatura externa, presença de gases tóxicos ou fluxo de calor) (Curone et al., 2010).

A Tabela 4 mostra um resumo dos projetos financiados pelo Sexto e Sétimo Programa-Quadro da União Europeia, focados em têxteis inteligentes e têxteis interativos Europeia (Lymberis & Paradiso, 2008; Stoppa & Chiolerio, 2014).

Tabela 4. Lista de projetos financiados pelo Sexto e Sétimo Programa-Quadro da União Europeia

PROJETOS	DESCRIÇÃO
WEALTHY Set.2002—Fev.2005	Pesquisa no desenvolvimento e teste de têxteis inteligentes para monitorização confortável da frequência cardíaca. Capazes de processar e transferência de dados por rede GPRS ou Bluetooth (Paradiso et al., 2005)
MyHeart Jan.2004—Out.2007	Desenvolvimento de peças biomédicas inteligentes para combater os principais fatores de risco de doenças cardiovasculares através da monitorização e diagnóstico (Habetha, 2006)
OFSETH Mar.2003—Jun.2009	Integração de fibras óticas de sílica e polímero para amplificar as capacidades de monitorização de parâmetros vitais, ao mesmo tempo, compatível com o processo de confeção têxtil (De jonckheere et al., 2007)

WearIT@Work Jun.2004—Nov.2008	Aplicação de sistemas computacionais integrados nas roupas, criação de interfaces vestíveis para diversos ambientes industriais (Lukowicz, Timm-Giel, Lawo, & Herzog, 2007)
BIOTEX Out.2005—Fev.2008	Desenvolvimento de tecnologias passiveis de integrar no têxtil para a deteção bioquímica. Teve como foco sensores têxteis capazes de medir os parâmetros fisiológicos e a composição química dos fluidos corporais (Coyle et al., 2010)
ConText Jan.2006—Jun.2008	Desenvolvimento de sensores têxteis não invasivos para monitorização de ECG e EMG, a fim de calcular os níveis de stress psicológico (Langereis et al., 2007)
ProeTEX Fev.2006—Jan.2010	Desenvolvimento de vestuário inteligente para profissionais de intervenção em emergência e desastres, com o objetivo de melhorar a segurança, coordenação e eficiência (Curone et al., 2010)
STELLA Fev.2006—Jan.2010	Através de métodos de integração de dispositivos eletrónicos procura desenvolver substratos têxteis flexíveis e elásticos com interconexões elétricas para áreas como saúde, bem-estar e segurança (Schmied, Günther, Klatt, Kober, & Raemaekers, 2008)
DEPHOTEX Nov.2008—Out.2011	Pesquisa e desenvolvimento de têxteis fotovoltaicos flexíveis com base em fibras com propriedades condutoras que permitam aproveitar a radiação solar e consequente transformação em energia (European Commission, 2008a)
MICROFLEX Nov.2008—Out.2012	Desenvolvimento de materiais flexíveis incorporando sistemas microeletromecânicos (MEMS) sob a forma de têxteis inteligentes, capazes de detetar estímulos e reagir a estes de maneira predeterminada (European Commission, 2008b)
PLACE-it Fev. 2010—Nov.2013	Desenvolvimento de plataforma tecnológica para sistemas optoelectrónicos leves, finos e conformáveis. Traduz-se em dispositivos eletrónicos com base em tecidos elásticos para emissão de luz e interfaces sensoriais (European Commission, 2008c)

O avanço exponencial da tecnologia de telefones inteligentes e inclusão nesta de aplicações móveis, possibilitou uma infinidade de possibilidades. Sendo exemplo disso, o projeto Jacquard ™ (Google & Levi's, 2016), desenvolvido pela Levi's® Commuter ™ em parceria com a Google, este é um casaco de ganga inteligente pensado para ser utilizado por ciclistas urbanos (Figura 2.6). Apesar da integração de têxtil sensível ao toque e da adoção de dispositivos eletrónicos no vestuário não ser tecnologia recente, a conjugação destes dois elementos com o telefone inteligente torna o produto interativo e contemporâneo, permitindo ao utilizador, enquanto pedala a bicicleta, ouvir música, atender chamadas telefónicas e utilizar o telefone inteligente como dispositivo de navegação (Figura 2.7).



Figura 2.6. Casaco inteligente Jacquard ™ (Tanimura, 2016)

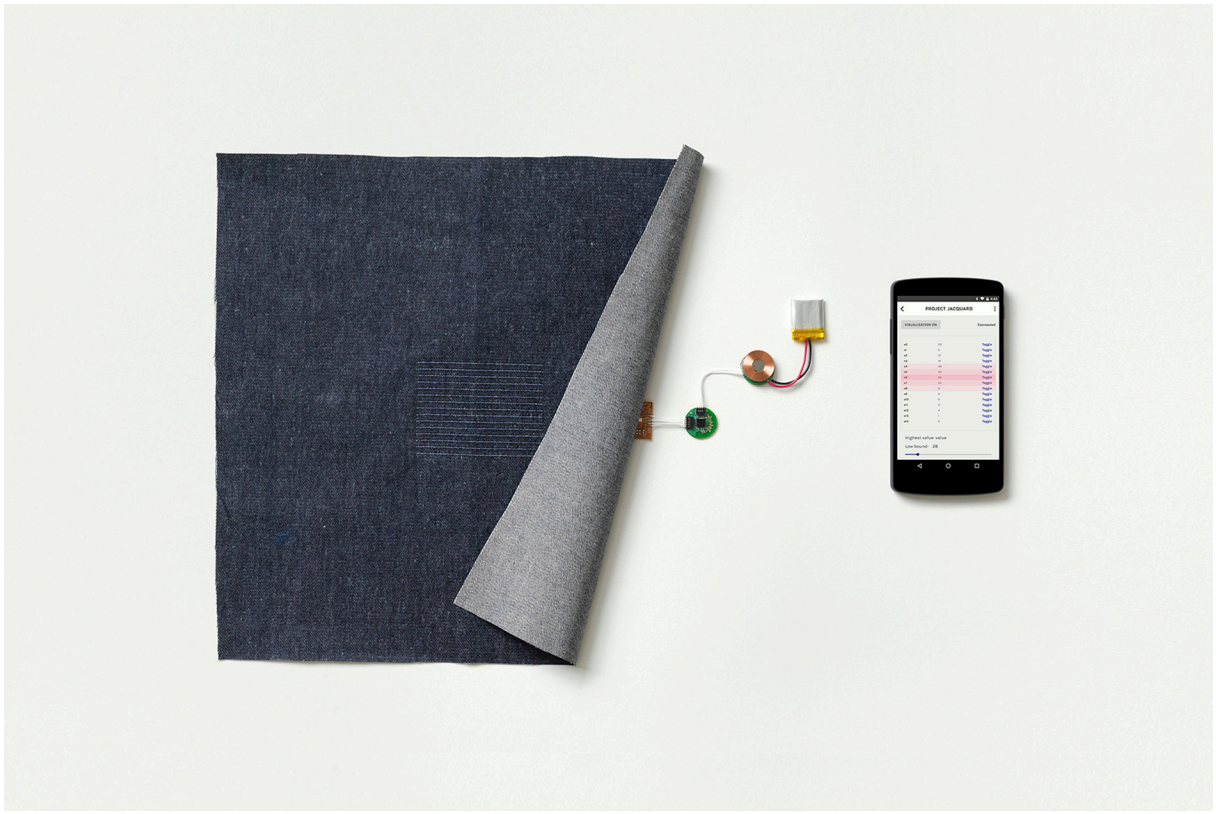


Figura 2.7. Detalhe de têxtil háptico e componentes eletrónicos de Jacquard ™ (Tanimura, 2016)

Na última década, têm sido impulsionados estudos em elétrodos têxteis e sensores para a monitorização de sinais fisiológicos pela ideia de um sistema remoto que possa estar conectado continuamente ao corpo sem comprometer o uso e o conforto. Várias técnicas de confeção e materiais têxteis têm sido utilizadas para produzir roupas inteligentes para o desporto.

A importância comercial deste tipo de produtos começa a ser reconhecida, graças à introdução de novas fibras têxteis, miniaturização de componentes eletrónicos e surgimento de tecnologias sem fio, que permitem a comunicação entre dispositivos. Como resultado tem-se massificado a integração de tecnologias têxteis eletrónicas em *T-shirts* orientadas para a atividade desportiva e caracterizadas pelo *feedback* de atuação. Este *feedback* é entregue diretamente ao utilizador como último sinal do sistema, sobretudo através de informação visual, auditiva e tátil. Sendo que, o *feedback* atuador pode ser ativo ou passivo: ativo determina e atua em nome do utilizador quando ele está em situação de emergência ou incapacidade; passivo desempenha um papel na monitorização ambiental para ajudar o utilizador numa vida diária saudável.

Através de uma pesquisa preliminar no motor de busca Google, Google Académico e B-ON, com palavras-chave (e.g., *electrocardiography, electromyography, heart rate, physical activity, respiratory rate, smart garment, smart T-shirt*) relacionadas com a temática foi possível identificar 26 *T-shirts* inteligentes disponíveis no mercado para a atividade desportiva, como se observa na Tabela 5.

Tabela 5. Lista de projetos desenvolvidas entre 1998–2016

PROJETOS	ANO	PRODUTOS	LOCALIZAÇÃO
T-shirt inteligente com capacidade de monitorização da frequência cardíaca (FC) e eletrocardiografia (ECG)	1998	Clothing+	Finlândia
	2003	Sensatex	Estados Unidos
	2003	SmartLife	Inglaterra
	2005	MagIC	Itália
	2009	VitalJacket	Portugal
	2009	Philips Body Vest	Holanda
	2011	Nuubo	Espanha
	2012	WearTech Gow	Espanha
	2015	Jabil Peak+ ™	Rússia

T-shirt inteligente com capacidade de monitorização da frequência cardíaca (FC), eletrocardiografia (ECG), frequência respiratória (FR) e atividade física	2012	Chronious	Itália
	2013	Vivonoetics	Estados Unidos
	2013	AiQ BioMan+	Taiwan
	2014	OMsignal	Canadá
	2015	Gymi	Austrália
	2016	Hexoskin	Estados Unidos
T-shirt inteligente com capacidade de monitorização da frequência cardíaca (FC) e atividade física	2006	Bio-Shirt	Coreia do Sul
	2013	Nuubo UC3M	Espanha
	2014	DoCoMo C3fit IN-pulse	Japão
	2014	Cityzen Science	França
	2014	NuMetrex Adidas miCoach	Alemanha
	2015	Adidas Smart Bra	Estados Unidos
	2015	Ralph Lauren, PoloTech ™	Estados Unidos
	2016	Sensoria Fitness	Estados Unidos
	2016	Samsung Body Compass	Coreia do Sul
T-shirt inteligente com capacidade de monitorização por eletromiografia (EMG) e atividade física	2015	Athos Coaching	Estados Unidos
T-shirt inteligente com capacidade de monitorização da frequência cardíaca (FC), eletrocardiografia (ECG), frequência respiratória (FR)	2016	Biopac BioNomadix	Estados Unidos

Com esta pesquisa foi possível observar o surgimento de várias marcas a investir significativamente em produtos têxteis inteligentes, principalmente para o mercado desportivo e bem-estar. Das 26 *T-shirts* inteligentes destacam-se seis marcas: AiQ Smart Clothing, OMsignal, Adidas AG, Ralph Lauren, Hexoskin e Athos Coaching.

A empresa AiQ Smart Clothing desenvolveu o BioMan+ (Figura 2.8), uma *T-shirt* que possui sensores incorporados no têxtil, estes transportam os sinais elétricos para o módulo de processamento e comunicação, para monitorizar a frequência cardíaca, a frequência respiratória e a atividade física. Para uma utilização diária a OMsignal desenvolveu a Smart T-shirt (Figura 2.9), uma peça confortável que permite rastrear e monitorizar a condição cardíaca e pulmonar: no desporto permite elevar o desempenho e o treino; no bem-estar permite controlar a saúde e acompanhar os seus sinais vitais ou

obter avisos. Num outro sentido a Adidas AG comercializa em conjunto com a NuMetrex o Smart Bra, (Figura 2.10), um sutiã desportivo inteligente que deteta a frequência cardíaca e a atividade física. Possibilita a utilização de uma aplicação móvel para obter um treino adequado, transformando o telefone inteligente num treinador pessoal.

Comercializado pela Raph Lauren e desenvolvido pela OMsignal, o PoloTech ™ (Figura 2.11) é uma *T-shirt* que faz a monitorização da frequência cardíaca e a atividade física, com treinos exclusivos fornecidos por uma aplicação móvel (e.g. exercícios aeróbicos, força e agilidade), além de dicas profissionais e conselhos sobre o que comer e quando; a Hexoskin introduziu no mercado uma *T-shirt* (Figura 2.12) clinicamente validada para monitorização contínua do corpo, através de elétrodos com os quais se mede a frequência cardíaca e respiratória, transmitindo os dados em tempo real para um telefone inteligente, com posterior análise; e a Athos Coaching deu forma a uma *T-shirt* de compressão e a um calção (Figura 2.13) que faz uso de sensores impressos com borracha condutora para fornecer informações sobre a atividade muscular, bem como frequência cardíaca e respiração. Através do *feedback* fornecido pelas peças de vestuário em tempo real, é possível tomar decisões de desempenho para melhores resultados, ao otimizar o desempenho e aumentar a disponibilidade muscular, obtendo-se uma atividade desportiva saudável.

Ao longo desta evolução cronológica é de notar um aumento significativo na preocupação com o design. Como já foi referido a integração de sensores permite medir uma ampla variedade de dados que vão desde a proximidade ao cheiro, conseguindo-se adquirir sinais biológicos provenientes do corpo humano, como da envolvente do contexto de uso, luz, humidade, temperatura, som ou fumo. Estes são recolhidos e analisados por microprocessadores. Uma *T-shirt* inteligente pode detetar, atuar, gerar e armazenar energia, comunicar, processar e interligar dados, sem, no entanto, conter necessariamente todas estas funcionalidades. As diferentes funções podem ser na forma de dispositivos eletrónicos, ou na propriedade inerente do material ou da estrutura têxtil. Sendo condição prévia que o vestuário deva permanecer flexível, confortável, lavável, durável e resistente (Berglin, 2013).

Já a integração verdadeiramente invisível da tecnologia ainda não parece ser possível, ou pelo menos, não foi possível identificar e conhecer no mercado. No entanto, toda a tecnologia visível é projetada para parecer agradável (e até despercebida), como parte integrante do vestuário e não apenas um elemento eletrónico estranho acoplado ao têxtil.



Figura 2.8. T-shirt BioMan+ (AiQ, 2013)



Figura 2.9. Smart T-shirt (OMsignal, 2014)



Figura 2.10. Smart Bra (Adidas, 2015)



Figura 2.11. PoloTech ™ Shirt (Ralph Lauren, 2015)



Figura 2.12. Men's Kit (Athos, 2015)

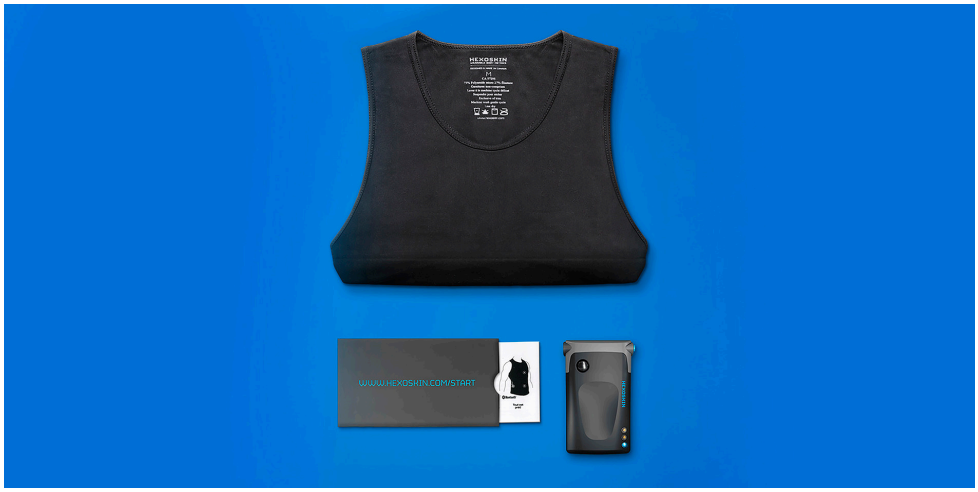


Figura 2.13. Smart Shirt (Hexoskin, 2016)

2.4. Elementos para a construção de um sistema interativo inteligente

Um sistema dito inteligente exige uma unidade central de processamento que processe os dados dos diferentes sensores e decida a ação com base nos resultados (Worden, Bullough, & Haywood, 2003). De acordo com Tao (2005), três componentes podem estar presentes em tais sistemas: sensores, atuadores e uma unidade de processamento de dados. Consistindo em *hardware* (i.e., dispositivo) e *software* (i.e., aplicação móvel), o *software* fornece informação dinâmica e único em tempo real, através do processamento de dados (input) e fornecimento de *feedback* (output), como se observa na Figura 2.14. A interface de entrada de um sensor resulta das mudanças às quais o sensor reage, uma interface de entrada (i.e., botões) é usada para controlar o sistema.

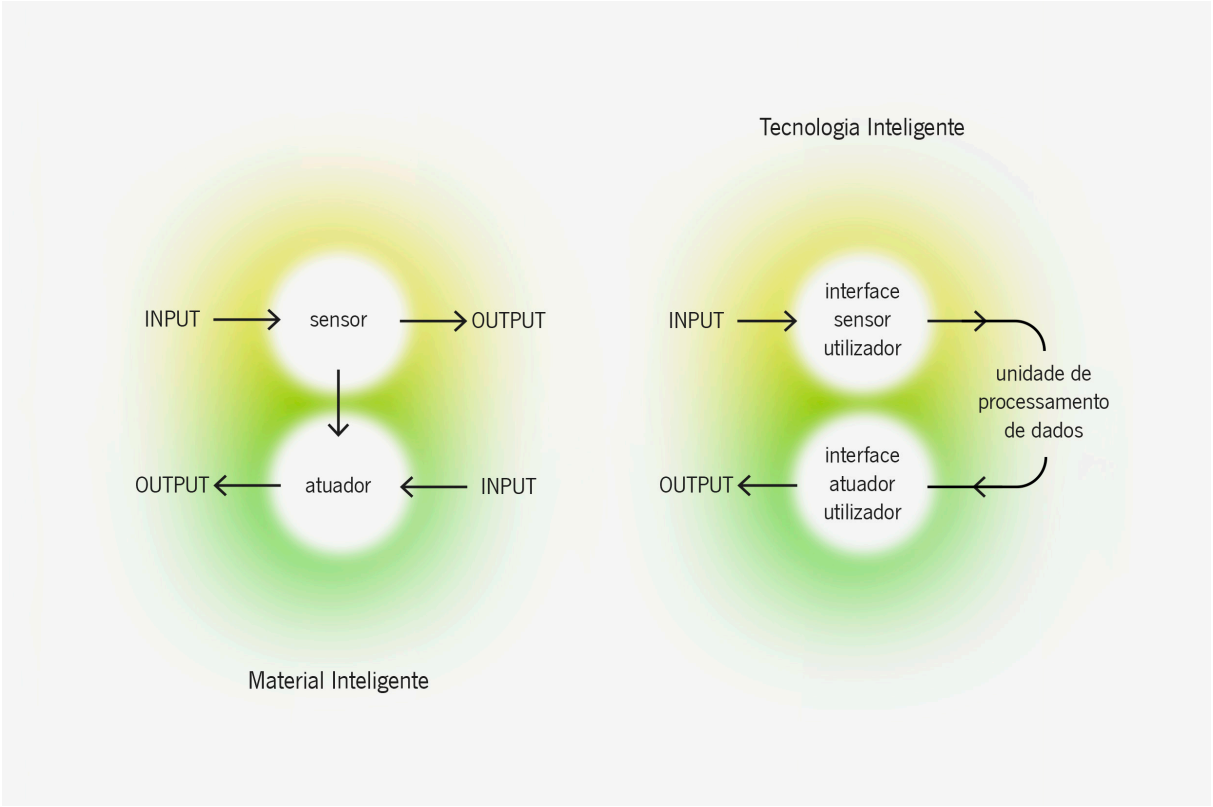


Figura 2.14. Material Inteligente e Tecnologia Inteligente, adaptado de (Berglin, 2008)

A complexidade e minimização destas interfaces leva ao surgimento de alternativas como o reconhecimento de voz ou gesto. A interface de saída de um atuador apresenta informações de diferentes maneiras. As mais comuns são as interfaces visuais (e.g. telas de matriz de ponto, telas líquidas LCD, díodos emissores de luz e telas de fibras óticas), sendo interfaces alternativas a vibração ou o áudio.

Esta interação com a tecnologia pode tornar-se bastante complexa, já que uma roupa inteligente pode permitir uma ampla gama de funções, contudo a essência dessa interação é a ativação e o *feedback*. O sistema inteligente consiste basicamente nas seguintes funções: interface de entrada, interface de saída, unidade de processamento de dados, dispositivo de comunicação, gestão e armazenamento de dados, integração de circuitos e gestão de energia, como se observa na Tabela 6. Outras especificações técnicas, como tamanho e duração da bateria, ou a forma do sensor devem ser considerados. Estes afetam os requisitos de aparência visual de uma roupa inteligente, que provaram ser cruciais, além do conforto e da usabilidade.

Tabela 6. Lista de elementos de um sistema inteligente

ELEMENTOS	DESCRIÇÃO
1. Unidade de processamento de dados	Processa dados recolhidos dos sensores, comunicando os resultados da ação. Um dispositivo eletrónico que executa instruções pré-programadas. Incluídos nesta estrutura estão; circuitos integrados, armazenamento secundário, fornecimento de energia e tecnologias de comunicação (Berglin, 2008)
2. Gestão e armazenamento de dados	Usados para armazenar informações como música, imagem ou dados. Podemos identificar três tecnologias de armazenamento: magnético (i.e., disco rígido); ótico (i.e., CD) e estado sólido (i.e., SSD). Sendo o armazenamento em estado sólido o mais adequado para uma integração têxtil devido à sua robustez, tamanho, peso e baixo consumo de energia (Berglin, 2008)
3. Dispositivo de comunicação	Refere-se à transferência de informações que pode ocorrer em comunicação de curto alcance ou em longo alcance. A área de curto alcance inclui, infravermelho, Bluetooth, redes de área pessoal (PAN) e redes de área local (LAN). O surgimento do wireless permitiu a transmissão de dados sem a utilização de fio, facilitando a adoção de sistemas inteligentes ao vestuário (Tao, 2005)
4. Gestão e armazenamento de energia	As fontes de energia mais comuns são pilhas alcalinas ou baterias de lítio. Outras formas de fornecimento de energia, como baterias finas flexíveis, são consideradas no futuro próximo (Berglin, 2008)

2.5. Perspetivas do designer sobre o consumidor

Um recente estudo de Perry et al. (2017) explora as necessidades do consumidor e os propósitos do design de roupas inteligentes a partir da perspetiva do designer. Através da realização de uma entrevista a 15 designers, foram examinadas as necessidades do designer enquanto utilizador de roupas

inteligentes, necessidades dos consumidores identificadas pelo designer, propósitos do design e, por último, as relações entre necessidades e os propósitos do design, como se observa na Tabela 7.

Tabela 7. Perspetiva do designer, adaptado de (Perry et al., 2017)

PERSPETIVAS	OBSERVAÇÕES
Necessidades do designer enquanto utilizador	Os designers utilizadores estão interessados em roupas inteligentes que sejam funcionais, elegantes, agradáveis e a preço acessível. O design pouco atraente e de difícil uso, são as razões indicadas para a perda de interesse
Necessidades do consumidor identificadas pelo designer	Os designers consideram que a função e usabilidade são as necessidades mais importantes para o consumidor. Já o valor hedónico e estético, são indicadas neste estudo como necessidades secundárias
Propósitos do design	Os designers consideram que a função e resolução de problemas técnicos são as principais áreas de foco para os fins de design
Relações entre necessidades e os propósitos do design	Os designers entendem algumas das necessidades dos consumidores de roupas inteligentes, mas não as compreendem por completo. E embora os designers identifiquem algumas das necessidades dos consumidores, os seus propósitos de projeto nem sempre atendem a essas necessidades

Este estudo também revela que as necessidades dos consumidores com experiência de compra e uso de roupas inteligentes, difere da dos consumidores que não têm experiência. Os consumidores podem não estar interessados em roupas inteligentes, porque as necessidades acima descritas não podem ser satisfeitas, ou porque estão em estágios iniciais de desenvolvimento, ou porque é um conceito muito recente para ser aceite. Os designers devem considerar roupas inteligentes como tecnologia e vestuário. Uma pesquisa de mercado deve ser sempre conduzida com consumidores reais e não com consumidores hipotéticos.

Segundo este estudo as razões para as relações são relacionadas com: 1) integração perfeita, fácil uso e preço acessível são difíceis de satisfazer a partir de perspetivas de projeto; 2) estética e valor hedónico são negligenciados, sobretudo porque os designers não conhecem as necessidades do consumidor; pesquisa de mercado incorreta; aspetos do vestuário são considerados fáceis e não precisam de dedicação e esforço; por último, projetos académicos podem afastar ainda mais os designers e investigadores de aspetos estéticos e hedónicos, em detrimento de questões funcionais e técnicas.

2.6. Considerações finais

Dadas as observações e os conhecimentos adquiridos a partir da literatura, foi possível atingir um estado satisfatório de maturidade, compreendendo fundamentos teóricos necessários para dar início ao terceiro capítulo. Ao longo da evolução cronológica dos têxteis inteligentes é possível notar um aumento significativo nas preocupações de design. Embora os primeiros projetos descritos fossem focados para o uso da tecnologia, os projetos mais recentes centram-se já em aspetos humanos, psicológicos e sociais. Outro fator a considerar é a diferença entre os projetos de investigação financiados e os projetos desenvolvidos para o mercado de consumo, sendo que os projetos de investigação preferem aplicações orientadas para o domínio da saúde, assim como para o equipamento de proteção enquanto as empresas preferem aplicações orientadas para a atividade desportiva e o bem-estar.

O design de roupas inteligentes consiste na conjugação de têxtil e eletrónica. Porém, enquanto os têxteis e as estruturas são macias e flexíveis, os eletrónicos são duros e frágeis. São necessárias novas tecnologias que permitam a convergência entre a indústria têxtil e a eletrónica, para possibilitar no futuro próximo novos desenvolvimentos. Neste contexto, as roupas inteligentes estão na vanguarda dos produtos têxteis de valor acrescentado. De um comportamento passivo para um comportamento ativo, os têxteis de funcionalidades estáticas passam a espelhar funcionalidades dinâmicas inteligentes, sendo a tecnologia de sistemas interativos de informação a introduzir esta nova mudança no têxtil, alcançada através do progresso de novos materiais, novas tecnologias e novas abordagens dentro de equipas multidisciplinares de investigação.

É impressão geral nas análises e especulações que o potencial dos têxteis inteligentes está somente em três áreas (i.e., médica, segurança e desporto). Apesar dos três tipos de implementação se apresentarem maioritariamente na forma de produtos vestíveis, não se menciona a moda como sendo uma das áreas. As iniciativas neste campo são muito pequenas, por sua vez são focadas maioritariamente na integração de LEDs no vestuário, sobretudo com uma função de *feedback* visual ou tátil (Berglin, 2013). É exemplo o casaco luminoso Sporty Supaheroe, um projeto desenvolvido numa cooperação entre a Fraunhofer IZM e Stretchable Circuits e o designer Wolfgang Langeder. Criado para o ciclista urbano, integra no seu interior díodos emissores de luz RGB, sensor de movimento, acelerómetro e giroscópio 3D, que permitem exibir uma variedade de padrões luminosos dependendo das circunstâncias de uso (Fraunhofer, 2013).

Ainda que de forma genérica, nesta revisão foi possível realizar um roteiro entre atividades comerciais e projetos financiadas em têxteis/roupas inteligentes. Podemos compreender a existência de um fosso

entre ambos. Em projetos financiados o foco é direcionado para aspetos técnicos, enquanto na maioria dos que assumem um risco, criam uma empresa, lançam um produto, o foco não é apenas técnico, é já orientado para o design e direcionado para o vestuário. Com o aparecimento do telefone inteligente a interação com a roupa inteligente através da utilização de aplicações móveis ficou mais fácil.

Outra questão interessante é a forma como os projetos financiados são direcionados para um suposto uso final que se espera verdadeiro e útil. Assume-se um risco elevado quando a tecnologia desenvolvida espera resolver problemas que podem ser apenas hipotéticos. Existem, no entanto, produtos considerados promissores e que têm as suas origens no contexto social de design. Um bom exemplo é o projeto Hövding (Haupt & Alstin, 2005), um produto centrado no uso do capacete na condução de uma bicicleta. A investigação iniciou-se de forma a descobrir o motivo pelo qual as pessoas não usavam o capacete, embora este pudesse salvar as suas vidas. Os utilizadores expuseram o facto de se sentirem feios e desconfortáveis com o capacete, o que deu origem ao capacete "invisível" airbag (Figura 2.15). Com um papel preponderante o designer de moda/produto deve discutir o futuro da integração de tecnologias têxteis eletrónicas no design de roupas inteligentes, bem como aspetos relativos à funcionalidade, usabilidade e aparência visual.



Figura 2.15. Terceira geração do capacete airbag (Hövding, 2019)

3. Revisão sistemática sobre a vestibilidade de e-têxteis para desporto

O desenvolvimento de sistemas eletrónicos vestíveis para o desporto com base em têxteis atrai cada vez mais utilizadores – motivados tanto pelo design e tecnologia, quanto pela expectativa de aumento de desempenho. Este capítulo apresenta uma revisão sistemática da literatura para fornecer uma visão geral das possibilidades de adoção, integração ou combinação de eletrónicos em têxteis, garantindo a capacidade destes produtos de atender aos requisitos de determinada modalidade desportiva. Em particular, pretende-se incluir os seguintes aspetos: i) catalogar possíveis tecnologias de medição, monitorização e interação, bem como o desempenho da integração de dispositivos eletrónicos; ii) classificar as evidências tecnológicas para a eficácia da aplicação das tecnologias evocadas; iii) avaliar a vestibilidade dessas inovações.

A pesquisa sistemática foi realizada nos seguintes motores de busca: Scopus, Web of Science, IEEE Xplore e Science Direct, procurando-se fontes de janeiro de 2009 a janeiro de 2019. Foram incluídos 32 artigos e discutidos numa nova taxonomia que consiste em três dimensões: medição de grandezas, tipos de *feedback* e aplicações. Eletrocardiografia (ECG) e unidades de medição inercial (IMU), são as tecnologias mais usadas (45.7% dos artigos). A primeira é utilizada em configurações para a leitura da atividade elétrica do coração através de sensores/elétrodos colocados na região do tórax. A segunda tecnologia refere-se à captura de movimentos, mede e relata a força específica do corpo humano e as posições e taxas angulares, por meio de uma combinação de acelerómetros e giroscópios, através de dispositivos vestíveis colocados no tronco e nos membros. Em outra direção, 17.1% dos estudos analisados concentram-se no uso de interfaces de interação de toque e pressão, como mapeamento da pressão. Normalmente, os sensores são acoplados em vez de integrados. Além disso, enquanto os estudos que incorporam ECG ainda representam 25.7%, a adoção de IMUs vem aumentando nos últimos dez anos. Todos os estudos realizaram uma avaliação em modelo humano e são reportados testes de usabilidade.

Esta revisão sistemática mostrou que estes sistemas vestíveis são usados principalmente para a monitorização de sinais vitais e fornecimento de *feedback* sobre a atividade elétrica do coração, com sensores colocados principalmente na área do tórax. Os resultados indicaram que, das 23 tecnologias pesquisadas, as mais utilizadas são: medição por eletrocardiografia, unidades de medição inercial (IMU) e sensores de interface toque e pressão. Roupas inteligentes no sentido literal ainda estão a começar a surgir. Da mesma forma, observa-se que a implementação do design enquanto processo de desenvolvimento de produtos têxteis inteligentes ainda é pouco presente nestes estudos.

3.1. Enquadramento

A roupa é um acessório essencial por razões de segurança, conforto, saúde, performance e aparência visual. Soluções de sistemas inteligentes para roupas podem desempenhar um papel único no fornecimento de *feedback* de dados e indicações de treino para os seus utilizadores. Portanto, esses sistemas podem ser diferenciadores de desempenho entre os atletas. O uso de têxteis com eletrónicos integrados pode ajudar um atleta a obter vantagens no desempenho desportivos, otimizando seu comportamento durante o treino ou competição. O retorno de informação (e.i., *feedback*) em tempo real fornece orientação e informações significativas para os atletas e seus treinadores. Mark Weiser descreveu uma visão para a computação do Século XXI que contrariava a omnipresença dos computadores pessoais, "As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se entrelaçam na trama da vida cotidiana até que sejam indistinguíveis dela" (Weiser, 1999, p.3). Neste conceito, um equipamento desportivo pode servir como camada base para funções inteligentes. O contacto dos sensores com o corpo é uma característica essencial, uma vez que estes sistemas vestíveis inteligentes dependem de informações pessoais – informações estas difíceis de adquirir por outros tipos de sensores. Além disso, embora a medição e monitorização integrada no vestuário forneçam informações sobre as atividades e contextos do utilizador, estas também permitem preservar a privacidade individual dos dados adquiridos. Para além destas funções inteligentes o vestuário enquanto comunicador de experiências e significados poderá estimular novos tipos de relações e interações com o utilizador. As principais etapas do sistema de reconhecimento de contexto humano incluem: a deteção, o processamento de sinais e análise de dados (Rault, Bouabdallah, Challal, & Marin, 2017), como se observa na Figura 3.1.



Figura 3.1. Principais etapas do sistema inteligente, adaptado de (Rault et al., 2017)

Mais especificamente, a deteção corresponde à aquisição de dados pelos sensores corporais que produzem dados brutos. Em seguida, o fluxo de dados pode ser pré-processado para filtrar o sinal. No estágio seguinte, os dados pré-processados podem ser divididos em janelas de tempo. Posteriormente, a extração de recursos é aplicada a cada janela para obter características de sinal relevantes. Durante a desempenho físico, os recursos extraídos são usados para identificar a atividade. E, por fim, dependendo do contexto reconhecido, a aplicação móvel pode fornecer ao utilizador um *feedback*.

Foram os avanços tecnológicos na microeletrónica, na integração de circuitos e chips, como o desenvolvimento de sensores inteligentes de baixa potência e a comunicação sem fio, que permitiram o surgimento da *Wireless Body Area Network* (WBAN), também conhecida como *Body Sensor Network* (BSN). Nada mais é do que uma rede sem fio de dispositivos de computação vestíveis – um conjunto de sensores de baixa potência, miniaturizados, não invasivos, leves e sem fios, que monitorizam as funções do corpo humano e ambiente (Ullah et al., 2012; Lai et al., 2013). Até muito recentemente, a monitorização contínua dos parâmetros fisiológicos só era possível no ambiente hospitalar. Mas hoje, com o desenvolvimento destas tecnologias, já é uma realidade em outros contextos (Patel et al., 2012). Em breve, roupas inteligentes podem tornar-se a interface homem-computador mais universal e natural, uma infraestrutura de informação flexível que facilitará o paradigma da computação onipresente (Gopalsamy, Park, Rajamanickam, & Jayaraman, 1999). Nos últimos anos, tem sido possível testemunhar o surgimento de tecnologias vestíveis (roupas ou acessórios) que incorpora computadores, *softwares*, eletrónica, sensores, para serem facilmente usados próximos ao corpo humano. Estes novos dispositivos com sistemas de sensores integrados permitem a monitorização contínua do estado fisiológico do utilizador, por exemplo, frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura da, fornecendo *feedback* em tempo real (Led, Azpilicueta, Martínez-Espronceda, Serrano, & Falcone, 2015).

Estes dispositivos portáteis, também são capazes de rastrear a localização de um utilizador e representar virtualmente os seus movimentos por meio da utilização de sistemas de posicionamento global (GPS), de acelerómetros ou de unidades de medição inercial (IMU), aumentando a resposta de aplicações tecnológicas (Torres-Huitzil & Alvarez-Landero, 2015; Jebelli, Ahn, & Stentz, 2016). Estes sensores medem parâmetros físicos relacionados com movimento do corpo e suas medições podem ser usadas para estimar parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos. Sensores de nova geração permitem a execução de tarefas desportivas durante o treino e o desempenho, são portáteis, acessíveis, fáceis de usar e fornecem *feedback* em tempo real (Wagner, 2018). A monitorização e avaliação sistemática,

objetiva e confiável, realizadas por meio de análises quantitativas e qualitativas de variáveis de desempenho podem reforçar a ligação entre a pesquisa e a prática de treino, especialmente em desportos de elite (Camomilla et al., 2018). O resultado de um treino apoiado por um *feedback* útil, proporciona ao atleta a consciência de sua técnica e desempenho resultante, informações essenciais para o aprendizado e aprimoramento. Por outro lado, oferece a possibilidade de um treino independente.

Nos últimos 10 anos, um grande número de sistemas inteligentes com essa finalidade tem sido relatado em revistas científicas. No entanto, apesar do grande número de publicações, poucos foram realmente finalizados como produtos vestíveis inteligentes projetados para o desporto. Existem alguns exemplos de literatura, mas é necessário classificar os artigos relacionados e identificar tendências promissoras ou desafios abertos para orientar pesquisas futuras.

Esta capítulo tem como objetivo fornecer uma visão abrangente de possíveis tecnologias adotadas, integradas ou combinadas (Köhler et al., 2011) no design de dispositivos eletrónicos vestíveis aplicados às várias modalidades desportivas. Em particular, pretende-se incluir os seguintes aspetos: i) catalogar possíveis tecnologias de medição, monitorização e interação, bem como o desempenho da integração de dispositivos eletrónicos; ii) classificar as evidências tecnológicas para a eficácia da aplicação das tecnologias evocadas; iii) avaliar a vestibilidade dessas inovações.

3.2. Método

3.2.1. Estratégia de pesquisa sistemática

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas seguintes quatro bases de dados: Scopus, Web of Science, IEEE Xplore e Science Direct. Foram selecionados os artigos que tratavam dos seguintes aspetos: tecnologias incorporadas aos têxteis, principalmente para a atividade desportiva, bem como sistemas vestíveis. Todas as áreas do corpo foram consideradas, a fim de se obter uma ampla pesquisa sobre vestibilidade. Título, resumo, palavras-chave e seus sinónimos e variações ortográficas foram usados em várias combinações e modificados para cada banco de dados. Foram considerados artigos publicados de janeiro de 2009 a janeiro de 2019. A estratégia geral de busca de literatura, incluindo os temos de pesquisa usados, está listado na Tabela 8. Esta pesquisa inclui artigos de revistas referenciados e artigos publicados em anais de conferências revistos por pares. Foram considerados apenas artigos em inglês e com acesso aberto.

Tabela 8. Estratégia de busca, artigos publicados entre Jan.2009–Jan.2019

TEMÁTICA	PALAVRAS DE BUSCA	
Vestibilidade	*wearability OR wearable OR e-textile OR smart textile OR sports OR athletes*	
	AND	
Tecnologia	*monitoring OR measurement OR sensors OR actuators*	
	AND	
Input/Output	*feedback OR interface*	
	AND NOT	
	energy harvesting OR battery OR graphene OR electronic skin OR review OR overview	
BASE BIBLIOGRÁFICA	ESTRATÉGIA DE BUSCA	ARTIGOS
Scopus	*wearability OR wearable OR e-textiles OR "smart textiles" OR sports OR athletes AND monitoring OR measurement OR sensors OR actuators AND feedback OR interface AND NOT "energy harvesting" OR battery OR graphene OR "electronic skin" OR review OR overview*	3177 encontrados acesso aberto 428
Web of Science	*(wearability OR wearable OR e-textiles OR "smart textiles" OR sports OR athletes) AND (monitoring OR measurement OR sensors OR actuators) AND (feedback OR interface) NOT ("energy harvesting" OR battery OR graphene OR "electronic skin" OR review OR overview)*	2047 encontrados acesso aberto 361
IEEE Xplore	*((((((((((wearability OR wearable OR e-textiles OR smart textiles AND sports OR athletes) AND monitoring OR measurement) AND sensors OR actuators) AND feedback OR interface) NOT energy harvesting) NOT battery) NOT graphene) NOT electronic skin) NOT review) NOT overview)*	15023 encontrados acesso aberto 994
Science Direct	*(wearability OR wearable) AND (e-textile OR "smart textiles") AND (monitoring OR measurement) AND (feedback OR interface) AND NOT ("energy harvesting" OR battery) AND NOT (graphene OR "electronic skin")*	827 encontrados acesso aberto 93

3.2.2. Processo de seleção dos artigos

O processo de seleção dos artigos consistiu em seguir as etapas (Figura 3.2) das diretrizes PRISMA statement (Moher et al., 2009): 1) Uma estratégia de busca foi realizada para o período de janeiro de 2009 a janeiro de 2019; 2) Após a remoção de duplicados, os títulos e resumos foram analisados; 3) Os artigos foram analisados com base nos critérios de inclusão/exclusão. Durante a primeira e segunda ronda de revisão, as razões para incluir/excluir artigos foram discutidas e uma decisão foi tomada. Quando os autores publicaram vários estudos sobre a mesma iniciativa de pesquisa, apenas os estudos mais relevantes foram mantidos. Com o objetivo de fornecer uma visão abrangente da

aplicação de componentes eletrónicos na superfície têxtil e delineada segundo adoção, integração ou combinação, optou-se por incluir alguns artigos não ligados ao desporto, mas com potencialidades para a investigação.

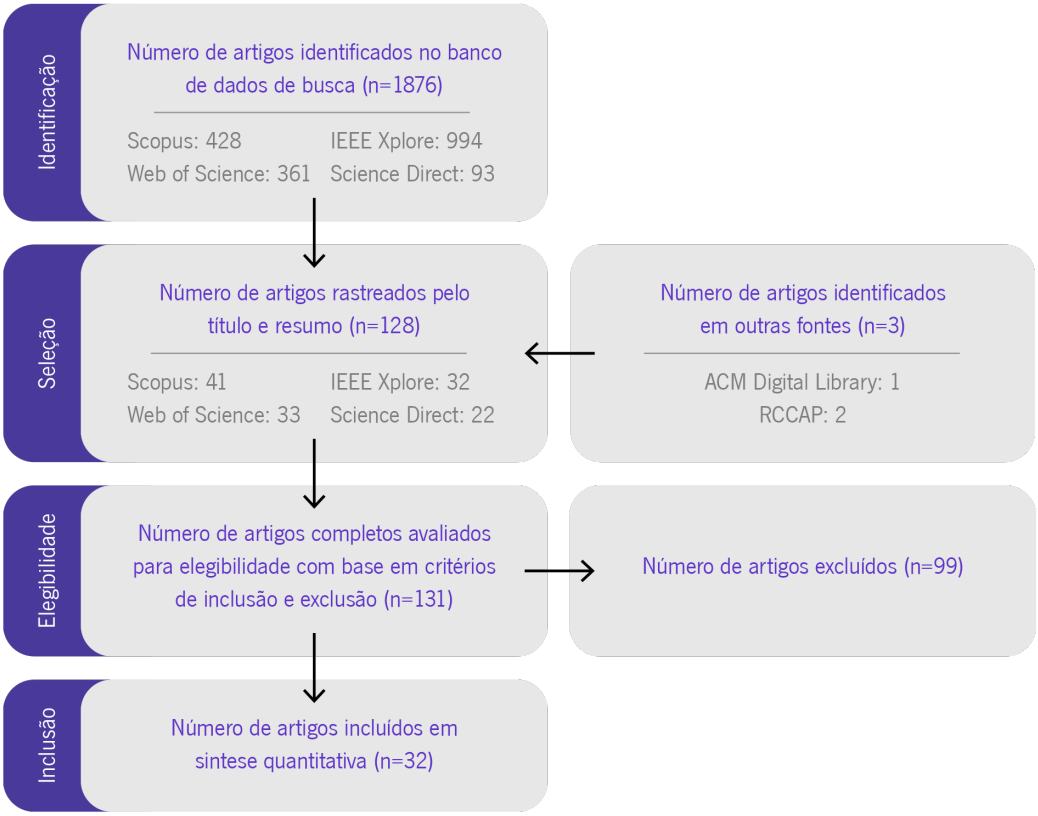


Figura 3.2. Fluxograma da revisão sistemática, adaptado de PRISMA (Moher et al., 2009)

Critérios de inclusão:

- Artigos relacionados a um sistema vestível;
- O sistema usado no desporto;
- Estudos que incluam tecnologias aplicáveis ao desporto;
- Estudos que incluem sensores ou atuadores;
- Sistemas vestíveis que fornecem *feedback* aos utilizadores (resultados de treino ou desempenho);
- Artigos que se referem ao design como ferramenta de desenvolvimento;
- Estudos publicados nos últimos dez anos;
- Artigos em inglês.

Critérios de exclusão:

- Artigos que mencionem tecnologias não aplicáveis ao desporto;
- Artigos e livros referentes a análises de tecnologia;
- Estudos que incluam nano materiais e técnicas de nano sensores;
- Artigos relacionados com tecnologias têxteis de produção e armazenamento de energia;
- Estudos referentes apenas a fios e têxteis condutores;
- Artigos que associam o grafeno aos têxteis eletrónicos;
- Estudos sobre pele eletrónica flexível;
- Artigos referentes à integração isolada de dispositivos eletrónicos, não utilizados num sistema.

3.2.3. Processo de extração de dados

Os dados foram extraídos com a orientação de uma tabela dividida por nove colunas de informação. A primeira coluna numera o estudo. A segunda coluna faz referência ao artigo, sendo atribuído a este um número na primeira coluna. A terceira coluna fornece informações sobre as características do tipo de avaliação do sistema. A quarta coluna informa o tipo de dados captados. A quinta coluna identifica o público-alvo de cada estudo. A sexta coluna indica o tipo de tecnologia utilizada no desenvolvimento do estudo. A sétima coluna indica a localização dos sensores/elétrodos ou atuadores. A oitava coluna mostra o tipo de *feedback* fornecido (visual, auditivo, vibratório ou tátil) e se pertence à modalidade e, por fim, a nona coluna descreve a vestibilidade do sistema. Os artigos relatam estudos para avaliar a eficácia da tecnologia e o desempenho técnico.

3.3. Resultados

3.3.1. Pesquisa em bases de dados

Uma visão geral dos resultados nas diferentes etapas do processo de seleção é apresentada na Figura 3.1. Dos 1876 artigos identificados com a estratégia de busca, e após o processo de seleção, 32 artigos foram incluídos nesta revisão sistemática. As principais características das tecnologias pesquisadas estão resumidas e comparadas na Tabela 9.

Tabela 9. Pesquisa em bases de dados e lista de artigos

Nº	REFERÊNCIAS	OBJETIVO	DADOS	PÚBLICO-ALVO	TECNOLOGIA	POSIÇÃO	FEEDBACK	VESTIBILIDADE
1	Bartalesi et al. (2010) ● ▲ ●	Fornece o comprimento de arco lombar e estima a curvatura local	Monitorização da curvatura local em tempo real	Desporto de remo	Sensor piezoresistivo baseado em tecido e acelerómetros triaxiais	Costas	Visual – Sistema testado em captura de movimento estereofotogramétrico BTS Elite 4	Fato
2	Ridolfi et al. (2010) ■ ▲ ●	Fornece uma abordagem moderna em fisiologia do treino ou diagnóstico médico	Monitorização de múltiplos parâmetros cardiorrespi-ratórios	Desporto de alta altitude	Sensores para eletrocardiografia (ECG), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e oxigenação arterial (SpO2)	Peito	Visual – Sistema validado com AltiTrainer, Nellcor e Biopac	*T-shirt*
3	Bahadir et al. (2012) ◆ ● ▲	Fornece aos utilizadores uma indicação dos obstáculos	Interação vibrotátil em tempo real	Deficientes visuais	Sensores ultrassónicos, motores vibratórios, fontes de alimentação e um microcontrolador	Tronco	Vibrotátil – Deteta e indica obstáculos através de sensores ultrassónicos MaxBotix, Arduino LilyPad e motores vibratórios Vibe Board	Camisa
4	Harle et al. (2012) ■ ▲ ■	Fornece informações objetivas de desempenho e auxiliar para o treino	Monitorização dos períodos de *sprint* a partir dos dados de força	Desporto de corrida	Resistências sensíveis à força (FSR) são usados para capturar os eventos do pé	Pés	Visual – Aplicação maximiza acessibilidade aos dados	Palmilha

Legenda das formas geométricas:

▲ Interfaces físicas
● Rastreio de movimentos
■ Aquisição de biossinais
◆ Outros

▲ Visual
● Vibrátil
■ Háptico
◆ Auditivo

▲ Aplicações interativas
● Monitorização de sinais vitais
■ Medição de movimentos

5	Márquez et al. (2013) ■ ▲ ●	Fornece uma avaliação clínica e estima os parâmetros de resistência elétrica corporal	Monitorização a distribuição de fluidos corporais	Desporto, combate a incêndios, militar e medicina	Sensores têxteis para bioimpedância elétrica (EBI)	Pés e mãos	Visual – Medições feitas usando ImpediMed SFB7	Bandas
6	Mengüç et al. (2013) ● ▲ ■	Fornece uma ferramenta útil para tarefas de fisioterapia (e.g., amplitude de movimento articular)	Medição de dados antropomórficos	Desporto	Sensores de deformação híper-elástica e unidades de medição inercial (IMU)	Quadril, joelho e tornozelo	Visual – Análise baseada em modelo OpenSim da captura de movimento ótico Vicon	Leggings
7	Kim et al. (2014) ■ ▲ ●	Fornece um novo sensor confiável para medir a atividade elétrica das glândulas que produzem suor	Monitorização da condutância elétrica da pele	Aplicações de saúde	Sensor vestível de resposta galvânica da pele (GSR)	Costas	Visual – Dados registados pelo Biopac BN-PPGED	Sutiã
8	Cho & Lee (2015) ■ ▲ ●	Determina a posição ideal dos elétrodos e indica o valor de amplitude obtido	Sinal de ECG	Desporto	Elétrodos ECG	Tronco, peito e costas	Visual – Avaliada através do Biopac MP150 e ECG100C	*T-shirt* e sutiã desportivo

Legenda das formas geométricas:

▲ Interfaces físicas
● Rastreio de movimentos
■ Aquisição de biossinais
◆ Outros

▲ Visual
● Vibrátil
■ Háptico
◆ Auditivo

▲ Aplicações interativas
● Monitorização de sinais vitais
■ Medição de movimentos

9	Paul et al. (2015) ■ ▲ ●	Fornece melhor desempenho em comparação com elétrodos ativos têxteis	Sinal de ECG	Caminhada e corrida	Elétrodos ECG impressos	Peito	Visual – Dados foram registados através do MATLAB	Banda de peito
10	Tognetti et al. (2015) ● ▲ ■	Fornece dados fiáveis da medição do movimento do corpo	Medição do ângulo da articulação do joelho	Desporto, reabilitação e rastreio virtual	Têxtil goniómetro, tecido piezoresistivo de malha (KPF) e unidade de medição inercial (IMU)	Pernas e joelho	Visual – Dados foram sincronizados por meio do *software* XSens	Leggings
11	Borghetti et al. (2017) ● ▲ ■	Fornece informação sobre movimentos corporais errados, permitir prevenir, diagnosticar e corrigir	Medição da atividade muscular da coxa e marcha cinemática	Desporto, corrida e cuidados de saúde	Sensores IMU	Costas, peito, pernas e pés	Visual – Dados foram sincronizados por meio do *software* XSens	Bandas
12	Lin et al. (2016) ● ▲ ● ■	Fornece a possibilidade aos médicos de observarem os movimentos de marcha e pressão do pé	Monitorização da marcha	Desporto	Sensores piezoelétricos e IMU (acelerómetro, giroscópio e magnetómetro)	Pés	Visual – Visualização de dados em um *software* GUI para telefone inteligente (registar, visualizar e analisar)	Palminha
13	Özcan et al. (2016) ◆ ◆ ▲	Fornece interatividade, propriedades afetivas de transição e biossensores	Interação social	Crianças com autismo	Têxteis vestíveis e sensores de toque	Pescoço	Auditivo – Quando pressionado o produto responde com a produção de vários estímulos auditivos e visuais	Cachecol

Legenda das formas geométricas:

▲ Interfaces físicas
● Rastreio de movimentos
■ Aquisição de biossinais
◆ Outros

▲ Visual
● Vibrátil
■ Háptico
◆ Auditivo

▲ Aplicações interativas
● Monitorização de sinais vitais
■ Medição de movimentos

14	Standoli et al. (2016) ■ ▲ ●	Fornece dados sobre a atividade física e hábitos comportamentais de adolescentes	Monitorização ECG	Desporto	Sensores vestíveis, elétrodos ECG	Peito	Visual – Visualização de dados com o *software* PEGASO para um telefone inteligente	*T-shirt* e sutiã desportivo
15	Yokus et al. (2016) ■ ▲ ● ▲	Fornece dados sobre extensibilidade e fadiga de conexões impressas	Monitorização ECG e encapsulamento de LED	Cuidados de saúde	Integração de LED em linhas impressas e sensores ECG	Tronco e peito	Visual – Dados foram registados com MATLAB	Camisa
16	Yoon et al. (2016) ▲ ■	Fornece interações hápticas para controlar interfaces	Interação de atividades diárias	Interação do utilizador, geral	Têxtil com deteção multimodal (deformação e pressão)	Dedos	Háptico – Sistema para controlar vários tipos de dispositivos de entrada	Banda
17	Kang et al. (2017) ● ▲ ●	Fornece *feedback* em tempo real da postura do tronco	Monitorização da postura	Cuidados de saúde	Sensores e atuadores, unidade de medição inercial (IMU)	Tronco, ombro, peito e costas	Visual – Mapeamento num esqueleto virtual (computador) e gera um torso virtual	*T-shirt*
18	Parzer et al. (2017) ▲ ■ ▲	Fornece uma estrutura de deteção unificada que permite detetar gestos	Interação de gestos	Interação do utilizador, geral	Têxtil interativo	Braço	Háptico – Construção de uma imagem de força usando os dados brutos da matriz do sensor	Manga
19	Shen et al. (2017) ■ ▲ ●	Fornece uma estimativa precisa da frequência respiratória através de três técnicas diferentes	Monitorização ECG, bioimpedância e deteção de movimento	Desporto e apoio domiciliário	Multisensores para estimar frequência respiratória (FR)	Peito	Visual – Visualização de dados na interface do telefone inteligente	*T-shirt*

Legenda das formas geométricas:

▲ Interfaces físicas
● Rastreio de movimentos
■ Aquisição de biossinais
◆ Outros

▲ Visual
● Vibrátil
■ Háptico
◆ Auditivo

▲ Aplicações interativas
● Monitorização de sinais vitais
■ Medição de movimentos

20	Wang et al. (2017) ● ▲ ●	Fornece *feedback* em tempo real da postura e movimento do tronco e dos ombros	Monitorização e correção da postura	Reabilitação	Sensores vestíveis, unidade de medição inercial (IMU)	Tronco	Visual – Visualização de dados em *software* desenvolvido para telefone inteligente	Colete
21	Zhou et al. (2017) ■ ▲ ●	Fornece informações detalhadas sobre as ações musculares	Monitorização da atividade muscular	Desporto e bem-estar	Sensores de mapeamento de pressão	Perna, braço, peito e costas	Visual – Visualização de dados através de um telefone inteligente	Bandas
22	Wei et al. (2017) ■ ▲ ●	Fornece deteção de emoções em tempo real e analisa o desempenho dos elétrodos impressos	Monitorização dos sinais eletroencefalo-gráficos	Bem-estar e lazer	Elétrodos impressos para eletroencefalo-grafia (EEG)	Cabeça	Visual – Dados registados no processamento de sinal OpenVIBE	Banda de cabeça
23	An & Stylios (2018) ■ ▲ ●	Melhora a medida dos sinais de pulsação relativamente a *wearables* convencionais	Rastreio do movimento em sincronia com a monitorização ECG	Desporto, atividade física	Elétrodo têxtil híbrido	Peito	Visual – Visualização de dados em *software* desenvolvido para telefone inteligente e computador	Banda de peito
24	Jia et al. (2018) ■ ▲ ●	Fornece rotulagem para obter perfil de transpiração	Monitorização do suor	Condiciona-mento físico, atletas e pacientes idosos	Sensor de consiste em três fios condutores envolvidos por capa de algodão para a detecção de perspiração (suor)	Costas, axila e tronco	Visual – Analisa a quantidade de suor medida e o nível estimado de perspiração percebida através da tela do telefone inteligente	*T-shirt*

Legenda das formas geométricas:

- ▲ Interfaces físicas
- ● Rastreio de movimentos
- ■ Aquisição de biossinais
- ◆ Outros
- ▲ Visual
- ● Vibrátil
- ■ Háptico
- ◆ Auditivo
- ▲ Aplicações interativas
- ● Monitorização de sinais vitais
- ■ Medição de movimentos

25	Jin et al. (2018) ● ▲ ■	Fornece indicações de postura de partes do corpo estáticas e móveis	Medição do ângulo na interseção das partes do corpo	Desporto, terapia e produção de animações 3D	Rastreio da estrutura corporal através de RFID passivos	Ombro, joelho, cotovelo, cintura e coxa	Visual – Implementa o sistema em tempo real através de Python	Suéter
26	Lee et al. (2018) ▲ ▲ ▲	Fornece regulação da temperatura corporal	Temperatura e interação de gestos (toque)	Desporto, esqui e ciclismo	Regulação térmica e interface têxtil	Tronco, braço e cabeça	Visual – Visualização de dados na interface do telefone inteligente e interface têxtil de botões	Casaco
27	Lin et al. (2018) ● ▲ ■	Fornece valores como aceleração, velocidade angular e campo magnético	Captura de movimentos da mão	Reabilitação	Sensores vestíveis, unidade de medição inercial (IMU)	Mãos	Visual – Registo em tempo real dos parâmetros dinâmicos da mão e visualizado 3D em Unity	Luvas
28	Lugoda et al. (2018) ■ ▲ ●	Fornece a avaliação de temperatura para aplicações onde pequenas diferenças precisam ser medidas	Medição da temperatura da pele, ensaios aplicados ao pé	Condições médicas, saúde	Sensores de temperatura com base em têxteis	Braço, pés e mãos	Visual – Visualização e registo de dados em LabVIEW	Braçadeiras, luvas e meias
29	Paiva, Vieira, et al. (2019) ■ ▲ ●	Fornece dados sobre a frequência cardíaca e mantem os elétrodos em contato com o corpo	Monitorização ECG em tempo real	Desporto e ciclismo	Elétrodos impressos para eletrocardiografia (ECG)	Peito	Visual – Visualização e registo de dados na aplicação Polar Beat	Skinsuit

Legenda das formas geométricas:

- ▲ Interfaces físicas
- ● Rastreio de movimentos
- ■ Aquisição de biossinais
- ◆ Outros
- ▲ Visual
- ● Vibrátil
- ■ Háptico
- ◆ Auditivo
- ▲ Aplicações interativas
- ● Monitorização de sinais vitais
- ■ Medição de movimentos

30	Paiva, Catarino, et al. (2019) ■ ▲ ●	Fornece dados ECG e EMG em tempo real, de forma que o atleta possa ter uma intervenção adequada	Monitorização ECG e EMG	Desporto e pacientes em reabilitação	Elétrodos de ECG e EMG integrados no têxtil	Tronco e braços	Visual – Visualização e registo de dados. através do dispositivo Shimmer3 EXG	*T-shirt*
31	Velázquez et al. (2018) ● ■ ▲	Fornece direções para um destino	Localização em tempo real do utilizador e interação tátil no pé	Deficientes visuais	Sistema de navegação vestível (GPS) e *feedback* mecânico	Pés	Háptico – Dados fornecidos por um telefone inteligente e processados por *software* de navegação	Palmilha
32	Mencarini et al. (2019) ◆ ● ▲	Fornece instruções para escalada	Interação em tempo real com o utilizador	Desporto e escalada	Sistema vestível com motor vibratório	Quadril esquerdo, direito e abdómen	Vibrátil – Cada dispositivo vestido em uma parte do corpo crucial para receber orientações	Bandas

Legenda das formas geométricas:

▲ Interfaces físicas
● Rastreio de movimentos
■ Aquisição de biossinais
◆ Outros

▲ Visual
● Vibrátil
■ Háptico
◆ Auditivo

▲ Aplicações interativas
● Monitorização de sinais vitais
■ Medição de movimentos

3.3.2. Estrutura taxonómica

Uma nova taxonomia é proposta (Figura 3.3), para classificar as informações recolhidas – um método de organização que consiste em três dimensões: medição de grandezas, tipos de *feedback* e aplicações. Essas dimensões são aspetos críticos a serem estudados em relação aos sistemas vestíveis inteligentes para treino de atletas: 1) avaliação das tecnologias envolvidas; 2) compreender a interação entre o utilizador e o sistema vestível ou portátil; 3) definir quais informações são recolhidas do utilizador. A primeira dimensão visa a medição de grandezas, ou seja, aquisição de biossinais, rastreio de movimentos, interface mecânica com o utilizador e outras tecnologias. A segunda dimensão é o tipo de *feedback*, essencial para a interação do utilizador com o sistema inteligente vestível, está dividido em quatro categorias: visual, auditivo, vibração e háptico. A terceira dimensão corresponde às aplicações; cada sistema fornece informações para finalidades diferentes, adequadas às necessidades específicas do atleta, o que inclui a medição de movimentos, monitorização de sinais vitais e aplicações interativas.

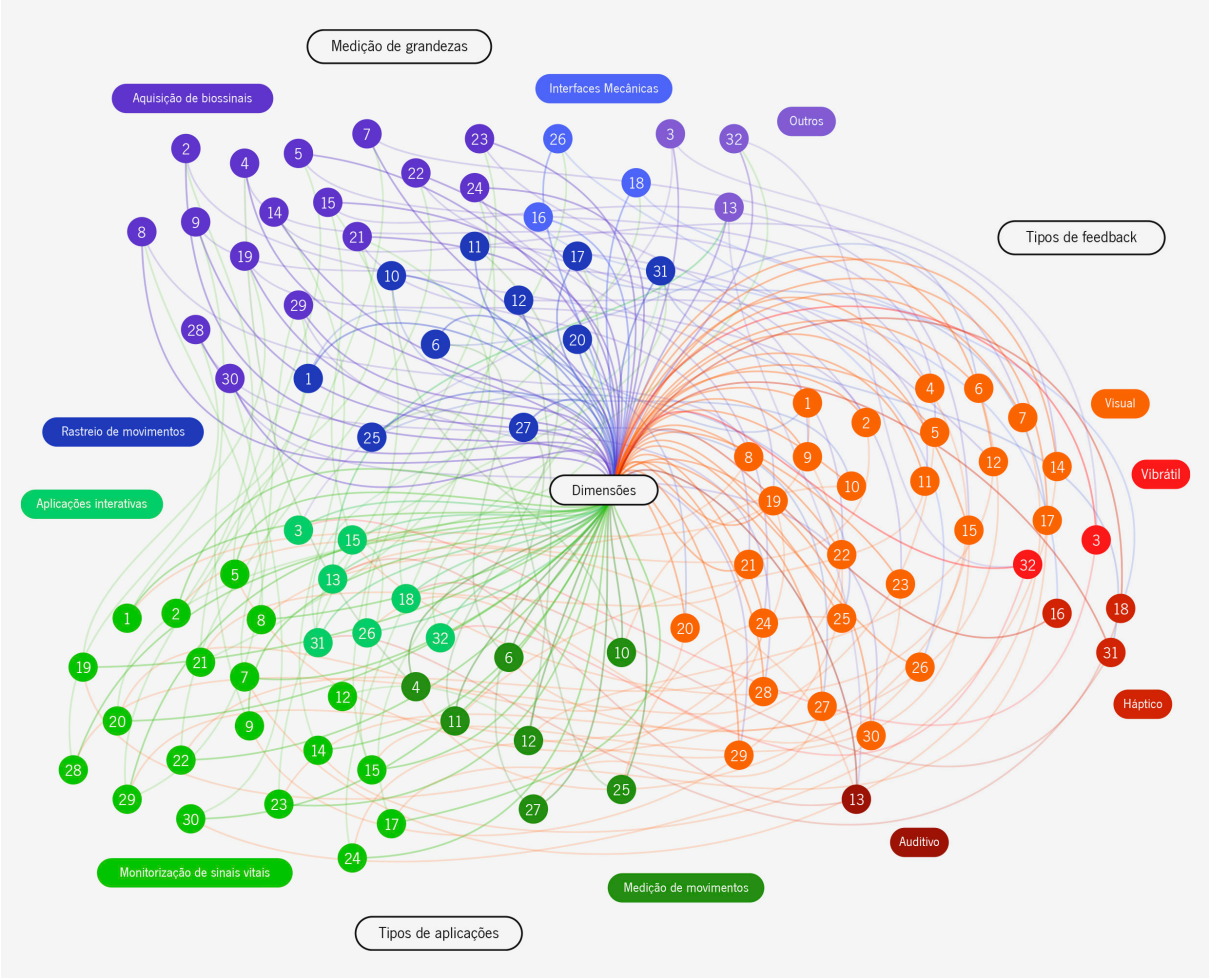


Figura 3.3. Taxonomia dos sistemas vestíveis inteligentes apurados nos 32 artigos

A taxonomia é aplicada nos 32 artigos para que sua visão geral seja clara. É interessante notar que a maioria dos artigos posiciona seus estudos em tecnologias de deteção de sinais vitais, *feedback* visual e aquisição de dados de monitorização de sinais vitais. Podemos, portanto, concluir que a entrada (input) dessas tecnologias é em geral sobre a monitorização dos biossinais do utilizador, e sua saída (output) é principalmente visual. Por meio da taxonomia, ainda é possível ter um maior conhecimento de outros caminhos possíveis na investigação, desenvolvimento e design de sistemas vestíveis inteligentes para a atividade desportiva.

3.3.3. Medição de grandezas

A Figura 3.4 resume o número de estudos e as diferentes tecnologias estudadas em cada um deles. Alguns destes estudos envolveram diferentes tecnologias em seu sistema. Estas tecnologias são classificadas em quatro categorias:

- Aquisição de Biossinais – Eletrocardiografia (ECG), eletroencefalografia (EEG), eletromiografia (EMG), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), resposta galvânica da pele (GSR/EDA), Sensor de suor (pH), temperatura corporal (TC), oximetria (SpO2), elétrodos têxteis;
- Rastreio de Movimentos – Unidade de medição inercial (IMU), acelerómetro triaxial, identificação por radiofrequência (RFID), sistema de posicionamento global (GPS), sensores de movimento, têxtil goniómetro baseados em tecido piezoresistivo de malha (KPF);
- Interfaces Mecânicas – Interface de toque/pressão, sensores piezoelétricos e piezoresistivos;
- Outros – Regulação térmica, áudio/som, díodo emissor de luz (LED), motor vibratório.

Dos estudos analisados, 28.13% concentram-se na utilização de sensores/elétrodos têxteis ou impressos que adquirem eletrocardiografia (ECG), o registo da tensão elétrica versus tempo da atividade elétrica do coração por meio da utilização desses sensores/elétrodos colocados em contacto com a pele [2, 8, 9, 14, 15, 19, 23, 29, 30]. Já 21.88% dos estudos enfocam no uso de unidades de medição inercial (IMU) vestíveis, dispositivos eletrónicos que medem e relatam as acelerações dos corpos, e as taxas angulares, por meio de uma combinação de acelerómetros e giroscópios [6, 10, 11, 12, 17, 20, 27]. Numa outra direção, 18.75% dos estudos analisados concentram-se na utilização de sensor ou atuador de interfaces de interação de toque ou pressão e mapeamento de força, onde o produto se transforma numa interface táctil de gestos ou medição de pressão [4, 13, 16, 18, 21, 26]. Numa percentagem menor, 6.25% dos estudos possuem a integração de LEDs que providenciam luz ao mesmo tempo que são mais confortáveis e flexíveis [13, 15]. Encontra-se também, com 6.25%, estudos que enfocam no uso de

sensores para avaliar a frequência respiratória (FR) [2, 19], atividade muscular (EMG) [21, 30], rastreio de movimentos [19, 23] e o uso de motores vibratórios que fornecem uma resposta vibrátil [3, 32]. Das 23 tecnologias apuradas, 15 correspondem a um total de 46,88% dos estudos analisados, com um valor unitário de 3.125%.

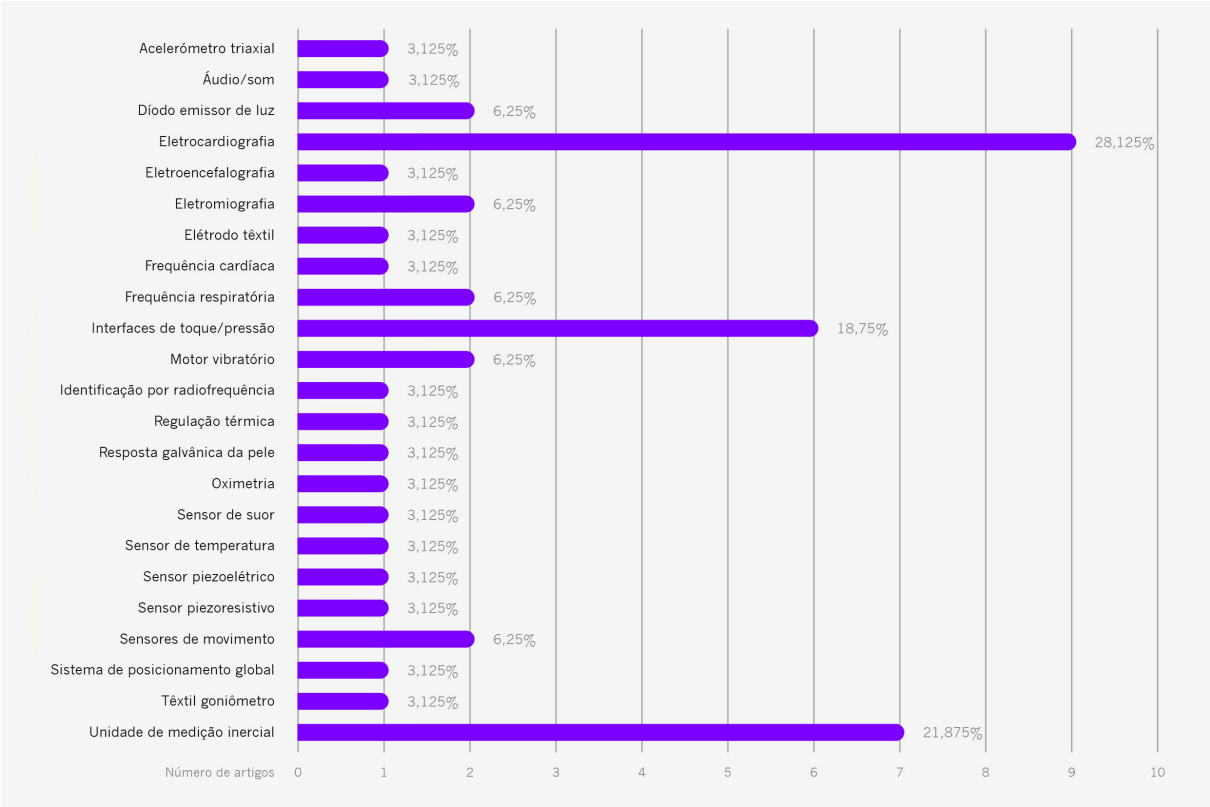


Figura 3.4. Visão global das tecnologias apuradas nos 32 artigos

Através destas 15 tecnologias com menor incidência nos artigos referenciam-se tecnologias essenciais para o desenvolvimento de novos sistemas vestíveis inteligentes: incorporar sensores de temperatura dentro de estruturas têxteis para fornecer um método eficaz para medir a temperatura da pele [28], elétrodos têxteis para fornecer medições de bioimpedância corporal [28], incorporar sensores para medir a frequência cardíaca (FC) [2], incorporar sensores SpO2 para medir a saturação do oxigênio no sangue [2], eletroencefalografia (EEG), um método de monitorização eletrofisiológico utilizado para registrar a atividade elétrica do cérebro [22], têxtil goniómetro para medir determinado ângulo baseados em tecido piezoresistivo de malha (KPF) [10], têxteis com propriedade regulação térmica [26], acelerómetros para medir a aceleração do sistema [1], captura de movimentos por identificação por radiofrequência (RFID) [25], sistema de posicionamento global (GPS) [31], equipamento áudio que reproduz, regista ou processa sons [13], sensor capaz de analisar o suor (pH) [24], sensor para a resposta galvânico da pele

(GDR/EDA) [7], sensores que mostram propriedades piezoresistivas quando uma deformação é aplicada [1] e têxtil piezoelétrico capaz de gerar tensão elétrica por resposta a uma pressão mecânica [12].

3.3.4. Tipos de *feedback*

A Tabela 10 classifica os diferentes tipos de *feedback*. O fornecimento de *feedback* visual é o mais comum nestes estudos (n=27), e estas informações (linhas, curvas, barras, pontos, números) são definidas principalmente pelos gráficos dos *softwares* utilizados pelos investigadores – na avaliação da aquisição de dados obtidos pelos produtos desenvolvidos – uma vez que o número de variáveis relevantes pode ser representado de forma direta e clara. Por meio de *softwares* como o LabVIEW, o Biopac, o MATLAB, o OpenVIBE, entre outros, os investigadores puderam interpretar os dados adquiridos por estes novos produtos inteligentes (n=13). Por outro lado, a representação visual tridimensional (3D) possibilita aos investigadores a analise do movimento dos membros do corpo ou estrutura humano (n=6). Há também nestes estudos (n=7) a preocupação em apresentar um *feedback* mais cuidadoso por meio do design e implementação de uma interface de aplicação móvel dirigida ao utilizador final. Ainda no campo do *feedback* visual, mas de uma forma mais primitiva, destacamos a luz, o brilho e a cor proporcionados por díodos emissores de luz (LEDs) integrados que promovem a interação visual (n=1). Para além destes quatro tipos de *feedback* visual também foi possível identificar (n=6), o *feedback* auditivo fornecido por equipamentos que reproduzem e processam sons (n=1), o *feedback* vibrátil na deteção de obstáculos e instruções simples em tempo real (n=2) e, por fim, o *feedback* háptico na gestão de gestos, na pressão de toque e na interface de aplicação móvel (n=3).

Tabela 10. Classificação de tipos de *feedback*

FEEDBACK	DESCRIÇÃO	Nº ATRIBUIDO AO ARTIGO
Visual	Gráficos (linhas, curvas, barras, pontos, números)	[1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 15, 21, 22, 23, 28, 30]
	3D de membro, corpo humano ou estrutura	[6, 10, 11, 17, 25, 27]
	Interface de aplicação móvel	[12, 14, 19, 20, 24, 26, 29]
	Luz, brilho e cor	[13]
Auditivo	Música e sons	[13]
Vibrátil	Deteção de obstáculos	[3]
	Impulsos mecânicas em tempo real	[32]
Háptico	Deteção de gestos	[18]
	Pressão de toque	[16]
	Interface de aplicação móvel	[31]

3.3.5. Tipos de aplicações

A Tabela 11 classifica os diferentes tipos de aplicação. A aquisição de dados é o processo de amostragem que converte os sinais resultantes em valores numéricos digitais que podem ser manipulados por um sistema computadorizado. Representa a secção de descoberta de dados dentro da cadeia de valor de dados, como base para a criação de novos conhecimentos (Bauer, Wutzke, & Bauernhansl, 2016). A aquisição de dados mais comum é a monitorização de sinais vitais (n=18); aqui, identificamos a monitorização dos vários tipos de biossinais (n=12), já especificados anteriormente. Também foram identificados a monitorização da postura (n=3), a monitorização da composição corporal – bioimpedância (n=1), a monitorização da taxa de suor (n=1) e, por fim, a medição da temperatura da pele (n=1). Tanto a medição de movimentos, como as aplicações interativas, possuem a mesma dimensão de presença nos estudos (n=7). Na medição de movimentos destacamos a atividade cinemática (n=2), e a medição dos ângulos articulares de membros do corpo (n=3); ainda no campo da medição de dados temos a monitorização da marcha (n=1) e a medição da duração de contacto com o solo em sprint (n=1). Por ouro lado, nas aplicações interativas é privilegiado a deteção do toque em tempo real (n=3) e a ativação e controlo do sistema (n=2), aqui ainda temos a localização em tempo real (n=1) e a deteção de obstáculos a partir de têxteis inteligentes (n=1).

Tabela 11. Classificação de aplicações

APLICAÇÕES	DESCRIÇÃO	Nº ATRIBUIDO AO ARTIGO
Medição de movimentos	Ângulos articulares	[6, 10, 25]
	Atividade cinemática	[11, 27]
	Duração de contacto	[4]
	Marcha	[12]
Monitorização de sinais vitais	Bioimpedância	[5]
	Biossinais	[2, 7, 8, 9, 14, 15, 19, 21, 22, 23, 29, 30]
	Postura	[1, 17, 20]
	Taxa de suor	[24]
	Temperatura da pele	[28]
Aplicações interativas	Deteção do toque em tempo real	[16, 18, 26]
	Localização em tempo real	[31]
	Ativação e controlo do sistema	[13, 32]
	Deteção de obstáculos	[3]

3.3.6. Posicionamento dos sensores/elétrodos ou atuadores

No processo de design uma das primeiras questões que um designer ou investigador de tecnologia vestível deve responder é em que partes do corpo a tecnologia deve ser usada (Zeagler, 2017). Seguindo esta premissa, na Figura 3.5 pretende-se mostrar uma visão global da distribuição corporal da tecnologia e, portanto, são ilustradas as zonas de colocação dos sensores/elétrodos ou atuadores, de todos os estudos incluídos nesta revisão sistemática. Descobrimos através destes estudos que das várias possibilidades fornecidas por diferentes locais do corpo, a principal concentração é na zona do peito (n=11), do tronco (n=7) e das costas (n=8). Outras partes que se destacam pela implementação de tecnologias vestíveis são a zona do pé (n=6) e do braço (n=5). O resultado é uma infografia, um resumo de diretrizes possíveis de incorporar no design e desenvolvimento de sistemas vestíveis inteligentes. É a descrição dos espaços tridimensionais do corpo que melhor se enquadram na integração das tecnologias, na capacidade de um uso confortável e não intrusivo.

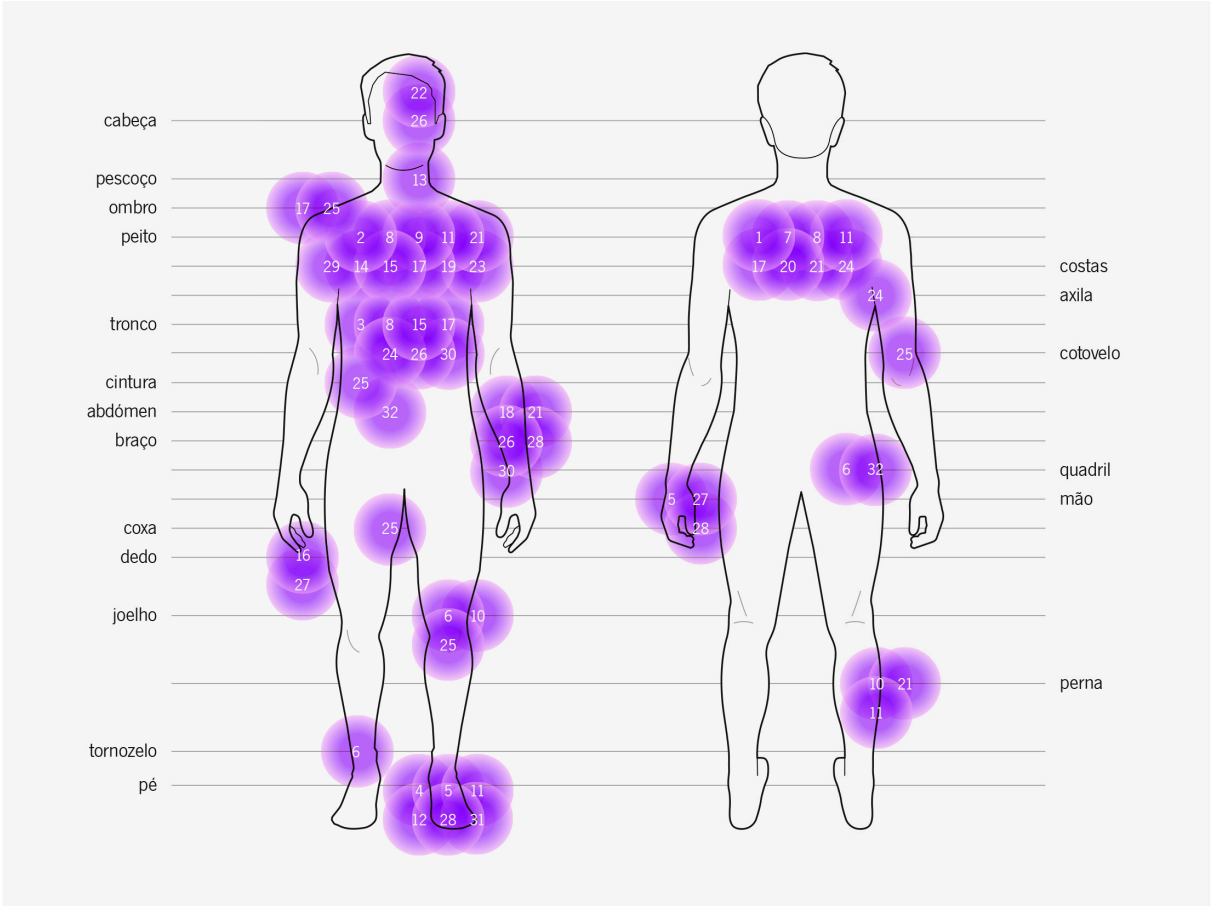


Figura 3.5. Posicionamento das tecnologias apuradas nos 32 artigos

3.3.7. Vestibilidade da tecnologia

Já se passaram cerca de 20 anos desde que Gemperle, Kasabach, Stivoric, Bauer, & Martin (1998) escreveram *"Design for Wearability"*. Neste estudo a vestibilidade foi definida como a interação entre o corpo humano e objetos vestíveis. A tecnologia digital tem melhorado num ciclo constantemente à medida que a informações se tornam cada vez mais disponíveis sem fios. Estes avanços tornam as tecnologias vestíveis mais portáteis. Esta capacidade de vestir é um dos principais aspetos para aceitação dos sistemas vestíveis – definida como a interação entre o corpo humano e a tecnologia vestível. A usabilidade estende esta definição para incluir o corpo humano em movimento. É importante compreender os espaços do corpo humano onde estas tecnologias podem ser incorporadas sem interferir nos movimentos, bem como nas necessidades de conforto. Segundo Cho et al. (2009) geralmente, o conforto pode ser definido como ausência de desconforto e dor – sendo um estado neutro. Do ponto de vista da implementação dos sistemas vestíveis inteligentes, o nível de integração de produtos eletrónicos em têxtil influencia a capacidade de uso. O nível de integração diz respeito à maneira como as peças eletrónicas entram num sistema vestível. Mencionadas no primeiro capítulo, a vestibilidade de componentes eletrónicos em superfícies têxteis pode ser delineada segundo três etapas sucessivas de inovação: adoção, integração e combinação (Mecheels et al., 2004). Embora os sistemas vestíveis analisados sejam bastante diferentes entre si, eles demostram os requisitos atuais de design para a usabilidade e como os fatores de vestibilidade suportam esses requisitos. A usabilidade é um fator associado às interfaces dos sistemas vestíveis. Em outras palavras, deve fornecer interfaces de entrada (input) e saída (output) acessíveis (Cho et al., 2009). A Tabela 12 mostra uma visão global da vestibilidade da tecnologia nos diferentes artigos examinados: os sistemas adotados possuem destaque nos estudos analisados (n=18); os sistemas integrados são agradáveis e menos volumosos, têm melhorado tanto o conforto, a flexibilidade como a aparência visual (n=14); e, por último, não foi possível identificar sistemas combinados (n=0).

Tabela 12. Vestibilidade da tecnologia têxtil eletrónica

VESTIBILIDADE DA TECNOLOGIA	Nº ATRIBUIDO AO ARTIGO
Adoção	[2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 31, 32]
Integração	[1, 3, 5, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 29, 30]
Combinação	[N/A]

3.4. Discussão

Este capítulo analisa as tecnologias em destaque nos últimos dez anos, com foco em sistemas vestíveis inteligentes com base no uso de sensores/elétrodos ou atuadores para o desempenho desportivo. Propõe-se uma taxonomia que consiste em três dimensões: medição de grandezas, tipos de *feedback* e aplicações. Esta beneficiará outros investigadores para uma compreensão mais profunda dos estudos analisados, e através desta visão global proporcionar uma orientação para o design de têxteis eletrónicos. Por outro lado, novos conceitos surgiram na exploração do futuro da vestibilidade. Designers e investigadores desenvolvem soluções inspiradoras, e embora estes desenvolvimentos não se centrem em soluções diretamente aplicadas a e-têxteis para a atividade física, podem melhorar os sistemas vestíveis orientados para o desempenho desportivo; são exemplo: BioLogic – Com o objetivo de desenvolver biopele sintética responsiva, ativada por bactérias vivas inseridas no tecido através de bioimpressão. A tecnologia é aplicada no design de um uniforme "vivo" para dança e fabricado com aletas na zona das costas. A Figura 3.6 mostra aletas que abrem numa reação ao calor corporal, permitindo que o suor se evapore e o corpo arrefeça (Yao, Ou, et al., 2015).



Figura 3.6. Combinação de tecido e biopele sintética responsiva (Yao, Wang, et al., 2015)

AeroMorph – Como o objetivo implementar dobras pré-programadas em produtos insufláveis de papel, plástico e tecido. Através de um *software* é possível projetar dobras específicas e simular a sua transformação. A Figura 3.7 mostra uma de muitas possibilidades para a tecnologia, a luva de ciclismo que possui uma textura na palma da mão criada por pequenas câmaras de ar controladas por uma única fonte de ar. Quando insuflada, a superfície cria sensação/pressão tátil possibilitando um leque de novas possibilidades na interação com a bicicleta (Ou et al., 2016).



Figura 3.7. Combinação de tecido e ar comprimido (Ou et al., 2016)

3.5. Considerações finais

Novas possibilidades surgem com a ascensão das tecnologias em têxteis eletrónicos. Esta revisão sistemática reforça o facto de que estes sistemas vestíveis inteligentes são usados principalmente para a monitorização de biossinais sobre a atividade elétrica do coração, através de sensores/elétrodos colocados maioritariamente na área do peito e tronco. O *feedback* visual é fornecido por dispositivos de saída compostos por ecrãs e visualizado através de elementos gráficos como linhas, curvas, barras, pontos e números.

Os resultados indicaram que das 23 tecnologias analisadas, 28.1% dos estudos concentram-se no uso de sensores/elétrodos têxteis ou impressos que detetam sinais de eletrocardiografia (ECG). Já 21.9% dos estudos concentram-se no uso de unidades de medição inercial (IMU) vestíveis. Numa outra direção, 18.8% dos estudos analisados concentram-se no uso de sensor ou atuador de interfaces de interação de toque ou pressão e mapeamento de força. A aplicação de componentes eletrónicos em superfícies têxteis é maioritariamente delineada segundo as etapas sucessivas de inovação: adoção e integração, não tendo sido possível identificar sistemas combinados. É também notória uma tendência crescente para o uso do telefone inteligente como dispositivo operador de *feedback* através de aplicações móveis.

Por outro lado, a maioria dos estudos analisados encontram-se no estágio de validação de protótipo, em que já foram realizadas avaliações técnicas e suportados testes com utilizadores. Da mesma forma, foi possível constatar que a implementação do design como processo de desenvolvimento de produtos têxteis inteligentes ainda está pouco presente nestes estudos. Pesquisas futuras devem ser direcionadas para o design e a usabilidade dos têxteis eletrónicos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

PARTE 2. Estudos de Caso



4. Design e desenvolvimento de *skinsuit* inteligente para ciclismo

O design de vestuário desportivo emerge na era dos têxteis eletrónicos e na incorporação desta tecnologia no desenvolvimento de novos artefactos vestíveis. Se, por um lado, este novo tipo de têxtil pode satisfazer uma necessidade técnica e prática, por outro, poderá tornar-se uma expressão de identidade cultural. Como é possível compreender nos capítulos anteriores, as tecnologias da informação, as tecnologias portáteis e os têxteis inteligentes estão a mudar a forma como pensamos e concebemos novos paradigmas para a área do desporto. Com o advento de novos tipos de têxteis eletrónicos, o têxtil tornou-se uma plataforma integradora de novas tecnologias e incrementadora de funcionalidades. A integração destas tecnologias de computação no vestuário de ciclismo oferece uma oportunidade única para o design de novos conceitos.

O presente capítulo deriva da premissa e experiência empírica do pesquisador (i.e., ciclista amador). Dá início ao primeiro estudo de caso, descrevendo o processo de design e desenvolvimento de um *skinsuit* para ciclismo, com elétrodos integrados para a monitorização da frequência cardíaca e desempenho físico – de forma prática e discreta. Através da aplicação do modelo Duplo Diamante, um processo de design divergente e convergente de ideias, foi possível chegar a uma solução (i.e., descobrir, definir, desenvolver e entregar) com maior grau de confiança no design e integração da tecnologia têxtil eletrónica.

Os elétrodos foram produzidos e testados, utilizando diferentes materiais e técnicas têxteis. A medição do sinal é feita através do dispositivo BBB - Bluetooth 4.0 (modelo Y8YBH20) e os testes de desempenho foram realizados pela aplicação móvel BBB - Bikeboard. Como resultado, foi desenvolvido e confecionado o protótipo “Smartsuit”.

4.1. Enquadramento

Segundo Clemitson (2017), fotografias de 1870 revelam que ciclistas pioneiros vestiam adaptações das suas próprias roupas quotidianas, fabricadas a partir de peças como coletes de algodão de manga curta, calça de *tweed* e camisa de lã. Era necessária uma alternativa, e na década de 1940, abordado pelo ciclista Fausto Coppi, o alfaiate italiano Armando Castelli teve a ideia de usar seda para criar uma camisola leve e fresca. Na década de 1950, a camisola de seda tinha já feito incursões no pelotão. A seda tinha uma característica altamente desejável pelos patrocinadores, que viram na camisola um

suporte para publicidade – esta possibilidade é explorada até aos dias de hoje. O uso da seda possibilitou a conceção de camisolas com fechos, bolsos e golas.

O surgimento do poliéster e particularmente do elastano, vieram também proporcionar a leveza e sensação de seda. Em 2014, a equipa de ciclismo Rapha Team Sky usa o *mesh skinsuit*, um fato leve e respirável, graças ao design do têxtil em malha (Stevenson, 2014). A monitorização da frequência cardíaca e respiratória no ciclismo profissional através de cinta torácica (Figura 4.1) é uma realidade e um equipamento indispensável para a prática da modalidade.

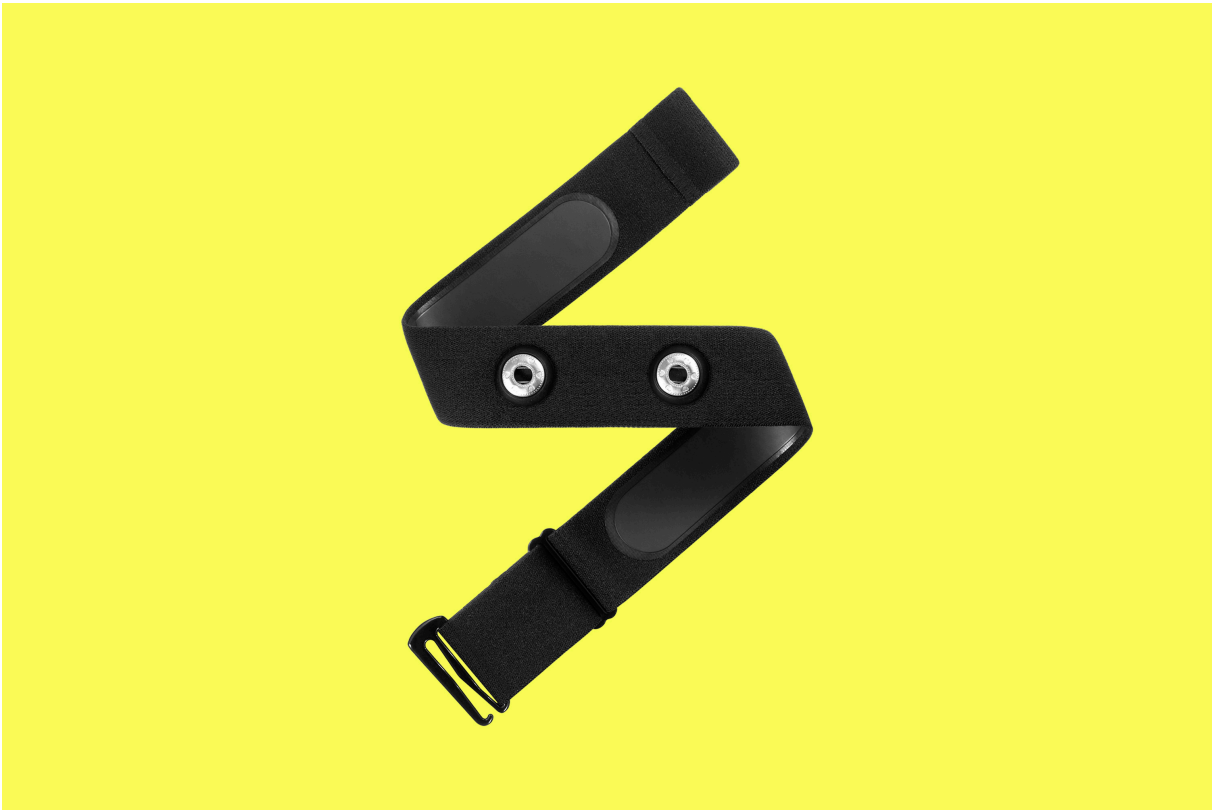


Figura 4.1. Cinta torácica do dispositivo de frequência cardíaca Mo-fit (Amazon, 2019)

O capítulo descreve o processo de design de um *skinsuit* inteligente para ciclismo de estrada, contrarrelógio, ciclismo de pista, ciclismo de montanha e ciclocrosse, onde com o e-têxtil se explorou a análise de frequência cardíaca. Para isso, entendeu-se a relação entre: i) o propósito do conceito; ii) a tecnologia usada; iii) o contexto em que o produto é usado. Com a adição de tecnologias computacionais, o têxtil torna-se "inteligente", fornecendo informações ao utilizador de forma omnipresente, promovendo uma nova forma de interação com o têxtil (Paiva, Vieira, et al., 2019). Desta forma, o projeto começa por discutir a pertinência das tecnologias de têxteis eletrónicos na *t-shirt*, sendo então considerada a

relação com o utilizador ao nível da satisfação, comunicação, funcionalidade e, por fim uma proposta de design é desenvolvida em conjunto com *hardware/ software* disponíveis no mercado.

4.2. Materiais e métodos

4.2.1. Processo de design

Diversos materiais foram explorados para fazer elétrodos têxteis, a fim de encontrar um material adequado e método para integrar elétrodos ECG na peça de vestuário. Os testes de desempenho foram realizados usando a aplicação móvel BBB - Bikeboard. Já para produzir os protótipos do *skinsuit* (tamanho S), os moldes foram projetados e cortados, primeiro para um protótipo parcial, depois para um protótipo completo da peça e consecutivamente para um protótipo final com elementos gráficos. Após cada adaptação, um novo protótipo foi realizado para corrigir cada etapa de desenvolvimento. O processo de design segue as quatro fases divergentes e convergentes do modelo Duplo Diamante (Council, 2007), como se observa na Figura 4.2.

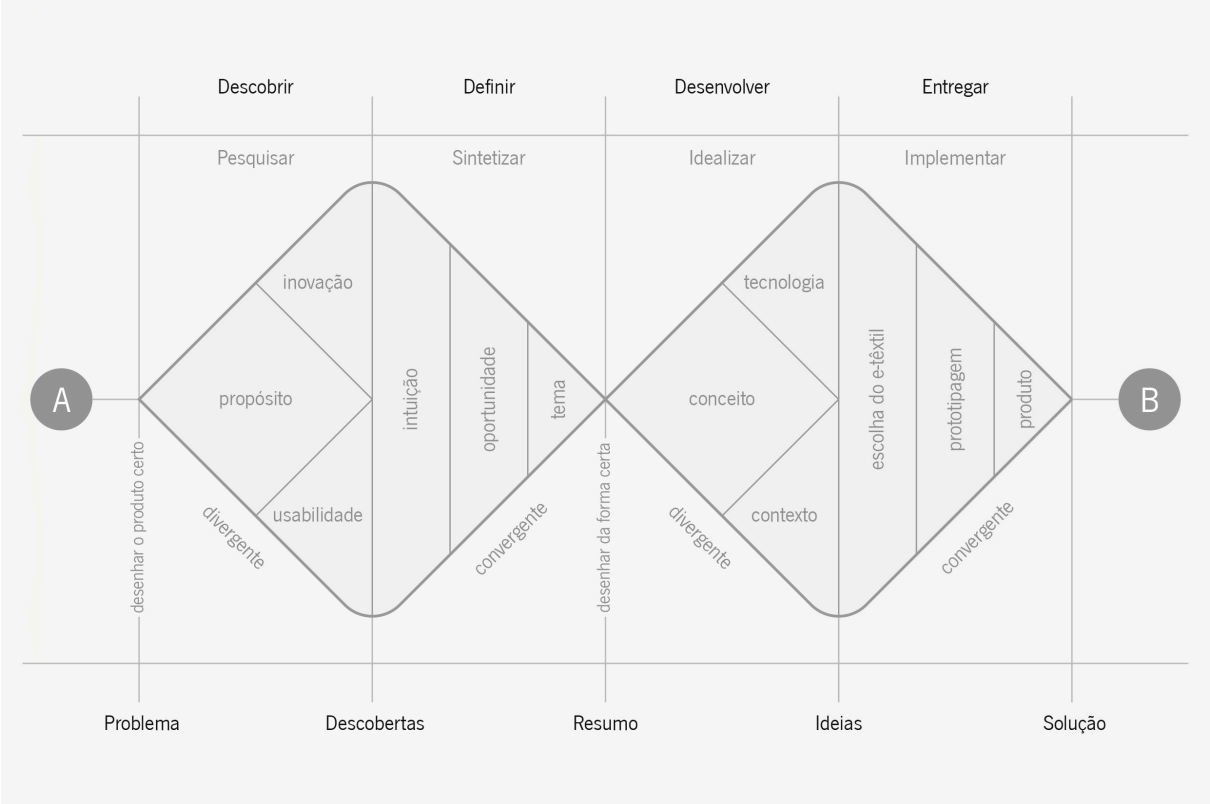


Figura 4.2 Aplicação do modelo Duplo Diamante, adaptado de (Nessler, 2018)

4.2.2. Usabilidade

O design de um novo tipo de *skinsuit* inteligente para a prática profissional e amadora, fornece uma ampla aplicabilidade em modalidades ligadas ao ciclismo: estrada, contrarrelógio, pista, montanha e ciclocrosse (Figura 4.3), consequentemente uma maior abrangência comercial do *skinsuit*. Para cada uma das modalidades a variação do *skinsuit* vai desde a não utilização de bolso traseiro, conjugado com a utilização de tecido respirável nas laterais para contrarrelógio e pista, à utilização de um bolso traseiro para ciclocrosse e a utilização dos três bolsos traseiros para estrada e montanha.



Figura 4.3 Estrada, contrarrelógio, pista (Connellan, 2019), montanha e ciclocrosse (Santos, 2019)

4.2.3. Definição do conceito

O conceito foi desenvolvido para atender aos padrões contemporâneos de vestuário e tecnologia para ciclismo, combinados de maneira elegante. O produto projetado é um *skinsuit* inteligente, como se observa na Figura 4.4, que integra elétrodos ECG e um dispositivo de monitorização cardíaca, integrado de forma quase invisível, sem comprometer a aparência visual.

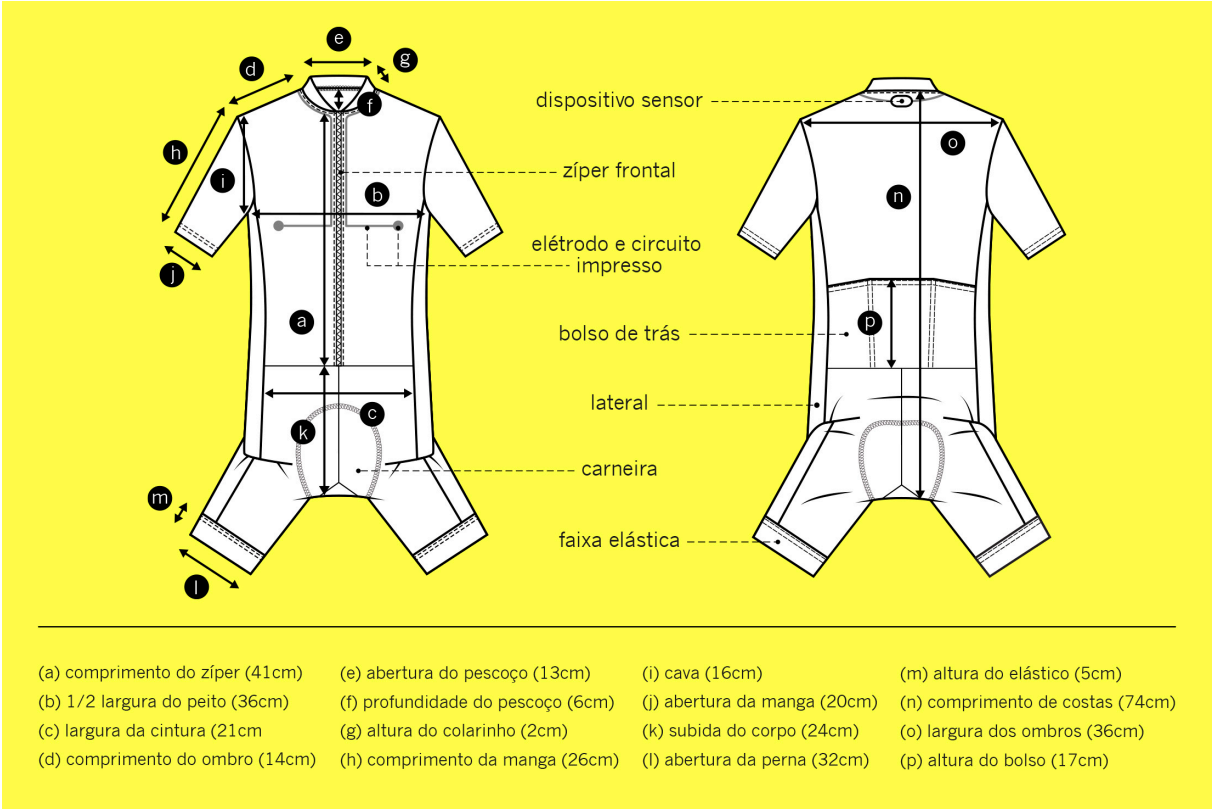


Figura 4.4. Dimensões do *skinksuit*, adaptado de (Paiva, Vieira, et al., 2019)

Para esta peça de vestuário de ciclismo foi escolhido uma malha jersey de poliamida/elastano, suave e que proporciona alguma compressão, mantendo os elétrodos em contato com o corpo. A peça foi projetada sem costuras nos ombros, uma vez que a posição do dispositivo ECG e as suas conexões impossibilitaram as mangas em raglã. Os elétrodos foram colocados perto do centro frontal, abaixo do peito, onde a forma do corpo é mais uniforme, para um maior contacto dos mesmos com o corpo. O dispositivo para a monitorização frequência cardíaca BBB - Bluetooth 4.0 (Figura 4.5) foi colocado na parte de trás, perto do colarinho, para que não interferisse com os movimentos do utilizador. Para a medição da frequência cardíaca, foi utilizado a aplicação BBB - Bikeboard, que fornece informações em tempo real sobre frequência cardíaca e parâmetros relacionados ao ciclismo (e.g., velocidade, distância).



Figura 4.5. Dispositivo BBB - Bluetooth 4.0 (BBB Cycling, 2018)

4.2.4. Escolha do e-têxtil

Antes de começar a construir os protótipos, vários materiais condutores, como: tecido (Statex Bremen), malha (Statex Silverell 1 e Medtex P-180), tinta condutora (Dupont PE828) e silicone condutor (ELASTOSIL® LR 3162 A/B), foram estudados e testados para verificar seu desempenho como elétrodos ECG. Para isso, foram produzidas bandas elásticas no tecido selecionado para a produção dos protótipos do skinsuit e foram embebidos elétrodos através da técnica mais apropriada para cada material. Foi utilizado poliuretano termoplástico (TPU) nas conexões e na borda dos elétrodos para isolar e fixar os elétrodos ao tecido, mantendo os elétrodos visíveis. Foram anexadas molas de pressão no final da conexão para ligar o dispositivo de monitorização ECG. Estas molas de pressão foram cobertas no interior por um pedaço de tecido, para que não entrem em contato direto com a pele. Na Figura 4.6 e Figura 4.7 ambas bandas elásticas utilizavam tecido condutor, já na Figura 4.7 os tecidos são costurados na banda elástica. Nos elétrodos mostrados na Figura 4.8 uma esponja de 3mm foi colocada dentro do elétrodo para criar algum volume e na Figura 4.9 a malha condutora tricotada é fixada com adesivo. Na Figura 4.10 o silicone condutor compreende dois componentes, misturados em uma proporção de 1:1. A mistura foi aplicada sobre o tecido de malha e curada a 160°C, durante 10 minutos. Para a versão impressa apresentada na Figura 4.11, a tinta foi aplicada com pincel e foi curada a 80°C por 20 minutos. Todas as conexões foram isoladas com filme de TPU, exceto no caso do silicone, em que não foi necessário, já que o tecido usado para cobrir as molas de pressão também cobria o elétrodo de silicone condutor.

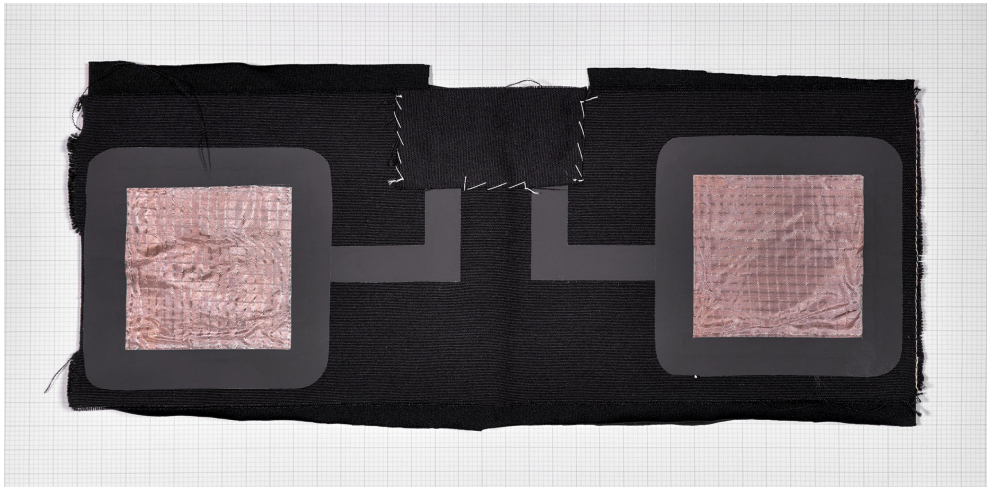


Figura 4.6. Banda elástica com tecido condutor

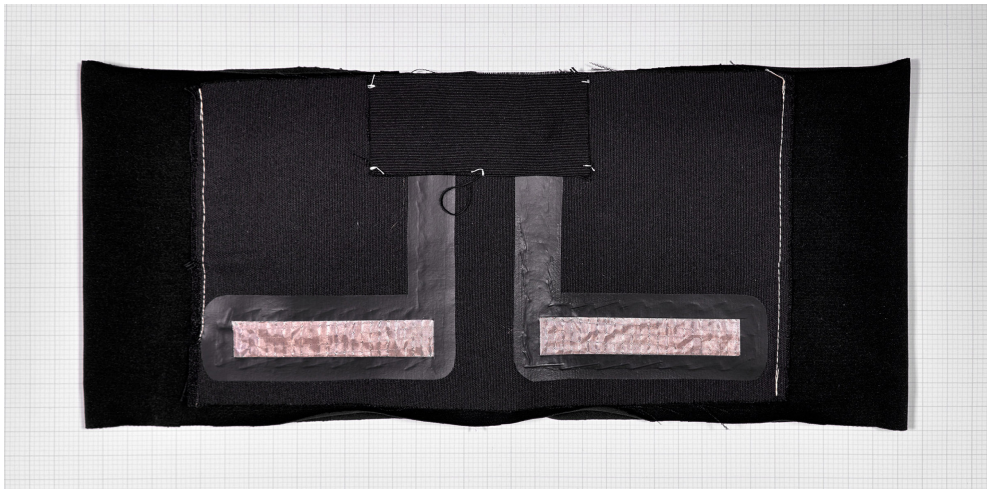


Figura 4.7. Banda elástica com tecido condutor costurado

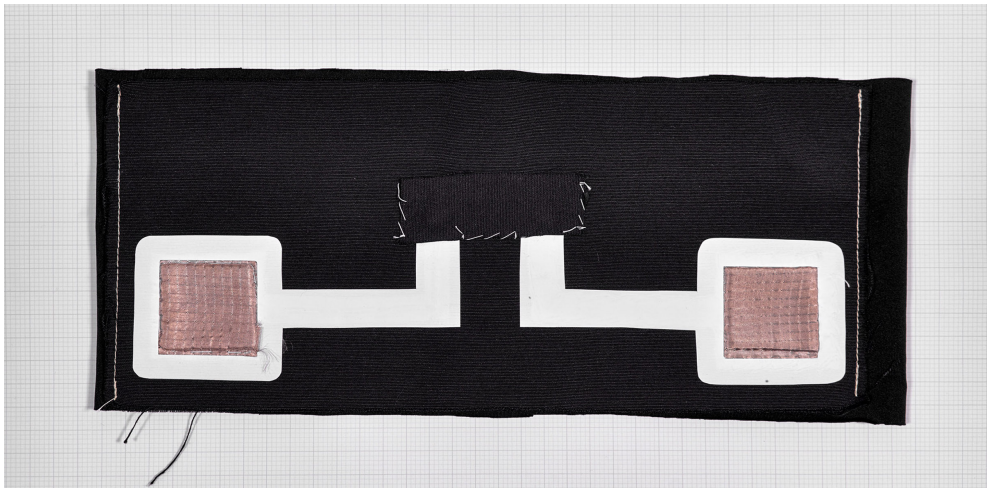


Figura 4.8. Banda elástica com tecido condutor e esponja



Figura 4.9. Banda elástica com malha condutora

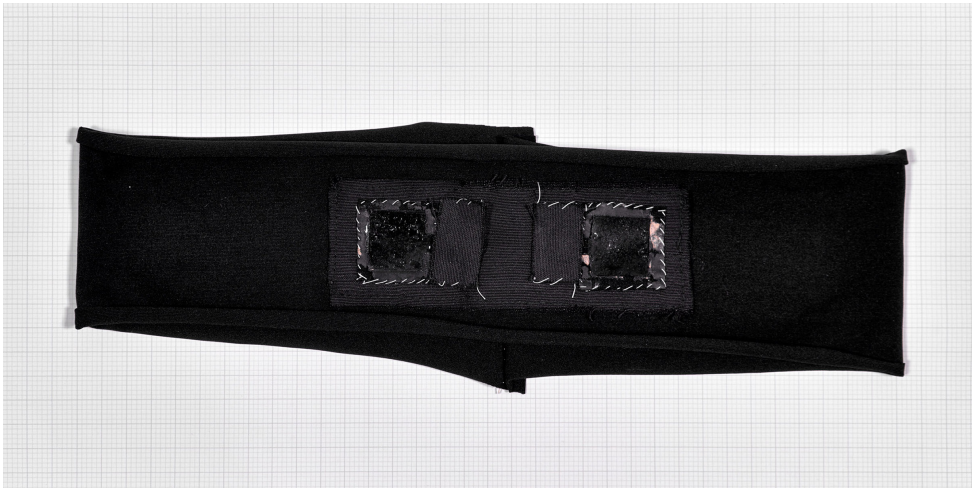


Figura 4.10. Banda elástica com silicone condutor

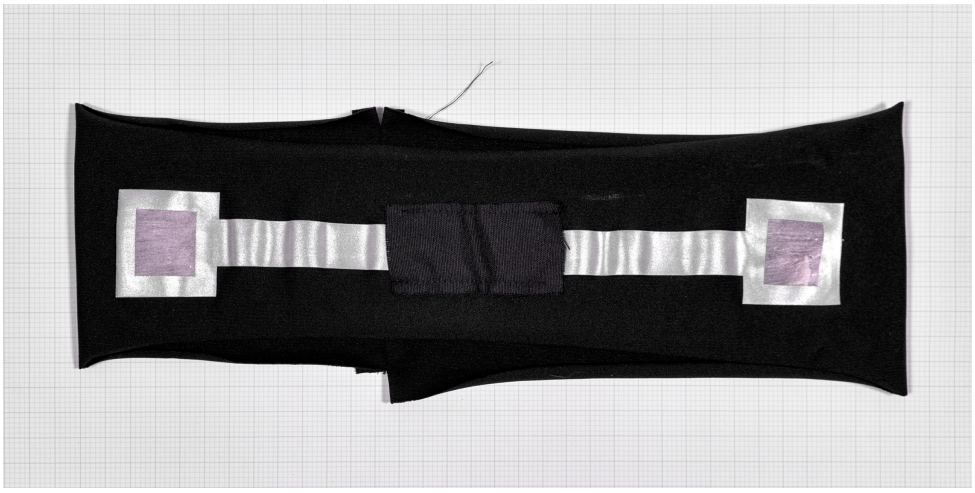


Figura 4.11. Banda elástica com tinta condutora

4.2.5. Prototipagem do *skinsuit*

De acordo com a especificação do projeto, os protótipos foram preparados para tamanho S. Um primeiro protótipo preliminar de medição foi construído para confirmar as medidas do tronco. O mesmo protótipo serviu para definir as medidas do *skinsuit*. Esta abordagem permitiu verificar se as medições estavam corretas sem construir a peça inteira. Foram desenvolvidos novos moldes de corte para costura (Figura 4.12), observando-se uma evolução relativa ao primeiro modelo (Figura 4.13). Desta forma, foi produzido um segundo protótipo vestível (Figura 4.14) e considerados todos os detalhes do mesmo, exceto a incorporação do e-têxtil. Um terceiro protótipo foi considerado a fim de acoplar os componentes desenvolvidos e testados anteriormente, mas também para verificar o funcionamento de conexões elétricas longas do e-têxtil e o encaixe do dispositivo BBB com o tecido. Ao imprimir o tecido fino com tinta condutora já se tinha constatado que a mesma se tornava visível no lado oposto. O problema foi resolvido através do design de uma estampa exterior em poliuretano termoplástico (Figura 4.15).

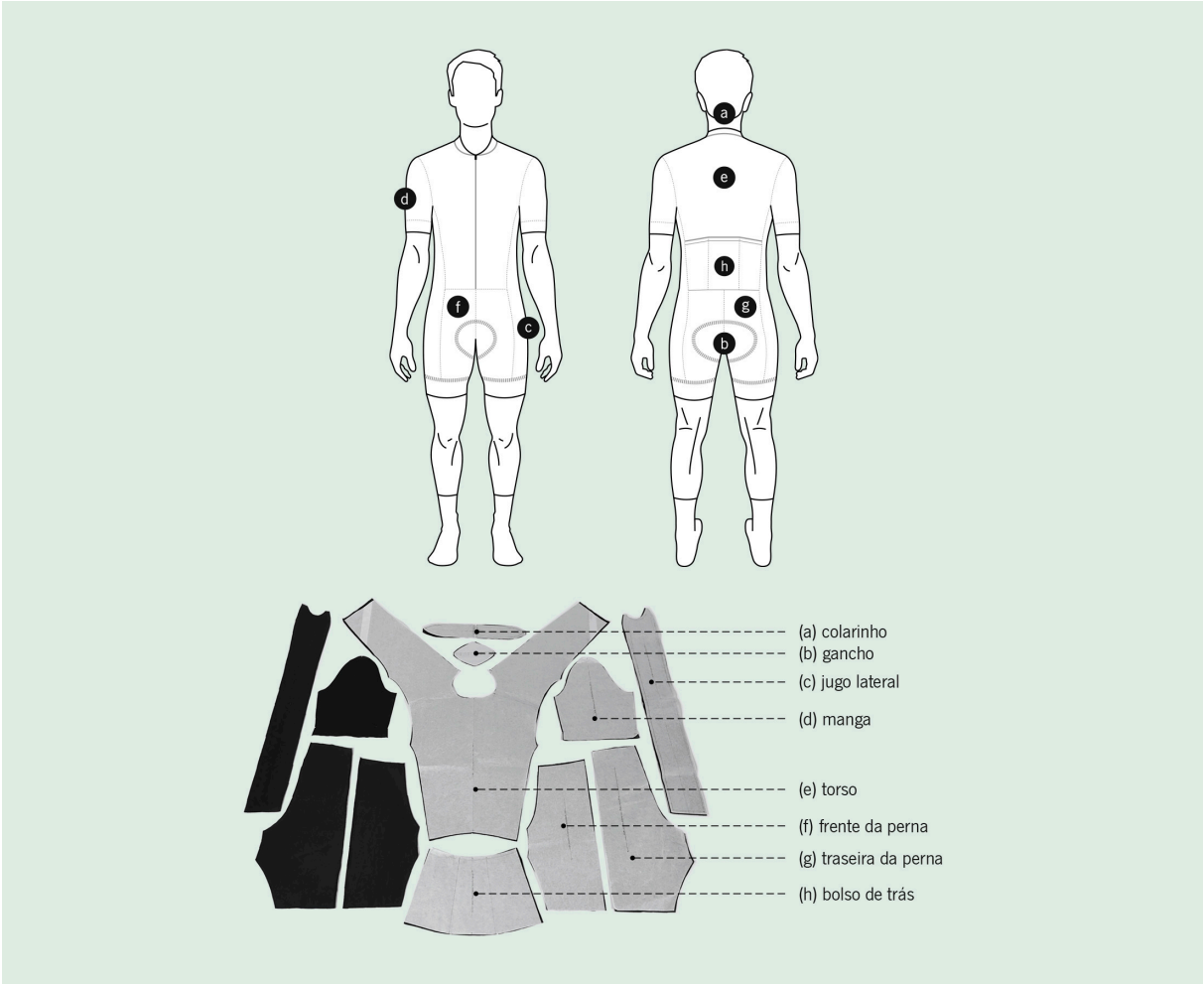


Figura 4.12. Modelagem do segundo protótipo

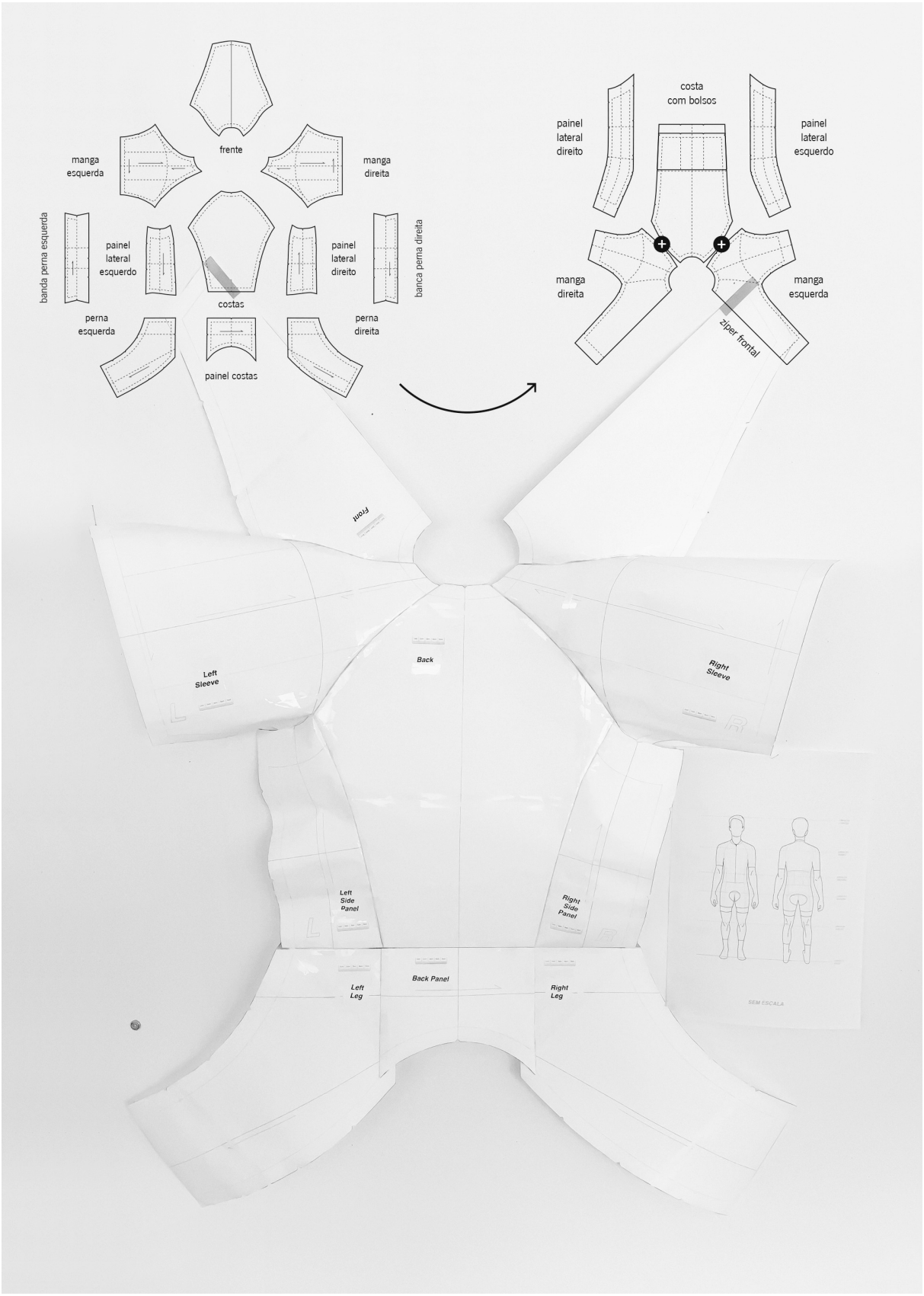


Figura 4.13. Primeiro modelo em papel e desenhos



Figura 4.14. Segundo protótipo, e-têxtil escolhido e dispositivo BBB – Bluetooth 4.0



Figura 4.15. Elétrodo e circuito interior impresso e estampa exterior em TPU

Este facto foi aproveitado para desenvolver uma proposta de identidade que represente o projeto através do nome SMARTSUIT. O logótipo surge da compreensão da representação da onda eletrocardiograma normal. Uma aproximação gráfica foi desenvolvida através da utilização de pontos inseridos numa grelha em concordância com o nome da marca. Após confecionado o terceiro/último protótipo, foi realizada uma prova e verificada a sua vestibilidade, seguida de uma sessão fotográfica de modo a obter imagens promocionais (Figura 4.16, Figura 4.17, Figura 4.18, Figura 4.19 e Figura 4.20) e entregue o produto consoante os objetivos delineados através da aplicação do modelo Duplo Diamante.



Figura 4.16. Exterior do terceiro protótipo



Figura 4.17. Interior do terceiro protótipo

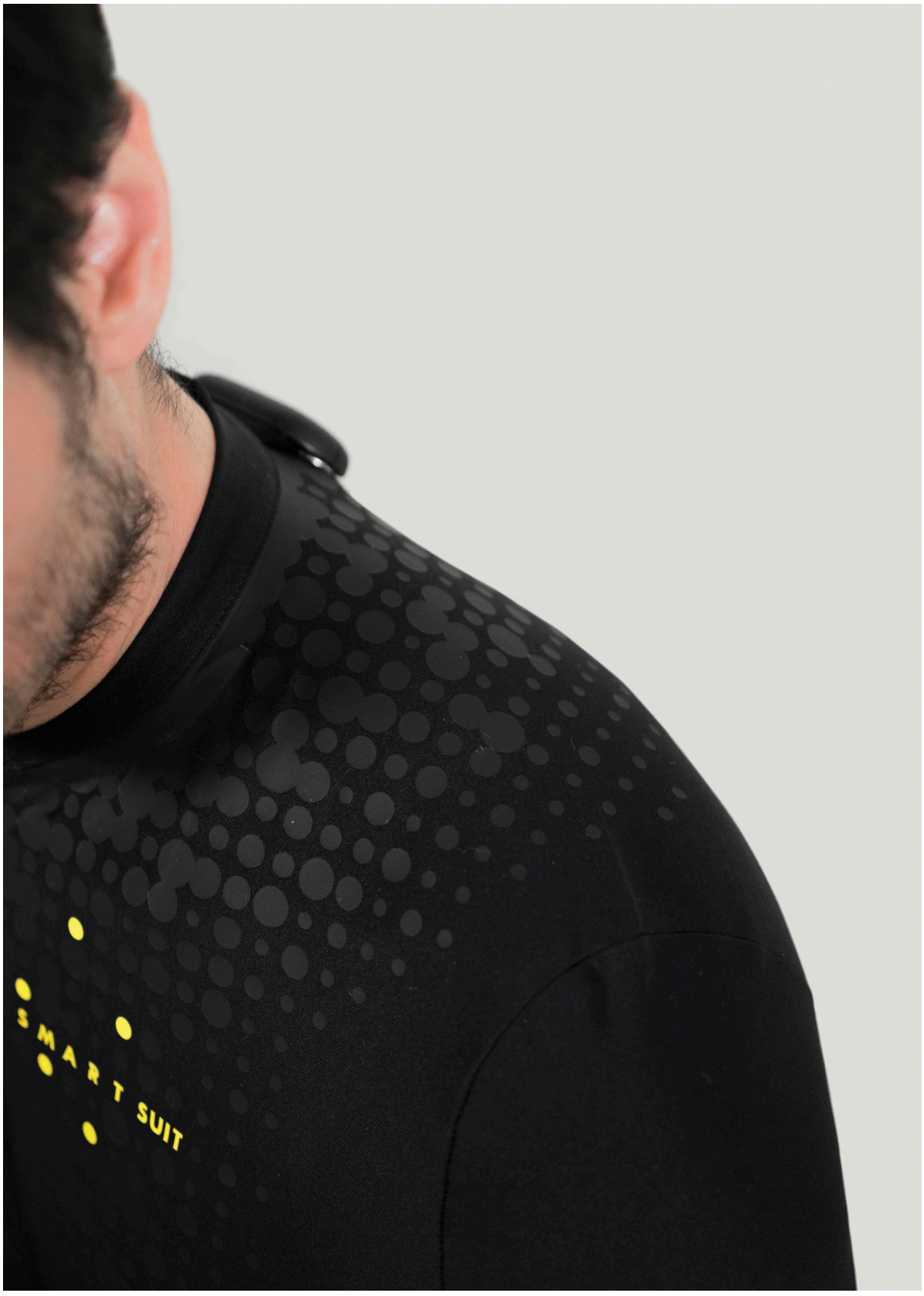


Figura 4.18. Pormenor de ombro sem costura do terceiro protótipo



Figura 4.19. Vestibilidade do terceiro protótipo

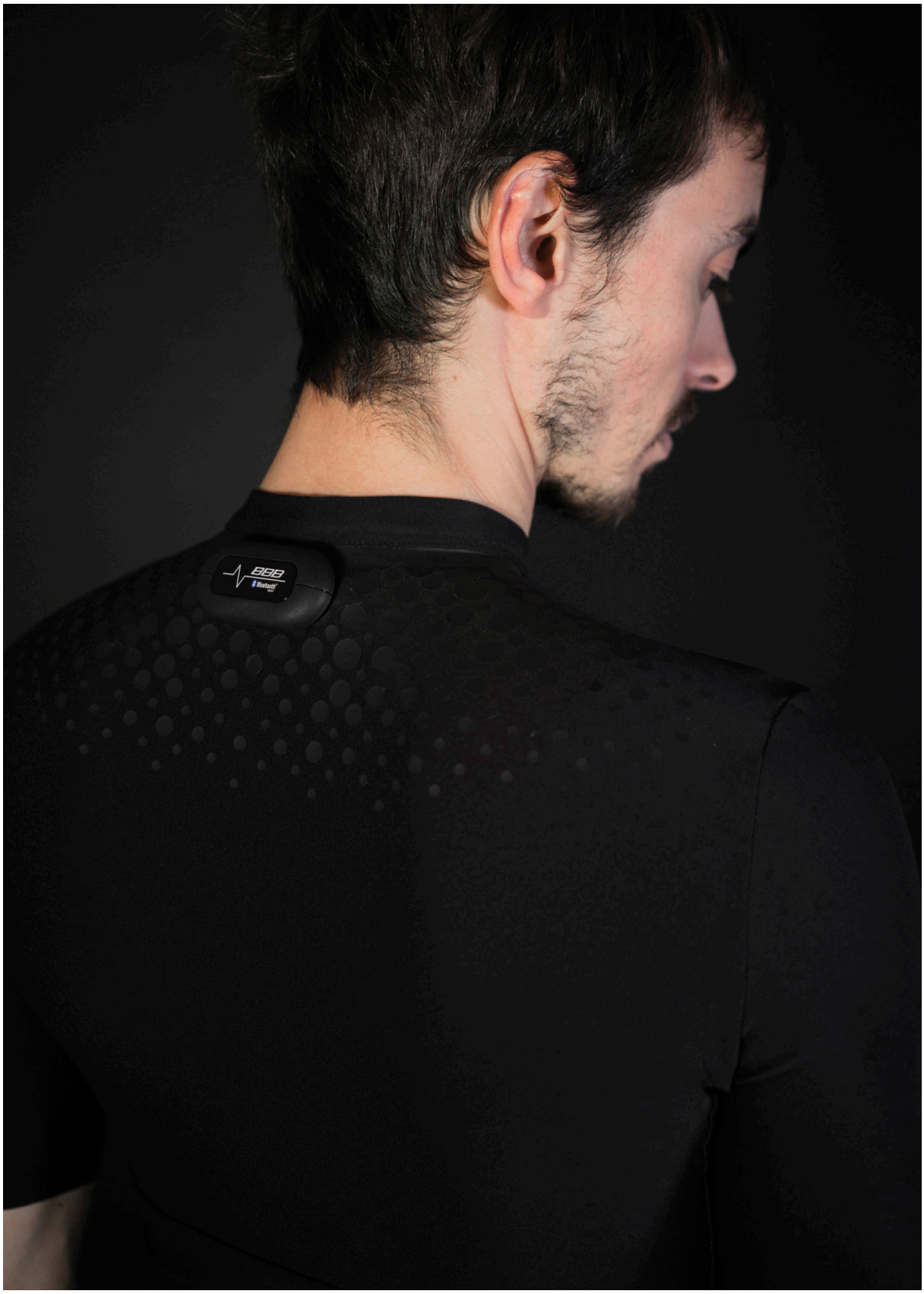


Figura 4.20. Posição do dispositivo BBB – Bluetooth 4.0 no terceiro protótipo

4.3. Resultados

Com todos os elétrodos, exceto os condutores à base de silicone, a aplicação móvel BBB Bikeboard (Figura 4.21) mostrou uma frequência cardíaca quando molhados. Com elétrodos secos, apenas se consegue uma leitura quando existe pressão sobre os elétrodos. No estado seco, os elétrodos da Figura 4.8 tiveram melhores leituras, uma vez que a esponja promove o contacto com a pele, mas mesmo nesta hipótese as leituras estiveram instáveis. Conclui-se que com elétrodos húmidos se obtém uma resposta mais eficaz. Os elétrodos confecionados com tecido condutor (Statex Bremen) não possuem características de elasticidade satisfatórias. Já os elétrodos de malha, impressos e revestidos a TPU, mostraram-se mais adequados para peças de roupa que se ajustam ao corpo dada a sua elasticidade. Esta última abordagem responde aos parâmetros pretendidos para a confeção do *skinsuit* inteligente.

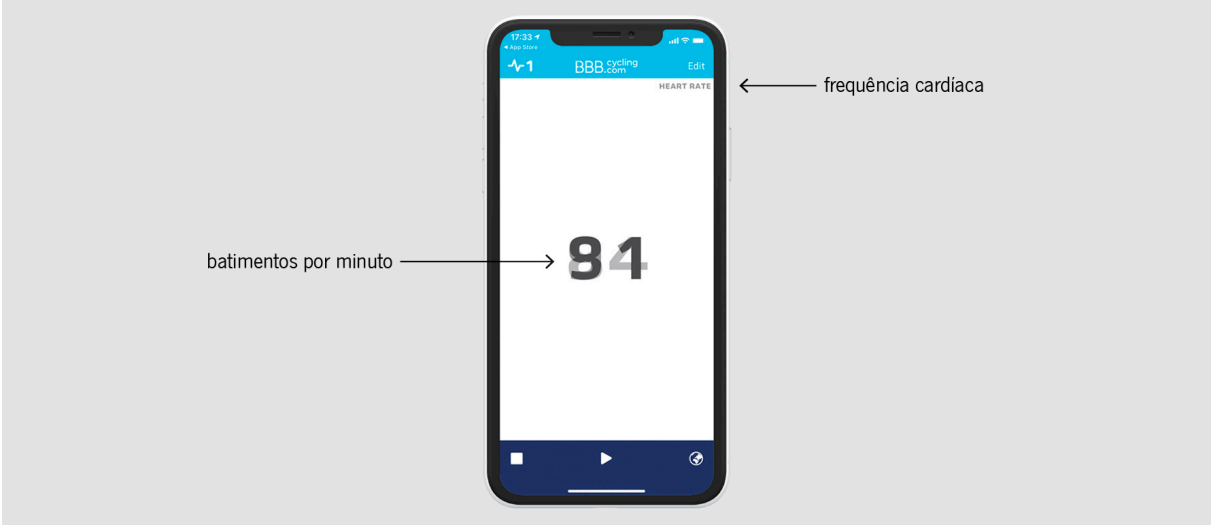


Figura 4.21. Captura de ecrã durante a utilização da aplicação móvel BBB Bikeboard

A contrapartida dos elétrodos impressos é o facto da malha absorver a tinta condutora, tornando-a visível no lado frontal do *skinsuit*. Para a resolução deste problema optou-se por desenvolver um grafismo em TPU à base de pontos e que confere ao produto uma identidade única. O *skinsuit* apresenta-se como um sistema capaz de fornecer informação em tempo real, que para além de monitorizar o ciclista poderá auxiliar a avaliação do desempenho do atleta.

4.4. Discussão

Na resposta às necessidades de uma peça de vestuário com boa elasticidade, considerando que os elétrodos de silicone não fornecem nenhuma leitura da frequência cardíaca e que os elétrodos em tecido

conferem pouca elasticidade — os melhores elétrodos para a confeção deste *skinsuit* são os de malha impressa com tinta condutora. O método de impressão resultou em conexões que aumentam sua resistência elétrica, mas quando deformadas não recuperam ao valor inicial. Isso pode ocorrer devido a espaços criados na impressão por rotura, após o alongamento da malha. Por outro lado, os elétrodos com o uso da esponja forneceram a melhor resposta. O volume desse elétrodo comprime os elétrodos contra a pele, melhorando assim o contacto com a pele e consequentemente a leitura.

Existe uma diferença de design relevante entre o uso de tinta condutora e tecido condutor. Ao imprimir em um tecido fino, a tinta é visível no lado oposto, o que aumenta as preocupações visuais e para além disso, as conexões precisam ser isoladas de ambos os lados — tendo-se resolvido neste projeto com a aplicação de um estampagem exterior e interior em poliuretano termoplástico. Revestir o tecido de malha com adesivo TPU permitirá não apenas ocultar os circuitos dentro da peça, mas também isolar do lado de fora, protegendo a tinta condutora e tornando a tinta impercetível. Os elétrodos inicialmente produzidos foram testados em bandas elásticas, com conexões curtas junto a cada elétrodo, podendo não ter o mesmo desempenho no protótipo final, já que as conexões seguem um caminho mais longo.

4.5. Considerações finais

Neste capítulo, foi apresentado um processo de design divergente e convergente de ideias alicerçado do modelo Duplo Diamante (Council, 2007) para o design de um *skinsuit* inteligente. Várias abordagens para o uso de e-têxteis como elétrodos para medir a frequência cardíaca foram testados em múltiplas bandas elásticas e finalizado num protótipo funcional. Através deste modelo foi possível chegar a uma solução assertiva, com maior grau de confiança no design e integração de tecnologia têxtil eletrónica. O desenvolvimento de novos produtos, atraentes e funcionais, com e-têxteis pressupõe aptidões específicas e conhecimento especializado que vai além da esfera do design. Exige uma abordagem multidisciplinar e transdisciplinar, englobando o design e a engenharia, a partir de abordagens inovadoras que alteram a forma como um produto é pensado e projetado.

Este tipo de trabalho envolve especialização em design de moda e vestuário, bem como engenharia têxtil e eletrónica, exigindo uma estreita cooperação em equipa. As abordagens multidisciplinares que abrangem conhecimentos de engenharia são necessárias para que o designer explore e aplique novas tecnologias no desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de ampliar os limites humanos e criar novas experiências.

5. Projetar o futuro do vestuário de esgrima inteligente

Neste capítulo, apresenta-se um estudo sobre o futuro do vestuário de esgrima com base numa metodologia de investigação baseada em inquérito, indagando sobre as necessidades, expectativas e requisitos do utilizador. Que se concentra em três questões: i) identificar a importância dos requisitos funcionais; ii) identificar a importância dos requisitos de design emocional; iii) identificar elementos de preferência futura. A pesquisa tem como objetivo identificar e recolher um conjunto de informações sobre características possíveis de serem aprimoradas no processo de design, por meio de um método dividido em três partes: amostra, guião e análise. Todos os participantes são atletas inscritos em escolas de esgrima em Portugal Continental. As questões aplicadas no estudo foram validadas a partir de um pré-inquérito, a 12 de dezembro de 2018 por um grupo de oito atletas de esgrima do género masculino. Os dados foram recolhidos posteriormente, no período de 19 de janeiro a 24 de outubro de 2019. Participaram neste estudo 94 atletas de esgrima de cinco escalões etários, sendo 76.6% do sexo masculino e 23.4% do feminino. Por meio da técnica de amostragem por conglomerados, e definindo uma margem de erro de 10%, dos participantes foram considerados 86 questionamentos válidos.

Os resultados revelaram o desconhecimento dos vários escalões etários sobre o que são roupas inteligentes. Além disso, foi possível destacar cinco tecnologias que podem ser interessantes para o desenvolvimento de vestuário de esgrima inteligentes. Por outro lado, 65 dos participantes relatam uma satisfação com o seu equipamento atual e, apesar da proteção proporcionada pelo vestuário ter sido indicada como ponto forte, é enumerado um conjunto de pontos negativos. A alta temperatura sentida dentro do traje é o ponto mais referenciado, consequentemente resultando na excessiva transpiração do atleta. Os tecidos absorvem o suor e, com isso, aumentam o peso do equipamento e a condutividade elétrica do colete/casaco, o que por sua vez causa erros no sistema de pontuação. São, sobretudo, os atletas que jogam com produtos de gama baixa que se sentem mais desconfortáveis. Problemas de manutenção e durabilidade são comuns a todas as linhas de vestuário de esgrima.

Embora a pesquisa pretenda almejar uma metodologia de design centrada no utilizador para o desenvolvimento de um produto têxtil inteligente, não foi possível identificar o artefacto para pesquisa e design. A observação direta dos atletas pode ser a chave para finalizar este processo. Tanto os designers quanto os engenheiros devem considerar esses fatores, fazendo escolhas para garantir uma experiência positiva do utilizador na interação com o produto.

5.1. Processo de design

O presente capítulo preludia uma premissa conceitual, teórica, metódica, organizada, baseada na experiência do utilizador, pretendendo investigar e inovar na área da esgrima. Dá início ao segundo estudo de caso, descrevendo a conceptualização de um uniforme para esgrima. Consolida conhecimentos, bem como, fundamenta o desenvolvimento e a experimentação com uma tecnologia têxtil eletrónica que apoie o design. Aqui, a aplicação da Norma Internacional ISO–13407, base para muitas metodologias de design centrado no utilizador (Jokela, 2002), permitiu identificar e analisar as necessidades e preferências do utilizador (i.e., esgrimista e treinador).

Na Figura 5.1 observa-se a adaptação do modelo Design Centrado no Utilizador aplicado a partir deste capítulo. Segue as quatro fases gerais do processo: especificar o contexto de uso; especificar requisitos do utilizador; criar soluções de design e avaliar em relação aos requisitos.

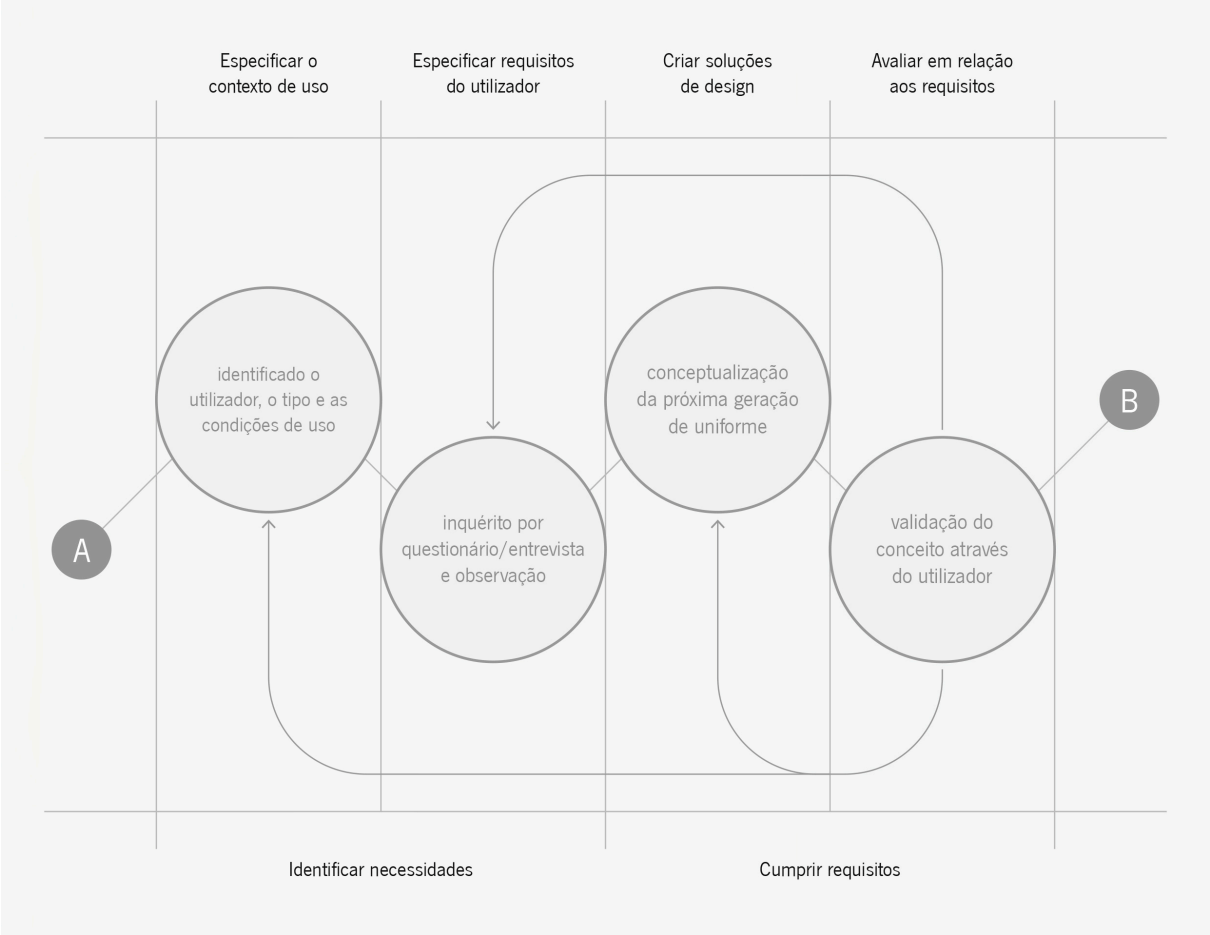


Figura 5.1. Aplicação do modelo UCD, adaptado de (Interaction Design Foundation, 2017)

5.2. Enquadramento

5.2.1. Contextualização

Presente desde os primeiros Jogos Olímpicos da Idade Moderna, em 1896, em Atenas, a esgrima é um desporto de combate com uso de arma, mas sem contacto corporal. Considerada de elevada demanda física e psicológica, deve ser apoiada por uma condição psicofísica adequada para evitar fadiga central e periférica. Um jogo de fintas e antecipação de movimentos. O objetivo é tocar o oponente com a ponta da lâmina e evitar ser tocado. Praticada com três armas distintas: florete, sabre e espada, cada uma com regras diferentes, diferindo não apenas na forma da lâmina, mas também nas áreas do corpo onde o toque é válido. A área válida no florete é o tronco e a região do ventre, já no sabre é qualquer parte do corpo acima da cintura, incluindo braços e cabeça, por fim na espada o toque é válida em qualquer parte do corpo, como se observa na diferença entre os uniformes da Figura 5.2.



Figura 5.2. Uniforme de esgrima: 1° florete; 2° sabre e 3° espada (Leon Paul London, 2019)

Segundo Roi & Bianchedi (2008) "Um torneio internacional de esgrima pode durar entre 9 e 11 horas. As lutas representam apenas 18% do tempo total de competição, com um tempo efetivo de luta entre 17 e 48 minutos." (p.465). Segundo o mesmo autor, causa assimetrias de força e controle, afeta a antropometria do atleta que desenvolve progressivamente uma assimetria típica dos membros. Todos os movimentos estão sujeitos a uma sucessão contínua de mudanças durante o jogo com base no comportamento do oponente, o que torna difícil identificar uma relação significativa entre quaisquer características fisiológicas e desempenho.

Este último tem maior probabilidade de ser influenciado pelas faculdades preceptivas e aspetos neurofisiológicos dos atletas. No jogo, o atleta está na posição *en garde*, alinhando o pé da frente com a posição do oponente, o pé esquerdo colocado no chão num ângulo para fornecer estabilidade (Barth & Beck, 2007). Para pontuar, o jogador deve empurrar a arma rapidamente em direção ao oponente, o que requer uma extensão explosiva da perna para realizar uma carga substancial. Estes movimentos ofensivos e defensivos rápidos de "propulsão" e "desvio" expõem ainda mais o atleta a impactos, absorção de energia, deslocamento e forças explosivas de magnitude variada, distribuídas assimetricamente por todo o corpo (Sinclair, Bottoms, Taylor, & Greenhalgh, 2010). As lesões são bastante prevalentes entre os atletas, decorrentes desses movimentos dinâmicos e repetitivos. Além dos raros casos de traumas graves causados pela penetração da lâmina, a maioria das lesões em esgrima são causadas por exercício excessivo (Harmer, 2008).

Por meio da revisão da literatura de Roi & Bianchedi (2008), também é possível compreender que as lesões mais frequentes são nas extremidades inferiores e os tipos de lesões mais comuns são entorse ligamentar e entorse muscular. As extremidades superiores são o segundo local de lesão mais comum, seguidas pela região da coluna/tronco e a cabeça. Mesmo que se possa afirmar que a esgrima não é particularmente perigosa, ainda existe uma linha ténue entre um ferimento grave e um ferimento simples causado pela lâmina.

Segundo Mihaleva & Koh (2016), em primeiro lugar, observa-se um padrão constante de melhoria da tecnologia e, com isso, os designers tendem a fazer uso pleno desta nos seus projetos. No entanto, as limitações desta ainda afetam a concretização dos conceitos de design. Em segundo lugar, devido à limitação da tecnologia completamente integrada no têxtil ou híbrida, é quase inevitável usar dispositivos acoplados externamente para se integrar sistemas inteligentes em roupas. Para Tonetto & da Costa (2011), as necessidades dos utilizadores são diferentes das dos designers. Não sendo os designers os utilizadores finais das suas criações, desenvolvem limitações com base em suas próprias convicções e experiências. Segundo Norman (2004), os produtos falham porque os designers são habitualmente autocentrados, acreditando dominar as respostas aos problemas de uso.

A partir de um questionário e uma pesquisa por entrevista, este estudo pretendeu trabalhar o design com foco no utilizador. O estudo foi realizado com enfoque nos atletas inscritos nas Escolas de Esgrima de Portugal Continental, através de um inquérito estruturado com catorze perguntas quantitativas de resposta condicionada e uma investigação qualitativa, em formato de entrevista com resposta livre.

5.2.2. Perguntas e objetivos de pesquisa

A investigação na área dos têxteis inteligentes tem resultado no desenvolvimento de um número considerável de novas soluções para diversas aplicações, que nem sempre resultam em novos produtos que vão ao encontro das necessidades dos utilizadores. Um grande número de projetos resultou em produtos estéreis e malsucedidos por causa de sua falta de aplicabilidade e usabilidade. Tem havido alguma desorientação no processo de design, resultando na pergunta: "Quais produtos têxteis inteligentes são desejados pelo utilizador?" Esta questão desperta a necessidade de uma metodologia para orientar um processo de design e, a partir daí, desenvolver diretrizes para o design de novos produtos têxteis inteligentes. O perfil e os requisitos do utilizador devem ser considerados e tratados; portanto, deve-se buscar uma sistematização das necessidades do utilizador com mais rigor e disciplina. O objetivo é avaliar os inputs necessários ao processo de design de um novo produto têxtil, neste caso adequado para a esgrima. Assim, esta pesquisa concentra-se em três questões:

- Identificar a importância dos requisitos funcionais: bem-estar, aspetos biomecânicos e valorização;
- Identificar a importância dos requisitos de design emocional de valor comportamental/funcional, valor visceral/estético e valor reflexivo/expressivo;
- Identificar elementos de preferência futura enumerando marcas de esgrima e tecnologias vestíveis; satisfação com o equipamento atual, bem como o conhecimento do atleta sobre o que são roupas inteligentes – codificando sua opinião e experiência.

5.2.3. Vestuário de esgrima

Atualmente, o design de vestuário de esgrima é desenvolvido seguindo os padrões da FIE (*Fédération Internationale d'Escrime*) e, portanto, evoluiu para melhorar a proteção e segurança do atleta, com os requisitos de proteção para este equipamento estabelecidos na Norma Britânica EN 13567: 2007. Existem alguns requisitos de equipamento para a prática de esgrima: uma máscara; uma luva para segurar a arma; um casaco protetor; um casaco elétrico; calças até aos joelhos; um plastrão; um protetor de tórax; meias e sapatos; e, claro, a arma. Além disso, existem dois níveis de resistência à penetração: Nível 1 com resistência de 350 Newtons é o padrão de proteção, para uso em clubes e competições nacionais. O nível 2 com 800 Newtons é o padrão de proteção para os Jogos Olímpicos, Campeonatos Mundiais e todos os eventos de Série 'A' ou Copa do Mundo. Para ambos, em uma esgrima totalmente elétrica com uma arma tamanho cinco, o plastrão de 800 Newtons é necessário. Algumas marcas de esgrima investem mais em design do que outras. Podemos destacar duas marcas de equipamentos de

esgrima; uma é a marca alemã Allstar International que aposta nas qualidades visuais do design. A outra é a marca britânica Leon Paul London, conhecida por apostar na qualidade dos seus uniformes (Figura 5.3) e na inovação tecnológica. Competindo com estas duas marcas, encontram-se outras como a Absolute Fencing; Blaise Frères; Carmimari; Fence with Fun; Fencing Armor; Gajardoni; Negrini; PBT Fencing; e, por último, Uhlmann.



Figura 5.3. Pormenores de confeção dos uniformes (Leon Paul London, 2019)

Para facilitar a arbitragem, o sistema de pontuação elétrica Laurent-Pagan passou a ser utilizado na modalidade de espada nos Jogos Olímpicos de 1936 em Berlim (Shilling, 2016). O sistema de pontuação elétrica tornou-se imprescindível para a prática da modalidade, permitindo distinguir a validade de um toque por meio de cabos elétricos conectados ao colete/casaco e à arma, por um sistema eletrónico que regista os toques. Recentemente, um sistema de pontuação wireless está disponível no mercado pela marca Leon Paul London (Lane, 2017).

No processo de elaboração da investigação referem-se algumas tecnologias que se consideram relevantes para o desenvolvimento de um novo produto têxtil para a esgrima, nomeadamente: captura de movimento através de sensores IMU (Borghetti et al., 2017); emissor de luz através de módulos de LED (Vervust, Buyle, Bossuyt, & Vanfleteren, 2012); emissor de som por meio de equipamento que

reproduz, grava ou processa áudio (Özcan et al., 2016); emissor de vibração por meio de atuadores (Bahadir et al., 2012); medição de frequência cardíaca (FC); medição de frequência respiratória (FR); sensores para medir a saturação de oxigênio no sangue (Ridolfi et al., 2010); localização espacial por meio de um sistema de posicionamento global (Velázquez et al., 2018); eletroencefalografia (EEG) para registrar a atividade do cérebro possibilitando a observação das partes estimuladas (Wei et al., 2017); eletromiografia (EMG) para registrar a atividade dos músculos (Paiva, Catarino, et al., 2019); pressão de toque por meio de sensores piezoelétricos (Feng et al., 2016); incorporação de sensores de temperatura em estruturas têxteis para fornecer um método eficaz para medir a temperatura da pele (Lugoda et al., 2018); e, por fim, sensores capazes de rastrear o nível de condicionamento e o progresso, mapeando a forma e as dimensões do corpo (LikeAGlove, 2014).

Até à presente data, a integração da tecnologia têxtil eletrónica em vestuário de esgrima não é percetível. É necessária uma abordagem decisiva para o design de um novo produto, que poderá traduzir-se num sistema eletrónico vestível integrado no artefacto têxtil.

5.3. Fundamentos sobre a satisfação do utilizador

Segundo Jordan (1998), os sentimentos associados ao uso de produtos prazerosos são: a segurança, a confiança, o orgulho, a excitação e a satisfação. Por outro lado, o uso de um produto desagradável está associado a sentimentos como tédio, ansiedade, desprezo e frustração. Portanto, usabilidade, aparência, desempenho e confiabilidade são propriedades do produto que influenciam o nível de prazer/desprazer. Hierarquizando as necessidades dos utilizadores, Jordan (1999) propõe que seja em primeiro a funcionalidade, depois a usabilidade e, por fim, o prazer.

Os estudos de Norman (2004) sugerem que as emoções estão relacionadas a três níveis de processamento cerebral: *"the automatic prewired layer",* chamada de nível visceral; a parte que contém os processos cerebrais que controlam o comportamento quotidiano, denominado de nível comportamental; e, por último, a parte contemplativa do cérebro, o nível reflexivo. Similar ao modelo de Design Emocional de Norman (Norman, Ortony, & Russell, 2003), Lamb & Kallal (1992) sugerem um modelo específico relacionado ao design de roupas e, portanto, introduz três dimensões: funcional, expressiva e estética. Nesse contexto, a dimensão funcional refere-se aos aspetos utilitários do vestuário, como ajuste, conforto, mobilidade ou proteção. A dimensão expressiva da roupa diz respeito aos seus aspetos comunicativos e simbólicos, compatibilidade com a autoidentidade do utilizador, valores e

significados associados à roupa. A consideração estética refere-se à aparência, corte, proporção, cor, tecidos e estilo geral da roupa. Com o objetivo de aplicá-lo na secção 2 do inquérito proposto (denominado de Requisitos de Design), é proposto um novo modelo que combina os dois modelos (Norman, 2004, p.22) e (Lamb & Kallal, 1992, p.42) para atingir as necessidades, expectativas e requisitos do utilizador, conforme ilustra a Figura 5.4.

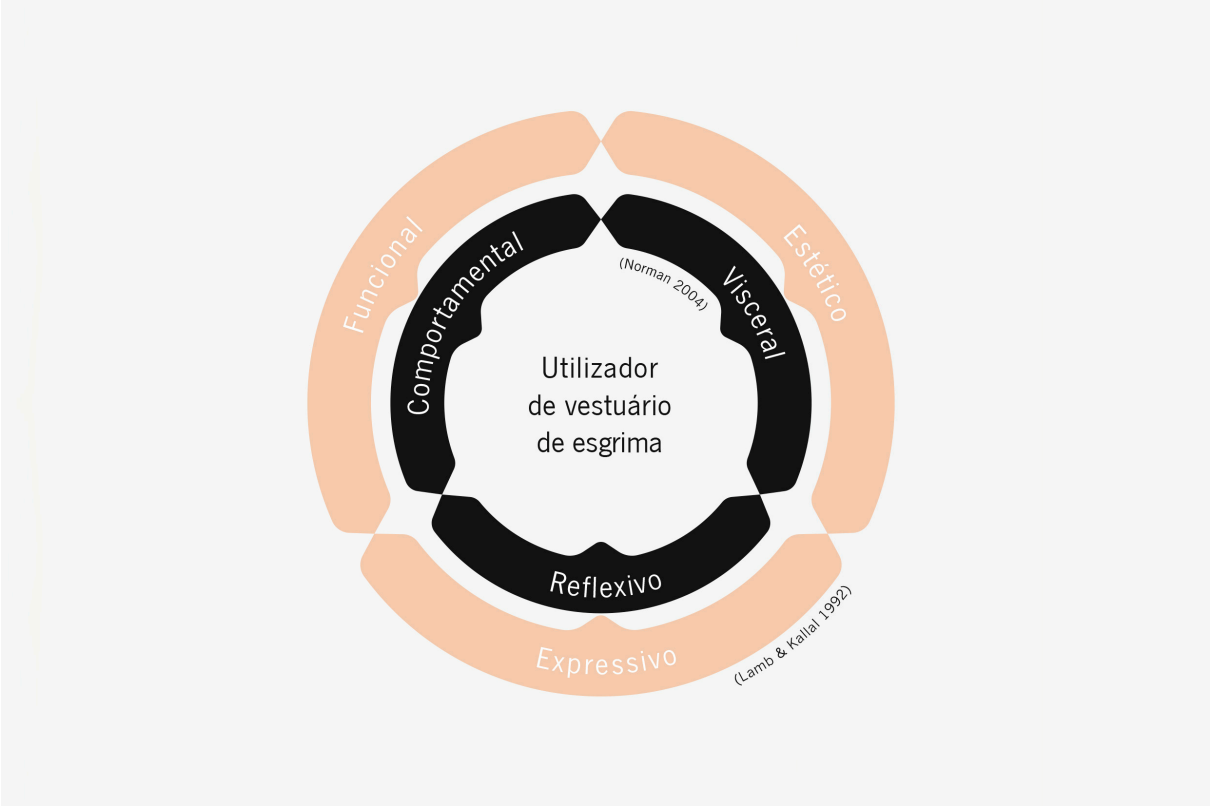


Figura 5.4. Modelo proposto, adaptado de (Norman, 2004, p.22; Lamb & Kallal, 1992, p.42)

5.4. Método de recolha de dados

A abordagem metodológica concentra-se em três partes: a primeira parte justifica e descreve a amostra utilizada, a segunda parte discute a estrutura do guião de inquérito utilizado e a terceira parte analisa os dados recolhidos dos atletas.

5.4.1. Amostragem

Para que os resultados do estudo sejam representativos do universo em análise, é imprescindível proceder à seleção da amostra. O primeiro passo consistiu em validar o inquérito por meio de um grupo de oito atletas de esgrima masculinos dos cinco escalões etárias – iniciados, cadetes, juniores, seniores

e veteranos (Anexo 1). Esta validação decorreu a 12 de dezembro de 2018 no Clube de Esgrima Desportiva de Braga. Com isso, foi possível realizar algumas correções, para um melhor entendimento de algumas das questões e, portanto, obter melhores resultados da pesquisa. O segundo passo foi determinar o tamanho da amostra, considerando o tamanho da população em estudo. Atualmente, a Federação Portuguesa de Esgrima estima 770 atletas ativos (Anexo 2), entre sócios e praticantes. O terceiro passo foi contactar os participantes para a realização do estudo – atletas inscritos em escolas, clubes ou academias de esgrima de Portugal Continental. Ao longo do processo de recolha de dados, que ocorreu de 19 de janeiro a 24 de outubro de 2019, foi necessário determinar o número de atletas de esgrima a serem incluídos na amostra para que os resultados da pesquisa refletissem significativamente a população estudada. Considerando uma margem de erro de 10% e um nível de confiança de 95%, a seguinte fórmula é usada para determinar a precisão dos dados coletados (Amaral, 2016) (Ryan, 2013).

$$Amostra = \frac{População \cdot z^2}{z^2 + 4(População - 1) \cdot d^2}$$

$$Amostra = \frac{770 \cdot 1{,}96^2}{1.96^2 + 4(770 - 1) \cdot 0.1^2} = 86$$

Com

z: valor do quantil da distribuição normal para o nível de confiança desejada;
d: margem de erro.

Conclui-se, portanto, que a amostra para a margem de erro previamente definida deve ser composta por um mínimo de 86 atletas. O universo da amostra está geograficamente distribuído por Portugal Continental, o que tornou a recolha de dados mais difícil e onerosa. Optou-se por utilizar a técnica de seleção do universo da amostra por conglomerados (i.e., *cluster*) para viabilizar o estudo. Os elementos da amostra foram selecionados e inquiridos individualmente, um de cada vez, sendo os elementos dentro de cada grupo tão diversos quanto a população-alvo. Inicialmente, foram inquiridos 94 esgrimistas (Figura 5.5), posteriormente foi decidido não incluir todos os participantes na amostra final, devido a inconsistências nas suas respostas à questão 5 da secção 3 do inquérito (Apêndice 1).

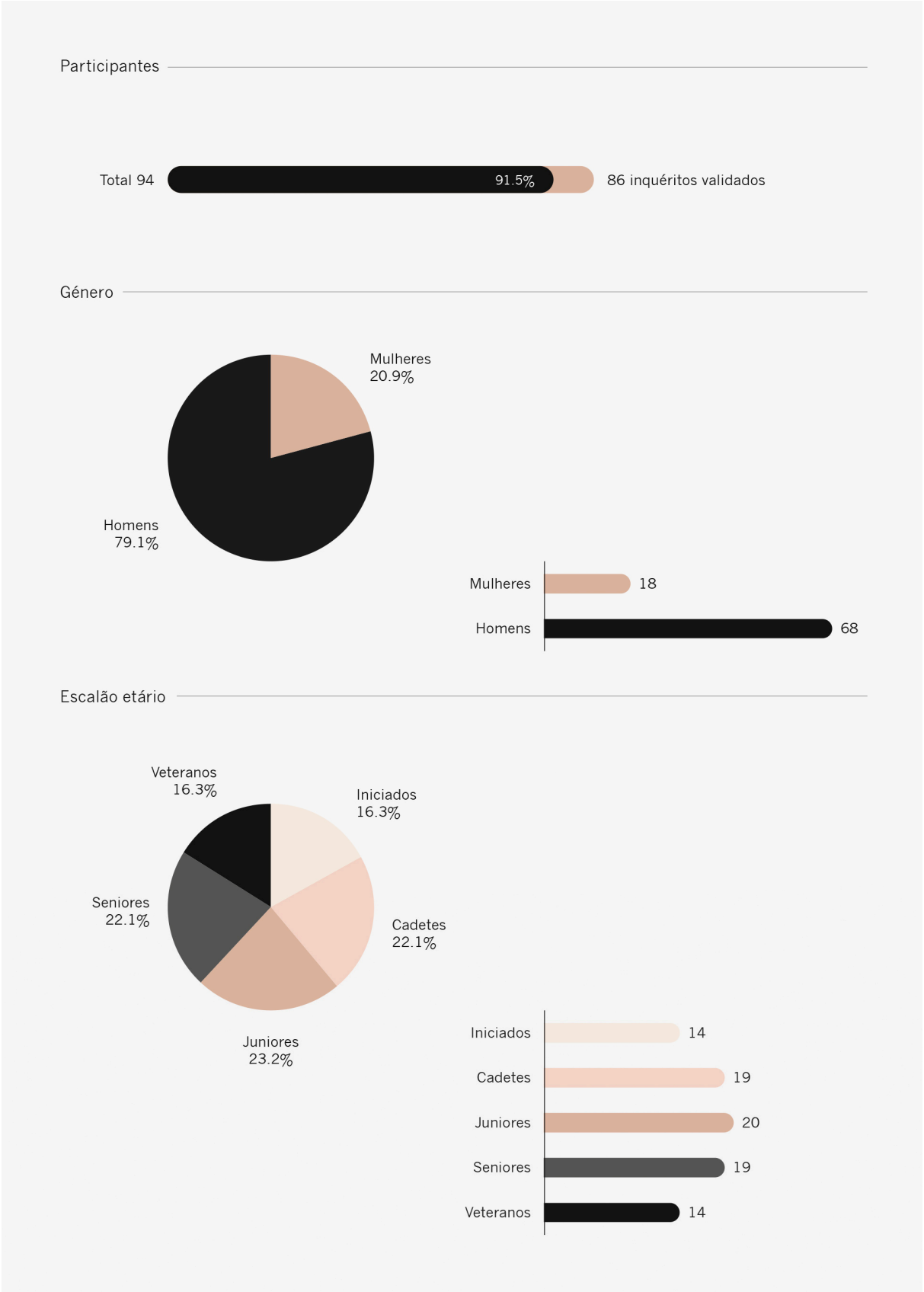


Figura 5.5. Dados gerais do inquérito

Os 86 participantes válidos são 79.1% homens e 20.9% mulheres residentes em Portugal Continental (NUTS 1). Dos cinco escalões etários, iniciados e veteranos correspondem cada um a 16.3% dos participantes no estudo, cadetes e seniores correspondem cada um a 22.1% e os juniores a 23.2%. Portugal está dividido em sete regiões (NUTS 2): Norte, Centro, Área Metropolitana de Lisboa, Alentejo, Algarve, Regiões Autónomas dos Açores e Madeira. Das 25 sub-regiões (NUTS 3) selecionou-se o Alto Minho e a Área Metropolitana do Porto, a Norte, e a Área Metropolitana de Lisboa. Os atletas foram escolhidos aleatoriamente, de acordo com sua presença nos treinos.

A pesquisa foi sempre realizada das 19h às 21h, não tendo sido definido um dia da semana para a realização do mesmo nas diferentes instituições. Participaram atletas de 5 instituições das 37 Salas de Armas filiadas na Federação Portuguesa de Esgrima (Anexo 3): 10 inscritos na Escola Desportiva de Viana; 21 no Sport Club do Porto; 24 no Ginásio Clube Português de Lisboa; 16 no Clube Atlântico de Esgrima de Cascais e 15 na Academia de Esgrima João Gomes da Amadora. A Figura 5.6 mostra treino no Sport Club do Porto e Figura 5.7 expõe os uniformes utilizados neste clube, já a Figura 5.8 mostra treino na academia João Gomes.



Figura 5.6. Treino de juniores no Sport Club do Porto



Figura 5.7. Uniformes utilizados no Sport Club do Porto



Figura 5.8. Treino de juniores na Academia de Esgrima João Gomes

5.4.2. Estruturação do inquérito

O questionário foi estruturado conforme proposto por Ghiglione & Matalon (1992) e Mendes, Fernandes, & Correia (2017). Foi feita uma apresentação inicial a todos os respondentes e, em seguida, foi entregue um questionário em papel contendo quinze questões (Apêndice 1). Os participantes preencheram os formulários acompanhados pelo autor. Além de recolher informações demográficas dos participantes, incluindo género e o escalão etário do atleta, o inquérito foi dividido em três secções (Requisitos Funcionais, Requisitos de Design, Visão de Futuro), permitindo determinar as necessidades, expectativas e requisitos funcionais e de design do utilizador relativamente ao vestuário de esgrima. O objetivo das perguntas foi obter direções para perspetivas futuras por meio da obtenção de dados como preferência de marca, nível de conhecimento sobre roupas inteligentes, quais tecnologias deveriam ser incorporadas, o grau de satisfação com o vestuário atual, entre outros aspetos.

O questionário apresentado é simples e de resposta rápida para abordar experiências associadas ao uso de vestuário de esgrima. Está estruturado em catorze questões quantitativas de resposta condicionada, nas quais o respondente coloca uma cruz no espaço em branco correspondente, evitando qualquer

conotação com a atribuição do número (Groves et al., 2004). É finalizado em formato de entrevista com uma questão qualitativa de resposta livre. As duas primeiras secções permitiram identificar valores de opinião pessoal; os respondentes são convidados a emitir opinião sobre a questão abordada, utilizando uma escala Likert, onde a escala evolui de respostas consideradas negativas na 1ª casa e positivas na 5ª casa. Nomeadamente, as respostas são: nada importante, pouco importante, indiferente, importante, muito importante. Em resumo, a pesquisa consiste em questões com resposta em escala linear. De acordo com Bishop (1987) "Uma alternativa intermediária numa pergunta de pesquisa geralmente fará uma diferença significativa nas conclusões." (p.229). Esta escolha justifica-se pela necessidade de obtenção de resultados "neutros".

Requisitos Funcionais – Secção 1

A primeira secção, composta por cinco questões (Tabela 13), foi estruturada com base na orientação de um modelo existente de (Luo et al., 2014). Este modelo demonstra que a inovação no design de roupa de desporto é a fusão do design visual com o design funcional em termos de comportamento térmico e biomecânico. Com isso, o vestuário de esgrima atenderia à demanda do atleta por conforto de uso, alívio da fadiga muscular e aparência agradável.

A primeira questão visa compreender o nível do valor atribuído ao conforto na função de manter o corpo fresco e seco. Da segunda para a quarta questão pretende-se compreender o nível de comportamento biomecânico na função de um vestuário de esgrima, como o aumento da potência muscular, evitando danos musculares e reduzindo a fadiga muscular. A quinta questão visa compreender a importância do visual no funcionamento de um fato de esgrima, nomeadamente uma imagem profissional.

Tabela 13. Primeira secção – Requisitos Funcionais

SECÇÃO 1	QUESTÕES
Requisitos Funcionais	1. O vestuário deve manter o corpo fresco e seco?
	2. O vestuário deve aumentar a potência muscular?
	3. O vestuário deve prevenir lesões musculares?
	4. O vestuário deve reduzir a fadiga muscular?
	5. O vestuário deve possuir uma imagem profissional?

Requisitos de Design – Secção 2

A secção a seguir, composta por cinco questões (Tabela 14), foi estruturada para identificar as propriedades potenciais de um produto bem projetado que influencia o nível de prazer ou desprazer em uso. A primeira e a segunda perguntas têm como objetivo compreender o nível de valor comportamental/funcional no facto de que as roupas de esgrima devem ser fáceis de usar e manter. Segundo Norman (2004), o nível comportamental está ligado ao uso em si. Aparência e racionalidade não são importantes – desempenho sim. Já para Lamb & Kallal (1992), a dimensão funcional está relacionada à utilidade, proteção, conforto térmico, ajuste e facilidade de movimento.

A terceira e a quarta questões têm como objetivo entender o nível de valor visceral/estético, pois um vestuário de esgrima pode fazer o atleta se sentir bonito e ajudar a ter confiança. Segundo Norman (2004), o nível visceral envolve respostas emocionais automáticas, passíveis de compreensão por meio do confronto do utilizador com o produto, ou seja, quando ele é colocado à frente do produto, reações de abordagem ou rejeição são esperadas e observadas. Já para Lamb & Kallal (1992), a dimensão estética está relacionada ao desejo do ser humano pela beleza, considerando que as peças de roupa também podem ser objetos de arte. Elementos como linhas, forma, cor, textura e padrões podem criar um design agradável.

A quinta questão pretende compreender o nível de valor reflexivo/expressivo da função da roupa de esgrima que pode identificar o esgrimista. Segundo Norman (2004), o nível reflexivo pressupõe compreender significados, até mesmo entender a cultura em que o utilizador está inserido. O design deve basear-se no entendimento que os utilizadores têm sobre todos os elementos relacionados ao artefacto – como prestígio, raridade e exclusividade, atuando no nível reflexivo do design. Porém, para Lamb & Kallal (1992), a dimensão expressiva está relacionada à comunicação e aos aspetos simbólicos do vestuário. O traje deve comunicar uma mensagem sobre seu portador e ser usado como uma declaração visual da sua individualidade.

Tabela 14. Segunda secção – Requisitos de Design

SECÇÃO 2	QUESTÕES
Requisitos de Design	1. Um bom design deve ser de fácil utilização?
	2. Um bom design deve ser de fácil manutenção?
	3. Um bom design deve fazer-te sentir bonito/a?
	4. Um bom design deve ajudar-te a ficar confiante?
	5. Um bom design deve identificar-te?

Visão Futura – Secção 3

A última secção consiste em quatro perguntas (Tabela 15), além de uma pergunta de resposta livre em formato de entrevista. Após o teste de pré-validação, a primeira e a última questão foram modificadas. Estas questões foram estruturadas para identificar/gerar conhecimento sobre a relação do atleta com o vestuário de esgrima, e assim obter mais informações para a construção de uma "Visão de Futuro". A primeira questão visa compreender as preferências do atleta, para que seja possível identificar quais marcas de roupa de esgrima o entrevistado prefere.

A segunda pergunta permite avaliar o nível de compreensão do participante sobre roupas inteligentes; aqui, as respostas possíveis foram organizadas em escala Likert: nenhuma, insuficiente, satisfatória, bom, excelente. A terceira questão permite avaliar quais tecnologias eles incorporariam no vestuário de esgrima, e a quarta questão visa compreender a satisfação do atleta com o vestuário de esgrima atual, por meio de uma escala Likert: muito insatisfeito, insatisfeito, indiferente, satisfeito, muito satisfeito.

A última pergunta, em forma de entrevista, visa entender a opinião do atleta. Por ser uma questão aberta e qualitativa, permite compreender a experiência pessoal de cada indivíduo por meio de uma análise temática.

Tabela 15. Terceira secção – Visão Futura

SECÇÃO 3	QUESTÕES
Visão Futura	1. Que marcas de vestuário de esgrima prefere?
	2. Nível de entendimento sobre roupas inteligentes?
	3. Que tecnologias incorporaria no vestuário de esgrima?
	4. Nível de satisfação com o atual vestuário de esgrima?
	5. Fale-nos um pouco sobre a sua experiência com o vestuário de esgrima.

5.4.3. Descrição e análise temática dos dados recolhidos

Ao realizar o inquérito por questionário e por entrevista, não foi assumido que os atletas conheçam e possam avaliar o conjunto de características abordadas. Ainda assim, as respostas podem fornecer um conjunto de informações que podem fazer a diferença quando aplicadas ao desenvolvimento de

um novo produto para esgrima. Atendendo ao número de Escolas de Esgrima Portuguesas contactadas, ao tempo despendido e às várias tentativas feitas para obter uma amostra representativa do universo, o objetivo inicial de se almejar uma margem de erro de 5% teve de ser corrigido para 10%. O principal motivo é que estas escolas são compostas principalmente por benjamins (10 a 11 anos) e infantis (12 a 13 anos) – escalões etários não pertencentes aos selecionados para o estudo. Os dados foram recolhidos pessoalmente e registados em papel e formato de áudio, conforme Tabela 16.

Tabela 16. Aspetos quantitativos e qualitativos

INFORMAÇÃO GERAL	Universo	Esgrimistas portugueses
	Amostragem	5 escalões etários
	Período	19 de janeiro a 24 de outubro de 2019
	Total de entrevistados	94 entrevistados
	Pesquisas validadas	86 validados
ASPETOS QUANTITATIVOS	Ferramenta de coleta	Papel – inquérito por questionário
	Número de questões	14 questões
	Análise de dados	Realizada em *software* Microsoft Excel
	Tipo de Análise	Método de análise de dados quantificáveis
ASPETOS QUALITATIVOS	Ferramenta de coleta	Áudio – inquérito por entrevista
	Número de questões	1 questões
	Análise de dados	Realizada em *software* NVivo
	Tipo de Análise	Método interpretativo da análise temática

Na primeira parte da análise, o objetivo foi recolher dados quantitativos e transferir para uma folha de cálculo no *software* Microsoft Excel, posteriormente analisados com o auxílio de gráficos. A segunda parte do método compreendeu a entrevista como ferramenta qualitativa para a conclusão do estudo.

Segundo (Coutinho, 2014), a entrevista traz informações que não podem ser obtidas por meio de um questionário. É um tipo de recolha de dados que permite ao entrevistador ir mais longe. A utilização de uma pergunta aberta complementa e permite o cruzamento das informações fornecidas pelos entrevistados. Isto permitiu destacar certos padrões no conjunto de dados qualitativos. A flexibilidade de uma entrevista informal permite ao entrevistado a liberdade de expressar sua opinião sobre o assunto, fornecendo informações que tornam o conhecimento da codificação fundamental.

5.4.4. Codificação e análise temática

Segundo Saldaña (2013), a codificação é uma técnica sem fórmula específica. Ao designar códigos (frases curtas ou palavras) que simbolizam atributos do material coletado, é possível classificar os dados subjetivos. Portanto, foi utilizado como método fundamental para a análise qualitativa, possibilitando a identificação, análise e relato de padrões de dados. Foi aplicado o método interpretativo para uma análise temática de Braun & Clarke (2006), com base numa lista de verificação de 15 pontos de critérios. Os dados foram transcritos e contrastados com as versões em áudio para detetar imprecisões. Estes temas "chave" advêm das experiências, significados e realidade dos participantes. A interpretação desses novos dados por meio de um processo de codificação conta uma história ordenada e conclusiva sobre o assunto, onde todos os fragmentos importantes do texto são comparados entre si e reunidos em temas coerentes, constantes e diferenciados.

Foram necessárias algumas iterações de recodificação para destacar e focar nos aspetos do material adquirido, a fim de gerar temas e alcançar significado. Após a transcrição da gravação áudio (Apêndice 2), foi realizada a análise dos materiais. Considerou-se útil codificar as transcrições linha a linha, conforme aplicado no método da *Grounded Theory* (Fernandes & Maia, 2001). O processo de codificação e análise temática foi realizado por meio do NVivo (versão 12), um *software* de apoio à análise qualitativa de dados (*Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software* – CAQDAS). Inicialmente, esperavam-se apenas respostas positivas ou negativas, no entanto, uma nova categoria de respostas de 'comentário' teve que ser criada, visto que algumas respostas não se encaixariam diretamente numa avaliação positiva ou negativa, elas eram apenas declarações que descreviam os requisitos e desejos dos atletas sobre as características do uniforme.

Para entender a experiência do utilizador com o vestuário de esgrima, os tópicos mais frequentes e relevantes extraídos das respostas foram identificados com uma cor específica. Uma etiqueta foi atribuída a cada um desses tópicos, usando o texto real extraído das respostas, tentando reunir o mesmo tópico num único código, quando os respondentes abordavam o mesmo assunto, mas usavam palavras diferentes. A Figura 5.9 e as Tabela 17 e Tabela 18 apresentam a representação das informações resultantes.

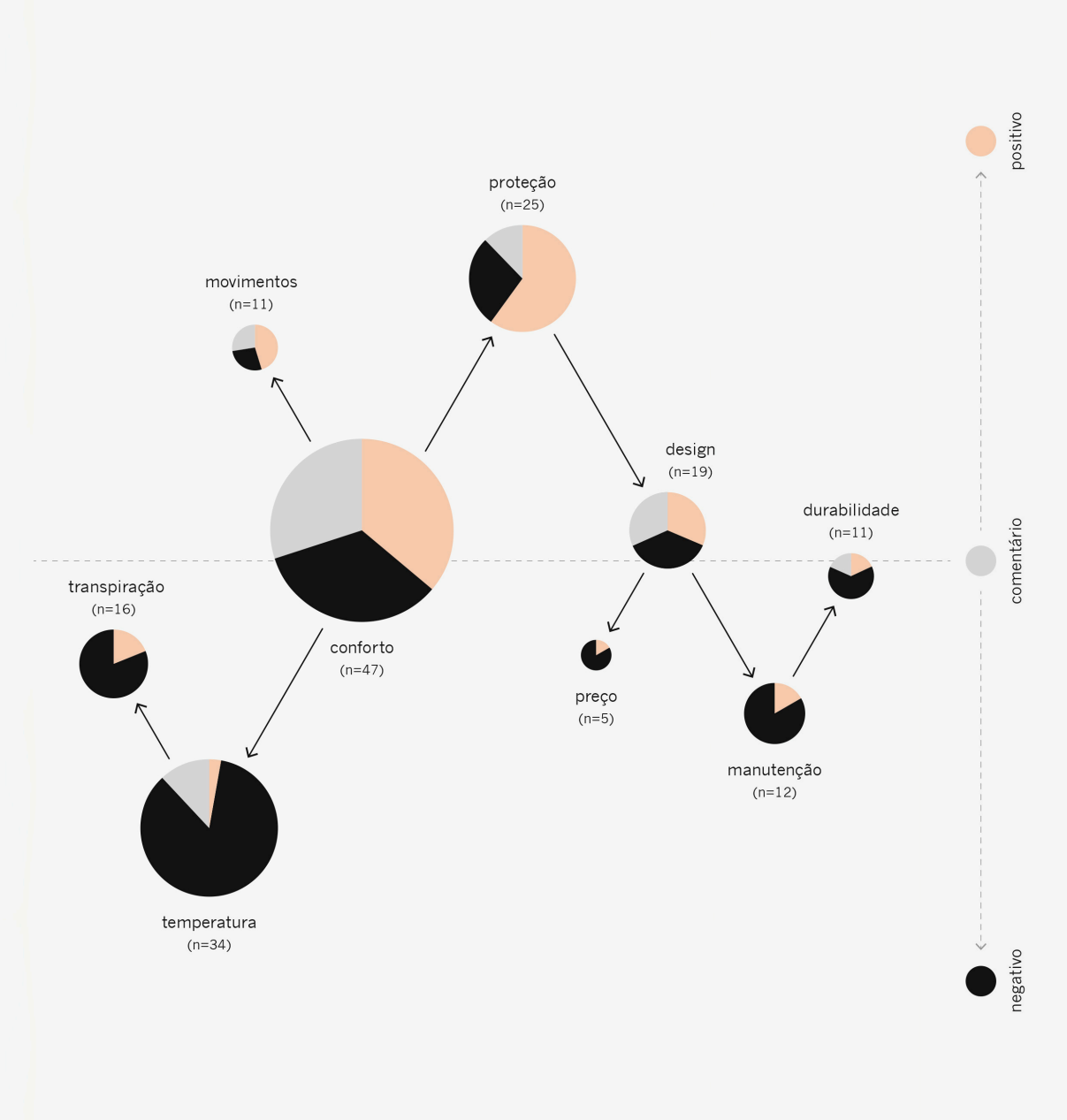


Figura 5.9. Ocorrência de cada código, examinadas pelo tamanho de sua representação

Tabela 17. Atribuição de momentos significativos em códigos

CÓDIGOS	ATRIBUIÇÃO	PALAVRAS EXTRAÍDAS DE TODAS AS ENTREVISTAS
Conforto (n=47)	Positivo (n=17)	Leve, confortável de se mover, feito sob medida, boa prática desportiva, elástico, fácil de usar
	Negativo (n=16)	Pesado, impróprio, picadas, sufocante, espessura, costuras
	Comentário (n=14)	Ajustável, leve, confortável de mover, adaptável
Temperatura (n=34)	Positivo (n=1)	Fino/frio
	Negativo (n=29)	Quente no verão, muito quente, causa calor, não arrefece
	Comentário (n=4)	Fresco, seco
Proteção (n=25)	Positivo (n=15)	Proteção plástica, seguro, espessura, resistência
	Negativo (n=7)	Áreas menos protegidas, fina/leve, proteção frontal
	Comentário (n=3)	Mais reforçado, anti-furo, mais seguro
Design (n=19)	Positivo (n=7)	Diferenciado, de qualidade, apelativa/elegante, identificador, bonito/confiante
	Negativo (n=6)	Estagnado, tamanhos, destro, validação de toque, uso de gilet duplo, toque deslizante, facilidade de uso
	Comentário (n=6)	Atraente, novas tecnologias, prevenção de lesões, bonito/confiante
Transpiração (n=16)	Positivo (n=3)	Respirável
	Negativo (n=13)	Pesado, irritação da pele, respirável, toques inválidos, molhado, absorção/peso
Manutenção (n=12)	Positivo (n=2)	Fácil
	Negativo (n=10)	Cheiro, lavar, secar, máscara, cor clara, sujo
Durabilidade (n=11)	Positivo (n=2)	Durável
	Negativo (n=7)	Durabilidade de velcro, baixa resistência, danos, reparo de fato, desgaste rápido, fitas elásticas fracas
	Comentário (n=2)	Maior qualidade, mais resistente
Movimentos (n=11)	Positivo (n=5)	Flexível
	Negativo (n=3)	Mantém os movimentos, rígido
	Comentário (n=3)	Adapta-se ao atleta, subir bermuda
Preço (n=5)	Positivo (n=1)	Preço/qualidade
	Negativo (n=5)	Preço alto

Tabela 18. Ordens de códigos de justificativa e trechos de entrevistas selecionados

CÓDIGOS	POSITIVO	NEGATIVO	COMENTÁRIO
Conforto	"(...) hoje em dia já tens fatos espetaculares que apesar de caros, em termos de peso são muito leves (...)	"(...) maior parte do tempo que é desconfortável. (...) não sei se pica se está apertado, se está sempre a roçar em algum lado, (...)"	"Tem de ser o mais confortável possível e o mais adaptado possível ao corpo."
Temperatura	"(...) os fatos que são muito fininhos, (...), sente-se demasiado o toque e fico muito mais marcada que com os outros. Mas são muito mais frescos e mais leves, por isso eu prefiro esses."	"Trabalho com o vestuário de esgrima todos os dias e continua a ser um bocado quente, como são muitas camadas."	"(...) principalmente na situação de jogo é preciso um fato que se adapte cada vez mais ao atleta e que vá dentro em conto às suas necessidades. Neste caso a gestão de fadiga, mantendo sempre o corpo fresco e seco. (...)"
Proteção	"(...) atualmente ele é muito eficaz (...) através da utilização de um tecido que é Kevlar com determinada percentagem, com determinados newtons, (...)"	"(...) em alguns pontos que são inválidos no jogo, não temos tanta proteção e às vezes pode magoar muito."	"(...) não há acidentes relacionados com a esgrima há muito tempo e nos últimos tempos a esgrima tem evoluído no sentido certo. (...)"
Design	"Grande mudança (...) foi efetivamente quando começou a ser usada a identificação dos países, nome nas costas (...). Tornou-se muito mais apelativo o uso."	"(...) necessidade de usar (...), dois gilets para puder sinalizar os toques, (...) utilização de um só gilet para resolver esta questão (...) seria algo de muito vantajoso (...)"	"(...) o vestuário não mudou assim tanto, no sentido que, continua a ser algo pesado é pouco *user-friendly* (...)"
Transpiração	"(...) ultralight da Leon Paul. É um fato muito mais leve (...), que durante o jogo (...) torna muito mais fácil jogar; (...). E é mais respirável."	"(...) fatos transpirados fazem também conduzir eletricidade, faz tocar em zonas validas e zonas que não deveriam ser validas (...)"	
Manutenção	"(...) diria em geral que o material de esgrima é de fácil manutenção, sem ser a parte das armas (...) tem vindo (...) a ficar pior (...)"	"Temos de substituir os elásticos que ficam ressequidos. (...) se os usamos muito ficam extremamente chatos de utilizar."	
Durabilidade	"(...) os equipamentos de esgrima que eu tive têm muita durabilidade, posso usar anos a fio (...)."	"(...) maior parte dos fatos passando algum tempo ficam muito duros e os elásticos do fato estragam-se (...)"	"(...), ter bom material, ter material que dure bastante tempo."

Movimentos	"(...) consegue proporcionar os movimentos que eu preciso para jogar."	"(...) Às vezes (poucas vezes), mas, prende alguns movimentos (...)"	"(...) uma coisa que podia ser melhor é nos calções. Se calhar não deviam ser tão até abaixo. (...) um pouco antes do joelho, (...)."
Preço	"Trabalhamos numa relação preço qualidade, (...). Portanto, isto tem gama baixa, de baixo custo. (...)"	"(...) Podia ser mais barato – o vestuário de esgrima é muito caro para maioria das pessoas. (...)"	

5.5. Resultados

Os resultados da primeira secção (Apêndice 3) mostram que, considerando as expectativas funcionais do vestuário de esgrima, 84.9% acham que deve manter o corpo seco e fresco, 75.6% consideram que deve prevenir lesões musculares e 56.9% a fadiga muscular, sendo para 41.9% dos atletas indiferente se aumenta a potência muscular. Em relação à questão de se o vestuário de esgrima deve ter uma imagem profissional, quase metade dos atletas 46.5% acham que sim, mas um número significativo de atletas 34.9% acha isso indiferente, conforme ilustrado na Figura 5.10.

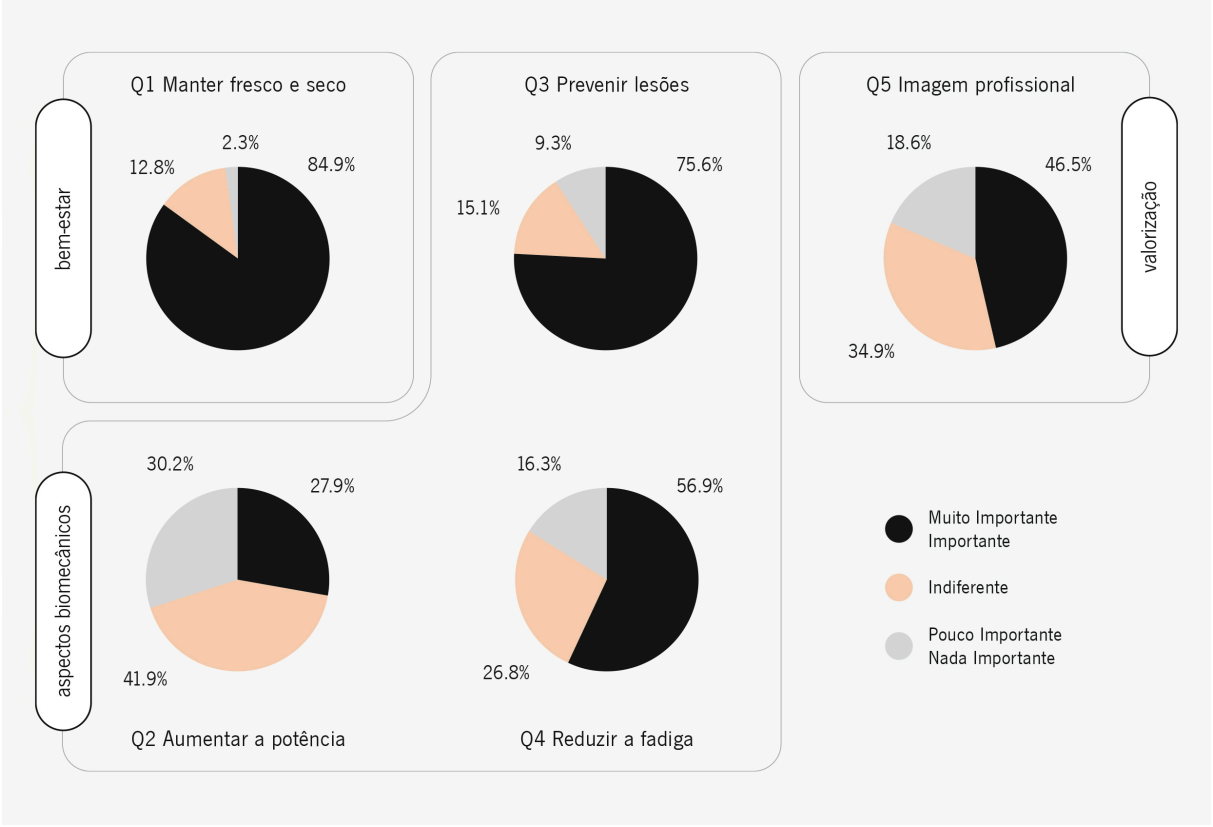


Figura 5.10. Resumo dos resultados da primeira secção sobre Requisitos Funcionais

Na segunda secção (Apêndice 4), o estudo revela que ao nível do valor comportamental/funcional, 93% acham que deve ser fácil de utilizar e 94.2% acham que deve ser de fácil manutenção. Ao nível do valor visceral/estético, 47.7% consideram indiferente que as roupas façam com que se sintam bonitas com um equilíbrio entre respostas positivas e negativas. Por outro lado, 33.7% acham indiferente que um bom design os ajuda a ter confiança, mas 44.2% dos atletas acham isso importante. No nível do valor reflexivo/expressivo, embora o estudo mostre que 45.3% dos atletas acham que um bom design deve identificá-lo, uma percentagem significativa de 31.4% considerou irrelevante, conforme ilustrado na Figura 5.11.

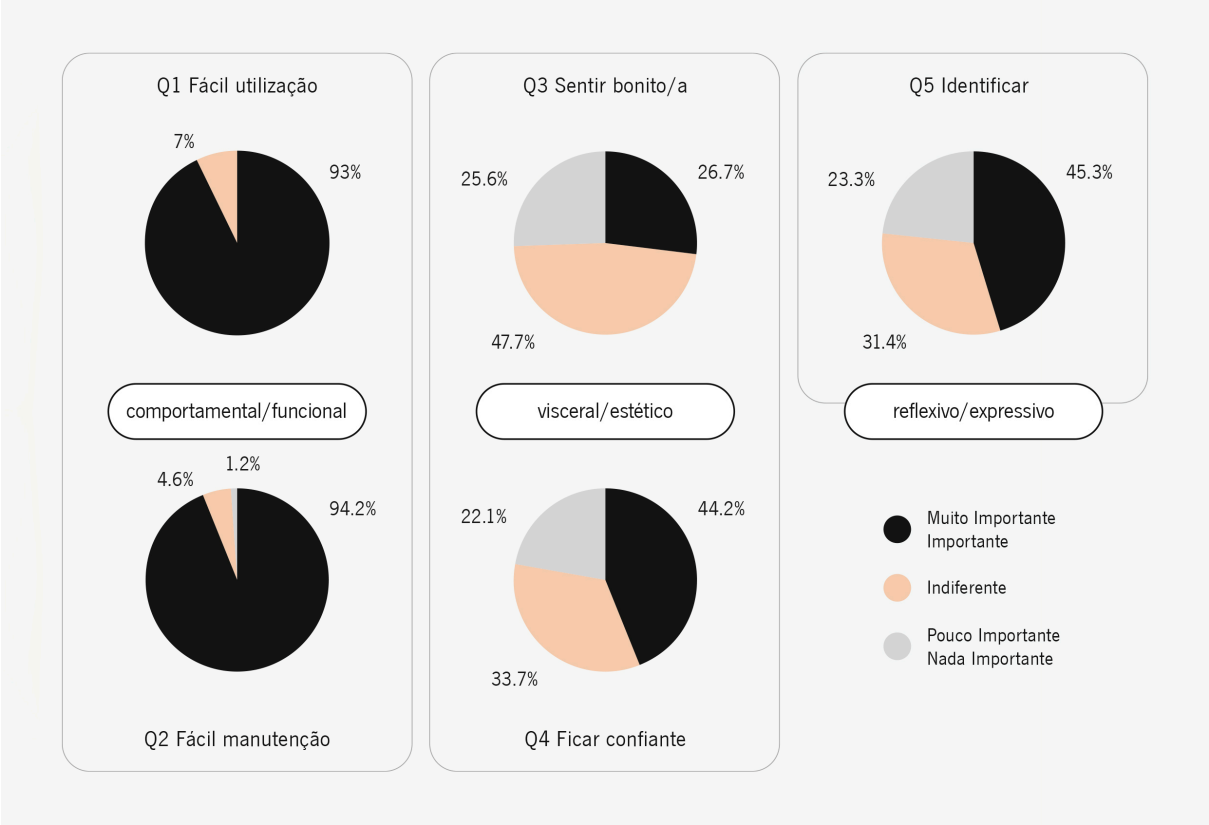


Figura 5.11. Resumo dos resultados da segunda secção sobre Requisitos de Design

Na terceira secção, os resultados revelaram por parte dos atletas um desconhecimento em vários níveis sobre o que são roupas inteligentes, como se observa na Figura 5.12. No entanto, a pesquisa permite destacar cinco tecnologias, a incorporação de sensores de frequência cardíaca e respiratória, sensores de leitura de pressão de toque, sensores de captura de movimento e, por último, regulação da temperatura corporal, conforme ilustrado na Figura 5.13.

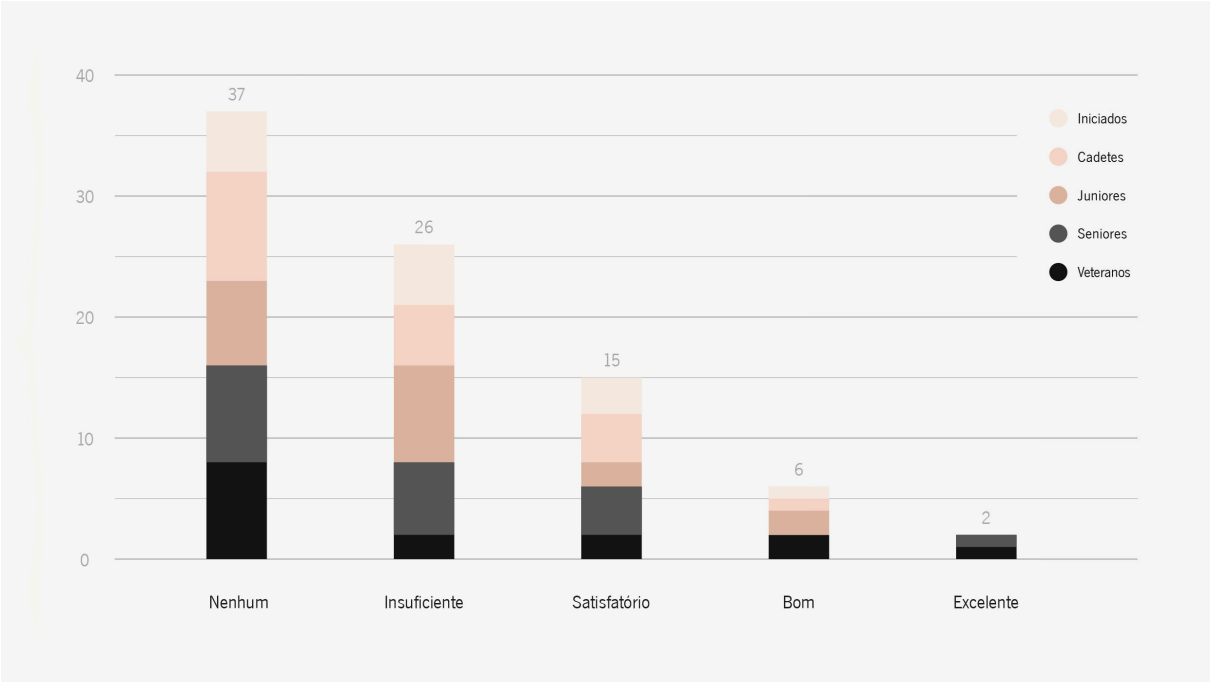


Figura 5.12. Resultados sobre o nível de entendimento sobre roupas inteligentes

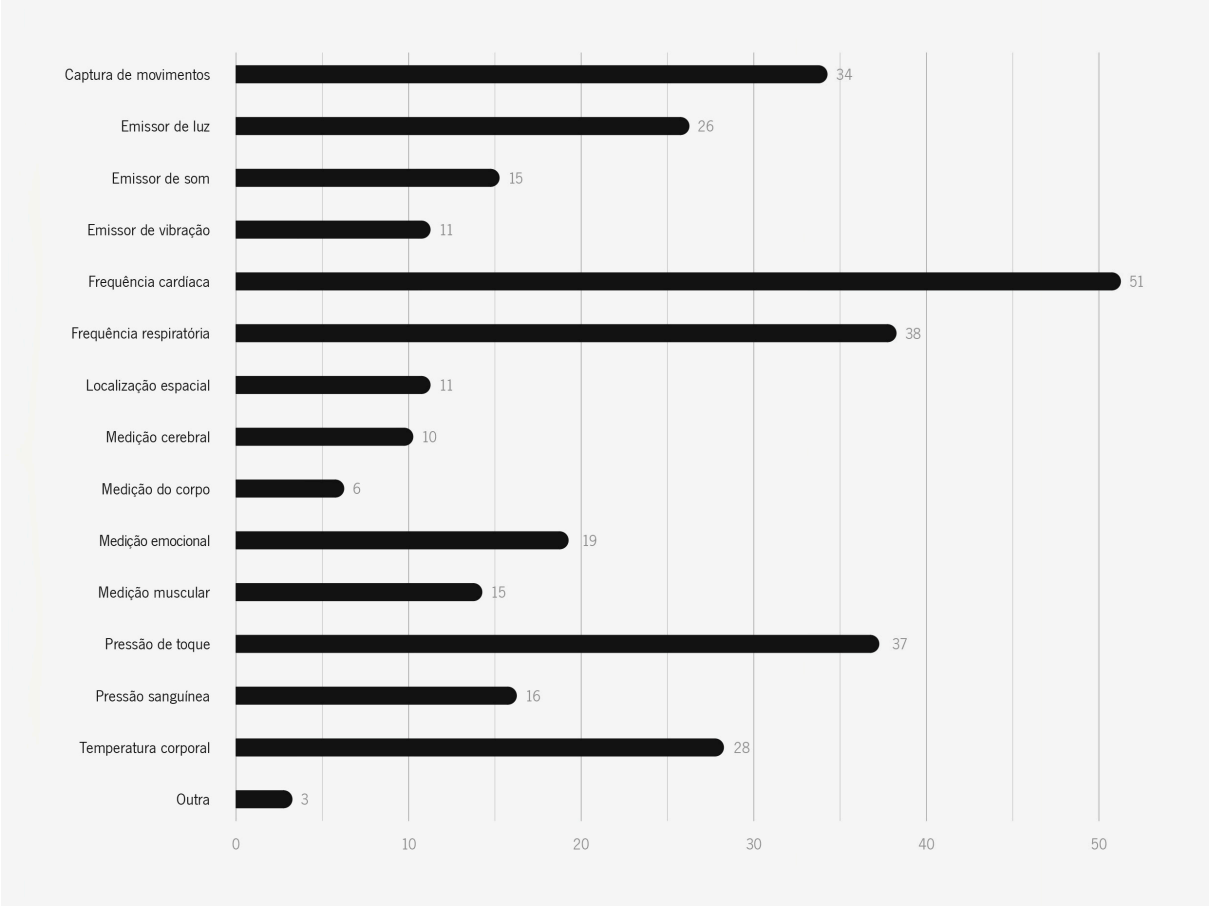


Figura 5.13. Resultados sobre as tecnologias que o utilizador incorporaria

Por outro lado, 65 dos participantes relatam satisfação com os equipamentos atuais, como se observa na Figura 5.14. Porém, este resultado não deve ser entendido como uma validação para o equipamento usado. Embora a proteção tenha sido apontada como um ponto forte, é enumerado um conjunto de pontos negativos, por exemplo a elevada temperatura no interior do vestuário de esgrima, resultando em elevada transpiração do atleta causando problemas de absorção, peso e condutividade elétrica. Acima de tudo, são os atletas que usam equipamentos de gama baixa que se sentem desconfortáveis (i.e., equipamentos pesados, inadequados, grossos e mal costurados). Transversal a todos os escalões, a exigência de fácil manutenção e durabilidade dos equipamentos são aspetos apontados pelos utilizadores como pontos negativos dos equipamentos atuais. Especificamente, são citados o cheiro de suor, a dificuldade de lavar e secar o equipamento e principalmente a degradação da cor branca. Em relação à durabilidade, velcros e elásticos são facilmente danificados, e os tecidos tornam-se frágeis e rígidos com o tempo. A preferência dos participantes foi por marcas como Allstar International, Leon Paul London e Uhlmann (Figura 5.15).

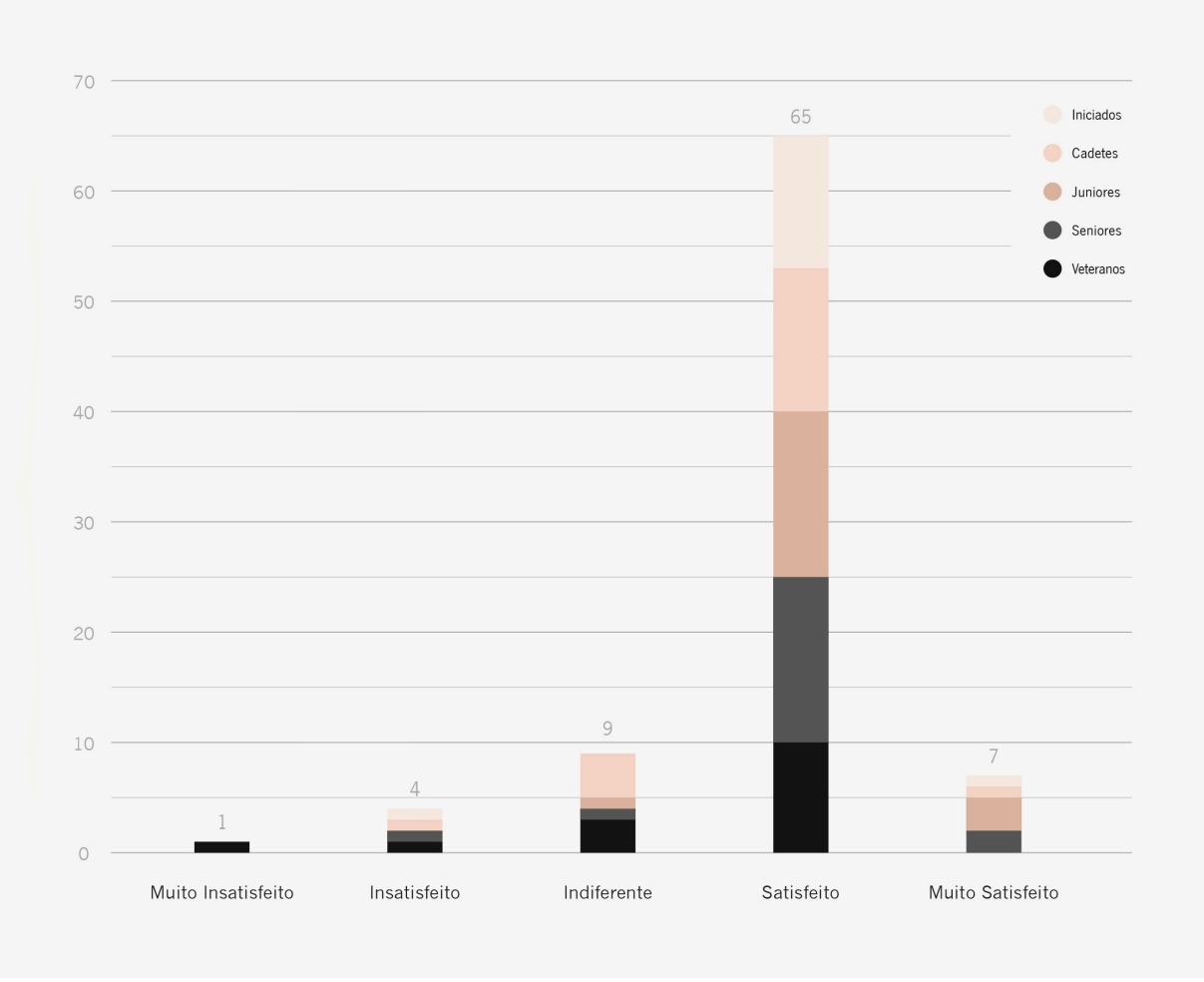


Figura 5.14. Resultados sobre o equipamento atualmente usado

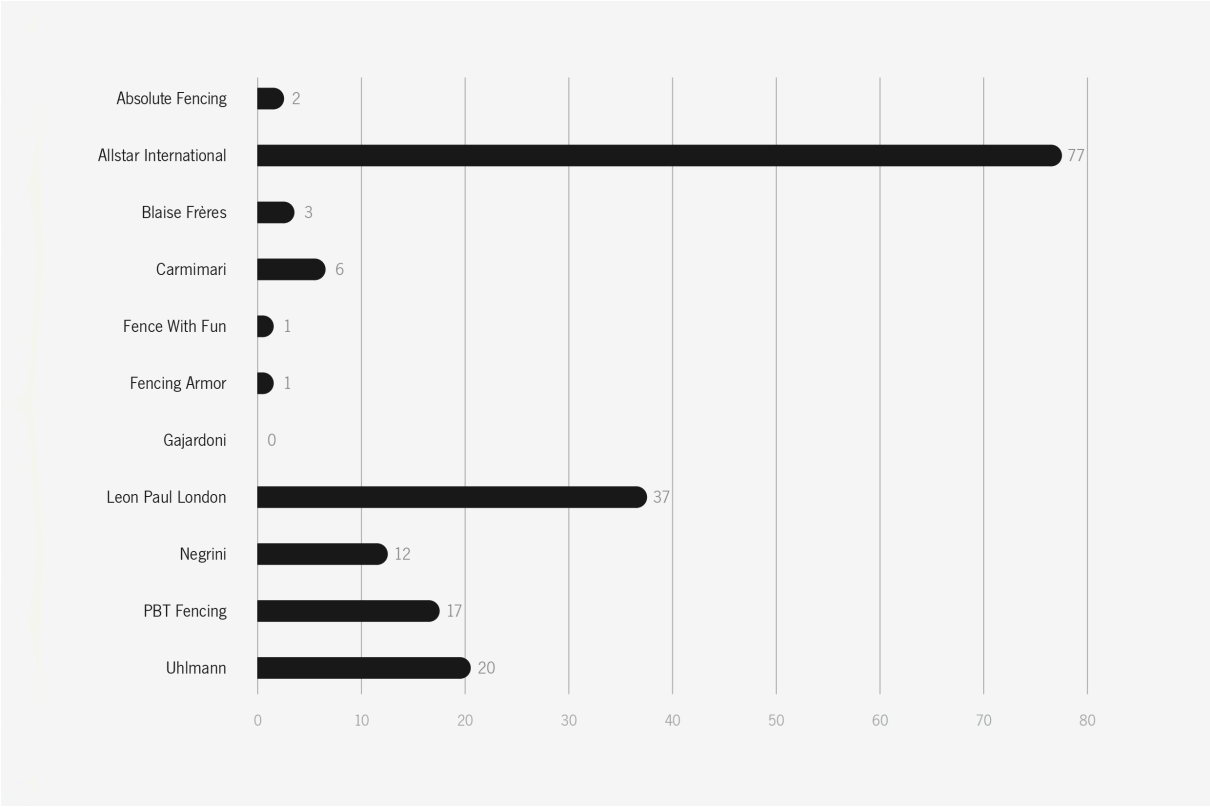


Figura 5.15. Resultados sobre as marcas que os utilizadores preferem

5.6. Discussão

De acordo com Desmet & Hekkert (2009), existem quatro maneiras de trabalhar o design no nível de projeto, com foco no utilizador, no designer, na pesquisa e na teoria. Para Tonetto & da Costa (2011), se enquanto designers assumimos que qualquer produto hoje pode ser tecnicamente impecável, o que o tornará competitivo serão suas propriedades em proporcionar ao utilizador a experiência desejada no momento da compra. Segundo Desmet (1999, p.67), os produtos "são sinalizados como emocionalmente relevantes (bons ou maus) quando parecem favorecer ou prejudicar uma das convenções do indivíduo". Portanto, um produto utilizável causa emoções positivas, como satisfação e felicidade, enquanto um produto inutilizável é classificado como frustrante, evoca emoções negativas, como frustração e raiva. Relevante para uma abordagem de design centrado no utilizador, a usabilidade é considerada uma fonte de experiência do produto, sendo a usabilidade um atributo de interação homem-produto (Desmet & Hekkert, 2007). *"Designing better"* resulta na criação de produtos mais atraentes, autênticos e fáceis de usar (Desmet & Hekkert, 2009). Aqui, por meio de questionários e entrevistas, com o objetivo de focar o utilizador, busca-se compreender os motivos que levaram aos resultados observados e suas implicações, bem como a forma como poderiam contribuir com a literatura

académica da área. Segundo Norman (2004), podemos complementar estes dados com a observação direta do quotidiano do utilizador, podendo revelar espaços valiosos para inovação. Além disso, se algo deve proporcionar prazer ao longo da vida, duas coisas são necessárias: a capacidade do designer de fornecer uma experiência rica e poderosa, bem como capacidade de observar o uso do produto. A chave é manter o relacionamento após a explosão inicial de entusiasmo.

5.7. Considerações finais

Após análise dos resultados, alguns utilizadores consideram que as peças de vestuário para esgrima possuem um design estagnado de difícil vestibilidade, com pouca durabilidade e difícil manutenção. Os participantes geralmente indicam que o suor causado pela alta temperatura sentida dentro do fato afeta o desempenho do atleta, desde a mobilidade até a pontuação incorreta do toque. Em termos de sistemas inteligentes, os atletas revelam uma falta de conhecimento nos vários escalões de idade sobre o que são roupas inteligentes. Este projeto de investigação visa identificar um conjunto de características a serem implementadas na criação de equipamento para atletas de esgrima, a partir das preferências e necessidades dos seus utilizadores. Embora o objetivo do inquérito fosse alcançar uma metodologia para orientar um processo de design de produto centrado no utilizador, não foi possível identificar claramente o artefacto para design e investigação. Foi necessário passar por algumas etapas de recolha de dados quantitativos (análise de dados) e qualitativos (análise temática), para atingir alguns dos objetivos. Finalmente, são especificadas novas direções para o design com base no utilizador. As aplicações orientadas para frequência cardíaca e respiratória, leitura de pressão de toque, captura de movimentos e regulação da temperatura corporal são as que despoletam interesse. A chave para finalizar este processo pode ser uma observação direta dos atletas.

Com a realização deste estudo, foi possível identificar novas questões de pesquisa. Tanto o designer quanto o investigador devem considerar esses fatores, fazendo escolhas que garantam que a experiência do utilizador seja maximizada na interação com o produto têxtil inteligente. Embora apenas um participante tenha mencionado a identificação do atleta no equipamento como uma mudança significativa na esgrima, a verdade é que a personalização incentiva as pessoas a manter os produtos por mais tempo. Essa ideia ajuda a resolver o conflito entre o longo tempo de desenvolvimento e a moda em rápida evolução. Roupas inteligentes não devem apenas parecer roupas, mas também funcionar bem quando a tecnologia é incorporada. Além disso, a função eletrónica dos dispositivos integrados deve ser invisível e não intrusiva para o utilizador.

6. Conceptualização da próxima geração de uniforme de esgrima

Este capítulo deriva dos resultados obtidos no capítulo anterior, no qual foi possível especificar diretrizes para o design de um uniforme de esgrima inteligente. Depois da frequência cardíaca e respiratória, a pressão do toque e captura de movimentos foram as tecnologias que despoletaram maior interesse dos atletas. Através da aplicação do modelo Design Centrado no Utilizador, um processo de design baseado na experiência do utilizador, foi possível chegar a uma solução com maior grau de confiança no design e na integração da tecnologia têxtil eletrónica. Tendo sido possível no capítulo anterior especificar o contexto de uso, bem como, especificar os requisitos do utilizador, no presente capítulo conceptualiza-se uma nova solução para o uniforme de esgrima.

Primeiro, relata-se o desenvolvimento de uma tecnologia capaz de rastrear o desempenho do toque da lâmina de maneira prática e discreta, por meio da integração de sensores de pressão piezoresistivos impressos em tecido flexível; bem com desenvolver um colete interno inteligente (i.e., camada intermédia inteligente), que possibilite uma aplicação invisível da tecnologia no uniforme. Neste caso, foram produzidos sensores de pressão baseados numa estrutura de 3 camadas. A tensão obtida é exibida no computador e descreve a força/pressão exercida sobre o sensor. Segundo, devido ao facto de o desenvolvimento de sensores inerciais ser extremamente complexo, bem como o seu funcionamento, optou-se pela aquisição e teste do produto Rokoko Smartsuit Pro ™, um fato inteligente que proporciona a captura de movimentos em tempo real através do *software* tridimensional Rokoko Studio.

Por fim, com base nos conhecimentos adquiridos no manuseamento de ambas as tecnologias, mais a informação adquirida no capítulo anterior através da observação direta e gravação em vídeo da atividade física do utilizador em provas e treinos, apresenta-se um novo conceito para o uniforme de esgrima de nome “Avantgarde”, que almeja proporcionar um *feedback* útil ao utilizador.

6.1. Enquadramento

A esgrima competitiva tem sido uma das cinco atividades apresentadas em todos os Jogos Olímpicos modernos, junto com o ciclismo, o atletismo, a ginástica e a natação. Já mencionado no capítulo anterior, a esgrima consiste em três disciplinas de combate relacionadas, praticadas com três armas distintas: florete, sabre e espada. O uso de cada arma é feito com regras diferentes e os pontos são atribuídos quando a arma toca o oponente, seguindo os padrões da FIE (*Fédération Internationale d'Escrime*).

A pesquisa em sensores têxteis tem aumentado, fornecendo novas ferramentas na criação de novas soluções para vestuário. As roupas inteligentes são posicionadas entre o design de roupa e a tecnologia vestível. Além das implicações substanciais no campo interdisciplinar da interação homem-computador (HCI), as tecnologias têxteis eletrónicas, fazem parte de um novo foco de atenção, que corre entre as tecnologias da informação e comunicação (ICT) e plataformas de internet das coisas (IoT). Os sensores de pressão bem como os sensores inerciais existentes para o design de roupas inteligentes, ainda não atendem a todos os requisitos, devido ao uso de materiais semiduros não resistentes à água.

Este capítulo descreve a conceptualização de um uniforme de esgrima, explorando-se a tecnologia e-têxtil para rastrear o toque da arma, através do qual é medida a pressão de toque. Descreve-se ainda a tecnologia eletrónica para a captura dos movimentos, onde o desempenho tridimensional é gravado e exibido. O sistema inteligente desenvolvido deve ser capaz de ajudar o atleta a aprimorar sua técnica em tempo real, exigindo uma construção robusta e, ao mesmo tempo, alta sensibilidade. Por meio de movimentos de toque, a pressão pode ser exercida sobre a superfície de objetos ou sobre partes do corpo humano. Para rastreá-los e obter mais informações, os sensores de pressão podem ser integrados nos têxteis, sendo os sensores de pressão mais usados de base piezoelétrica ou piezoresistiva. Para maximizar a precisão estática e dinâmica, estudos realizados usaram vários tipos de sensores de pressão flexíveis desenvolvidos e testados usando diferentes filmes de polímero piezoresistivo, tinta e tecidos condutores. Estes diferem em tamanho, tipo de material piezoresistivo e técnica de ligação (Carvalho, Yao, & Gonçalves, 2017; Carvalho et al., 2018; Gomes et al., 2018).

Portanto, os sensores piezoresistivos impressos em têxteis flexíveis, bem como, os sensores inerciais para a captura tridimensional dos movimentos, estão a ser movidos pela ideia de construir sistemas de medição que possam ser continuamente conectados ao corpo humano sem comprometer o conforto, assim como as roupas, adicionando novas e inovadoras funcionalidades.

Atualmente, o design de vestuário de esgrima é realizado seguindo os padrões da FIE e, portanto, evoluiu para melhorar a segurança do atleta. O sistema de pontuação elétrico tornou-se imprescindível para a prática e jogo da esgrima; sendo possível distinguir a validade do toque através da utilização de cabos conectados ao colete ou casaco elétrico e à arma, por sua vez, conectados a um sistema eletrónico que regista os toques. Num toque válido acende a luz verde para o atleta vencedor do toque e a luz vermelha para o oponente num toque inválido acende a luz branca quando o toque é fora da área de contacto do corpo delineada (Figura 6.1).

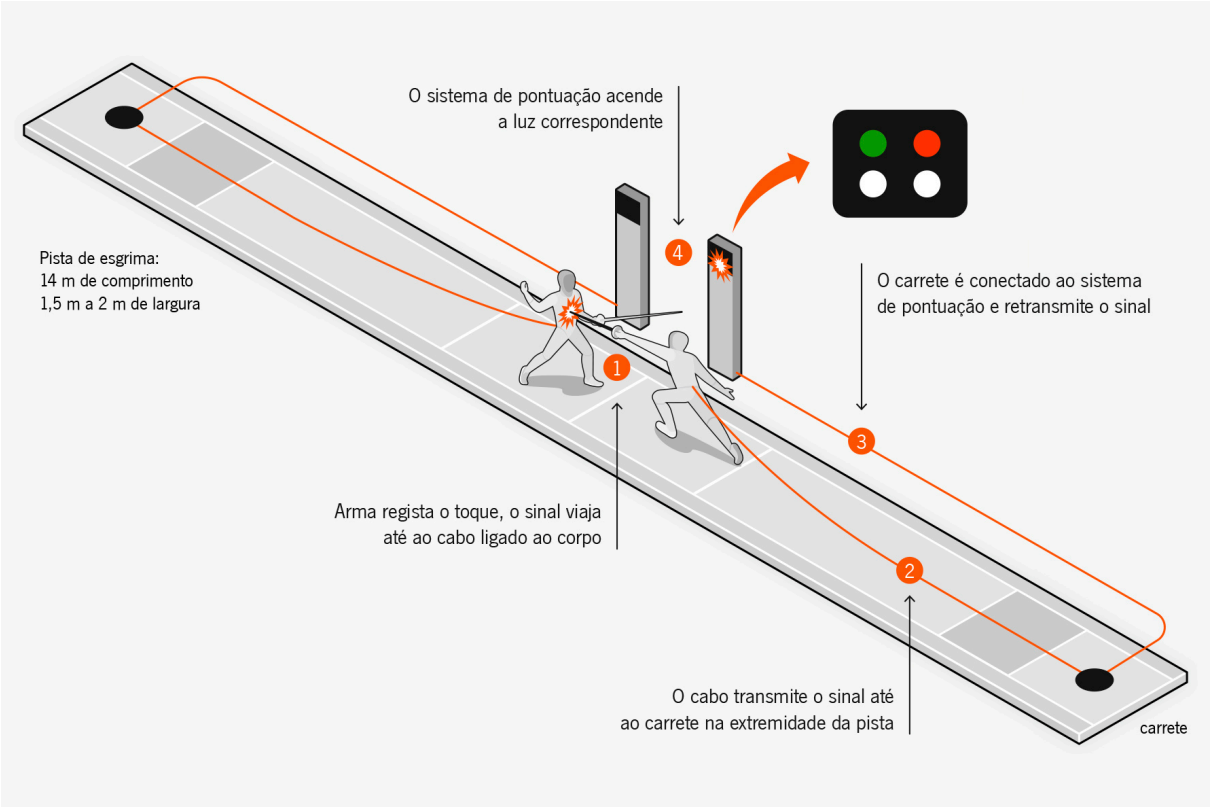


Figura 6.1. Sistema elétrico de pontuação

Como mencionado anteriormente, no capítulo 5, existe já um sistema de pontuação sem fios disponível no mercado pela marca Leon Paul London, que consiste na substituição da ligação via cabo pela integração de um dispositivo wireless (Figura 6.2).



Figura 6.2. Sistema de pontuação wireless para a prática de esgrima sem fios (Lane, 2017)

A integração dos sensores de pressão e inerciais no uniforme de esgrima deve atender a condições especiais, como precisão, desempenho e alta sensibilidade, acima de tudo, os sensores devem ser laváveis e flexíveis. Já o baixo custo de fabricação garante que a integração destes sensores no têxtil seja adequada para uma produção e comercialização viável.

6.2. Materiais e métodos

6.2.1. Fabrico de sensor piezoresistivo impresso em têxtil flexível

Como alternativa ao sistema de pontuação atual, e atendendo aos padrões necessários para a prática da esgrima foi desenvolvido um conceito de colete interno inteligente com o objetivo de rastrear o desempenho do toque da arma (Figura 6.3). Todos os materiais e processos usados para a fabricação dos sensores piezoelétricos impressos em têxteis flexíveis, bem como os métodos de medição usados para testar os sensores, são apresentados e explicados adiante. Para fornecer dados e avaliar o desempenho, foi prototipado um sensor de pressão com uma estrutura de 3 camadas.

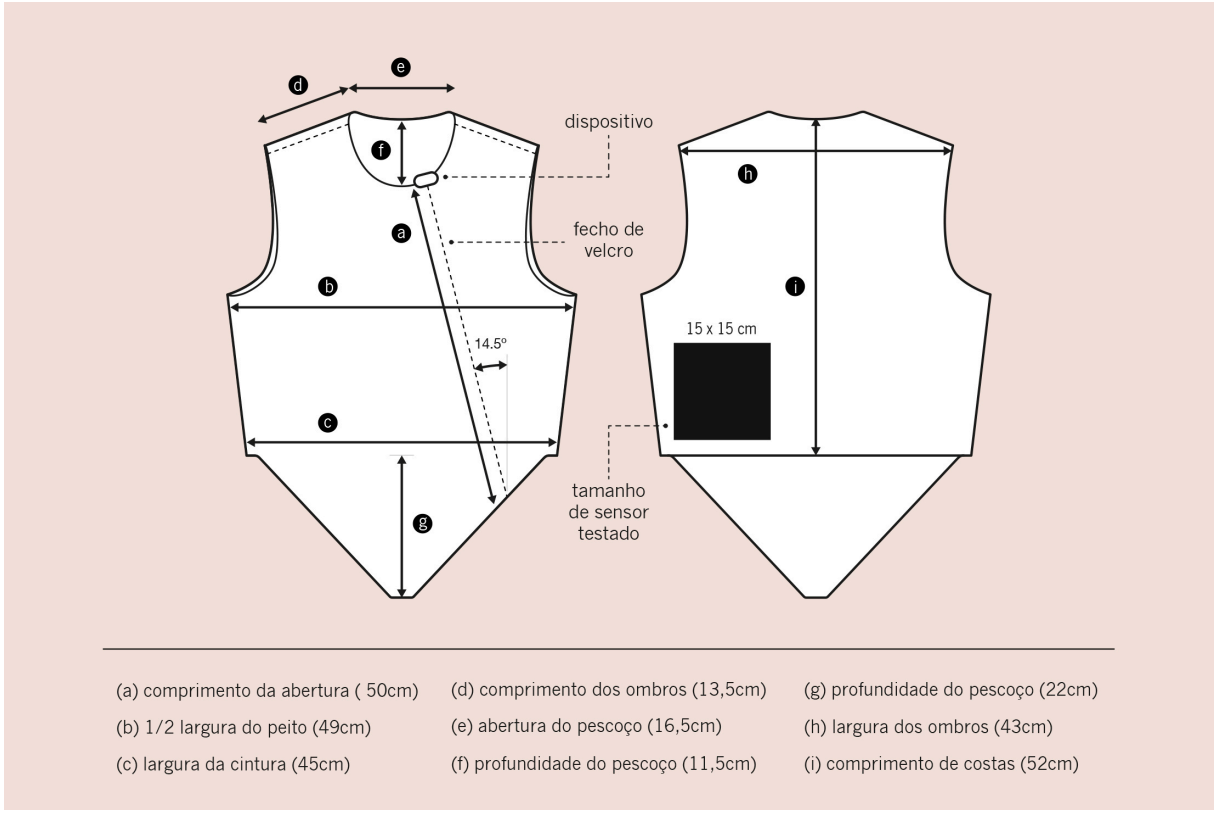


Figura 6.3. Dimensões do colete interno inteligente, tamanho M

Antes de se iniciar a modelagem do colete inteligente, foram produzidas amostras do sensor (Figura 6.4) para fornecer dados e avaliar o desempenho, inicialmente com tamanho 2.5 cm x 2.5 cm, depois com 15 cm x 15 cm.

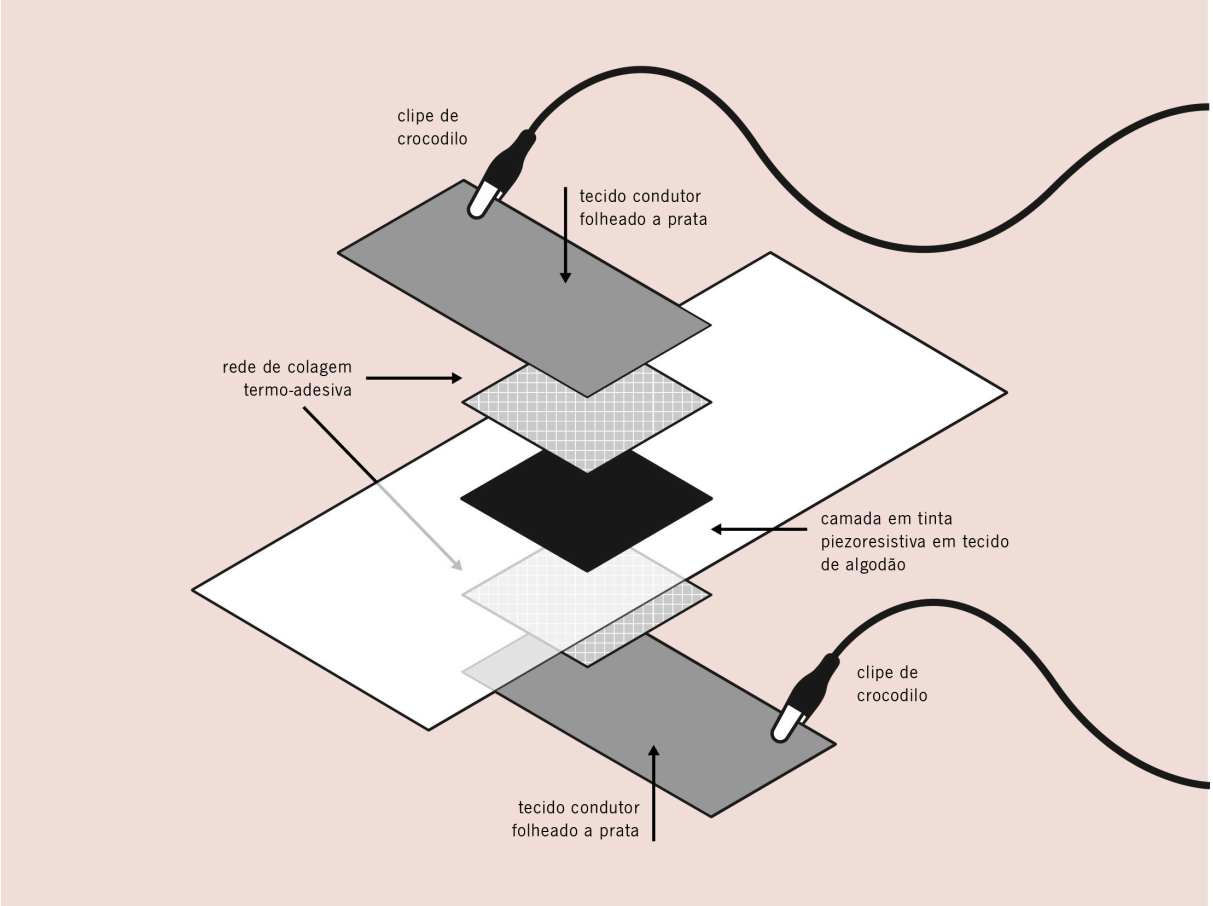


Figura 6.4. Vista explodida do sensor com uma estrutura de 3 camadas

O fabrico deste sensor requer uma preparação adequada para uma montagem precisa dos materiais. A camada exterior dos elétrodos é construída com tecido condutor Shieldex Bremen da Statex, um tecido de poliamida revestido a prata. A camada intermédia, que é a camada sensível, é fabricada com um tecido de algodão serigrafado com tinta piezoresistiva da empresa Nanopaint. Uma rede de colagem termo-adesiva da empresa Protechnic Thermoplast é usada para unir o tecido revestido a prata ao tecido de algodão através da utilização de uma prensa de aquecimento. Para evitar curto-circuito os elétrodos devem tocar na tinta através da rede de colagem, mas não devem tocar entre si.

As camadas externas formam os elétrodos através dos quais o circuito opera, uma camada condutiva, piezoresistiva é colocada entre os elétrodos para medir as diferenças de pressão (Carvalho et al., 2017).

Para a criação deste sensor de pressão, a tinta piezoresistiva foi aplicada em mesa de serigrafia "Zimmer Mini MD-F R54" com sistema magnético (Figura 6.5, Figura 6.6, Figura 6.7 e Figura 6.8). Esta tinta contém nano partículas de carbono, para aplicação deve ser colocada em banho ultrassónico por 60 minutos. Antes de ser aplicada, deve ser colocado em agitação mecânica entre 30-60 minutos. Após a aplicação deve ser curada no forno a 60 ° C por 10 minutos. As amostras realizadas são impressas com uma camada final de cada lado do tecido de algodão e serigrafadas com duas camadas através do sistema magnético. As diferentes configurações do sistema magnético da mesa de serigrafia influenciam a espessura da camada de tinta, por sua vez, a sua eficácia. A rede de colagem é composta por éster de poliuretano alifático, muito elástico e transparente. Pesa 35 a 50 gramas por metro quadrado (g/m2) com uma tolerância de +/- 1.5g (<16 g/m2) ou +/- 10% (> 16 g/m2). O intervalo de fusão está entre 109-119°C com um ponto inicial de 83°C. Para as camadas de colagem, a rede de colagem é colocada em ambos os lados da camada piezoresistiva e prensada numa prensa de aquecimento a 110°C por 10 segundos a uma pressão de 2.5 bar. A vantagem de usar tintas é a capacidade de aplicar uma camada fina e, portanto, poder ser integrada quase invisivelmente em têxteis. Além disso, a tinta é um material muito flexível e extensível.



Figura 6.5. Processo de serigrafia, abertura de quadro 15 cm x 15 cm



Figura 6.6. Processo de serigrafia, colocação de camada piezoresistiva

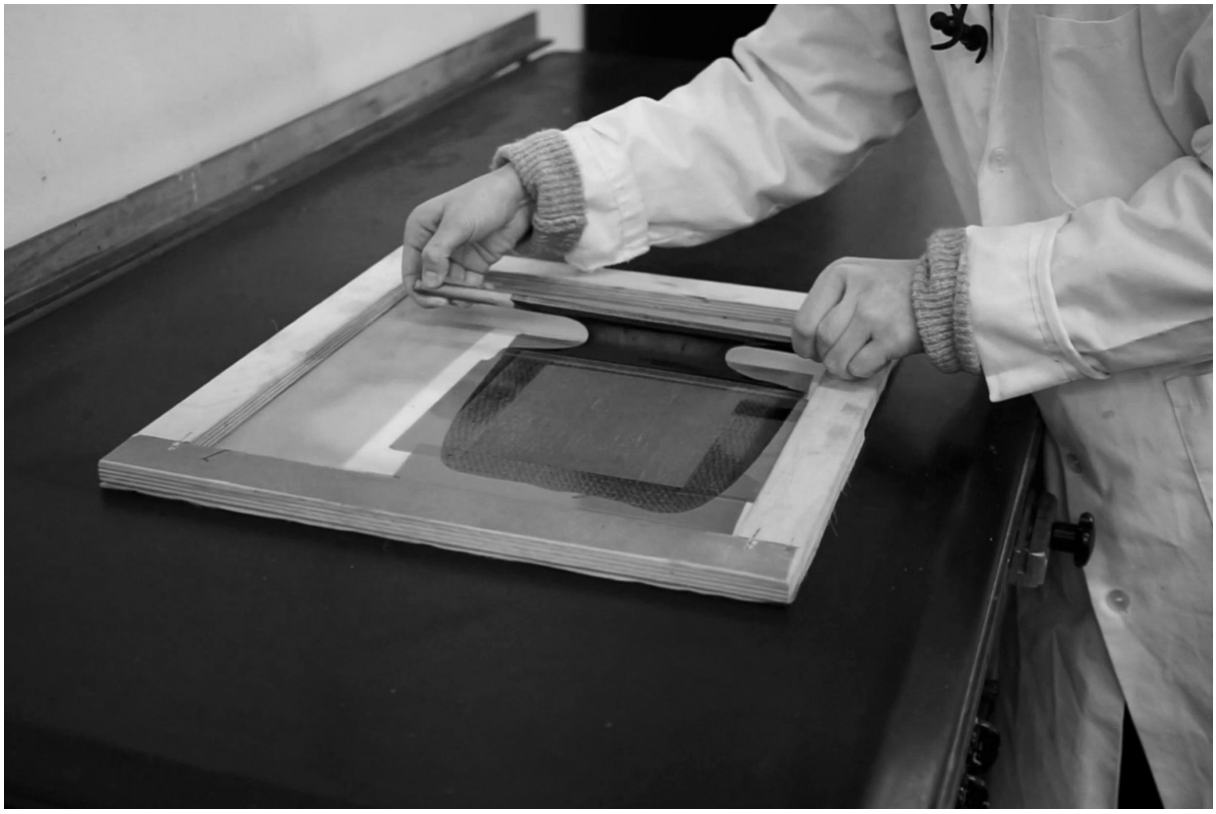


Figura 6.7. Processo de serigrafia, utilização de mesa de impressão com sistema magnético

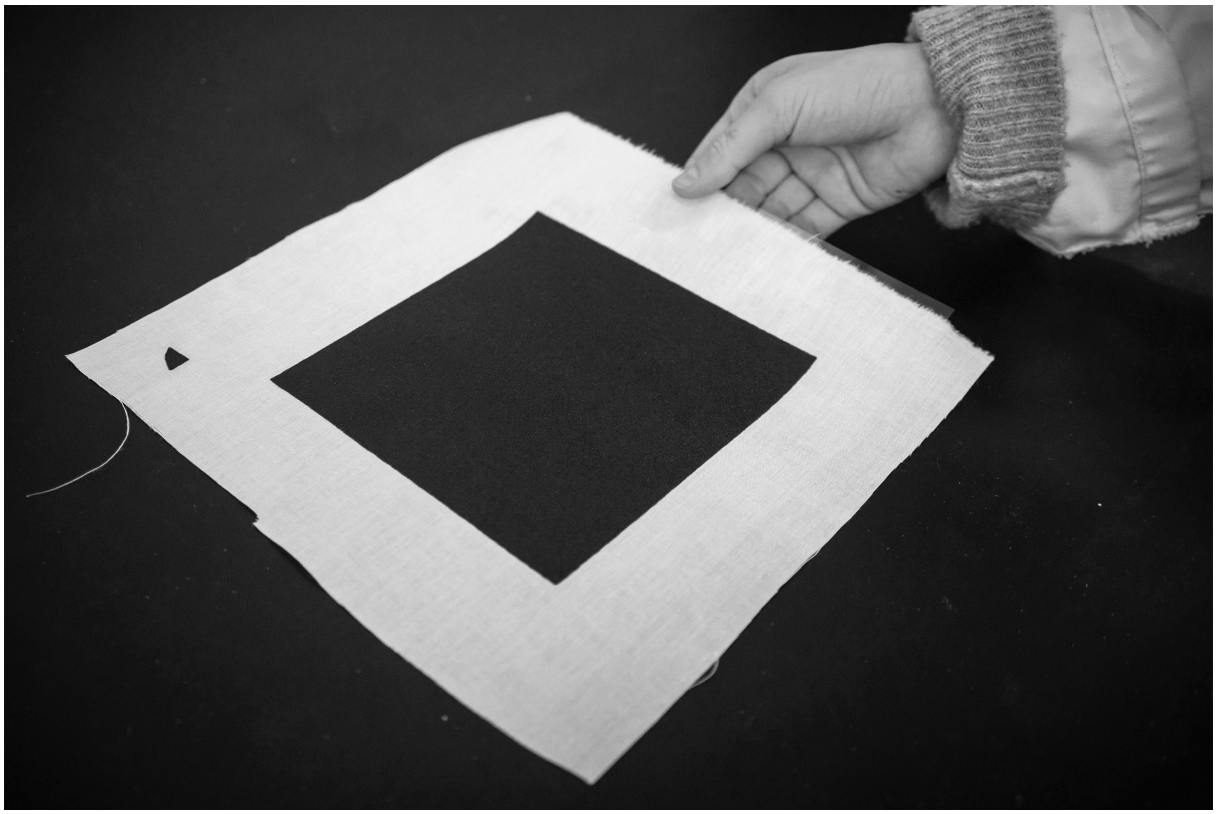


Figura 6.8. Processo de serigrafia de camada piezoresistiva, tinta sobre tecido de algodão

Quando incorporado ao interior do uniforme de esgrima o colete não compromete a aparência do produto. A abertura permanece na parte frontal respeitando a funcionalidade e usabilidade do vestuário de esgrima. Esta vantagem permite montar o dispositivo na parte frontal do colar e conectar os pinos do sensor.

Com a criação deste colete interno inteligente, pretende-se eliminar o uso do convencional sistema elétrico de pontuação. Além disso, será possível permitir a utilização desta tecnologia para a prática da espada, que ainda não usufrui do sistema elétrico convencional, como as demais disciplinas. A visão futura deste tipo de tecnologia é de tornar todos os equipamentos de esgrima sensíveis ao toque.

Os testes foram controlados por meio de um computador onde os dados da força aplicada são registados. O sensor é conectado a uma placa de condicionamento de sinal que por sua vez, é conectada a uma placa de aquisição de dados (DAQ) NI-USB-6259, que converte a tensão de saída analógica num sinal digital. Estes testes de desempenho foram feitos usando um *software* desenvolvido no LabVIEW, e os sinais de força aplicada que resultam numa tensão de saída do sensor/circuito de condicionamento foram exibidos no *software* desenvolvido, denominado "*Sensor Signal Acquisition*" (Figura 6.9).

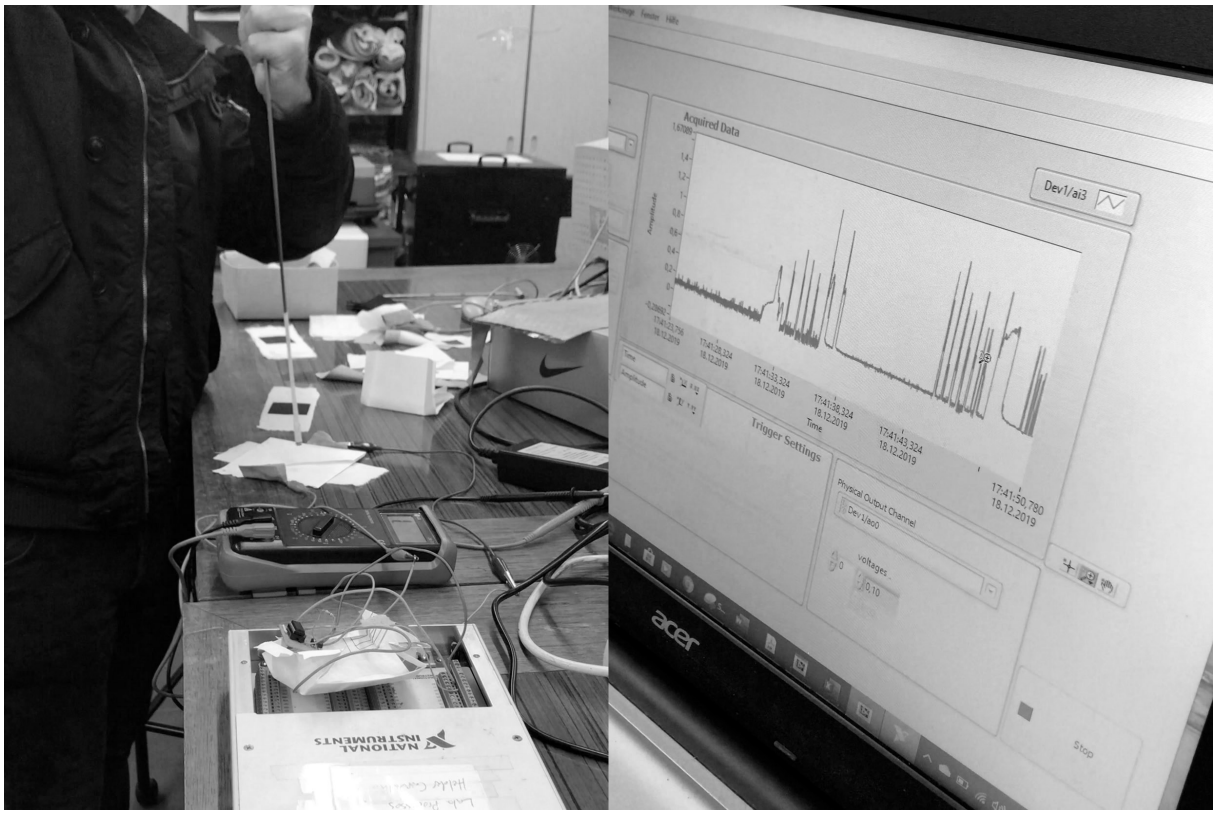


Figura 6.9. Utilização de florete para teste de sensor com tamanho 2.5 x 2.5 cm

6.2.2. Modelagem do colete interno

De acordo com a especificação do projeto, foi elaborado em s*oftware* de desenho vetorial 2D a modelagem do colete para o tamanho M. Num primeiro momento, aplica-se o método *flat-pattern* para realizar o desenho bidimensional da peça através da desmontagem de um colete elétrico. Este traduz as medidas reais em rascunho bidimensional, sendo considerada a não elasticidade do tecido (Figura 6.10). A modelagem bidimensional em uma única peça têxtil não é complicada, no entanto, requer condições de folga para um bom resultado ergonómico. Em seguida, foi construído um modelo em papel para verificar as dimensões do tronco e definir as medidas do colete – uma forma fácil de verificar o tamanho do produto sem montar o protótipo. Por fim, após a verificação das medidas para a compreensão da sua construção, foi elaborado um modelo plano de toda a peça e considerados todos os detalhes de montagem. O colete final é produzido com uma estrutura interior de 3 camadas, com costuras nos ombros e sem costuras laterais (Figura 6.11).



Figura 6.10. Modelagem do colete interno

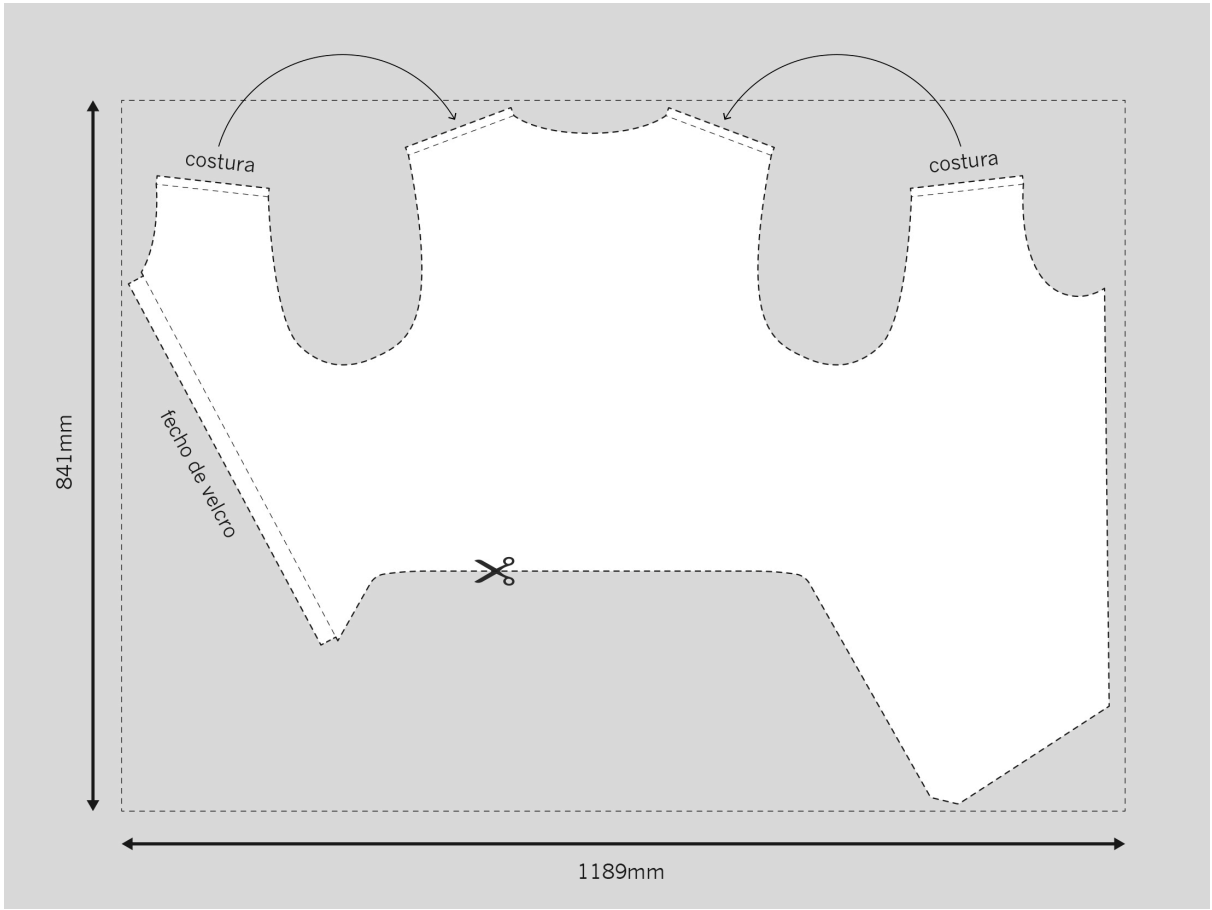


Figura 6.11. Modelagem bidimensional do colete interno

6.3. Aquisição do Rokoko Smartsuit Pro ™

Foi possível adquirir o Rokoko Smartsuit Pro ™ no tamanho M, conforme a Figura 6.12. Fabricado em nylon, este fato possui 19 IMUs já colocadas no interior do mesmo, um cabo de configuração para ligar o fato ao computador e uma bolsa para o guardar ou transportar. O fato requer uma bateria 5000 mAh, que é adquirida em separado. Comparativamente aos sistemas óticos baseados em câmaras, o sistema da Rokoko oferece uma resposta precisa ocupando um lugar interessante com preço competitivo em comparação com outras marcas (Tabela 19 e Tabela 20).



Figura 6.12. Rokoko Smartsuit Pro ™ (Rokoko Electronics, 2020)

Tabela 19. Sistemas inerciais de captura de movimentos

EMPRESAS	WEBSITE
Xsens Technologies BV.	www.xsens.com
Perception Neuron – Noitom Ltd.	www.neuronmocap.com
Motion Shadow	www.motionshadow.com
Nansense Inc.	www.nansense.com
Captiks	www.captiks.com
STT Systems	www.stt-systems.com
Notch Interfaces Inc.	www.wearnotch.com
AIQ Synertial Ltd.	www.synertial.com
Rokoko Electronics Inc.	www.rokoko.com

Tabela 20. Sistemas óticos de captura de movimentos

EMPRESAS	WEBSITE
Qualisys AB	www.qualisys.com
Vicon Motion Systems Ltd.	www.vicon.com
Motion Analysis Corporation	www.motionanalysis.com
OptiTrack – Natural Point Inc.	www.optitrack.com
NDI – Northern Digital Inc.	www.ndigital.com
Phoenix Technologies Inc.	www.ptiphoenix.com
Dari Motion – Scientific Analytics Inc.	www.darimotion.com

Através da utilização do sistema Rokoko foi possível constatar a sua elevada portabilidade e fácil configuração, com boa precisão na posição. Em contraste, os sistemas óticos fornecem dados de posicionamento mais precisos, o que significa menos limpeza de animação, mas levam mais tempo de montagem e requerem maior espaço para configuração. A configuração do Rokoko Smartsuit Pro ™ é extremamente simples e a calibração requer apenas uma pose de 3 segundos (i.e., mãos estendidas para baixo com pés na largura dos ombros, cabeça para frente). Depois de calibrado, o fato não precisa de ser recalibrado durante a utilização. Contudo, o sistema possui um ponto fraco, ao fazer a captura de movimentos é necessário manter distância de qualquer fonte eletromagnética, por vezes uma tarefa difícil em espaços interiores.

O *software* Rokoko Studio permite a pré-visualização dos sensores, mostrando na cor amarela se algum sensor está a receber interferência magnética (Figura 6.13). Também permite exportar em FBX, BVH e CSV. Testou-se o formato CSV para um rápido conhecimento e análise de dados em Excel e conversão destes em gráficos (i.e., posições, velocidade, aceleração). A evolução deste *software* tem ajudado a melhorar os erros e a experiência do utilizador. Mudar rapidamente de direção, chegar a um ponto perto da fonte magnética ou subir um degrau, criam descontinuidades visuais no *software*. Estes erros podem ser corrigidos manualmente, através de uma limpeza de animação na linha de gravação. O *software* também permite o uso de filtros que podem ser ajustados para suavizar a animação.



Figura 6.13. Captura de ecrã durante a utilização do *software* Rokoko Studio

6.4. Conceptualização do uniforme de esgrima

A experiência adquirida através do manuseamento de ambas as tecnologias referidas anteriormente (i.e., pressão do toque e captura de movimentos) e a informação obtida através da observação direta e gravada em vídeo, no período de 20 de dezembro de 2018 a 24 de outubro de 2019 em provas de esgrima e treinos realizados nas escolas visitadas permitiu obter novos dados relativos a características de design dos uniformes usados e complementar a pesquisa com a realização de uma infografia com textos visuais explicativos (Figura 6.14).

Com base no tipo de uniforme mais comum usado pelos atletas inquiridos (i.e., Nível 1—350N) e a marca preferencialmente relatada no inquérito realizado no capítulo anterior, optou-se pela aquisição das peças principais que compõem um uniforme de florete masculino da marca Allstar International (Figura 6.15). Esta iniciativa de aquisição permitiu compreender melhor as falhas mencionadas pelos atletas e treinadores e desta forma consolidar o conceito com o nome AVANTGARDE (Figura 6.16).

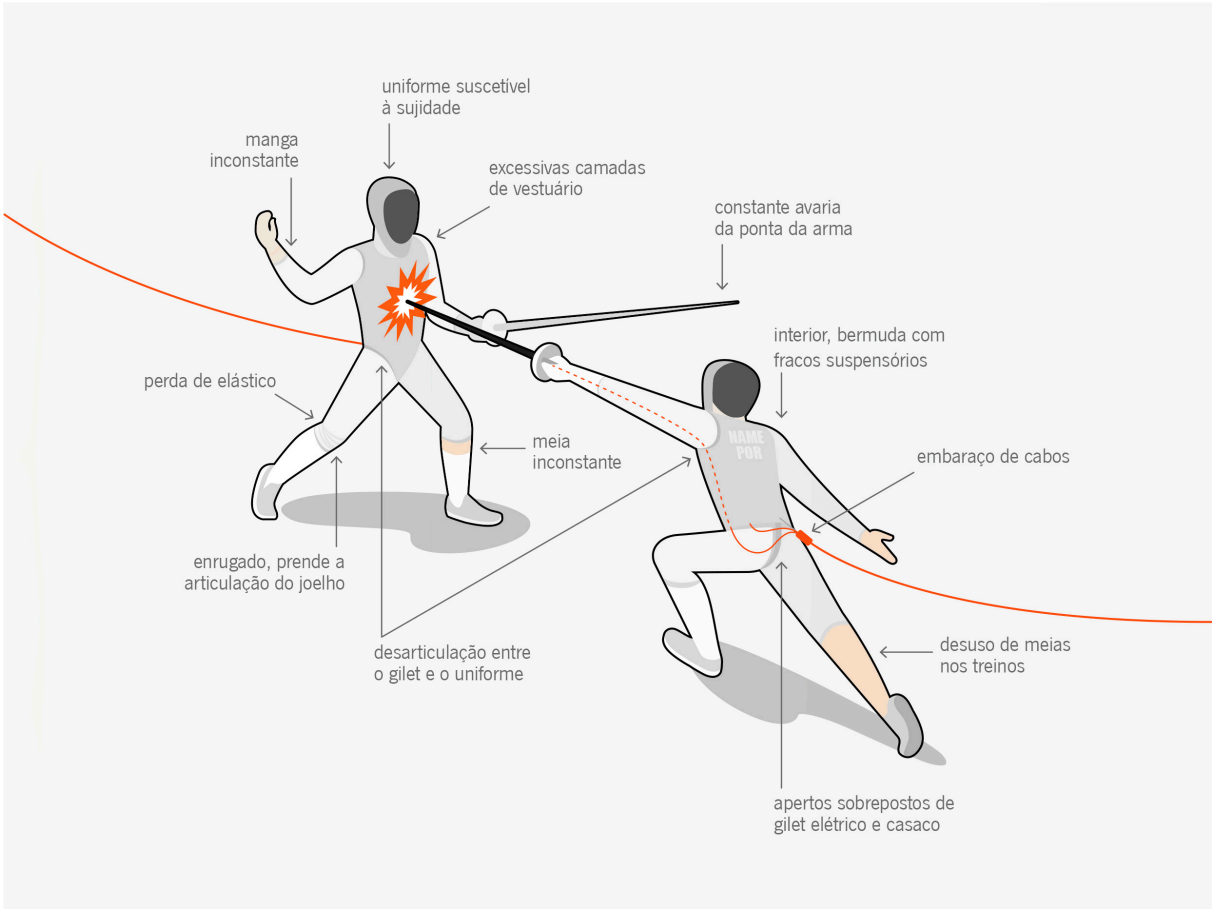


Figura 6.14. Resumo das observações

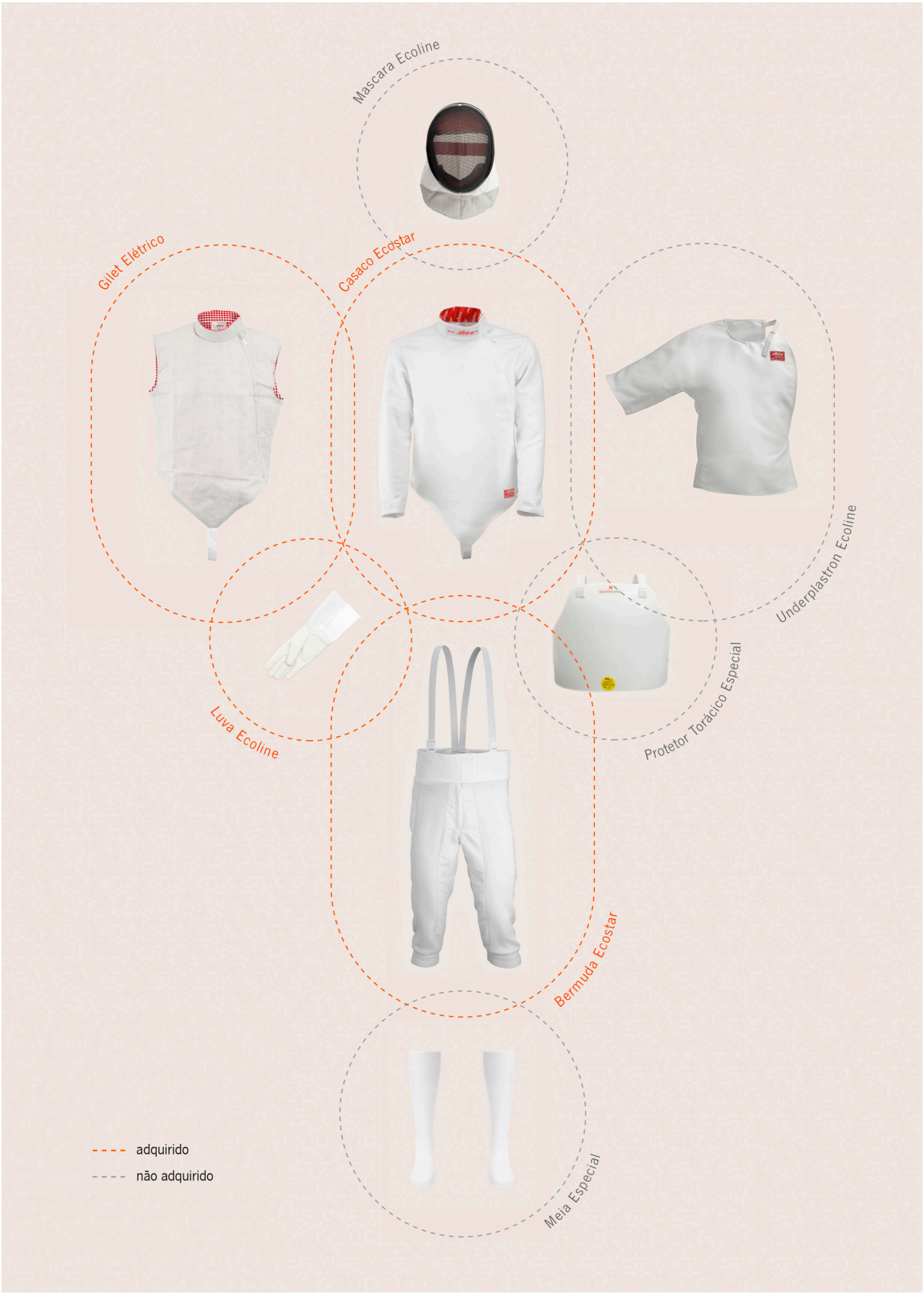


Figura 6.15. Uniforme de florete masculino de nível 1, adaptado (Allstar International, 2020)

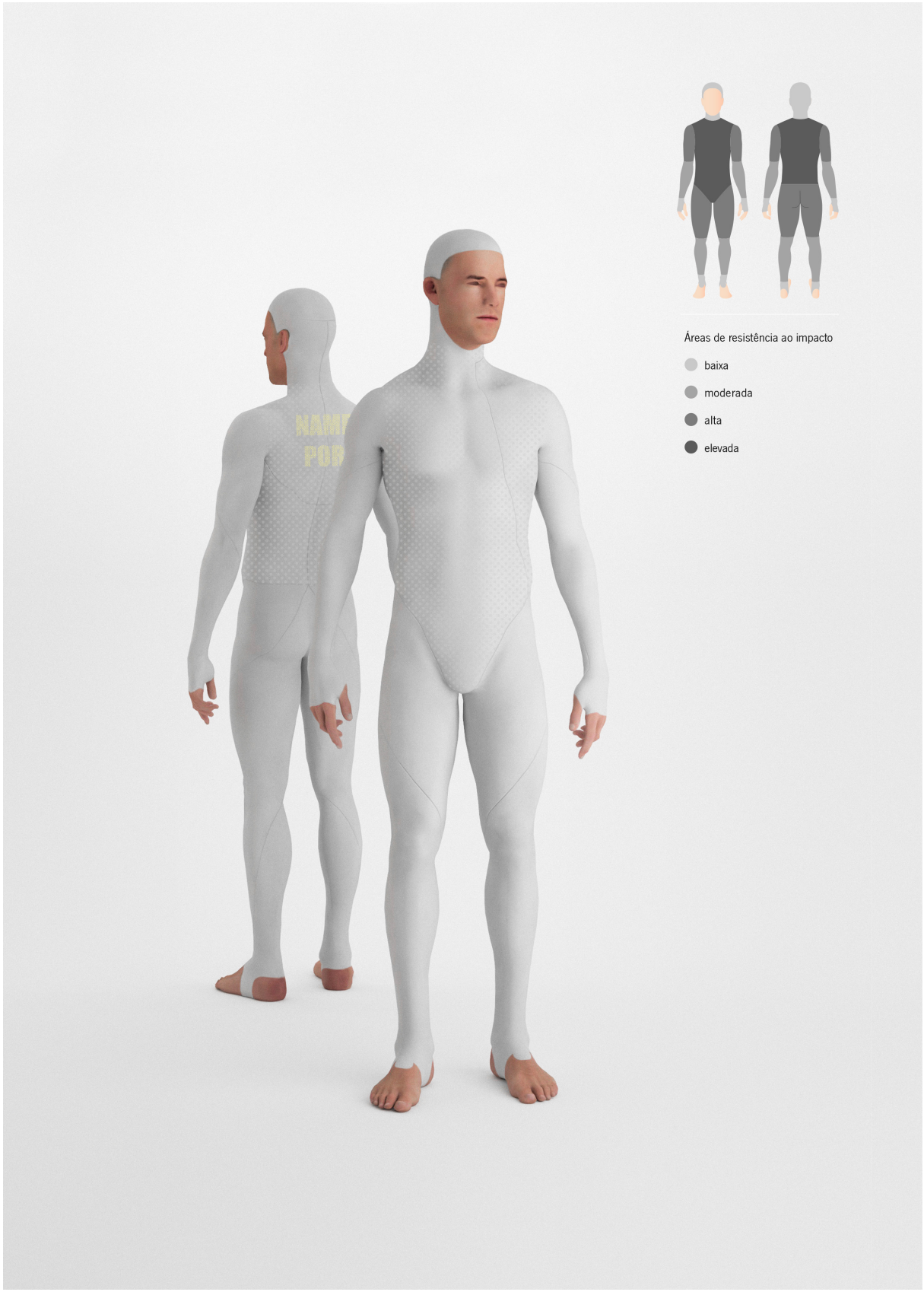


Figura 6.16. Conceito para o uniforme de esgrima

6.4.1. Modelagem do uniforme

De acordo com a especificação do projeto, foi elaborado em *software* vetorial 2D modelagem para o tamanho M. Aplicando o método *flat-pattern* foi realizado o desenho bidimensional da peça através da desmontagem de um fato de esgrima, que traduz as medidas reais em rascunho bidimensional e foi considerada a não elasticidade do tecido. Para a sua conceptualização achou-se interessante aplicar, ainda que preliminarmente, a "teoria da construção cinética de vestuário" de Lindqvist (2016). Segundo esta teoria de construção o método aplicado toma a interação entre o tecido e o corpo mais dinâmica, o que difere das teorias derivadas de medidas de um corpo ereto. A teoria é visualizada através de uma série de linhas direcionais, sugerindo os locais do corpo onde o tecido "cai" sem restringir os movimentos, traduzindo-se numa aproximação mais dinâmica do corpo.

Por fim, após a verificação das medidas para a compreensão de sua construção, foi elaborado um modelo plano de toda a peça e considerados requisitos de folga para um bom resultado ergonómico e todos os detalhes de montagem, como se observa na Figura 6.17.

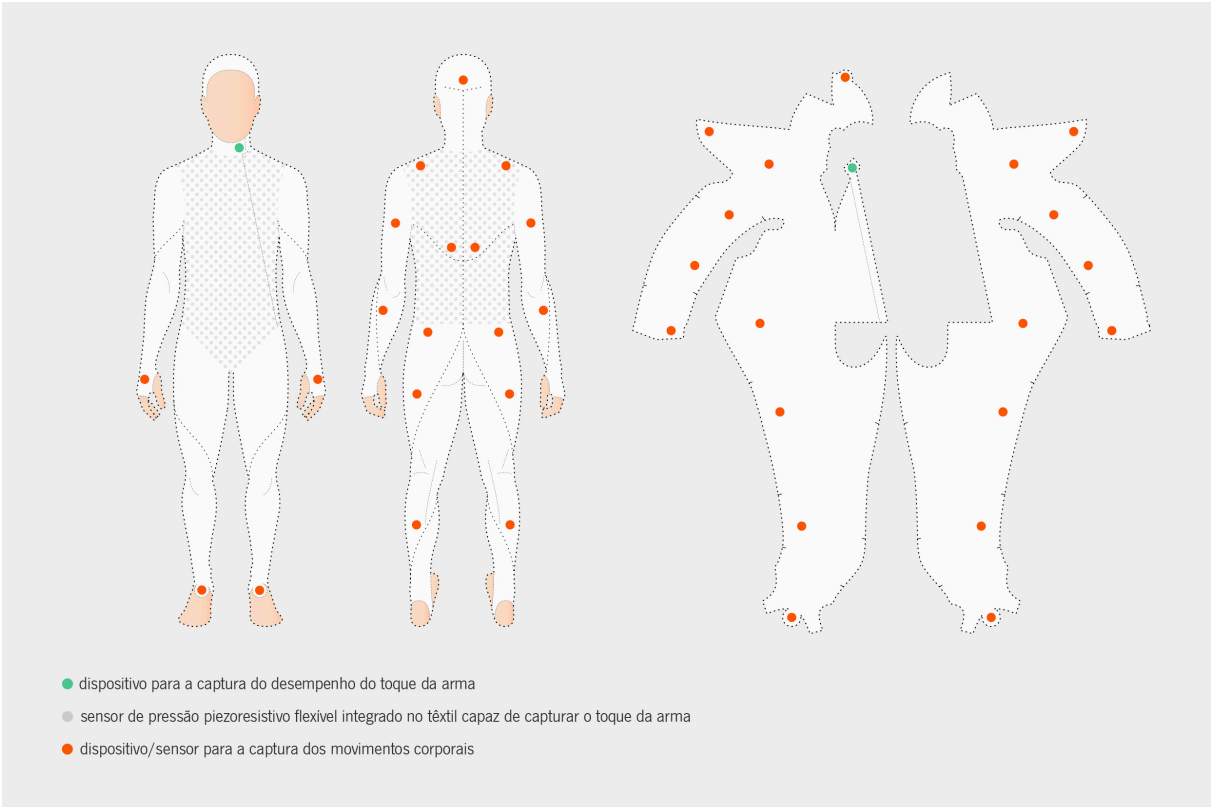


Figura 6.17. Modelagem bidimensional do uniforme de esgrima

6.5. Resultados

Os testes mostram que o sensor de pressão é funcional. Verifica-se que o uso de rede termo-adesiva é uma solução interessante para unir as camadas e prototipar amostras do sensor. Porém, será necessário o desenvolvimento de um protótipo do sensor cobrindo toda a área do colete e garantir a estabilidade mecânica do sensor e do sinal.

Este colete inteligente apresenta-se como um sistema capaz de fornecer informações em tempo real; os resultados são semelhantes aos já observados em outros trabalhos (Amaro et al., 2018; Tama, Gomes, Abreu, Souto, & Carvalho, 2017). O sensor também pode ser potencialmente usado num sistema de pontuação semelhante ao desenvolvido por Bruch et al. (2011) e a medição do desempenho do toque da arma pode ajudar na análise do desempenho do atleta.

A Figura 6.18 apresenta um resultado do sinal de pressão conseguido através da amostra 15 cm x 15 cm, onde podem ser visualizados seis tipos diferentes de aplicação de pressão com diferentes intensidades e durações: a) pressionando lentamente com os dedos, b) batidas com o punho, c) batidas com o punho e manter a pressão, d) batidas fortes, e) batidas fracas, f) batidas mais fortes. Sinais semelhantes são obtidos utilizando o florete.

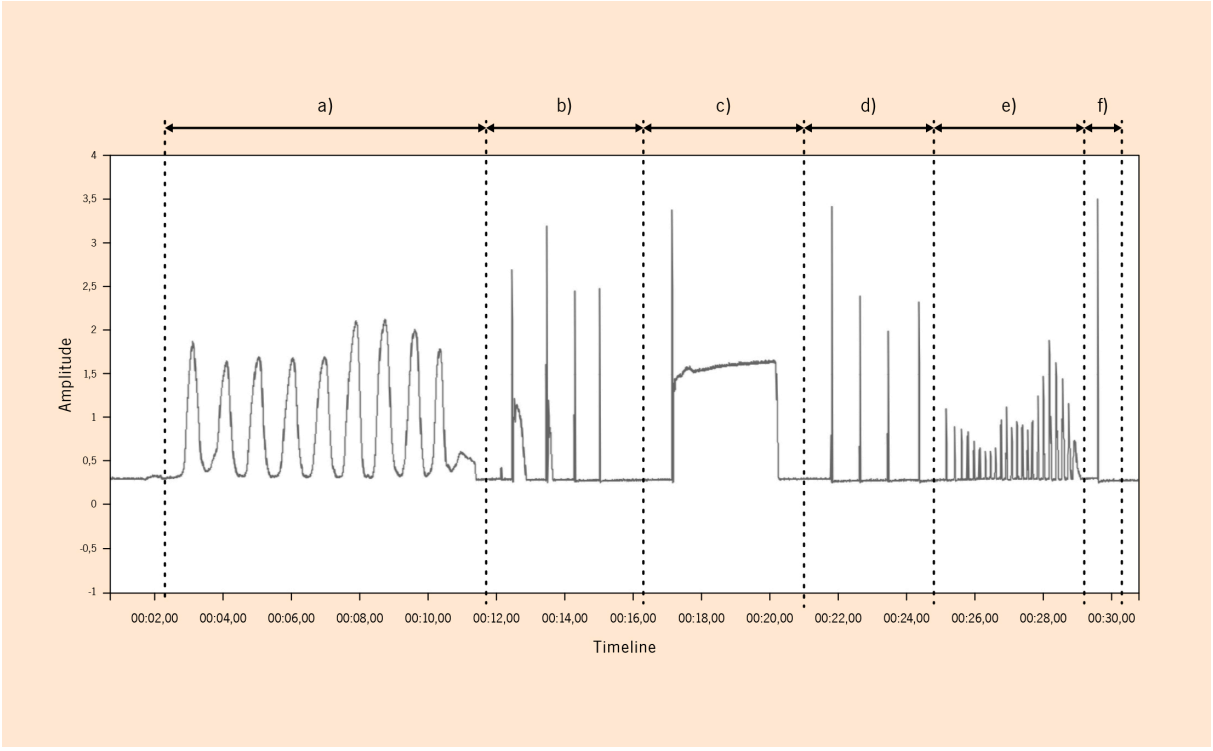


Figura 6.18. Informação adquirido de LabVIEW, gravação de diferentes forças de pressão

Para além dos ensaios do sensor de pressão, foram realizados vários exercícios de gravação de ações em tempo real com o fato Rokoko Smartsuit Pro ™. Um dos exercícios (Figura 6.19) foi uma comparação de adução do braço direito (i.e., correta e errada). Os dados obtidos foram exportados do *software* Rokoko Studio em formato CSV e analisados em Excel. Este exercício avaliou as posições nos eixos X, Y e Z do ombro, braço, antebraço e mão durante o movimento. Como resultado, observa-se uma alteração substancial na posição X da mão e ligeiras diferenças no ombro, braço e antebraço. Já na posição Y observa-se ligeiras diferenças, tanto na mão, como no ombro, braço e antebraço. Por outro lado, na posição Z observa-se uma alteração substancial no antebraço e mão, e ligeiras diferenças no ombro e braço.

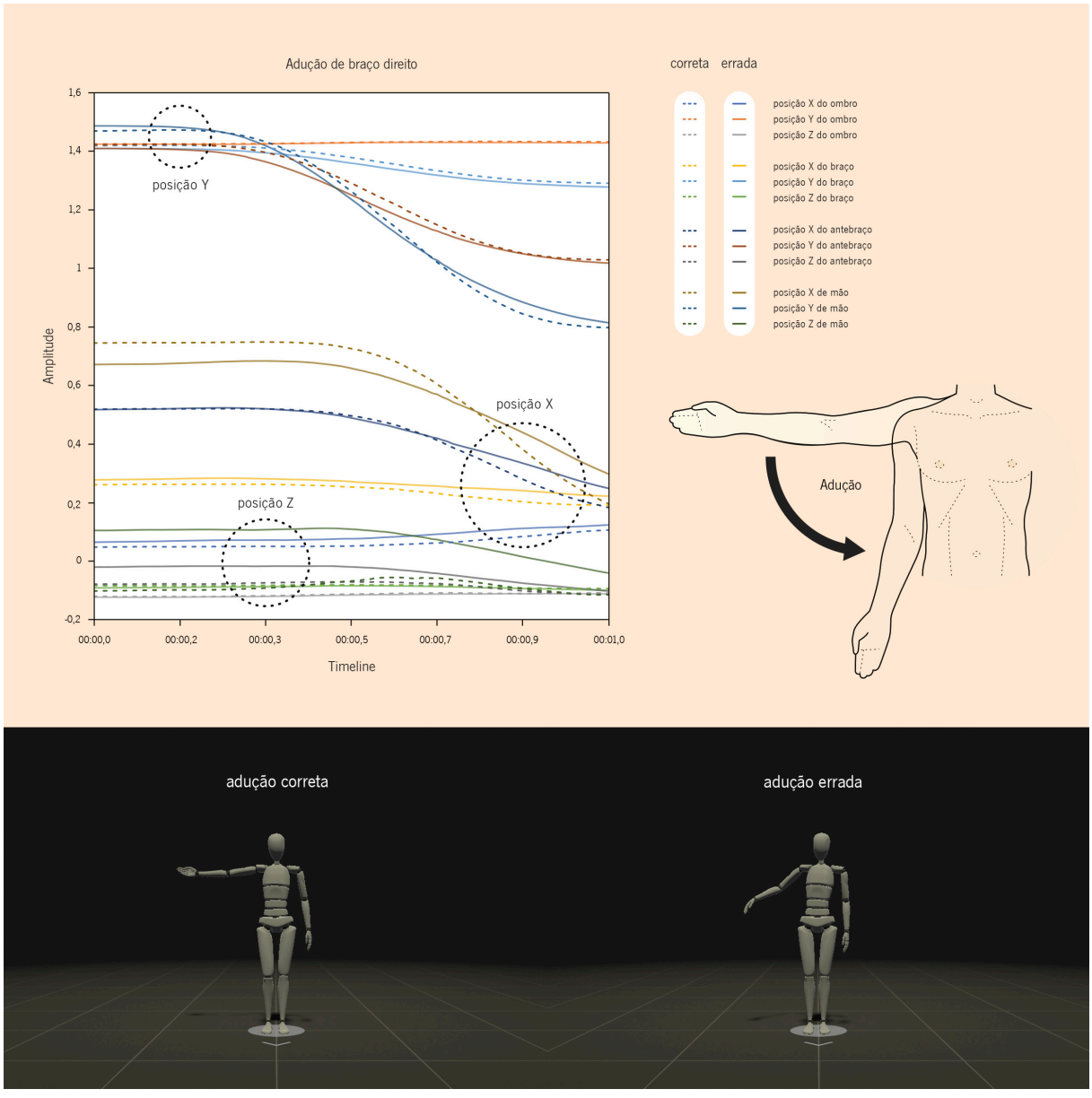


Figura 6.19. Informação adquirida de Rokoko Studio, gravação de adução de braço direito

6.6. Discussão

A possibilidade de adquirir o fato Rokoko Smartsuit Pro ™, permitiu preliminarmente contactar com a tecnologia de captura de movimentos. Porém, o desenvolvimento do protótipo do conceito apresentado está fora do âmbito deste trabalho. Além da complexidade para prototipar os vários sensores IMU, é necessário desenvolver *software* apropriado que permita a análise em tempo real dos movimentos do atleta. Este tipo de desenvolvimento requer uma estreita cooperação interdisciplinar, envolvendo elevados requisitos de processamento de sinal e programação, a que à partida um designer do produto/moda não consegue responder.

Para a modelagem e planificação do uniforme de esgrima recorreu-se à teoria de construção cinética do vestuário. Através deste método propõe-se uma orientação para o desenvolvimento de um futuro protótipo.

6.7. Considerações finais

Neste capítulo, apresentou-se um protótipo do colete interno e um novo conceito para o uniforme de esgrima. O protótipo é uma abordagem e-têxtil que, através da integração de um sensor de pressão piezoresistivo impresso em tecido de algodão flexível, possibilita identificar e rastrear o desempenho do toque da arma. Apresenta-se um desenho bidimensional, tanto para colete como para o uniforme de esgrima, pretendendo-se contribuir para a inovação de um novo sistema de pontuação e de captura de movimentos, que permita ao atleta melhorar o seu desempenho e ao treinador obter mais informação sobre o atleta.

Sensores de pressão vestíveis podem ser obtidos por meio do processo de fabricação apresentado, com potencial para um desempenho satisfatório. No entanto, os sensores inerciais não satisfazem o requisito de flexibilidade, pois estes são rígidos e as ligações também. Para ambos, não há dados sobre a lavabilidade, mas à partida esta não é possível.

Comparado com o uniforme padrão, esta abordagem poderá permitir um design mais fino e leve. Ao contrário do uso normal do colete elétrico, a integração desta solução piezoresistiva dentro do uniforme de esgrima não compromete o seu design e aparência. Permite eliminar uma camada de roupa, obtendo-se um uniforme mais ergonómico. Trabalho futuro poderá incluir a exploração de outras formas de integrar a tecnologia.

7. Validação do conceito desenvolvido através do utilizador

Com recurso a diferentes inquéritos por questionário e entrevista, neste capítulo pretende-se avaliar as tecnologias aplicadas, bem como o conceito desenvolvido. Primeiro, apresenta-se o protótipo do colete, confecionado com um sensor de pressão piezoresistivo; aqui pretende-se validar a integração de e-têxtil no uniforme de esgrima, possibilitando identificar o toque da arma no tronco do atleta, bem como medir diferentes intensidades de pressão e duração. De seguida, apresenta-se o fato Rokoko Smartsuit Pro ™ com o intuito de validar a integração de sensores inerciais no uniforme de esgrima, possibilitando gravar os movimentos tridimensionais do atleta. Por fim, com o recurso de um vídeo 360º apresenta-se o conceito desenvolvido para o uniforme e explica-se através do recurso a infografias o funcionamento do conceito e da interface de *feedback*.

Na avaliação presencial das tecnologias, participaram 4 esgrimistas do Clube de Esgrima Desportiva de Braga. Estes responderam a dois inquéritos: Inventário de motivação intrínseca (Q1); Escala de usabilidade (Q2); e a uma entrevista para apreciação das tecnologias (Q3).

Devido a impossibilidades criadas pela situação pandémica e de modo a completar a pesquisa, estendeu-se a avaliação das tecnologias para inquérito *online*. Foram contactados 6 treinadores pertencentes a diferentes Salas de Armas afiliadas. Estes responderam ao Modelo de aceitação da tecnologia (Q4),

Por último, através do envio *online* do inquérito AttrakDiff mini pela Federação Portuguesa de Esgrima foi possível avaliar a atratividade conceito proposto para o uniforme de esgrima (Q5). Foram contactadas 37 Salas de Armas filiadas e coletados 42 inquéritos, dos quais 36 participantes puderam ser validados como corretos e únicos. Todos os dados foram recolhidos de 15 de fevereiro a 23 de abril de 2021.

Os resultados destes inquéritos e entrevista serão apresentados nas próximas secções. Em síntese é possível concluir que os atletas estiveram motivados no desempenho da atividade e classificaram a integração de sensores inerciais no vestuário de esgrima com interesse, considerando a tecnologia prática e útil. A integração de sensores de pressão foi igualmente classificada com usabilidade, considerando a tecnologia prática, funcional e útil. Por sua vez, houve boa aceitação dos treinadores na integração das tecnologias no trabalho de acompanhamento dos atletas. Esta integração possibilita obter uma atividade suportada de informação passível de ser monitorada. Por fim, os atletas classificaram positivamente as qualidades pragmáticas, hedónicas e a atratividade do conceito desenvolvido.

7.1. Enquadramento

Na literatura encontra-se várias definições para o termo validação, seja o ato de validar, confirmar ou aprovar. Surge a pergunta: "Será que as tecnologias e o uniforme conceptualizado são realmente desejados pelo utilizador?". Através do processo de avaliação pretende-se responder a esta pergunta e compreender se as tecnologias selecionadas e o conceito desenvolvido se adequam aos requisitos especificados pelo utilizador.

Esta interrogação impulsiona a construção de um método que avalie as tecnologias e o conceito proposto para o uniforme de esgrima "Avantgarde" (Figura 7.1), ambicionando responder a requisitos de usabilidade, funcionamento/*feedback*, aceitação das tecnologias e atratividade do conceito.

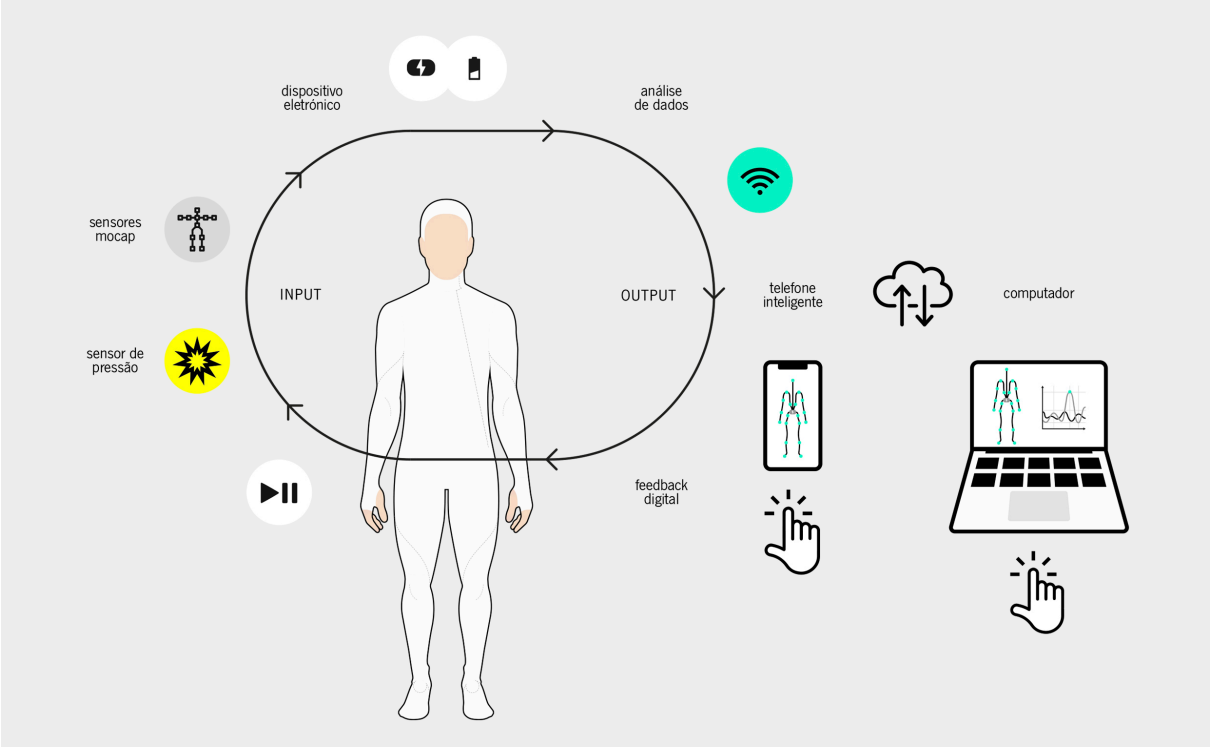


Figura 7.1. Arquitetura do conceito "Avantgarde"

O conceito conjuga dois sistemas eletrónicos que proporcionam diferentes tipos de *feedback* ao utilizador. O primeiro sistema interativo deteta o toque da arma através de sensores de pressão piezoresistivos flexíveis integrados no têxtil, fornecendo *feedback* em tempo real, medindo diferentes intensidades e durações de pressão e validando a pontuação do toque. Já o segundo sistema interativo captura os movimentos do corpo do atleta através sensores inerciais rígidos acoplados no têxtil, fornecendo *feedback* em tempo real dos movimentos tridimensionais do atleta (Figura 7.2).

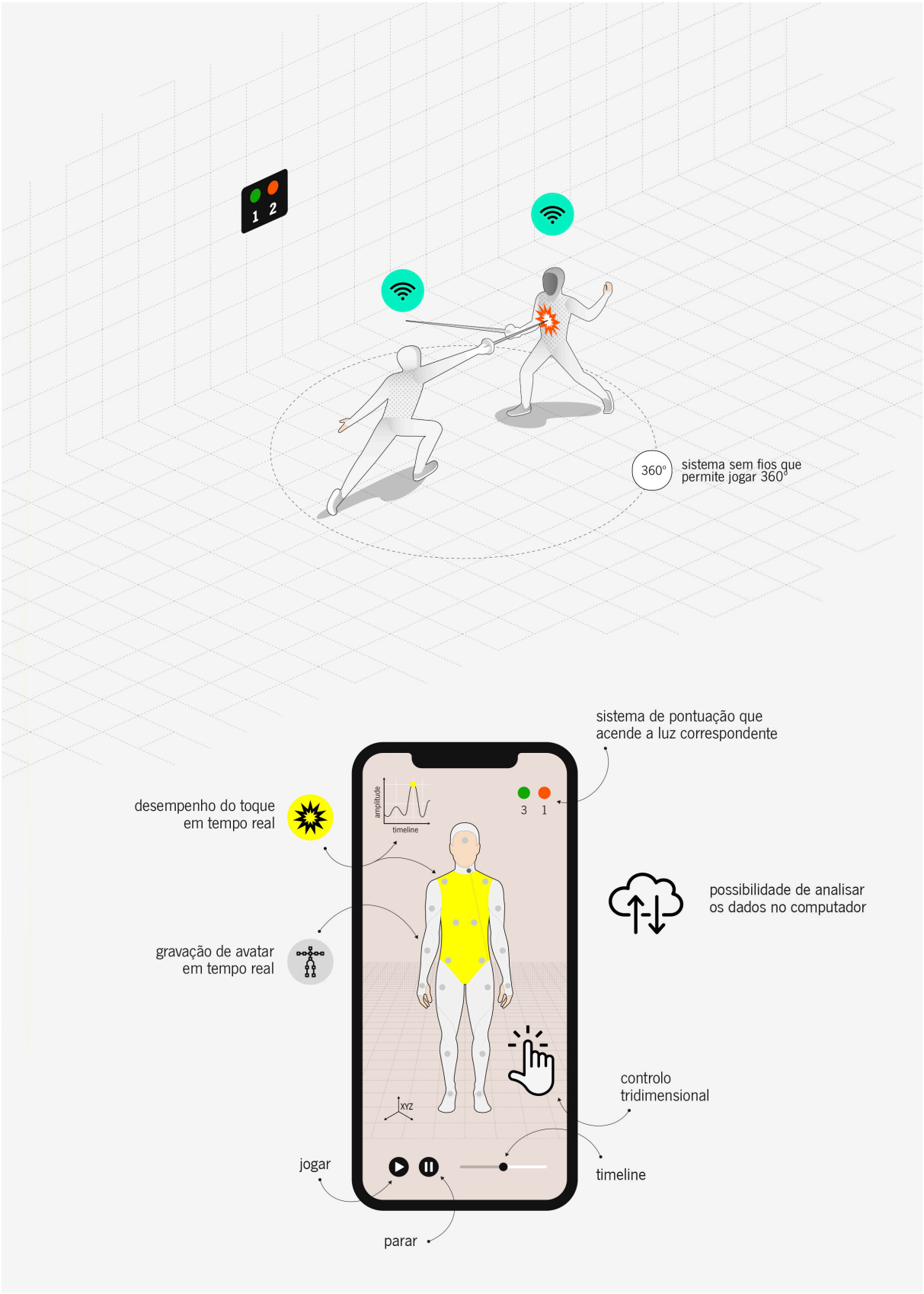


Figura 7.2. Funcionamento do hipotético *feedback*

A partir de inquérito por questionário e entrevista, pretende-se validar as características e especificações previamente estabelecidas. A avaliação das tecnologias corresponde aos questionários Q1, Q2, Q3 e Q4; já a avaliação do conceito corresponde ao questionário Q5. Deste modo, a avaliação divide-se em duas partes:

Parte 1 – Tecnologias propostas

- Q1 – Identificar a motivação do atleta em relação ao desempenho da atividade proposta;
- Q2 – Identificar a usabilidade da tecnologia de pressão de toque e de captura de movimentos;
- Q3 – Apreciar o funcionamento das tecnologias e identificar preferências no *feedback*;
- Q4 – Identificar a aceitação da tecnologia e o comportamento subsequente de uso;

Parte 2 – Conceito proposto

- Q5 – Identificar qualidades pragmáticas, hedónicas e de atratividade no conceito proposto.

7.2. Avaliação das tecnologias selecionadas para o uniforme de esgrima

A metodologia de avaliação das tecnologias (Q1, Q2, Q3 e Q4) divide-se em três partes, sendo que a primeira parte justifica e descreve a seleção dos participantes, a segunda parte discute a construção da estrutura de avaliação e a última parte relata e analisa os dados recolhidos.

7.2.1. Escolha dos participantes

De acordo com Hakim (1987), pequenas amostras podem ser usadas para desenvolver e testar explicações, particularmente em estágios iniciais. Para que a amostra seja representativa do universo anteriormente analisado, seguiu-se quatro critérios de inclusão. O último critério é validado através do inquérito por questionário QuickDASH (Beaton, Wright, & Katz, 2005; J. Dos Santos & Gonçalves, 2005).

Critérios de inclusão:

- Pertencer a um dos escalões: cadete, júnior ou sénior;
- Ter participado no estudo anterior;
- Vestir tamanho M;
- Não possuir incapacidades/sintomas que interfiram no desempenho da atividade proposta.

O questionário QuickDASH mede, através de uma escala de Likert de 5 pontos, a disfunção do braço, ombro e mão, membros importantes no equilíbrio e na performance do atleta (Anexo 4). A avaliação vaio desde 1 (mínima disfunção) e 5 (máxima disfunção). A incapacidade é calculada segundo a seguinte fórmula:

$$incapacidade/sintomas = (média\ de\ n\ respostas - 1) \times 25$$

A análise do resultado gera uma pontuação entre 0 (máxima capacidade) e 100 (máxima incapacidade). Quanto maior a pontuação maior a incapacidade do atleta. Já os intervalos para pontuações QuickDASH são: normais (0-20); leve (21-40); moderado (41-60); e grave (61-80). Neste sentido, considera-se como critério de exclusão uma pontuação acima de 20. A aplicação deste critério possibilitou a seleção de 4 atletas inscritos no Clube de Esgrima Desportiva de Braga (Tabela 21).

Tabela 21. Pontuação QuickDASH incapacidade/sintomas

QUESTÕES	ATLETA 1 PONTOS	ATLETA 2 PONTOS	ATLETA 3 PONTOS	ATLETA 4 PONTOS
1. Abrir um frasco novo ou com tampa bem fechada.	2	1	1	1
2. Realizar tarefas domésticas pesadas.	2	1	1	2
3. Carregar um saco de compras ou uma pasta.	1	1	1	2
4. Lavar as costas.	1	1	1	1
5. Usar uma faca para cortar alimentos.	2	1	1	1
6. Atividades de lazer que exijam alguma força ou provoquem algum impacto no braço, ombro ou mão.	2	1	1	2
7. Em que medida é que, na última semana, o seu problema no braço, ombro ou mão afetou as suas atividades sociais habituais com a família, os amigos, os vizinhos ou outras pessoas?	1	1	1	1
8. Em que medida é que, na última semana, o seu problema no braço, ombro ou mão o limitou no trabalho ou noutras atividades diárias?	1	1	1	1
9. Dor no braço, ombro ou mão.	1	1	1	1
10. Dormência no braço, ombro ou não.	1	1	1	1
11. Na última semana, teve dificuldade em dormir, por causa da dor no braço, ombro ou mão?	1	1	1	1
Pontuação	9.09	0	0	6.82

De seguida é realizada uma breve introdução ao funcionamento das tecnologias. Cada atleta experimenta o fato Rokoko Smartsuit Pro ™ (tamanho M) para o exercício da captura dos movimentos e o protótipo de colete (tamanho M) para o exercício da pressão de toque. Após o atleta vestir cada peça, realiza juntamente com o treinador uma atividade composta por cinco tarefas: em guarda, avançar, recuar, pular e investida (Tabela 22). Toda a atividade é orientada pelo treinador (Figura 7.3 e Figura 7.4). No exercício o *feedback* da captura dos movimentos é obtido por wireless através do recurso a um portátil, acedida em tempo real através do *software* Rokoko Studio (MacOS) e analisada no computador 1 (Figura 7.5). Já o *feedback* da pressão de toque é obtido por cabo através do recurso de um portátil e acedida em tempo real através do *software* LabVIEW (Windows) e visualizada no computador 2 (Figura 7.6).

Tabela 22. Atividade desempenhada pelos esgrimistas

TAREFAS	DEFINIÇÃO
Em guarda	Posição tomada antes do início do jogo.
Avançar	Dar um passo à frente em direção ao oponente.
Recuar	Dar um passo para trás em direção oposta ao oponente.
Pular	Saltar para frente ou para trás, aterrando com os dois pés ao mesmo tempo.
Investida	Técnica de ataque em que o atleta se lança ao oponente empurrado pela perna de trás.

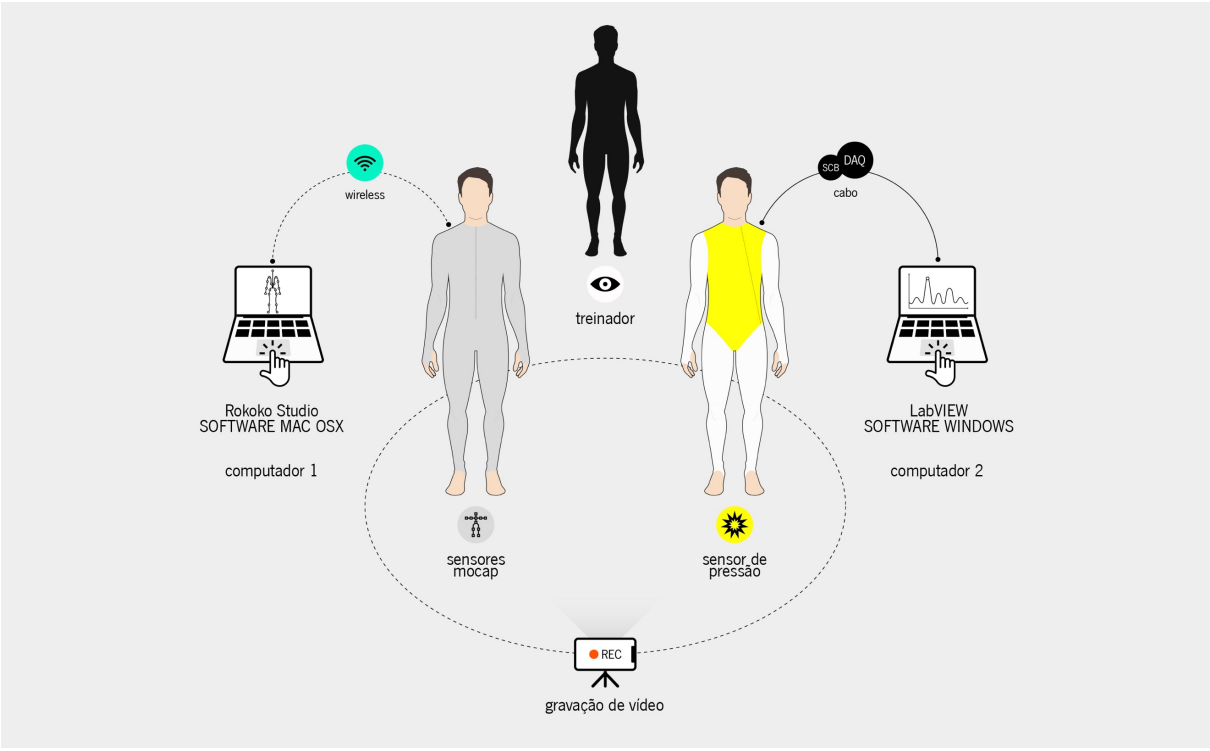


Figura 7.3. Meios utilizados no exercício da atividade



Figura 7.4. Vestuário inteligente usado no exercício da atividade



Figura 7.5. Exercício com Rokoko Smartsuit Pro ™



Figura 7.6. Exercício com colete protótipo

Para além destes 4 esgrimistas, foram contactados vários treinadores(as) pertencentes a diferentes Salas de Armas afiliadas. Estes responderam ao Modelo de aceitação da tecnologia (Q4). Deste modo, estendeu-se a avaliação das tecnologias para inquérito *online* em formato Google Forms. Juntamente com o inquérito, apresenta-se por meio de vídeo (Apêndice 5) a utilização das tecnologias que vão ser integradas no conceito de uniforme de esgrima. No total foram validados 6 participantes, sendo 33.3% treinadoras (n=2) e 66.7% treinadores (n=4) residentes em Portugal.

7.2.2. Construção da estrutura de avaliação

A estrutura de avaliação das tecnologias selecionadas é composta por três inquéritos com questionários de mensuração quantitativa e um inquérito por entrevista de mensuração qualitativa. Quando não foi possível aplicar uma versão em português do questionário, este foi traduzido e ajustado lexicalmente para se enquadrar ao contexto do uso. Antes de se aplicar a versão traduzida do questionário e de modo a descobrir possíveis problemas e falhas na tradução, uma correção envolveu a ajuda de duas investigadoras: Dra. Rosana Alexandre da área do Design e Mestre Ana Faria da área do Design de Moda. Quando as questões precisavam de ajustes as investigadoras procederam à sua correção num espaço apropriado, classificando as questões em termos de clareza e de relevância, conforme as definições teóricas (Davis, 1992). O confronto de ambas as correções, permitiu realizar alterações no questionário Q1 e Q4. Estas alterações foram fornecidas e examinadas no período de 1 de Junho a 26 de Junho de 2020. Como referido anteriormente, foi pedido aos atletas que respondessem aos questionários Q1 (Anexo 5 e Tabela 23) e Q2 (Anexo 6 e Tabela 24). Também foi pedido que respondessem à entrevista, correspondente a Q3 (Apêndice 6). Aos treinadores pediu-se que respondessem ao questionário Q4 (Anexo 7 e Tabela 26).

Avaliação presencial das tecnologias – Atletas

Q1 – Para avaliar a motivação do atleta, aplica-se o Inventário de motivação intrínseca (*Intrinsic Motivation Inventory* – IMI), desenvolvido por Ryan & Deci (2000). Este identifica quantitativamente a experiência vivenciada pelo atleta durante a atividade proposta e o impacto da tecnologia de pressão ao toque e de captura de movimentos na motivação do atleta, determinante no processo de aprendizagem. Esta aprendizagem complementada com tecnologia e-têxtil, poderá melhorar a motivação dos atletas para obter melhores desempenhos. O IMI é um extenso questionário de avaliação composto por 45 itens que constroem uma análise estruturada por sete escalas, as quais demonstraram ser fatores analiticamente coerentes e estáveis

numa variedade de tarefas, condições e ambientes. Com o objetivo de tornar a avaliação presencial menos extensa para o participante optou-se pela estrutura de 15 itens (Tabela 23) aplicada por Carbonell-Carrera & Saorín (2017), esta proporcionando uma visão global das avaliações subjetivas da motivação. Esta estrutura é construída por seis escalas: Interesse/Prazer (do 1º ao 2º item), Perceção de Competência (do 3º ao 5º item), Escolha Percebida (do 6º ao 7º item), Esforço/Importância (do 8º ao 9º item), Pressão/Tensão (do 10º ao 11º item) e, por último, Valor/Utilidade (do 12º ao 15º item). Foi solicitado aos respondentes uma opinião relativamente à questão abordada, recorrendo a uma escala Likert de 7 pontos, em que o 1 corresponde a "Discordo totalmente" e o 7 a "Concordo totalmente" (Anexo 5).

Tabela 23. Questões do inquérito – Inventário de motivação intrínseca (IMI)

ESCALAS	QUESTÕES
Interesse/Prazer	1. Gostei muito de fazer esta atividade.
	2. Descreveria esta atividade como muito interessante.
Perceção de Competência	3. Acho que sou muito bom nesta atividade.
	4. Acho que me saí muito bem nesta atividade, em comparação com outros atletas.
	5. Após trabalhar nesta atividade por um tempo, senti-me bastante competente.
Escolha Percebida	6. Fiz esta atividade porque quis.
	7. Acredito que tive alguma escolha ao fazer esta atividade.
Esforço/Importância	8. Empenhei-me bastante nesta atividade.
	9. Foi importante para mim realizar corretamente esta atividade.
Pressão/Tensão	10. Senti-me muito tenso enquanto estava a realizar a atividade.
	11. Estava ansioso enquanto realizava a atividade.
Valor/Utilidade	12. Acredito que esta atividade pode ter algum valor para mim.
	13. Acho que fazer esta atividade é útil para a prática da esgrima.
	14. Acho esta atividade importante de fazer, porque posso jogar melhor esgrima.
	15. Acho que esta é uma atividade importante.

Q2 – Através do questionário Escala de usabilidade (*System Usability Scale* – SUS) desenvolvido por Brooke (1996), avalia-se quantitativamente a usabilidade da tecnologia de pressão ao toque e de captura de movimentos. Por sua vez, a usabilidade é definida com referência a contextos particulares, não existindo medidas absolutas. Além disso, existe a necessidade de obter medidas gerais que possam ser usadas para medir e comparar num contexto. Através de uma pequena estrutura de 10 itens (Tabela 24), é possível traduzir avaliações globais de usabilidade em algo tangível, avaliando três aspetos: efetividade, eficiência e satisfação (Bangor, Staff, Kortum, Miller, & Staff, 2009). Através da versão

portuguesa (Martins, Rosa, Queirós, Silva, & Rocha, 2015), foi solicitado ao atleta que desse a sua opinião relativamente à questão abordada, recorrendo a uma escala Likert de 5 pontos, em que o 1 corresponde a "Discordo totalmente" e o 5 a "Concordo totalmente" (Anexo 6).

Tabela 24. Questões do inquérito – Escala de usabilidade (SUS)

ESCALAS	QUESTÕES
Utilizável	1. Acho que gostaria de utilizar esta tecnologia com frequência. 2. Considerei a tecnologia mais complexa do que necessário. 3. Achei a tecnologia fácil de utilizar. 5. Considerei que as várias funcionalidades desta tecnologia estavam bem integradas. 6. Achei que esta tecnologia tinha muitas inconsistências. 7. Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta tecnologia. 8. Considerei a tecnologia muito complicado de utilizar. 9. Senti-me muito confiante a utilizar esta tecnologia.
Aprendível	4. Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta tecnologia. 10. Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com esta tecnologia.

Q3 – De acordo com Coutinho (2014), a entrevista traz informações que não podem ser obtidas por meio de um questionário. A flexibilidade de uma entrevista informal permite ao entrevistado a liberdade de expressar a sua opinião sobre o assunto, fornecendo informações que tornam o conhecimento da codificação fundamental. Este é um tipo de recolha de dados que permite ao entrevistador ir mais longe. Recorrendo a entrevista, pretende-se identificar qualitativamente junto do atleta a opinião sobre o funcionamento das tecnologias demostradas, bem como a preferência em relação ao *feedback* fornecido pelo sistema. Foram realizadas quatro perguntas abertas (Apêndice 6 e Tabela 25) para receber opiniões sobre o funcionamento da tecnologia e preferência de feedback.

Tabela 25. Questões da entrevista – Funcionamento da tecnologia e preferência de feedback

QUESTÕES
Funcionamento
1. O que achou sobre o funcionamento da tecnologia de captura de movimentos? Justifique.
2. O que achou sobre o funcionamento da tecnologia de pressão do toque? Justifique.
Feedback
3. Prefere receber o feedback da captura de movimentos durante ou após a atividade? Justifique.
4. Prefere receber o feedback sobre a intensidade e duração do toque ou apenas sobre o toque? Justifique.

Avaliação online das tecnologias – Treinadores(as)

Q4 – Para avaliar a aceitação das tecnologias, aplica-se o Modelo de aceitação da tecnologia (*Technology Acceptance Model* – TAM), desenvolvido por Davis (1989). O objetivo do modelo é prever o uso futuro de um produto, em vez de avaliar a experiência de uso real. Apesar do TAM ser um questionário de avaliação composto por 24 itens, possibilita ser reestruturado com 12 itens (Tabela 26). De acordo com Lewis (2019), as principais escalas que afetam a intenção de uso de uma tecnologia são a sua Utilidade Percebida e Facilidade de Uso Percebida.

As duas escalas foram implementadas com 6 itens cada, sendo que maioria destes itens referencia um contexto de trabalho. Segundo Gupta, Singh, & Bhaskar (2016), a primeira escala, representa o grau com o qual o treinador acredita que o uso da tecnologia melhoraria o seu desempenho no trabalho. Já a segunda escala, define o grau com o qual o treinador acredita que o uso da tecnologia seria realizado sem esforço. Ao treinador(a) foi solicitado que desse a sua opinião relativamente à questão abordada, recorrendo a uma escala de Likert de sete pontos, em que o 1 corresponde a "Discordo totalmente" e o 7 a "Concordo totalmente" (Anexo 7).

Tabela 26. Questões do inquérito – Modelo de aceitação da tecnologia (TAM)

ESCALAS	QUESTÕES
Utilidade Percebida	1. Utilizar estas tecnologias no meu trabalho permitiria realizar tarefas mais rapidamente.
	2. Utilizar estas tecnologias melhoraria meu desempenho no trabalho.
	3. Utilizar estas tecnologias no meu trabalho aumentaria minha produtividade.
	4. Utilizar estas tecnologias aumentaria minha eficácia no trabalho.
	5. Utilizar estas tecnologias tornaria mais fácil realizar o meu trabalho.
	6. Consideraria estas tecnologias úteis no meu trabalho.
Facilidade de Uso Percebida	7. Aprender a operar estas tecnologias seria fácil para mim.
	8. Acho fácil fazer com que estas tecnologias façam o que eu quero.
	9. Minha interação com estas tecnologias seria clara e compreensível.
	10. Acho que estas tecnologias são flexíveis para interagir.
	11. Seria fácil para mim tornar-me hábil no uso destas tecnologias
	12. Consideraria estas tecnologias fáceis de usar.

7.2.3. Descrição e análise dos dados recolhidos

Avaliação presencial das tecnologias – Atletas

Q1 – A aplicação do questionário de motivação (IMI), tem como objetivo a recolha de dados quantitativos. É feito o cálculo das pontuações médias das escalas, analisa-se a média *(M)*, o desvio padrão *(SD)*, a mediana *(MDN)* e o intervalo interquartil *(IQR)*. Posteriormente apresenta-se um gráfico tipo *boxplot* com mediana e intervalo interquartil criado através do *software* SPSS (versão 25).

Q2 – A avaliação presencial das tecnologias é realizada por meio da aplicação do questionário de usabilidade (SUS). Para calcular a pontuação do SUS, primeiro soma-se as contribuições da pontuação de cada item. A pontuação de cada item variará de 0 a 4. Para os itens ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), a pontuação é a posição da escala menos 1 (Pontuação = x – 1). Para os itens pares (2, 4, 6, 8 e 10), a pontuação é 5 menos a posição da escala (Pontuação = 5 – x). Este método de cálculo permite inverter os elementos que são opostos, de forma que possam ser comparados.

Por fim, multiplica-se a soma das pontuações (10 itens) por 2.5 para obter o valor geral de SUS. Uma pontuação SUS ≥ 68 é considerada acima da média (Sauro, 2011).

Segundo Lewis & Sauro (2009), SUS é dividido em duas escalas: Utilizável (8 itens –1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9) e Aprendível (2 itens – especificamente, itens 4 e 10). Com o objetivo de complementar os dados recolhidos no cálculo da pontuação do SUS, segue-se o cálculo das pontuações médias das escalas, analisa-se a média *(M)*, o desvio padrão *(SD)*, a mediana *(MDN)* e o intervalo interquartil *(IQR)*. Para este novo cálculo é necessária mais uma vez, à semelhança do que foi apresentado anteriormente, a inversão das questões pares (2, 4, 6, 8 10), para deste modo se harmonizarem as respostas opostas. A inversão é conseguida seguindo a seguinte correspondência (5→1; 4→2; 3→3; 2→4; 1→5). Posteriormente apresenta-se um gráfico *boxplot* com mediana e intervalo interquartil criado a partir do *software* SPSS.

Q3 – Após a transcrição da gravação da entrevista, é realizada uma análise do material. Devido ao número baixo de participantes (n=4), o processo de codificação e análise temática foi realizado manualmente. Foram necessárias algumas iterações de recodificação para destacar e focar nos aspetos do material adquirido, a fim de gerar temas e alcançar significado. Para entender a experiência do utilizador com a tecnologia, os tópicos mais frequentes e relevantes foram identificados com uma cor

específica. Uma etiqueta foi atribuída a cada um desses tópicos, tentando reunir o mesmo tópico em um único código, quando os respondentes abordavam o mesmo assunto, mas usavam palavras diferentes.

Avaliação online das tecnologias – Treinadores(as)

Q4 – Com a aplicação do questionário de aceitação da tecnologia (TAM), quantifica-se a utilidade e facilidade de uso da tecnologia. Esta recolha de dados quantitativos, segue o cálculo das pontuações médias das subescalas, analisando a média *(M)*, o desvio padrão *(SD)*, a mediana *(MDN)* e o intervalo interquartil *(IQR)*. Posteriormente apresenta-se um gráfico *boxplot* com mediana e intervalo interquartil criado através do *software* SPSS. Foi considerado o valor 4 como pontuação neutra. Pontuações em torno da pontuação neutra são valor moderado, pontuações maiores que neutras são positivas e menores que neutras são negativas.

7.3. Avaliação do conceito para o uniforme de esgrima

A metodologia de avaliação do conceito proposto (Q5), divide-se em três partes, sendo que a primeira parte justifica e descreve a seleção dos participantes, a segunda parte discute a estrutura de avaliação e a última parte relata e analisa os dados recolhidos.

7.3.1. Questionário AttrakDiff mini

O AttrakDiff mini é um pequeno questionário de avaliação (10 itens) que analisa a qualidade pragmática percebida, a qualidade hedónica e a atratividade de um produto interativo. Os atributos são avaliados utilizado o método de diferencial semântico bipolar através de uma escala de 7 pontos Likert que representam opostos (negativo/positivo). O valor do meio é 0, o valor mais à esquerda -3 e o valor mais à direita +3. Através da aplicação da versão compacta (Hassenzahl, Burmester, & Koller, 2008; Hassenzahl & Monk, 2010), pretende se confirmar se a atratividade do conceito é positiva.

Com origem na versão AttrakDiff de 28 itens (Hassenzahl, 2003; Hassenzahl, 2004) e originalmente desenvolvido em alemão, o questionário AttrakDiff foi já objeto de traduções para vários idiomas. Porém, não foi possível encontrar na literatura uma tradução rigorosa do AttrakDiff mini para português. Os recursos usados para uma tradução foram adaptados a partir da versão AttrakDiff 2 de 21 itens (Hassenzahl, Burmester, & Koller, 2003) traduzida por Carneiro (2018), como se observa na Tabela 27.

Tabela 27. Traduções para os 10 itens do AttrakDiff mini

ATTRAKDIFF MINI	VERSÃO EM INGLÊS	TRADUÇÃO PARA PORTUGUÊS
(QP) Qualidade Pragmática	Impractical – Practical	Não é possível usar – Possível usar
	Unpredictable – Predictable	Imprevisível – Previsível
	Confusing – Clearly structured	Confuso – Bem estruturado
	Complicated – Simple	Complicado – Simples
(QH-I) Qualidade Hedónica-Identidade	Tacky – Stylish	Vulgar – Elegante
	Cheap – Premium	De baixa qualidade – De primeira qualidade
(QH-E) Qualidade Hedónica-Estímulo	Unimaginative – Creative	Sem imaginação — Criativo
	Dull – Captivating	Aborrecido – Cativante
(AT) Atratividade	Ugly – Attractive	Feio – Bonito
	Bad – Good	Mau – Bom

7.3.2. Seleção dos participantes

Através do apoio da Federação Portuguesa de Esgrima foi partilhado um inquérito *online* em formato Google Forms com as 37 Salas de Armas filiadas. Após uma apresentação do conceito para o uniforme de esgrima através de infografias e vídeo 360º (Apêndice 7), foi solicitado aos participantes que respondessem ao questionário AttrakDiff mini.

Inicialmente, foram coletados 42 questionários, dos quais 36 puderam ser validados como corretos e únicos. Os 36 participantes válidos (Figura 7.7), são 54.1% homens (n= 20) e 45.9% mulheres (n=16) residentes em Portugal. Dos cinco escalões etários (Figura 7.8), os iniciados correspondem a 16.7% (n=6) dos participantes no estudo, cadetes a 8.3% (n=3), juniores a 22.2% (n=8), seniores a 36.1% (n=13) e veteranos a 16.7% (n=6).

De acordo com a FPE, os atletas inscritos na Federação em 2020, são: 123 iniciados, 117 cadetes, 72 juniores, 108 seniores e 56 veteranos, num total de 476 atletas. As 36 amostras correspondem a uma margem de erro de 15% a um nível de confiança de 95%. O questionário *online* compreendeu cerca de 75% das respostas na idade mais velha e mais experiente (ou seja, juniores, seniores, veteranos).

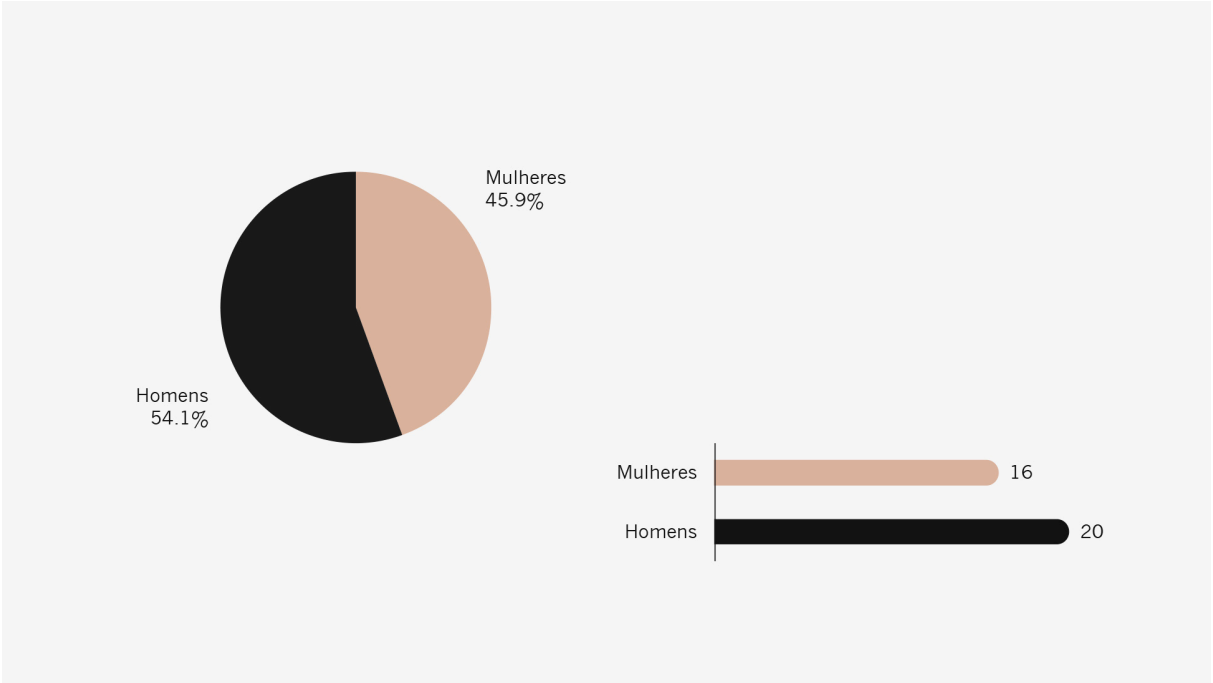


Figura 7.7. Género dos participantes

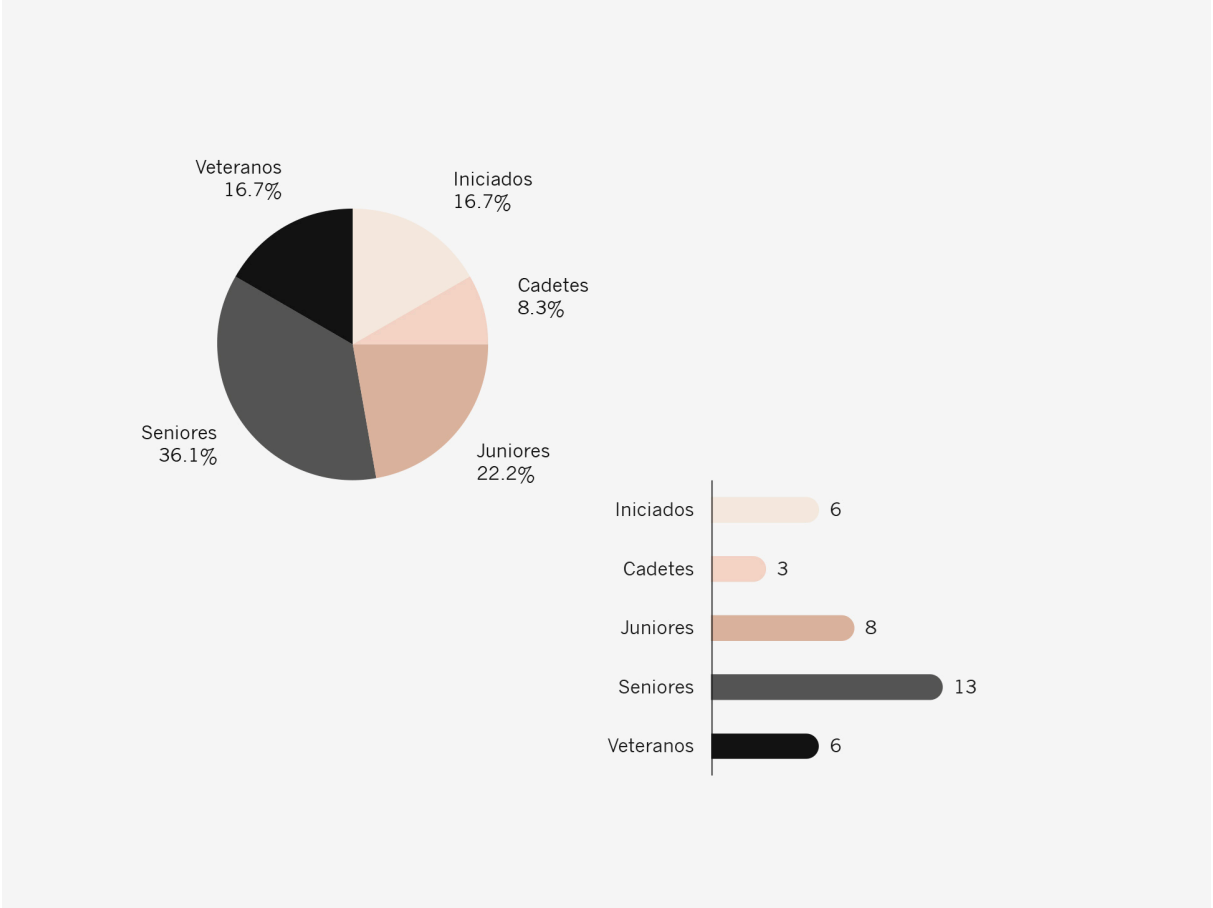


Figura 7.8. Escalões etários dos participantes

7.3.3. Estrutura de avaliação

Para além de respeitar a estrutura do questionário AttrakDiff mini (Anexo 8), este encontra-se dividida em quatro escalas: Qualidade Pragmática (QP) – do 1º ao 4º item – descreve a usabilidade do produto e índica o nível percebido de facilidade do utilizador em atingir os seus objetivos; Qualidade Hedónica-Identidade (QH-I) – do 5º ao 6º item – índica até que ponto o produto apoia uma função social e comunica uma certa identidade do utilizador; Qualidade Hedónica-Estimulo (QH-E) – do 7º ao 8º item – índica como o produto apoia a necessidade de estimulação, fornecendo conteúdos novos, interessantes e estimulantes, características e estilos de interação; por último, Atratividade (AT) – do 9º ao 10º item – descreve o valor total percebido do produto com base nas qualidades pragmáticas e hedónicas.

7.3.4. Descrição e análise dos dados recolhidos

Na primeira parte da análise, o objetivo foi recolher dados quantitativos e posteriormente analisá-los com auxílio de gráficos. A análise também foi realizada segundo o método AttrakDiff por meio da descrição de pares de palavras (Ribeiro & Providência, 2021), complementada com *boxplots* com mediana e intervalo interquartil. Na segunda parte, todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* SPSS.

7.4. Resultados

7.4.1. Avaliação das tecnologias selecionadas

Resultado da avaliação presencial das tecnologias – Atletas

Q1 – Antes de dar início à análise preliminar dos resultados do questionário de motivação intrínseca (IMI), todos os itens tiveram que ser transferidos para seis escalas: Interesse/Prazer, Perceção de Competência, Escolha Percebida, Esforço/Importância, Pressão/Tensão e, por último, Valor/Utilidade. O objetivo desta análise é determinar a confiabilidade das respostas de cada escala.

A confiabilidade das seis escalas, foi avaliada pelo coeficiente de α de Cronbach (Gliem & Gliem, 2003). Valores de $\alpha \geq 0.70$ são suficientes para garantir a confiabilidade (Landis & Koch, 1977). Aqui três escalas apresentam alta consistência interna, com $\alpha > 0.70$. Na escala Perceção de Competência

a consistência interna é de $\alpha = 0.95$, na escala Pressão/Tensão a consistência interna é de $\alpha = 0.94$ e na escala Valor/Utilidade a consistência interna é de $\alpha = 0.98$.

Duas escalas apresentam variância zero, por outras palavras, não há variância, o coeficiente α de Cronbach que se baseia na matriz de covariância e consequentemente a consistência interna da escala Interesse/Prazer (com 2 itens) e da escala Escolha Percebida (com 2 itens) não podem ser calculados. Isto significa que, apesar das respostas serem positivas, os participantes responderam ao item 1, 2 e 6 com a mesma resposta numérica Likert (7). Não há variabilidade nestes três itens, sendo o desvio padrão zero, a solução seria aumentar o tamanho da amostra e esperar algumas respostas diferentes. Contudo, mais nenhum atleta da Sala de Armas inquirida se enquadra nos critérios de inclusão.

Por último, na escala Esforço/Importância o coeficiente alfa de Cronbach (α) é negativo. Através desta informação foi possível constatar que um dos participantes deu uma resposta contraditória num dos itens da escala. Um coeficiente de α de Cronbach negativo indica um erro de entrada e a necessidade de recodificar o item na direção oposta (Tabela 28).

Tabela 28. Resumo do coeficiente de alfa

ESCALAS (IMI)	NÚMERO DE ITENS	COEFICIENTE DE ALFA
Interesse/Prazer	2	zero variância
Perceção de Competência	3	.95
Escolha Percebida	2	zero variância
Esforço/Importância	2	valor negativo
Pressão/Tensão	2	.94
Valor/Utilidade	4	.98

Para uma primeira análise dos resultados foram observadas as pontuações médias de escala, bem como, a média *(M)*, desvio-padrão *(SD)*, mediana *(MDN)* e intervalo interquartil *(IQR)*, para cada subescala (Tabela 29). Foi considerado o valor mediano de cada escala como pontuação neutra. Pontuações em torno da pontuação neutra são valor moderado, pontuações maiores que neutras são positivas e menores que neutras são negativas.

Tabela 29. Estatísticas descritivas para todos os itens da motivação intrínseca

ESCALAS (IMI)	ITENS	*M*	*SD*	*MDN*	*IQR*
Interesse/Prazer	1º	7.00	0.00	7.00	0.00
	2º	7.00	0.00	7.00	0.00
		7.00	0.00	7.00	0.00
Perceção de Competência	3º	5.50	1.29	5.50	3.00
	4º	4.50	1.00	4.00	2.00
	5º	5.25	1.26	5.00	2.00
		5.08	1.13	4.83	2.08
Escolha Percebida	6º	7.00	0.00	7.00	0.00
	7º	6.75	0.50	7.00	1.00
		6.87	0.25	7.00	0.38
Esforço/Importância	8º	5.25	2.21	6.00	4.00
	9º	6.25	0.96	6.50	2.00
		5.75	1.04	5.75	2.00
Pressão/Tensão	10º	2.00	1.41	1.50	3.00
	11º	2.50	1.00	2.00	2.00
		2.25	1.19	1.75	2.00
Valor/Utilidade	12º	6.00	0.82	6.00	2.00
	13º	6.25	0.96	6.50	2.00
	14º	6.25	0.96	6.50	2.00
	15º	6.25	0.96	6.50	2.00
		6.19	0.90	6.38	1.69

Os resultados na escala Interesse/Prazer, indicam que os atletas avaliam positivamente (*MDN* = 7.00, *IQR* = 0.00), os atletas consideram a atividade interessante e divertida. Esta escala é considerada a medida de autorrelato da motivação intrínseca, embora o questionário geral seja denominado Inventário de motivação intrínseca. Esta é a única escala que avalia a motivação intrínseca por si só. Na escala Perceção de Competências, os resultados indicam que os participantes avaliam positivamente (*MDN* = 4.83, *IQR* = 2.08) e na escala Escolha Percebida, voltam a avaliar positivamente (*MDN* = 7.00, *IQR* = 0.38). Estas duas escalas são consideradas como preditores de autorrelato e medidas comportamentais de motivação intrínseca. Os participantes acreditam que a atividade apoiada com tecnologia os ajudou a aumentar seu interesse pelas tarefas. Na escala Esforço/Importância, os participantes também avaliam positivamente (*MDN* = 5.75, *IQR* = 2.00). Esta escala mede o grau de envolvimento e esforço que os

atletas dedicam à sua participação na atividade, uma vez que são questionados sobre o quanto tentaram fazê-la e quão importante consideram ser. Ou seja, essa medida avalia o quão difícil a atividade é para o participante. Na escala Pressão/Tensão, voltam a avaliar positivamente a atividade (*MDN* = 1.75, *IQR* = 2.00). Aqui é medido o nível de ansiedade experimentada pelo atleta durante a atividade. Um valor alto nesta variável indica que a atividade pode ser não motivadora. A pontuação baixa indica que o utilizador não sentiu pressão ao participar na atividade. Os participantes consideram que a atividade não causou ansiedade ou tensão durante a sua realização. A tecnologia empregada não causou tensão ou ansiedade no participante durante o desenvolvimento da atividade. Por último, na escala Valor/Utilidade, os participantes avaliam positivamente (*MDN* = 6.38, *IQR* = 1.69). Esta escala mede como os atletas interiorizam e se tornam autorreguladores em relação às atividades que experimentam como úteis ou valiosas para si mesmos. Os atletas consideram a atividade com tecnologia útil para o treino e o jogo de esgrima, ajudando a aprimorar o seu desempenho. Por fim, comparando cada escala, observa-se que a maior pontuação se obtém na escala Interesse/Prazer e a menor em Perceção de Competência. Ambos os resultados são satisfatórios, pois ambos estão acima de 4 numa escala de 7. Através de uma representação gráfica em *boxplots* (Figura 7.9) de um conjunto de dados, é possível avaliar rapidamente a dispersão dos mesmos, destacando os valores discrepantes.

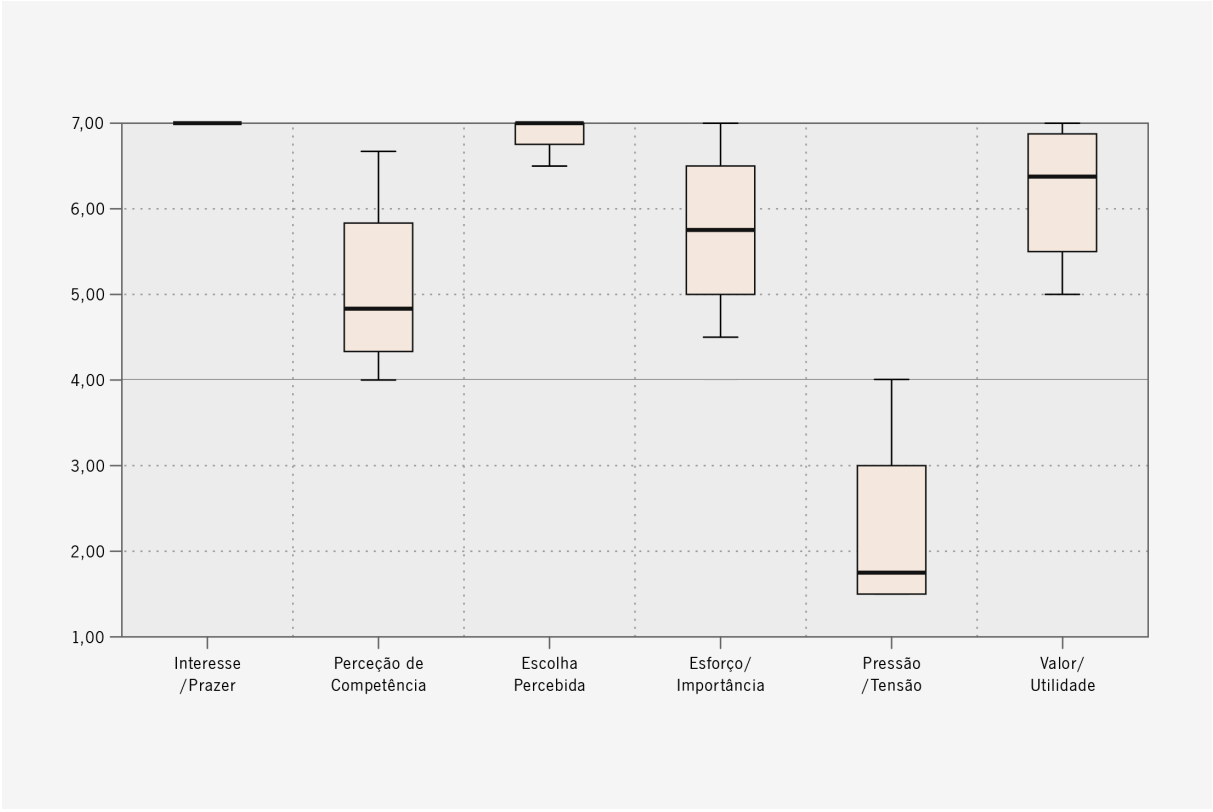


Figura 7.9. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (IMI)

Q2 – Desde a sua introdução o questionário para a avaliação da usabilidade (SUS) foi considerado unidimensional (10 itens). Inicialmente a análise foi elaborada de acordo com o método de interpretação. As pontuações para cada pergunta são calculadas de acordo com o método, somadas e então multiplicadas por 2.5. A melhor forma de interpretar os resultados finais envolve a normalização da pontuação que produz uma classificação média (Tabela 30 e Tabela 31).

Tabela 30. Pontuação pelo método SUS para a captura dos movimentos

ATLETAS	SOMA DE ITENS ÍMPARES (x – 1) *	SOMA DE ITENS PARES (5 – x) *	PONTUAÇÃO SOMADA	PONTUAÇÃO MULTIPLICADA
Esgrimista 1	14	13	27	67.5
Esgrimista 2	17	11	28	70
Esgrimista 3	14	14	28	70
Esgrimista 4	14	10	24	60
Classificação média				66.9

* x = posição da escala

Tabela 31. Pontuação pelo método SUS para a pressão de toque

ATLETAS	SOMA DE ITENS ÍMPARES (x – 1) *	SOMA DE ITENS PARES (5 – x) *	PONTUAÇÃO SOMADA	PONTUAÇÃO MULTIPLICADA
Esgrimista 1	11	11	22	55
Esgrimista 2	17	13	30	75
Esgrimista 3	20	20	40	100
Esgrimista 4	18	13	31	78
Classificação média				77

* x = posição da escala

Com base na normalização, a avaliação da usabilidade da tecnologia para a captura dos movimentos obteve uma pontuação de 66.9, sendo considerada ligeiramente abaixo do valor de referência (< 68), indicando possíveis problemas relativos à usabilidade. Observa-se ao longo da experiência várias dificuldades em vestir o equipamento, contudo o utilizador não considerou o sistema difícil de utilizar.

Quanto à avaliação da usabilidade da tecnologia para a pressão de toque obteve uma pontuação de 77, sendo considerada acima do valor de referência (> 68). O utilizador considera a tecnologia um avanço positivo. Não se observam problemas de vestibilidade, o que pode ter beneficiado o resultado.

Antes de iniciar a análise preliminar dos resultados do questionário (Anexo 6) aproveita-se para extrair informações adicionais. No questionário sobre a usabilidade da tecnologia de captura de movimentos, apesar das respostas positivas, todos os participantes responderam ao item 4 e 7 com a mesma resposta numérica Likert (4), não havendo variabilidade nestes itens. Como não há variância, o coeficiente Alfa de Cronbach (Tabela 32) e consequentemente a consistência interna da escada Utilizável (com 8 itens) e da escala Aprendível (com 2 itens) não podem ser calculados. No questionário sobre a usabilidade da tecnologia de pressão do toque, verifica-se boa consistência interna na escala Utilizável com coeficiente de α = 0.95. A escala Aprendível apresenta uma consistência interna aceitável com coeficiente de α = 0.64, mas < 0.70 (Tabela 33).

Tabela 32. Resumo do coeficiente de alfa, captura de movimentos

ESCALAS (SUS)	NÚMERO DE ITENS	COEFICIENTE DE ALFA
Utilizável	8	zero variância
Aprendível	2	zero variância

Tabela 33. Resumo do coeficiente de alfa, tecnologia de pressão do toque

ESCALAS (SUS)	NÚMERO DE ITENS	COEFICIENTE DE ALFA
Utilizável	8	0.95
Aprendível	2	0.64

Na captura dos movimentos as respostas obtidas foram positivas na escala Utilizável (*MDN* = 3.88, *IQR* = 0.28) e ligeiramente positivas na escala Aprendível (*MDN* = 3.00, *IQR* = 0.75), como se observa na Tabela 34. Na pressão do toque as respostas foram igualmente positivas na escala Utilizável (*MDN* = 4.25, *IQR* = 1.38) e novamente ligeiramente positivas na escala Aprendível (*MDN* = 3.25, *IQR* = 2.00), como se observa na Tabela 35. Este resultado é particularmente encorajador considerando a natureza da pesquisa.

Tabela 34. Estatísticas descritivas para todos os itens da usabilidade da captura dos movimentos (pontuações calculadas conforme descrito na pág. 150, pontuação de respostas pares invertidas)

ESCALAS (SUS)	ITENS	*M*	*SD*	*MDN*	*IQR*
Utilizável	1°	4.50	0.58	4.50	1.00
	2°	3.50	1.29	3.50	3.00
	3°	2.75	0.50	3.00	1.00
	5°	4.50	0.58	4.50	1.00
	6°	3.75	0.50	4.00	1.00
	7°	4.00	0.00	4.00	0.00
	8°	3.75	0.50	4.00	1.00
	9°	4.00	0.82	4.00	2.00
		3.84	0.16	3.88	0.28
Aprendível	4°	2.00	0.00	2.00	0.00
	10°	4.00	0.82	4.00	2.00
		3.00	0.41	3.00	0.75

Tabela 35. Estatísticas descritivas para todos os itens da usabilidade da pressão de toque (pontuações calculadas conforme descrito na pág. 150, pontuação de respostas pares invertidas)

ESCALAS (SUS)	ITENS	*M*	*SD*	*MDN*	*IQR*
Utilizável	1°	4.75	0.50	5.00	1.00
	2°	3.75	0.96	3.50	2.00
	3°	3.50	1.29	3.50	3.00
	5°	4.75	0.50	5.00	1.00
	6°	4.25	0.50	4.00	1.00
	7°	4.25	0.96	4.50	2.00
	8°	4.25	0.96	4.50	2.00
	9°	4.25	0.96	4.50	2.00
		4.19	0.73	4.25	1.38
Aprendível	4°	2.75	1.71	2.50	3.00
	10°	4.25	0.50	4.00	1.00
		3.50	1.08	3.25	2.00

Tanto na captura dos movimentos, como na pressão do toque a 1º e 5º questão foram classificadas nos questionários com as pontuações mais altas (*MDN* = 4.50, *IQR* = 1.00) e (*MDN* = 5.00, *IQR* = 1.00), o que indica que os atletas gostariam de usar as duas tecnologias com mais frequência e consideraram que as várias funcionalidades das tecnologias estão bem integradas. Após inverter as pontuações das respostas pares, a 4º questão foi classificada em ambos os questionários com a pontuação mais baixa (*MDN* = 2.00, *IQR* = 0.00) e (*MDN* = 2.50, *IQR* = 3.00), indicando a necessidade de um técnico para conseguir trabalhar com a tecnologia. Por outro lado, foi possível compreender que os atletas na 2º questão não consideram as tecnologias mais complexas que o necessário (*MDN* = 3.50, *IQR* = 3.00) e (*MDN* = 3.50, *IQR* = 2.00). Já na 3º questão acabam por expressar uma opinião neutra (*MDN* = 3.00, *IQR* = 1.00) e (*MDN* = 3.50, *IQR* = 3.00), não achando as tecnologias, nem fáceis nem difíceis de utilizar. Da 6º à 10º questão as pontuações foram consistentes, com uma mediana nunca inferior a 4.00, o que indica uma confiança na utilização das tecnologias, não achando as tecnologias complicadas de usar e prossupondo que a maioria dos atletas apreenderia a utilizar rapidamente as tecnologias. Através de uma representação gráfica *boxplots* (Figura 7.10) de um conjunto de dados, é possível avaliar rapidamente a dispersão dos mesmos, destacando os valores discrepantes.

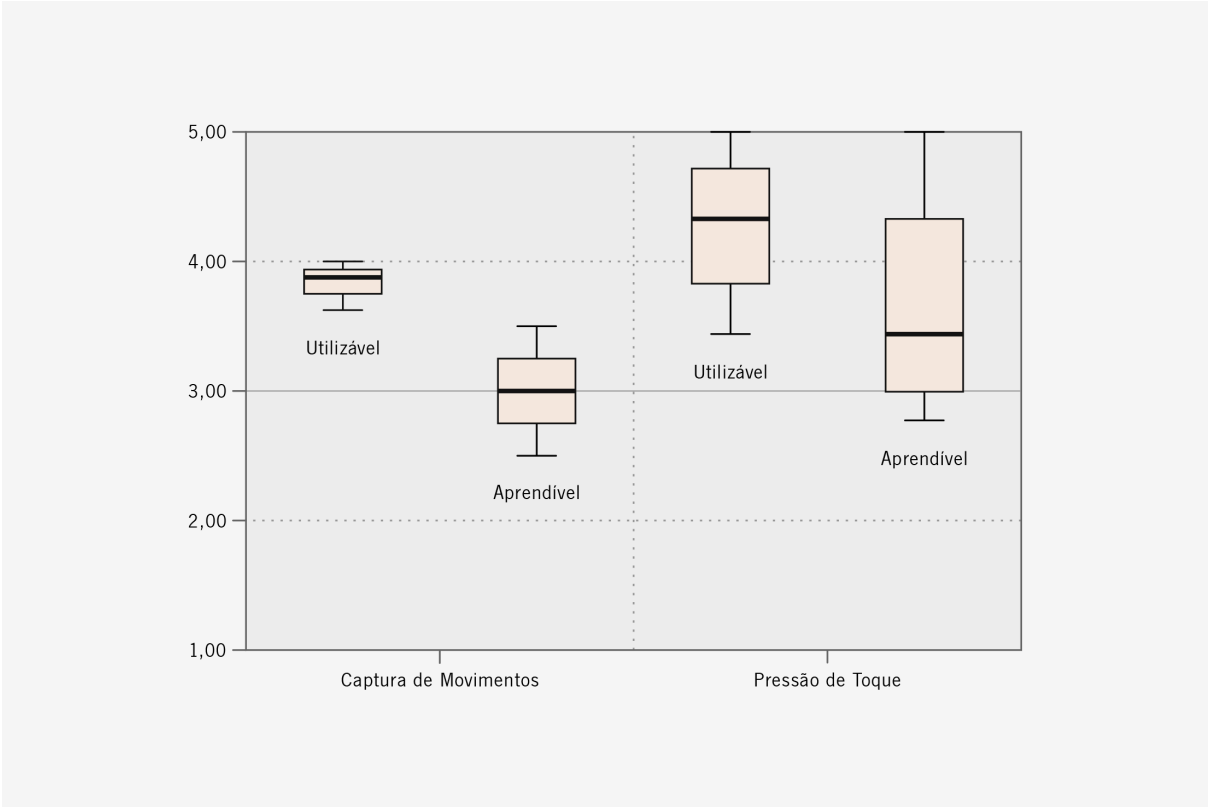


Figura 7.10. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (SUS)

Q3 – As questões analisadas através da entrevista propõem apreciar o funcionamento das distintas tecnologias e identificar preferências no *feedback* fornecidos pelos sistemas.

Após a transcrição do áudio obtido das entrevistas (Apêndice 8), a análise e interpretação das transcrições foi realizada por meio de um processo de codificação ordenada e conclusiva, onde todos os fragmentos importantes do texto foram comparados entre si e reunidos em temas coerentes, constantes e diferenciados. Foram necessárias algumas iterações de recodificação para destacar e focar aspetos do material adquirido, a fim de gerar temas e alcançar significado.

No processo de codificação e análise temática, considerou-se útil codificar as transcrições linha a linha, conforme aplicado no método da Grounded Theory (Fernandes & Maia, 2001). Os tópicos positivos e negativos mais frequentes e relevantes foram extraídos das respostas e identificados com uma cor específica. Uma etiqueta foi atribuída a cada um desses tópicos, usando o texto real extraído das respostas, tentando reunir o mesmo tópico em um único código, quando os respondentes abordavam o mesmo assunto, mas usavam palavras diferentes.

No primeiro grupo de questões pretende-se perceber as opiniões sobre o funcionamento do sistema. Neste sentido são colocadas as seguintes questões: (1 – "O que achou sobre o funcionamento da tecnologia de captura de movimentos? Justifique.", 2 – "O que achou sobre o funcionamento da tecnologia de pressão do toque? Justifique."). Em ambas as questões os resultados demostraram ser positivos, os atletas acharam útil, prático e interessante a captura de movimentos e a pressão de toque. Esta é uma apreciação alta em relação ao funcionamento, o que sugere que os participantes acham que as tecnologias são uma adição credível.

Por sua vez, o segundo grupo de questões recai sobre o *feedback*. Aqui são colocadas as seguintes questões: (3 – "Prefere receber o *feedback* da captura de movimentos durante ou após a atividade? Justifique.", 4 – "Prefere receber o *feedback* sobre a intensidade e duração do toque ou apenas sobre o toque? Justifique."). Os resultados demostram que unanimemente os atletas preferem receber o *feedback* da captura de movimentos após a atividade. Maioritariamente estes atletas preferem receber mais informação para além do toque. A Figura 7.11 e as Tabela 36 e Tabela 37 apresentam a representação das informações resultantes.

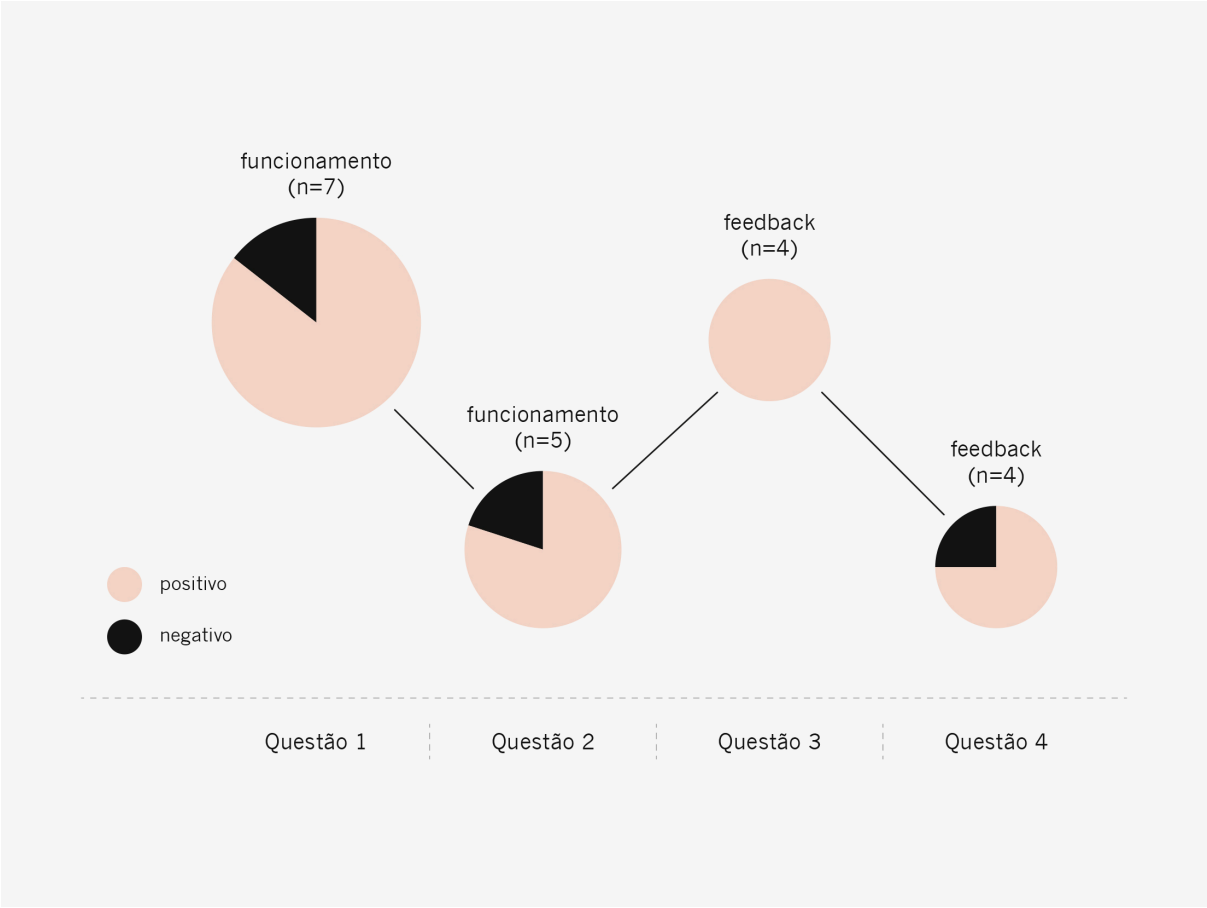


Figura 7.11. Ocorrência de cada código, examinadas pelo tamanho de sua representação

Tabela 36. Atribuição de momentos significativos em códigos

QUESTÃO	CÓDIGOS	ATRIBUIÇÃO	PALAVRAS EXTRAÍDAS DAS ENTREVISTAS
1	Funcionamento (n=7)	Positivo (n=6)	Prático, interessante, útil (2 vezes), fácil (2 vezes)
		Negativo (n=1)	Menos prático
2	Funcionamento (n=5)	Positivo (n=4)	Prático, funcional, útil (2 vezes)
		Negativo (n=1)	Difícil
3	*Feedback* (n=4)	Positivo (n=4)	Após a atividade
		Negativo (n=0)	n/a
4	*Feedback* (n=4)	Positivo (n=3)	Mais Informação
		Negativo (n=1)	Apenas toque

Tabela 37. Ordens de códigos de justificativa e trechos de entrevistas selecionados

QUESTÃO	CÓDIGOS	POSITIVO	NEGATIVO
1º	Funcionamento	"Sinto que pode ser fácil (...) tirar proveito da informação que podemos ter através dessa análise."	"(...) o grau de ajuda que providência compensa o facto de ser menos prático."
		"(...) ajuda-nos a entender a forma como nos deslocamos, como coordenarmos os movimentos e se temos ou não de corrigir alguns fatores (...)"	
2º	Funcionamento	"(...) substituição das armas em si, pararmos de usar armas eletrificadas, (...), apenas com base no tecido da pressão do toque."	"(...) talvez não faça tanta falta a tecnologia indicar a intensidade e a duração, mas acho que é uma tecnologia pertinente sobretudo para a evolução dos utensílios de esgrima."
3º	*Feedback*	"(...) para podermos estudar o que fizemos e se estamos bem posicionados, (...). Sinto também que é algo que pode ser mais útil no treino do que num contexto competitivo."	"(...) difícil de estar a analisar e a ter em conta durante a atividade mesmo numa questão de treino e ainda mais complicado se fosse para acontecer a nível de competição."
		"(...) após a atividade seria mais útil, assim poderia analisar com mais calma e podia reter mais informação acerca das imagens capturadas."	"(...) se for algo que é durante, talvez não consigamos retirar o mesmo rendimento, (...)"
		"(...) talvez, no final de 1 hora de treino fazer um relatório final da captura dos movimentos juntamente com o treinador verificar quais é que são as necessidades de melhoria e até receber esse relatório no telemóvel e formato impresso (...)"	
4º	*Feedback*	"(...) acho que ter mais informação nunca pode ser prejudicial. (...) A forma como tocamos para situações específicas e particularidades mais técnicas do jogo pode ser útil."	

Resultado da avaliação online das tecnologias – Treinadores(as)

Q4 – Antes de dar início à análise preliminar dos resultados do questionário (TAM) de aceitação da tecnologia (Anexo 7), todos os itens tiveram que ser transferidos para duas escalas: a Utilidade Percebida e a Facilidade de Uso Percebida da tecnologia. Isto possibilitou determinar a confiabilidade das respostas de cada escala como a sua distribuição. A análise da confiabilidade das duas escalas, foi avaliada pelo coeficiente de α de Cronbach. Valores de $\alpha \geq 0.70$ são suficientes para garantir a confiabilidade. Na avaliação do coeficiente de Cronbach o valor de α é suficiente para garantir a confiabilidade do questionário. A escala de Utilidade Percebida apresenta boa consistência interna, com valor de $\alpha = 0.77$, a Facilidade de Uso Percebida, com valor de $\alpha = 0.91$, exibe uma alta consistência interna (Tabela 38).

Tabela 38. Resumo do coeficiente de alfa

ESCALAS (TAM)	NÚMERO DE ITENS	COEFICIENTE DE ALFA
Utilidade Percebida	6	0.77
Facilidade de Uso Percebida	6	0.91

Para uma primeira análise dos resultados foram analisadas as pontuações médias de cada escala, bem como, a média *(M)*, desvio-padrão *(SD)*, mediana *(MDN)* e intervalo interquartil *(IQR)*, para cada subescala (Tabela 39). As respostas obtidas nos questionários aos treinadores demonstram que as pontuações da escala Utilidade Percebida foram positivas (*MDN* = 6.17, *IQR* = 1.04). A questão com a mediana mais baixa da escala é de 5.50, o que é encorajador considerando a natureza da pesquisa, definindo o grau em que o treinador considera que a tecnologia melhorará o seu desempenho na rotina de trabalho e/ou influenciará diretamente na expectativa de resultado. As pontuações da escala Facilidade de Uso Percebida foram igualmente positivas (*MDN* = 5.58, *IQR* = 1.21), definindo quanto esforço deverá ser investido para que o treinador utilize a tecnologia. A 3º questão foi classificada com a pontuação mais alta (*MDN* = 7.00, *IQR* = 2.00), significando que os participantes consideram que seria fácil operar as tecnologias. A 8º questão foi classificada como a pontuação mais baixa (*MDN* = 5.00, *IQR* = 2.00), indicando menor confiança no facto da tecnologia realizar o que o treinador pretende. Uma representação gráfica *boxplots* (Figura 7.12) de um conjunto de dados permite avaliar rapidamente a dispersão dos mesmos, destacando os valores discrepantes.

Tabela 39. Estatísticas descritivas para todos os itens da aceitação da tecnologia

ESCALAS (TAM)	ITENS	*M*	*SD*	*MDN*	*IQR*
Utilidade Percebida	1°	5.67	0.82	5.50	1.00
	2°	5.83	1.17	6.00	2.00
	3°	6.33	1.21	7.00	2.00
	4°	6.33	0.52	6.00	1.00
	5°	6.00	0.63	6.00	1.00
	6°	6.33	0.82	6.50	1.00
		6.08	0.61	6.17	1.04
Facilidade de Uso Percebida	7°	6.50	0.55	6.50	1.00
	8°	5.33	1.03	5.00	2.00
	9°	5.67	0.82	5.50	1.00
	10°	6.17	0.75	6.00	1.00
	11°	5.50	1.05	5.50	2.00
	12°	5.83	0.75	6.00	1.00
		5.83	0.70	5.58	1.21

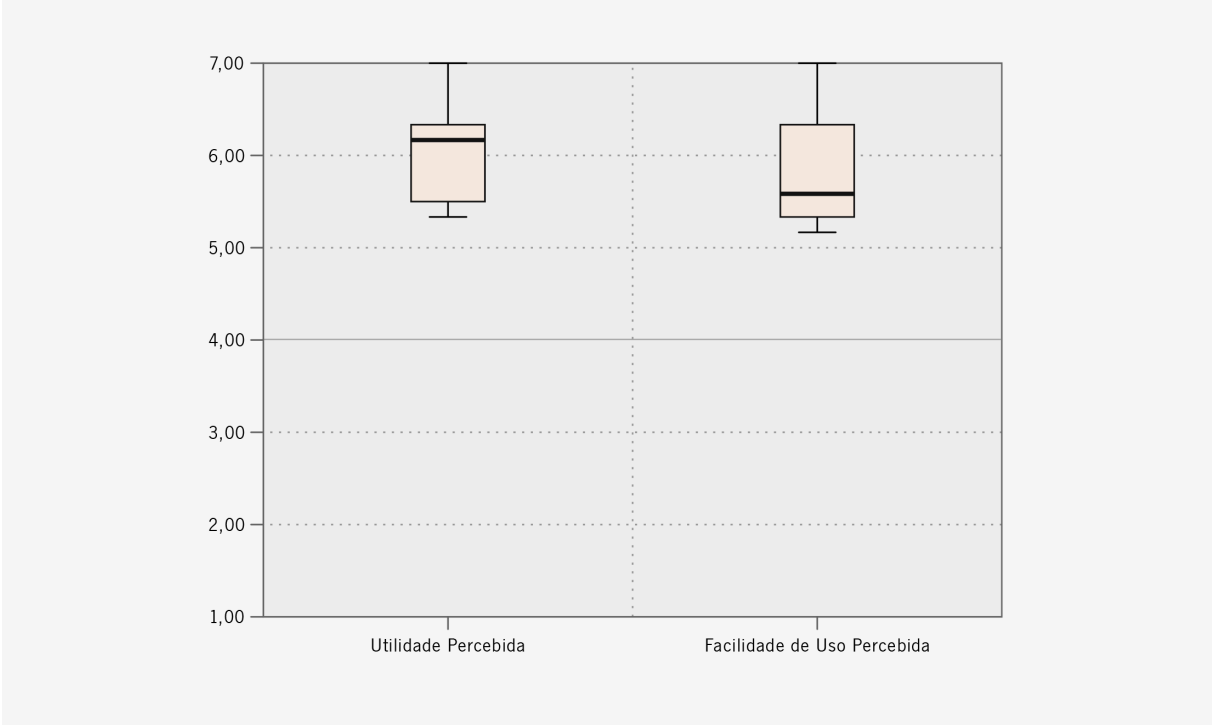


Figura 7.12. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (TAM)

7.4.2. Avaliação do conceito de uniforme de esgrima

Análise de consistência interna

Antes de dar início à análise preliminar dos resultados do questionário AttrakDiff mini (Q5), todos os itens tiveram que ser transferidos para quatro escalas: Qualidade Pragmática, Qualidade Hedónica-Identidade, Qualidade Hedónica-Estímulo e Atratividade. Assim foi possível determinar a confiabilidade das respostas de cada escala bem como a sua distribuição. O coeficiente α de Cronbach mediu a confiabilidade das respostas nas quatro escalas. Este indicador verifica se o estudo está livre de erros aleatórios. De acordo com a literatura, dependendo da finalidade da escala, são necessários diferentes níveis de confiabilidade, sendo recomendado um valor mínimo de $\alpha \geq 0.70$. Este valor está dependente do número de itens que constroem a escala, e quando este é baixo (menos de 10 itens), os valores de correlação inter-item deve ser $r \geq 0.40$ (Pallant, 2007). Contudo, quando apenas 2 itens são projetados para se correlacionar, é plausível esperar que a correlação entre eles seja maior do que a média da correlação inter-item. Uma das condicionantes para medir o coeficiente de α é o número de itens (pelo menos 3 itens). Com 2 itens não é exequível testar o proposto, no entanto, é possível relatar a correlação.

A escala de Qualidade Pragmática (QP) é composta por 4 itens, apresentando uma boa consistência interna, com coeficiente de $\alpha = 0.85$ e uma correlação inter-item média de $r = 0.61$, o que sugere uma relação forte entre os 4 itens. A seguir, tanto a escala de Qualidade Hedónica-Identidade (QH-I), como a escala de Qualidade Hedónica-Estímulo (QH-E) são ambas compostas por 2 itens. Para além de possuírem um coeficiente semelhante de $\alpha = 0.63$ e uma correlação inter-item média de $r = 0.46$, apresentam também uma relação positiva > 0.40. Por último, a escala atratividade (AT), também composta por 2 itens, com um coeficiente de $\alpha = 0.53$ e correlação inter-item média de $r = 0.42$ apresenta uma relação positiva > 0.40. Com exceção da escala de QP com valor > 0.70 nas restantes escalas QH-I, QH-E e AT (todos com 2 items) os valores de coeficiente de alfa são < 0.70, mas o valor médio de correlação inter-item > 0.40 (Tabela 41).

Tabela 40. Resumo do coeficiente de alfa e correlação inter-item

ESCALAS (ATTRAKDIFF MINI)	NÚMERO DE ITENS	COEFICIENTE DE ALFA	CORRELAÇÃO INTER-ITEM
Qualidade Pragmática (QP)	4	.85	.61
Qualidade Hedónica-Identidade (QH-I)	2	.63	.46

Qualidade Hedónica-Estímulo (QH-E)	2	.63	.46
Atratividade (AT)	2	.53	.42

Análise do questionário AttrakDiff mini

Para uma primeira análise dos resultados do questionário AttrakDiff mini foram analisadas as pontuações médias do grupo, desvio-padrão, mediana e intervalo interquartil. Para utilização do software SPSS, a escala entre -3 e 3 teve que ser convertida em uma escala de 1 a 7, sendo 4 a pontuação neutra. Pontuações em torno da pontuação neutra são valor moderado, pontuações maiores que neutras são positivas e menores que neutras são negativas. A Tabela 41 mostra a média *(M)*, o desvio padrão *(SD)*, a mediana *(MDN)* e o intervalo interquartil *(IQR)*, para cada item da versão do AttrakDiff mini. São apresentados por subescalas para melhor legibilidade.

Tabela 41. Estatísticas descritivas para todos os itens da escala AttrakDiff mini.

	M	*SD*	*MDN*	*IQR*
QUALIDADE PRAGMÁTICA (QP)				
1° Não é possível usar – Possível usar	5.22	1.15	5.00	1.00
2° Imprevisível – Previsível	4.47	1.50	5.00	3.00
3° Confuso – Bem estruturado	5.47	1.56	6.00	3.00
4° Complicado – Simples	4.67	1.80	5.00	3.00
	4.96	1.27	5.25	1.94
QUALIDADE HEDÓNICA-IDENTIDADE (QH-I)				
5° Vulgar – Elegante	5.86	1.18	6.00	2.00
6° De baixa qualidade – De primeira qualidade	5.83	1.18	6.00	2.00
	5.85	1.01	6.00	1.00
QUALIDADE HEDÓNICA-ESTÍMULO (QH-E)				
7° Sem imaginação – Criativo	6.47	0.88	7.00	1.00
8° Aborrecido – Cativante	6.36	0.83	7.00	1.00
	6.42	0.73	6.50	1.00
ATRATIVIDADE (AT)				
9° Feio – Bonito	5.58	1.11	6.00	1.00
10° Mau – Bom	5.89	1.11	6.00	2.00
	5.74	0.87	6.00	1.50

Através de valores médios, confirma-se a positividade da atratividade do produto, em termos de usabilidade e aparência, sendo todas as escalas de semântica positiva, observando-se QH-I e QH-S com valor mais alto. Na perspetiva da descrição dos pares de palavras (Figura 7.13), foi avaliado o valor médio de cada par de palavras. É possível perceber que a experiência é considerada positiva, com boa atratividade.

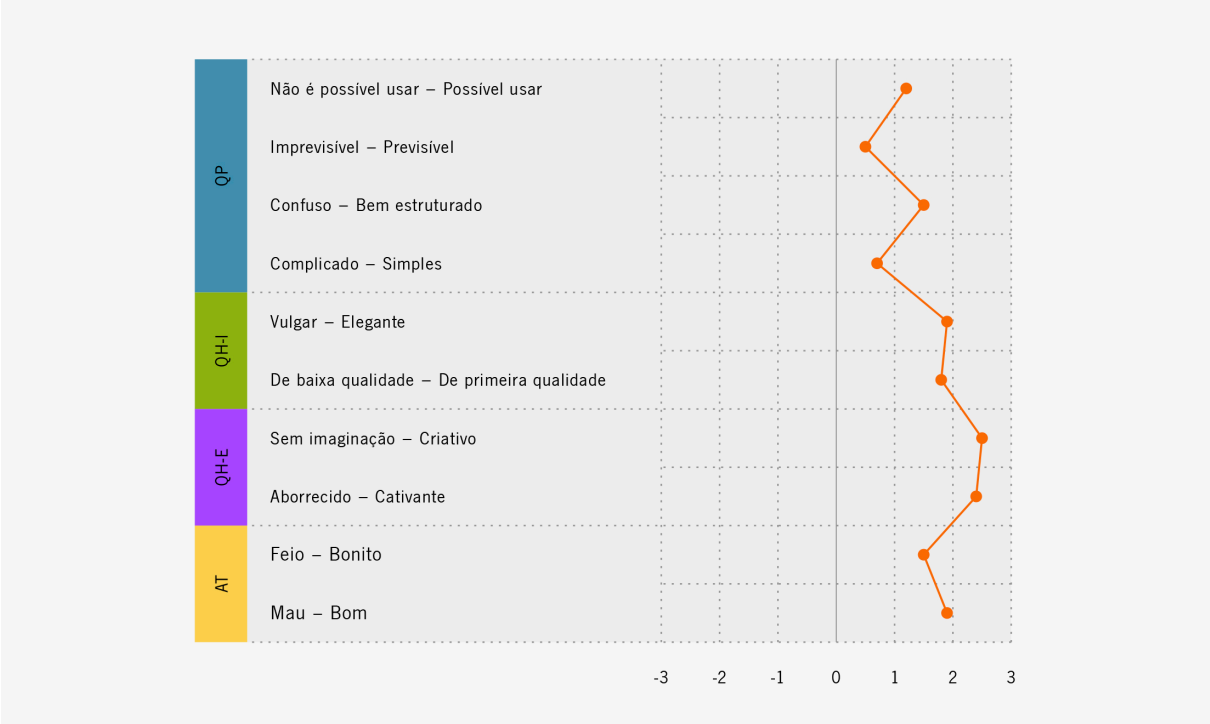


Figura 7.13. Média das respostas em cada subescala (AttrakDiff mini)

Os resultados na escala de Qualidade Pragmática, indicam que os participantes avaliam positivamente (*MDN* = 5.25, *IQR* = 1.94), consideram o conceito possível de usar, bem estruturado e simples, no entanto, previsível. Este valor positivo de previsibilidade pode ser evidência da eficácia do método centrado no utilizador aplicado ao design do conceito. Na escala de Qualidade Hedónica-Identidade, os resultados indicam que os participantes também avaliam positivamente (*MDN* = 6, *IQR* = 1) considerando o conceito elegante e de qualidade. Mais uma vez, na escala de Qualidade Hedónica-Estímulo, os participantes considerando o conceito criativo e cativante (*MDN* = 6.5, *IQR* = 1).

Por último, na escala atratividade (AT), os participantes avaliam positivamente (*MDN* = 6, *IQR* = 1.5) considerando o conceito bonito e bom. Através de uma representação gráfica *boxplots* (Figura 7.14) de um conjunto de dados, é possível avaliar rapidamente a dispersão dos mesmos, destacando os valores discrepantes.

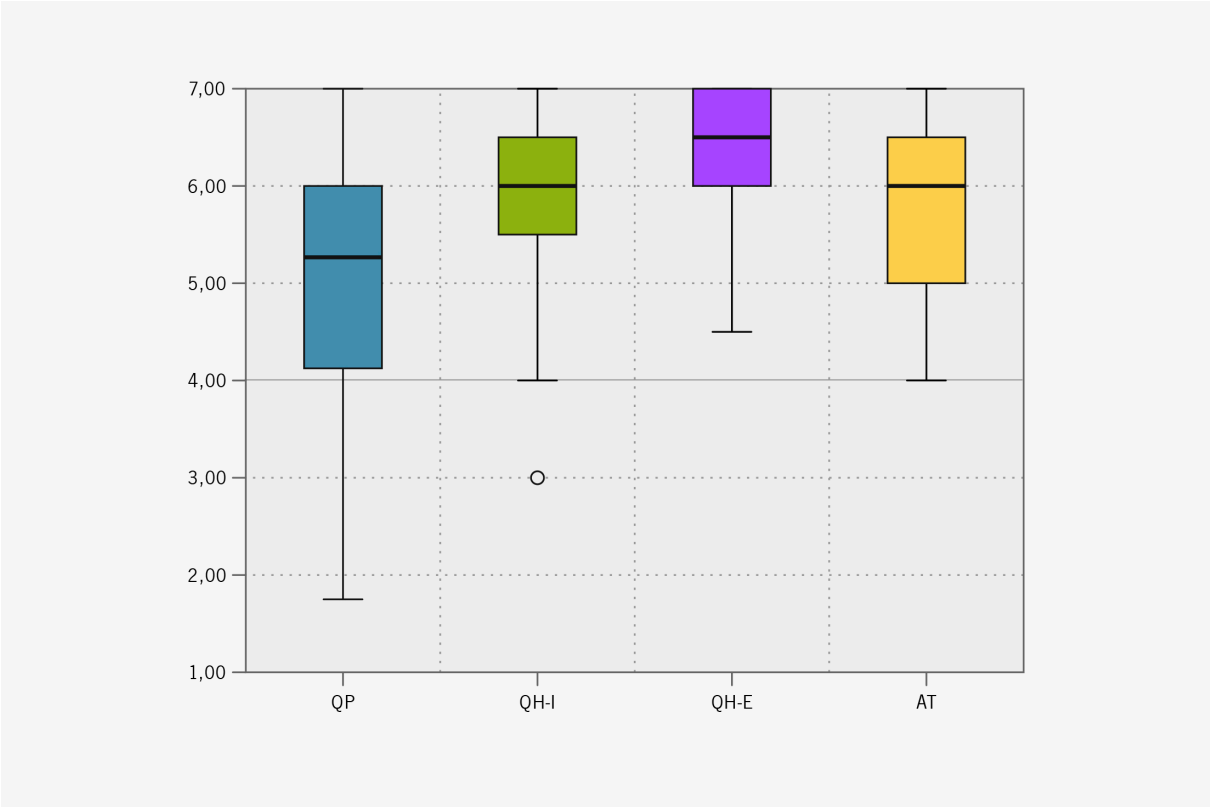


Figura 7.14. *Boxplots* com mediana e intervalo interquartil (AttrakDiff mini)

7.5. Discussão

Com foco no utilizador, recorrendo a quatro questionários e uma entrevista, este capítulo teve como principal objetivo compreender de que forma é que as tecnologias e o conceito desenvolvido atendem aos requisitos esperados pelos atletas e pelos treinadores. As análises das avaliações revelam dados importantes, possibilitando compreender os motivos que levaram aos resultados analisados e suas implicações, bem como a forma como poderá contribuir para a literatura.

Apesar de apenas ter sido possível estabelecer contacto com o Clube de Esgrima Desportiva de Braga devido à situação pandémica, foi possível testar presencialmente as tecnologias. Para tal, o questionário IMI permitiu avaliar a motivação de quatro esgrimistas em relação ao desempenho da atividade proposta, vestindo o colete de pressão de toque e o fato de captura de movimentos. Já o questionário SUS permitiu avaliar usabilidade da tecnologia de pressão de toque e da tecnologia de captura de movimentos. Ambos os questionários permitiram avaliar as tecnologias, bem como receber uma indicação favorável para a integração destas no uniforme de esgrima.

De forma a complementar estes questionários, a realização de uma entrevista esclarece a funcionalidade, bem como, praticidade das tecnologias aplicadas. Esta entrevista semiestruturadas permitiu ainda esclarecer algumas preferências de *feedback*. Porém, para uma análise mais profunda, será necessário repetir o processo presencial e avaliar um maior número de atletas inscritos em escolas de esgrima em Portugal Continental. Apesar da pequena amostra inicial, o estudo progrediu e os resultados tornaram-se mais sólidos. O atleta sente que pode ser proveitoso a informação obtida pela tecnologia de captura de movimentos, possibilitando rever a forma como se desloca e se articula, permitindo compreender e corrigir alguns desses fatores.

O questionário de avaliação da aceitação da tecnologia (TAM) dirigido aos 6 treinadores, permitiu avaliar positivamente a aceitação da tecnologia. Ressalta-se ainda, que a facilidade de uso percebida influência os estágios iniciais de utilização, após certo tempo de uso, a experiência do utilizador aumenta. Este fator não influenciará diretamente, potenciando o fator da utilidade percebida. As pontuações à escala de Utilidade Percebida (*MDN* = 6.17) e de Facilidade de Uso Percebida (*MDN* = 5.58) são positivas.

Por fim, o questionário AttrakDiff mini com quatro escalas possui uma consistência interna condicionada, devido ao número de itens por cada escala ser inferior a três (ou seja, uma condição para medir o coeficiente de α). Com três escalas (QH-I, QH-E, AT) compreendem apenas 2 itens cada, foi possível relatar uma relação > 0.40 entre os itens de cada escala por meio de uma correlação média inter-item.

Os participantes possuem boas expectativas em relação às qualidades pragmáticas e hedónicas do produto. No entanto, esta avaliação pode variar quando o produto se tornar real e testado.

A aplicação do AttrakDiff mini é um passo na direção certa e espera-se que inspire mais estudos a utilizar o modelo para deste modo obter mais conhecimento sobre que escalas contribuem para a avaliação junto do utilizador a atratividade de conceitos e-têxteis.

7.6. Considerações finais

Foi necessário passar por algumas etapas de recolha de dados quantitativos (análise de dados) e qualitativos (análise temática), para atingir resultados e chegar a considerações. Com a realização deste estudo, novas direções para o design são especificadas. O designer deve considerar estes novos fatores no design da próxima geração de vestuário de esgrima, características que poderão contribuir para uma

experiência de produto positiva, maximizando a interação do esgrimista e do treinador com o vestuário inteligente.

Os esgrimistas demonstram acreditar que a atividade realizada apoiada com tecnologia os ajudou a aumentar o seu interesse pelas tarefas, demonstrando envolvimento, compreendendo a sua importância, considerando motivador e útil para treino e jogo de esgrima. Sendo de salientar que ao longo do manuseio da tecnologia de captura de movimentos os esgrimistas consideraram necessário a ajuda de um técnico para tornar a mesma mais aprendível. Apesar disto, observou-se uma avaliação positiva, considerando ambas as tecnologias: práticas, úteis, funcionais e fáceis. Os esgrimistas preferem receber o *feedback* da captura de movimentos após a atividade física e um *feedback* de pressão de toque com mais informação.

A evidência de uma nova tecnologia de pressão de toque que viabilize o desuso de armas eletrificadas e sequente supressão do cabo elétrico no interior da manga do casaco, foi recebido com interesse por atletas e treinadores, sendo entendido como uma inovação positiva e necessária. Por outro lado, os treinadores relataram especial interesse pelas tecnologias, visto que num futuro próximo possibilitaram aprimorar o desempenho do atleta e consequentemente melhorar o seu acompanhamento. Por último, consideram o conceito desenvolvido para o vestuário de esgrima: possível de usar, bem estruturado e simples. Também consideram este elegante, com qualidade, bonito e bom.

Embora não tenha sido possível realizar e avaliar um protótipo completo, a avaliação das tecnologias e do conceito permitiu validar um conjunto de características que futuramente poderão ser implementadas no desenvolvimento de um protótipo inteligente de uniforme de esgrima.

8. Discussão geral dos resultados

O presente trabalho possibilitou estabelecer conhecimentos no panorama dos têxteis eletrónicos e compreender a sua integração no design de vestuário desportivo inteligente. Com especial foco no ciclismo e na esgrima, o primeiro estudo seguiu a orientação do modelo Duplo Diamante (Council, 2007) e o segundo estudo seguiu a orientação do modelo Design Centrado no Utilizador (Jokela, 2002). Ambos os modelos permitiram propor soluções que conciliam paradigmas que têm como base a investigação científica. E apesar das diferenças entre ambos os processos aplicados, os estudos: "Smartsuit" e "Avantgarde", permitiram especificar tecnologias indicadas para cada atividade desportiva, tanto pela via empírica e experimental, derivada da experiência pessoal (i.e., ciclista amador), como através da experiência conceptual, teórica, metódica e organizada, focada na experiência do utilizador.

Uma das contribuições deste trabalho foi possível através da dualidade metodológica. O que permitiu experimentar diferentes processos de design, discutir e comparar resultados. Ao colocar de parte a perspetiva do designer sobre as necessidades do utilizador, a investigação torna-se democrática, esta diminui ou neutraliza a possibilidade de uma decisão inadequada. E, portanto, o contacto direto com o utilizador, bem com a sua observação, dá voz às suas necessidades. Impedindo que o designer projete e perspetive as suas próprias ambições e idealizações.

Focando-se sobre uma temática largamente explorada ao longo da última década, a originalidade do trabalho não se centra na materialização dos têxteis eletrónicos. Na corrente literatura foi possível detetar pouca expressão no desenvolvimento de vestuário inteligente para a prática da modalidade de ciclismo, sendo inexistente para a prática da esgrima. Aqui, a inovação tem como foco o utilizador e o contexto específico de uso, alertando para novas oportunidades.

A aplicação de diferentes modelos de design resulta num antagonismo de processos. O modelo Duplo Diamante permitiu atuar e chegar de forma rápida a uma solução. Contudo, apesar de se constatar que a cinta torácica com a incorporação de um dispositivo para monitorização da frequência cardíaca já se encontra implementada na modalidade de ciclismo, a aplicação do modelo não permitiu concluir se o design do *skinsuit* e a tecnologia desenvolvida respondem as necessidades do utilizador. Por outro lado, com uma aplicação mais extensa, o modelo Design Centrado no Utilizador permite dar voz ao atleta de esgrima e ao treinador, através da recolha e análise de dados quantitativos e qualitativos, obtidos por

questionário/entrevista e observação. Deste modo, o utilizador especifica requisitos de design, orienta na escolha da tecnologia e, posteriormente, valida o design e as tecnologias implementadas.

A aplicação e coexistência dos dois processos de design erige a discussão, ponderação e criação de um novo modelo de design (Figura 8.1.). Uma metodologia que usufrua do potencial de cada processo e alerte para a qualidade e condição multidisciplinar do tema (i.e., design, engenharia, programação). Um modelo que oriente a comunicação entre as diferentes disciplinas no design de vestuário inteligente para a prática desportiva. Ao mesmo tempo, deve ilustrar as etapas em que estas disciplinas podem contribuir com conhecimento, ajudando a solucionar problemáticas da pesquisa em design. Deve também mapear as etapas da pesquisa. Primeiro, porque o tópico de pesquisa é elaborado a partir de áreas distantes como o design de vestuário, as tecnologias têxteis eletrónicas e o retorno de informação visual. Segundo, porque para um possível intercâmbio é fundamental referenciar o conhecimento gerado nas diferentes etapas do processo de design, desde os estudos teóricos até à criação de estudos práticos, passando pela colaboração com diferentes profissionais ao longo do processo.

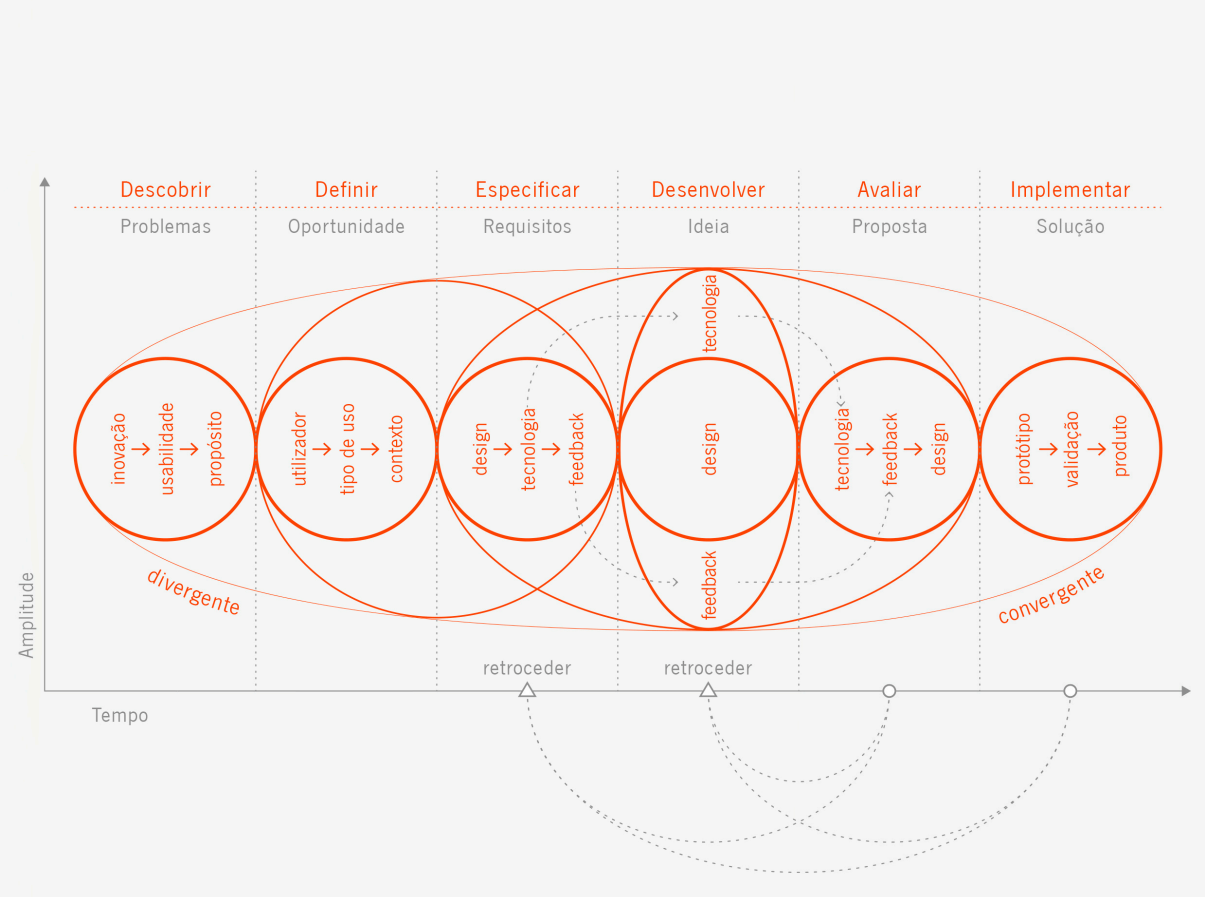


Figura 8.1. Novo modelo para o design de vestuário desportivo inteligente

Ao posicionar no tempo cada etapa do processo de design, o modelo diverge em três amplitudes para o desenvolvimento de provas de conceito: design (vestuário/produto), tecnologia (têxtil/eletrónica) e *feedback* (programação). Após esta etapa o modelo converge no design de um produto vestível inteligente centrado no utilizador. Sempre que se justifique, o processo permite retroceder no tempo uma ou mais etapas, uma vantagem para reposicionar o processo de design de forma que a solução ao problema seja bem-sucedida. Cada interação da abordagem do modelo envolve a criação de seis etapas distintas:

- Descobrir problemas – referenciar inovação tecnológica, usabilidade e propósito;
- Definir oportunidades nas descobertas – identificar o utilizador, o tipo de uso e o contexto de uso;
- Especificar junto do utilizador os requisitos de design, tecnologia e *feedback* – identificar através da aplicação de questionário, entrevista e/ou observação;
- Desenvolver uma ideia para um design completo – criar provas de conceito através de colaborações multidisciplinares entre as amplitudes de design, tecnologia e *feedback*;
- Avaliar junto do utilizador a proposta de design, tecnologia e *feedback* – examinar através da aplicação de questionário, entrevista e/ou observação;
- Implementar junto do utilizador a solução – validar protótipo através da aplicação de questionário, entrevista ou observação;

A constatação do desconhecimento por parte dos esgrimistas sobre o que são roupas inteligentes, numa modalidade experiente na utilização de vestuário com adoção de componentes eletrónicos, foi uma descoberta inesperada, relembra a importância de uma pesquisa para o design centrado no utilizador. A entrega de uma solução estruturada só é possível através da cooperação multidisciplinar entre designer, engenheiro e programador. A falta de um financiamento adequado poderá criar limitações na solução.

Apesar das descobertas realizadas pela investigação contribuírem positivamente para a compreensão do problema da pesquisa, promovendo orientações para futuros trabalhos, importa alertar para o facto de que o desenvolvimento de um vestuário inteligente funcional é de extrema complexidade. Ainda que se consiga satisfazer as necessidades do utilizador, não se garante a viabilidade comercial.

Por último, é de salientar que, ao trabalhar sozinho, o designer deve ter consciência de que no processo de design se vão evidenciar as lacunas da sua base formativa, o que não o impedirá de responder ao problema, contudo a implementação da solução não será plena.

9. Conclusão

A discrepância de desempenho entre atletas de alta competição é cada vez menor. O uso de vestuário inteligente na prática desportiva pode ajudar na obtenção de vantagens sobre os concorrentes. Com a integração de têxteis eletrónicos o ato ou efeito de monitorizar, controlar, supervisionar passa a acompanhar o atleta e a coexistir com a atividade física – seja em jogo, treino ou reabilitação.

9.1. Síntese de resultados

No Capítulo 2, realizou-se uma primeira revisão de literatura (QP1). Esta permitiu compreender o panorama do design de vestuário inteligentes para o desporto e os fundamentos teóricos, como a evolução cronológica dos e-têxteis e onde foi possível notar um aumento significativo nas preocupações de design, embora o design de vestuário inteligente consista na conjugação de têxtil e eletrónica. Os materiais têxteis são estruturas flexíveis e macias, enquanto os eletrónicos são frágeis e rígidos. Neste contexto, as roupas inteligentes estão na vanguarda dos produtos têxteis de valor acrescentado. De um comportamento passivo para um comportamento ativo, os têxteis com funcionalidades estáticas passam a apresentar funcionalidades dinâmicas e inteligentes. A tecnologia de sistemas interativos de informação é a responsável pela mudança no têxtil, alcançada através da introdução de novos materiais, novas tecnologias e novas abordagens dentro de equipas multidisciplinares de investigação. Foi ainda possível constatar que, embora os primeiros projetos fossem focados para o uso da tecnologia, projetos recentes centram-se já em aspetos humanos, psicológicos e sociais. Outro fator a considerar é a diferença entre os projetos de investigação financiados e os projetos desenvolvidos no mercado de consumo, sendo que os projetos de investigação financiados são preferencialmente aplicações orientadas para o domínio da saúde e proteção, enquanto projetos desenvolvidos para o mercado são preferencialmente aplicações orientadas para a atividade desportiva e o bem-estar.

No Capítulo 3, realizou-se uma revisão sistemática de literatura (QP2). Compararam-se trabalhos publicados sobre tecnologias têxteis eletrónicas no design de produtos vestíveis para a atividade desportiva. Os resultados indicaram que das 23 tecnologias revistas, 28.13% concentram-se no uso de sensores/elétrodos têxteis ou impressos que medem sinais eletrocardiográficos (ECG). Já 21.88% dos estudos concentram-se no uso de sensores vestíveis, mais precisamente, sensores inercias (IMU). Numa outra direção, 18.75 % dos estudos analisados focam o uso de sensores ou atuadores de interface de toque ou pressão e mapeamento de força. A aplicação de componentes eletrónicos em superfícies têxteis

é maioritariamente por adoção e integração, não sendo possível identificar sistemas combinados. É também notória uma tendência crescente para o uso do telefone inteligente como dispositivo operador de *feedback* através de aplicações móveis. Esta revisão reforça o facto de que estes sistemas vestíveis inteligentes são usados principalmente para a monitorização de biossinais sobre a atividade elétrica do coração, através de sensores/elétrodos colocados maioritariamente na área do peito e tronco. O fornecimento de *feedback* visual é efetuado através de elementos gráficos como linhas, curvas, barras, pontos e números. Por outro lado, a maioria dos estudos encontram-se no estágio de validação de protótipo, em que já foram realizadas avaliações técnicas e suportados testes com utilizadores. A implementação do design como processo de desenvolvimento ainda está pouco presente nestes estudos.

No Capítulo 4, realizou-se o design de um *skinsuit* inteligente para a prática de ciclismo (QP3) alicerçado no modelo de design Duplo Diamante. Várias abordagens foram testadas em múltiplas bandas elásticas para o uso de e-têxteis como elétrodos para medir a frequência cardíaca (ECG). Através deste modelo foi possível chegar a um protótipo funcional, uma solução assertiva com maior grau de confiança no design e integração de tecnologia têxtil eletrónica. Esse trabalho envolveu a especialização em design de vestuário, engenharia têxtil e eletrónica, exigindo uma estreita cooperação multidisciplinar. Estas abordagens multidisciplinares abrangem conhecimentos de engenharia necessárias para que o designer explore e aplique novas tecnologias no desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de ampliar o limite humano e criar novas experiências. O desenvolvimento de novos produtos, atraentes, funcionais e inteligentes, com e-têxtil incorporados pressupõe aptidões específicas e conhecimento especializado que vai além da esfera do design.

No Capítulo 5, iniciou-se o estudo para projetar o futuro do vestuário de esgrima (QP4) alicerçado no modelo Design Centrado no Utilizador. Após a aplicação e análise de um inquérito por questionário e entrevista, foi possível concluir que o vestuário atual de esgrima possui um design estagnado, com peças de difícil vestibilidade, pouca durabilidade e de difícil manutenção. Os participantes no inquérito indicaram que o suor causado pela alta temperatura sentida no interior do fato afeta o seu desempenho, desde a mobilidade até à pontuação incorreta do toque. Relativamente à compreensão do que são roupas inteligentes, os atletas revelam falta de conhecimento nos vários escalões etários. A investigação possibilitou identificar um conjunto de características a serem implementadas, a partir das preferências e necessidades dos seus utilizadores. A partir da análise de dados quantitativos e análise temática qualitativa, foi possível atingir alguns dos objetivos. E foram especificadas novas direções para o design com base no perfil do utilizador. São as aplicações orientadas para frequência cardíaca e respiratória,

leitura de pressão de toque, captura de movimentos e regulação da temperatura corporal que espoletam maior interesse. A observação direta dos atletas é a chave para finalizar o processo. Além disso, a eletrónica dos dispositivos deve ser invisível e não intrusiva para o utilizador.

No Capítulo 6, continuou-se o trabalho do capítulo anterior (QP5). Primeiro desenvolveu-se um protótipo para um colete interno inteligente, segundo adquiriu-se o Rokoko Smartsuit Pro ™ e, por último, conceptualizou-se um uniforme de esgrima. O protótipo do colete é uma abordagem e-têxtil que através da integração de um sensor de pressão piezoresistivo impresso em tecido de algodão flexível possibilita identificar e rastrear o desempenho do toque da arma. Com base no efeito piezoresistivo, a resistência específica do material diminui quando a pressão é aplicada. O fato Rokoko Smartsuit Pro ™ proporciona a captura de movimentos através de sensores inerciais (IMU) ligados ao *software* tridimensional Rokoko Studio via ligação *wireless*. Com base nos conhecimentos adquiridos no manuseamento das tecnologias, é criado um conceito para o uniforme de esgrima que proporcione ao utilizador *feedback* útil. Contribuindo com um novo conceito para o sistema de pontuação que, ao mesmo tempo, permite ao atleta melhorar o seu desempenho através do *feedback* proporcionado pela captura de movimentos, e ao treinador obter mais informação dos atletas. Comparada com o uniforme padrão, esta abordagem poderá permitir um design mais fino e leve. Ao contrário do uso normal do colete, a integração desta solução piezoresistiva dentro do uniforme de esgrima não compromete seu design e aparência, permitindo eliminar uma camada de roupa, desenvolvendo-se um uniforme mais ergonómico.

No Capítulo 7, finalizou-se o trabalho do capítulo anterior (QP6). Junto dos atletas obtém-se uma avaliação positiva, tanto na motivação (IMI) do desempenho na experiência, como na usabilidade (SUS) da tecnologia de captura de movimentos e de pressão de toque, considerando-as utilizáveis e aprendíveis. Além disso, por meio de uma entrevista semiestruturada, obtém-se uma avaliação positiva, tanto no funcionamento das tecnologias, como no *feedback* proporcionado. Verifica-se que os atletas preferem receber o *feedback* da captura de movimentos após a atividade física, para além de preferirem receber um *feedback* de pressão de toque com informação mais completa. Junto dos treinadores obtém-se uma aceitação positiva das tecnologias (TAM), que as consideram úteis e de uso fácil. Por último, junto dos atletas obtém-se uma avaliação positiva em escalas de qualidades pragmáticas, hedónicas-identidade, hedónicas-estímulo e atratividade (AttrakDiff mini) do conceito desenvolvido para o uniforme de esgrima. Destacam-se em cada escala as seguintes palavras: bem estruturado, elegante, criativo e bom.

9.2. Principais contributos

No primeiro estudo a investigação contribuiu para o desenvolvimento de um protótipo de *skinsuit* inteligente para a prática de ciclismo, através da integração de sensores/elétrodos (ECG) em tinta condutora (Dupont PE828), com a adoção de um dispositivo eletrónico (Y8YBH20) na zona superior das costas. Uma aplicação móvel (BBB — Bikeboard) forneceu um *feedback* síncrono para monitorização cardíaca do atleta. A aplicação do modelo Duplo Diamante consolidou a pesquisa com conhecimentos na confeção e integração de sensores/elétrodos no têxtil, fundamentando a elaboração de um protótipo de *skinsuit* para ciclismo.

No segundo estudo a investigação contribuiu para a conceptualização visual de um uniforme inteligente para a prática de esgrima. Primeiro, desenvolveu-se um protótipo de colete interno inteligente, através da integração de sensores de pressão piezoresistivos flexíveis impressos em têxtil para rastrear o desempenho do toque da lâmina. Um *software* de computador (LabVIEW) forneceu o *feedback* síncrono das diferentes forças com diferentes intensidades e durações. Segundo, adquiriu-se um fato (Rokoko Smartsuit Pro ™) com sensores inerciais (IMU) para rastrear os movimentos do atleta. Um s*oftware* de computador (Rokoko Studio) forneceu o *feedback* síncrono do movimento das diferentes partes do corpo. Por último, apresentou-se ao utilizador um conceito que proporciona um *feedback* útil, fruto dos conhecimentos adquirido no manuseamento destas tecnologias, no apuramento dos requisitos do utilizador e na observação das condições de uso do vestuário de esgrima. Este conceito foi orientado pelo utilizador e validado pelo utilizador, tanto na escolha das tecnologias, como nos requisitos de design. Verifica-se que quanto mais simples, prática e discreta for a aplicação dos sensores ou componentes eletrónicos na superfície têxtil vestível, seja por adoção, integração ou combinação, mais natural se torna o design do produto.

Através da aplicação do modelo Design Centrado no Utilizador a pesquisa consolida conhecimentos centrados nos requisitos do utilizador, resultando no desenvolvimento de um conceito visual para o uniforme de esgrima. Ao validar a usabilidade, a aceitação e o funcionamento das tecnologias, bem como, a atratividade do conceito, o estudo demonstra que, apesar do utilizador não ter experiência na utilização deste tipo de vestuário inteligente, está recetivo para a sua implementação e uso. Foram ainda aplicados um conjunto de princípios no processo de design, ferramentas e práticas que orientaram ambos os estudos a alcançar o objetivo específico. Foi deixado espaço para a discussão de um novo modelo de design que mapeie as etapas do processo de criação do designer, um modelo que permita

que outras disciplinas possam ser incluídas e que forneça um processo centrada no utilizador. Aqui, as perspetivas da pesquisa, as tecnologias e as considerações do utilizador são sugeridas para se conciliar com a natureza multidisciplinar dos têxteis inteligentes.

9.3. Limitações do estudo

É irrefutável a ocorrência no decorrer do trabalho de situações que colocaram entraves à investigação, sendo possível identificar alguns fatores críticos: 1) análise das tecnologias torna-se extensa e repetitiva; 2) falta de estudos semelhantes ou relacionadas com a integração de têxteis eletrónicos em vestuário de ciclismo e esgrima; 3) comunidade pequena de atletas e treinadores de esgrima existentes em Portugal dificultou o processo de gerar informação centrada no utilizador, bem como, validar tecnologias e conceito desenvolvido; 4) apesar de meritório, o conhecimento teórico e técnico gerado no decorrer da investigação foi insuficiente para a construção mais complexa de um protótipo final para o uniforme inteligente de esgrima, ficando dependente da complexidade tecnológica e da confeção; 5) falta de recursos financeiros para a realização de protótipo avançado, bem como as limitações causadas pela situação pandémica.

9.4. Sugestões para investigação futura

Para avaliar os resultados finais do modelo aplicado será necessário transformar o conceito desenvolvido para o uniforme de esgrima num protótipo avançado. Embora as tecnologias testadas e o conceito desenvolvido possam ser adequados para validação junto do utilizador, um protótipo avançado permitirá obter informação mais precisa sobre aspetos ergonómicos tais como conforto, vestibilidade, respirabilidade e proteção. A realização de novos testes junto do utilizador com um protótipo avançado fornecerá informação essencial para a finalização do uniforme.

Estes testes vão facultar importante informação sobre o comportamento do atleta, sobretudo em relação a possíveis condicionamentos causados por longos períodos de uso. Por exemplo, se os componentes eletrónicos afetarem o desempenho atleta, terá de ser repensada nova forma de adoção, integração ou combinação dos sensores no têxtil.

Não menos importante, é a forma como a informação recolhida pelos sensores é comunicada ao utilizador. É preponderante uma análise dos melhores dispositivos de saída para exibir dados e resultados

durante ou após a atividade desportiva. Exemplos incluem, monitores de vídeo, telefones inteligentes, computadores, *wearables*, entre outros. O *feedback* visual, sonoro ou vibrátil disponibilizado por estes dispositivos, deve ser desenvolvido e analisado de acordo com as necessidades do utilizador.

Existe ainda a possibilidade de o uniforme de esgrima não possuir viabilidade comercial, por exemplo, devido ao custo de produção. Novos métodos e técnicas de prototipagem, como de fabricação poderão melhorar o processo.

Bibliografia

Addington, M., & Schodek, D. L. (2005). *Smart materials and new technologies: For the architecture and design professions*. Oxford, United Kingdom: Architectural Press.

Adidas. (2015). Smart Bra. Obtido 20 de Abril de 2018, de https://www.adidas.com/

AiQ. (2013). T-shirt BioMan+. Obtido 20 de Abril de 2018, de http://www.aiqsmartclothing.com/

Aliverti, A. (2017). Wearable technology: Role in respiratory health and disease. *Breathe*, *13*(2), e27–e36. https://doi.org/10.1183/20734735.008417

Allstar International. (2020). Uniforme de Florete Masculino Nível 1 - 350N. Obtido 18 de Junho de 2020, de https://allstar.de

Amaral, I. de C. V. M. do. (2016). *The child and the space: An approach to the design of interior inclusive play areas for children between three and five years*. (Doctoral dissertation). University of Minho, Portugal. Obtido de http://hdl.handle.net/1822/43837

Amaro, B., Antunes, J., Cunha, P., Soares, F., Carvalho, V., & Carvalho, H. (2018). Monitoring of bioelectrical and biomechanical signals in taekwondo training: First insights. Em J. M. R. S. Tavares & R. M. N. Jorge (Eds.), *European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering. VipIMAGE 2017. Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics* (Vol. 27, pp. 417–426). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68195-5_46

Amazon. (2019). Mo-fit heart rate monitor chest strap for Garmin, Apple, Android, Peloton, Zwift, ANT+ and Most Bluetooth 4.0 Enabled Fitness Devices. Obtido 9 de Março de 2020, de https://www.amazon.com/

An, X., & Stylios, G. (2018). A hybrid textile electrode for electrocardiogram (ECG) measurement and motion tracking. *Materials*, *11*(10), 1887. https://doi.org/10.3390/ma11101887

Andreoni, G., Standoli, C., & Perego, P. (2016). Defining requirements and related methods for designing sensorized garments. *Sensors*, *16*(6), 769. https://doi.org/10.3390/s16060769

Athos. (2015). Men's Kit. Obtido 20 de Abril de 2018, de https://www.liveathos.com/

Bahadir, S. K., Koncar, V., & Kalaoglu, F. (2012). Wearable obstacle detection system fully integrated to textile structures for visually impaired people. *Sensors and Actuators A: Physical*, *179*, 297–311. https://doi.org/10.1016/j.sna.2012.02.027

Bangor, A., Staff, T., Kortum, P., Miller, J., & Staff, T. (2009). Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, *4*(3), 114–123.

Bartalesi, R., Lorussi, F., De Rossi, D., Tesconi, M., & Tognetti, A. (2010). Wearable monitoring of lumbar spine curvature by inertial and e-textile sensory fusion. Em *Proceedings of the 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology* (pp. 6373–6376). Buenos Aires, Argentina: IEEE. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5627294

Barth, B., & Beck, E. (2007). *The complete guide to fencing* (2.ª ed.). Oxford, United Kingdom: Meyer & Meyer Sports.

Bauer, D., Wutzke, R., & Bauernhansl, T. (2016). Wear@Work – A new approach for data acquisition using wearables. *Procedia CIRP*, *50*, 529–534. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.121

BBB Cycling. (2018). Dispositivo para a monitorização frequência cardíaca BBB - Bluetooth 4.0. Obtido 24 de Maio de 2018, de https://bbbcycling.com/

Beaton, D. E., Wright, J. G., & Katz, J. N. (2005). Development of the QuickDASH. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *87*(5), 1038–1046. https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02060

Beecham Research. (2018). Mundo das tecnologias vestíveis e respetivas aplicações. Obtido 23 de Outubro de 2020, de http://www.beechamresearch.com/article.aspx?id=20

Behr, O. (2018). Fashion 4.0 – Digital innovation in the fashion industry. *Journal of Technology and Innovation Management*, *2*(1), 1–9.

Bendkowska, W., Tysiak, J., Grabowski, L., & Blejzyk, A. (2005). Determining temperature regulating factor for apparel fabrics containing phase change material. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *17*(3/4), 209–214. https://doi.org/10.1108/09556220510590902

Berglin, L. (2008). *Interactive textile structures: Creating multifunctional textiles based on smart materials*. (Doctoral dissertation). Chalmers University of Technology. Obtido de http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hb:diva-3490

Berglin, L. (2013). *Smart textiles and wearable technology*. *Baltic Fashion*. Borås, Sweden. Obtido de http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hb:diva-4616

Birringer, J., & Danjoux, M. (2009). Wearable performance. *Digital Creativity*, *20*(1–2), 95–113. https://doi.org/10.1080/14626260902868095

Bishop, G. F. (1987). Experiments with the middle response alternative in survey questions. *Public Opinion Quarterly*, *51*(2), 220–232. https://doi.org/10.1086/269030

Borghetti, M., Serpelloni, M., Sardini, E., & Casas, O. (2017). Multisensor system for analyzing the thigh movement during walking. *IEEE Sensors Journal*, *17*(15), 4953–4961. https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2715857

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brooke, J. (1996). SUS: A «quick and dirty» usability scale. Em P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland, & B. Weerdmeester (Eds.), *Usability Evaluation In Industry* (pp. 189–194). London, United Kingdom: Taylor and Francis. https://doi.org/10.1201/9781498710411-35

Bruch, H., A.G.Hahn, Helmer, R. J. N., Mackintosh, C., Blanchonette, I., & McKenna, M. J. (2011). Evaluation of an automated scoring system in a modified form of competitive boxing. *Procedia Engineering*, *13*, 445–450. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.112

Buchwald, A., Letner, A., Urbach, N., & Von Entreß-Fürsteneck, M. (2018). Insights into personal ICT use: Understanding continuance and discontinuance of wearable self-tracking devices. Em *Proceedings of the 26th European Conference on Information Systems: Beyond Digitization - Facets of Socio-Technical Change, ECIS 2018*. Portsmouth, United Kingdom. Obtido de https://aisel.aisnet.org/ecis2018_rp/37

Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: A systematic review. *Sensors*, *18*(3), 873. https://doi.org/10.3390/s18030873

Carbonell-Carrera, C., & Saorín, J. L. (2017). Geospatial google street view with virtual reality: A motivational approach for spatial training education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *6*(9), 261. https://doi.org/10.3390/ijgi6090261

Carneiro, L. T. (2018). *O impacto do design da cadeira de rodas na experiência de utilização e na perceção do estigma*. (Doctoral Dissertation). University of Lisbon, Portugal. Obtido de http://hdl.handle.net/10400.5/15030

Carvalho, H., Tama, D., Gomes, P., Abreu, M. J., Yao, Y., & Souto, A. P. (2018). Flexible piezoresistive pressure sensors for smart textiles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *459*(1), 012035. https://doi.org/10.1088/1757-899X/459/1/012035

Carvalho, H., Yao, Y., & Gonçalves, L. M. (2017). Flexible force sensors for e-textiles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *254*(7), 072007. https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/7/072007

Catrysse, M., Pirotte, F., & Puers, R. (2007). The use of electronics in medical textiles. Em L. Van Langenhove (Ed.), *Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications* (pp. 88–104). Oxford, United Kingdom: Woodhead Publishing.

Chen, M., Ma, Y., Li, Y., Wu, D., Zhang, Y., & Youn, C.-H. (2017). Wearable 2.0: Enabling human-cloud integration in next generation healthcare systems. *IEEE Communications Magazine*, *55*(1), 54–61. https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600410CM

Chen, M., Ma, Y., Song, J., Lai, C.-F., & Hu, B. (2016). Smart clothing: Connecting human with clouds and big data for sustainable health monitoring. *Mobile Networks and Applications*, *21*(5), 825–845. https://doi.org/10.1007/s11036-016-0745-1

Cho, G., Lee, S., & Cho, J. (2009). Review and reappraisal of smart clothing. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *25*(6), 582–617. https://doi.org/10.1080/10447310902997744

Cho, H., & Lee, J. H. (2015). A study on the optimal positions of ECG electrodes in a garment for the design of ECG-monitoring clothing for male. *Journal of Medical Systems*, *39*(9), 95. https://doi.org/10.1007/s10916-015-0279-2

Clemitson, S. (2017). *A history of cycling in 100 objects*. London, United Kingdom: Bloomsbury Sports.

Cochrane, C., Koncar, V., Lewandowski, M., & Dufour, C. (2007). Design and development of a flexible strain sensor for textile structures based on a conductive polymer composite. *Sensors*, *7*(4), 473–492. https://doi.org/10.3390/s7040473

Connellan, S. (2019). Unsplash — Photos for everyone. Obtido 19 de Junho de 2019, de https://unsplash.com

Council, D. (2007). *Eleven lessons: Managing design in eleven global companies – Desk research report*. *Design Council*. London, United Kingdom. Obtido de https://www.designcouncil.org.uk

Coutinho, C. P. (2014). *Metodologia de investigação em ciências sociais humanas: Teoria e prática* (2.ª ed.). Coimbra, Portugal: Edições Almedina.

Coyle, S., Lau, K.-T., Moyna, N., O'Gorman, D., Diamond, D., Di Francesco, F., ... Bini, C. (2010). BIOTEX - Biosensing textiles for personalised healthcare management. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, *14*(2), 364–370. https://doi.org/10.1109/TITB.2009.2038484

Curone, D., Secco, E. L., Tognetti, A., Loriga, G., Dudnik, G., Risatti, M., ... Magenes, G. (2010). Smart garments for emergency operators: The ProeTEX project. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, *14*(3), 694–701. https://doi.org/10.1109/TITB.2010.2045003

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319. https://doi.org/10.2307/249008

Davis, L. L. (1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. *Applied Nursing Research*, *5*(4), 194–197. https://doi.org/10.1016/S0897-1897(05)80008-4

De jonckheere, J., Jeanne, M., Grillet, A., Weber, S., Chaud, P., Logier, R., & Weber, J. (2007). OFSETH: Optical fibre embedded into technical textile for healthcare, an efficient way to monitor patient under magnetic resonance imaging. Em *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 3950–3953). Lyon, France: IEEE. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4353198

Desmet, P. (1999). To love and not to love: Why do products elicit mixed emotions? Em C. J. Overbeeke & P. Hekkert (Eds.), *Proceedings of the first international conference on Design & Emotion* (pp. 67–74). Deft, Netherlands.

Desmet, P., & Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. *International Journal of Design*, *1*(1), 13–23.

Desmet, P., & Hekkert, P. (2009). Special issue editorial: Design & emotion. *International Journal of Design*, *3*(2), 1–6.

Dias, D., & Paulo Silva Cunha, J. (2018). Wearable health devices—Vital sign monitoring, systems and technologies. *Sensors*, *18*(8), 2414. https://doi.org/10.3390/s18082414

Dunne, L. (2010). Beyond the second skin: An experimental approach to addressing garment style and fit variables in the design of sensing garments. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, *3*(3), 109–117. https://doi.org/10.1080/17543266.2010.505202

Dunne, L., Ashdown, S. P., & Smyth, B. (2005). Expanding garment functionality through embedded electronic technology. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, *4*(3), 1–11.

European Commission. (2008a). Development of photovoltaic textiles based on novel fibres. Obtido 11 de Agosto de 2018, de https://cordis.europa.eu/project/id/214459

European Commission. (2008b). Micro fabrication production technology for MEMS on new emerging smart textiles. Obtido 11 de Agosto de 2018, de https://cordis.europa.eu/project/id/211335

European Commission. (2008c). Platform for large area conformable electronics by InTegration. Obtido 11 de Agosto de 2018, de https://cordis.europa.eu/project/id/248048

Eves, D., Green, J., Van Heerden, C., Mama, J., & Marzano, S. (2000). *New nomads: An exploration of wearable electronics by Philips*. Rotterdam, Netherlands: 010 Publishers.

Feng, L., Wang, A., Zhuang, Y., Tomita, M. R., & Xu, W. (2016). Smart insole: A wearable sensor device for unobtrusive gait monitoring in daily life. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *12*(6), 2281–2291. https://doi.org/10.1109/TII.2016.2585643

Fernandes, E. M., & Maia, Â. (2001). Grounded theory. Em *Métodos e técnicas de avaliação: contributos para a prática e investigação psicológicas* (pp. 49–76). Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Estudos em Educação e Psicologia (CEEP). Obtido de http://hdl.handle.net/1822/4209

Fernández-Caramés, T., & Fraga-Lamas, P. (2018). Towards the internet of smart clothing: A review on IoT wearables and garments for creating intelligent connected e-textiles. *Electronics*, *7*(12), 405. https://doi.org/10.3390/electronics7120405

Ferscha, A., Lukowicz, P., & Zambonelli, F. (2014). The superorganism of massive collective wearables. Em *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication - UbiComp '14 Adjunct* (pp. 1077–1084). Seattle, United States: ACM Press. https://doi.org/10.1145/2638728.2659396

Fraunhofer, I. Z. M. (2013). Fusing technology and fashion — High-tech cycling jacket Sporty Supaheroe wins Red Dot Design Award. Obtido 14 de Agosto de 2018, de https://www.izm.fraunhofer.de/en/news_events/tech_news/hightech-fahrradjacke-sporty-supaheroe-erhaelt-red-dot-design-aw.html

Galvão, T. F., Pansani, T. de S. A., & Harrad, D. (2015). Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, *24*(2), 335–342. https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017

Gemperle, F., Kasabach, C., Stivoric, J., Bauer, M., & Martin, R. (1998). Design for wearability. Em *Digest of Papers. Second International Symposium on Wearable Computers (Cat. No.98EX215)* (Vol. 12, pp. 116–122). Pittsburgh, United States: IEEE. https://doi.org/10.1109/ISWC.1998.729537

Ghiglione, R., & Matalon, B. (1992). *O inquérito: Teoria e prática*. Oeiras, Portugal: Celta Editora.

Gibbs, P., & Asada, H. H. (2004). Wearable conductive fiber sensors for measuring joint movements. Em *IEEE International Conference on Robotics and Automation 2004 (ICRA '04)* (Vol. 5, pp. 4753–4758). New Orleans, United States: IEEE. https://doi.org/10.1109/ROBOT.2004.1302469

Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. Em *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education* (pp. 82–88). Columbus, United States: Ohio State University. Obtido de http://hdl.handle.net/1805/344

Golsteijn, C., Hoven, E. van den, Frohlich, D., & Sellen, A. (2014). Reflections on craft research for and through design. Em *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational (NordiCHI '14)* (pp. 421–430). Helsinki, Finland: ACM Press. https://doi.org/10.1145/2639189.2639194

Gomes, P., Tama, D., Yao, Y., Abreu, M. J., Souto, A. P., & Carvalho, H. (2018). Development of pressure sensors for smart textiles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *460*(1), 012024. https://doi.org/10.1088/1757-899X/460/1/012024

Google, & Levi's. (2016). Levi's® Commuter™ Trucker Jacket with Jacquard™ by Google. Obtido 20 de Abril de 2018, de https://atap.google.com/jacquard/products/levi-commuter/

Gopalsamy, C., Park, S., Rajamanickam, R., & Jayaraman, S. (1999). The Wearable Motherboard™: The first generation of adaptive and responsive textile structures (ARTS) for medical applications. *Virtual Reality*, *4*(3), 152–168. https://doi.org/10.1007/BF01418152

Groves, R. M., Fowler, F. J. J., Couper, M., Lepkowski, J. M., Singer, E., & Tourangea, R. (2004). *Survey methodology*. New Jersey, United States: Wiley.

Gupta, K. P., Singh, S., & Bhaskar, P. (2016). Citizen adoption of e-government: a literature review and conceptual framework. *Electronic Government, an International Journal*, *12*(2), 160–185. https://doi.org/10.1504/EG.2016.076134

Habetha, J. (2006). The MyHeart project — Fighting cardiovascular diseases by prevention and early diagnosis. Em *Proceedings of the 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 6746–6749). New York, United States: IEEE. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.260937

Hakim, C. (1987). *Research design: Strategies and choices in the design of social research. Contemporary social research (No. 13)*. London, United Kingdom: Allen and Unwin.

Harle, R., Taherian, S., Pias, M., Coulouris, G., Hopper, A., Cameron, J., … Kerwin, D. G. (2012). Towards real-time profiling of sprints using wearable pressure sensors. *Computer Communications*, *35*(6), 650–660. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2011.03.019

Harmer, P. A. (2008). Incidence and characteristics of time-loss injuries in competitive fencing: A prospective, 5-year study of national competitions. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *18*(2), 137–142. https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e318161548d

Harrop, P., Hayward, J., Das, R., & Holland, G. (2015). Wearable technology 2015-2025: Technologies, markets, forecasts. Obtido 15 de Julho de 2018, de https://www.idtechex.com/en/research-report/wearable-technology-2015-2025-technologies-markets-forecasts/427

Hassenzahl, M. (2003). The Thing and I: Understanding the Relationship Between User and Product. Em M. A. Lythe, K. Overbeeke, A. F. Monk, & P. C. Wright (Eds.), *Funology. From Usability to Enjoyment, part of the Human-Computer Interaction Series* (pp. 31–42). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/1-4020-2967-5_4

Hassenzahl, M. (2004). Mit dem Attrakdiff die attraktivität interaktiver produkte messen. Em M. Hassenzahl & M. Peissner (Eds.), *Tagungsband UP04* (pp. 96–102). Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag.

Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. Em G. Szwillus & J. Ziegler (Eds.), *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung* (pp. 187–196). Stuttgart, Deutschland: B. G. Teubner. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80058-9_19

Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2008). Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www.attrakdiff.de. Em H. Brau, S. Diefenbach, M. Hassenzahl, F. Koller, M. Peissner, & K. Röse (Eds.), *Tagungsband UP08* (pp. 78–82). Stuttgart, Deutschland: Fraunhofer Verlag. Obtido de https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/5708

Hassenzahl, M., & Monk, A. (2010). The inference of perceived usability from beauty. *Human-Computer Interaction*, *25*(3), 235–260. https://doi.org/10.1080/07370024.2010.500139

Haupt, A., & Alstin, T. (2005). Hövding - Airbag for urban cyclists. Obtido 14 de Agosto de 2018, de https://hovding.com

Heichal, Y., Chandra, S., & Bordatchev, E. (2005). A fast-response thin film thermocouple to measure rapid surface temperature changes. *Experimental Thermal and Fluid Science*, *30*(2), 153–159. https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2005.05.004

Hekkert, P., & McDonagh, D. (2003). Design and emotion. *The Design Journal*, *6*(2), 1–3. https://doi.org/10.2752/146069203789355453

Hexoskin. (2016). Smart Shirt. Obtido 20 de Abril de 2018, de https://www.hexoskin.com/

Hiremath, S., Yang, G., & Mankodiya, K. (2014). Wearable internet of things: Concept, architectural components and promises for person-centered healthcare. Em *Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - Transforming healthcare through innovations in mobile and wireless technologies (MOBIHEALTH)* (pp. 304–307). Athens, Greece: IEEE. https://doi.org/10.4108/icst.mobihealth.2014.257440

Hövding. (2019). Press Release: Ready for launch of Hövding 3. Obtido 5 de Outubro de 2019, de https://hovding.com/press/#/pressreleases/ready-for-launch-of-hoevding-3-2907731

Hughes-Riley, T., Dias, T., & Cork, C. (2018). A historical review of the development of electronic textiles. *Fibers*, *6*(2), 34. https://doi.org/10.3390/fib6020034

Interaction Design Foundation. (2017). User centered design. Obtido 10 de Maio de 2019, de https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design

Jayaraman, S., & Park, S. (2001). Georgia Tech Wearable Motherboard™: The intelligent garment for the 21st Century. Obtido 12 de Março de 2018, de http://www.gtwm.gatech.edu/gtwm.html

Jebelli, H., Ahn, C. R., & Stentz, T. L. (2016). Comprehensive fall-risk assessment of construction workers using inertial measurement units: Validation of the gait-stability metric to assess the fall risk of iron workers. *Journal of Computing in Civil Engineering 2016*, *30*(3), 04015034. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000511

Jia, J., Xu, C., Pan, S., Xia, S., Wei, P., Noh, H., ... Jiang, X. (2018). Conductive thread-based textile sensor for continuous perspiration level monitoring. *Sensors*, *18*(11), 3775. https://doi.org/10.3390/s18113775

Jin, H., Yang, Z., Kumar, S., & Hong, J. I. (2018). Towards wearable everyday body-frame tracking using passive RFIDs. Em *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* (Vol. 1, pp. 1–23). New York, United States: ACM Press. https://doi.org/10.1145/3161199

Jokela, T. (2002). Making user-centred design common sense: Striving for an unambiguous and communicative UCD Process Model. Em *Proceedings of the 2nd Nordic conference on Human-computer interaction (NordiCHI '02)* (pp. 19–26). New York, United States: ACM Press. https://doi.org/10.1145/572020.572024

Jordan, P. W. (1998). Human factors for pleasure in product use. *Applied Ergonomics*, *29*(1), 25–33. https://doi.org/10.1016/S0003-6870(97)00022-7

Jordan, P. W. (1999). Pleasure with products: Human factors for body, mind and soul. Em W. S. Green & P. W. Jordan (Eds.), *Human factors in product design: Current practice and future trends* (pp. 206–217). London, United Kingdom: CRC Press.

Kang, S.-W., Choi, H., Park, H.-I., Choi, B.-G., Im, H., Shin, D., ... Roh, J.-S. (2017). The development of an IMU integrated clothes for postural monitoring using conductive yarn and interconnecting technology. *Sensors*, *17*(11), 2560. https://doi.org/10.3390/s17112560

Kim, J., Kwon, S., Seo, S., & Park, K. (2014). Highly wearable galvanic skin response sensor using flexible and conductive polymer foam. Em *Proceedings of the 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 6631–6634). Chicago, United States: IEEE. https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6945148

Kling, R. (1977). The organizational context of user-centered software designs. *MIS Quarterly*, *1*(4), 41. https://doi.org/10.2307/249021

Knight, J. F., Schwirtz, A., Psomadelis, F., Baber, C., Bristow, H. W., & Arvanitis, T. N. (2005). The design of the SensVest. *Pers Ubiquit Comput*, *9*(1), 6–19. https://doi.org/10.1007/s00779-004-0269-8

Köhler, A. R. (2013). Challenges for eco-design of emerging technologies: The case of electronic textiles. *Materials & Design*, *51*, 51–60. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.04.012

Köhler, A. R., Hilty, L. M., & Bakker, C. (2011). Prospective impacts of electronic textiles on recycling and disposal. *Journal of Industrial Ecology*, *15*(4), 496–511. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00358.x

Kolko, J. (2011). *Thoughts on interaction design*. San Francisco, United States: Morgan Kaufmann.

Kroes, P. (2002). Design methodology and the nature of technical artefacts. *Design Studies*, *23*(3), 287–302. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00039-4

Kumar, K., Paul, A., & Chen, J. I.-Z. (2020). Special issue on "Wearable computing techniques for smart health". *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *11*, 4305. https://doi.org/10.1007/s12652-020-01786-6

Lage, J., Catarino, A., Carvalho, H., & Rocha, A. (2015). Smart shirt with embedded vital sign and moisture sensing. Em *The First International Conference on Smart Portable, Wearable, Implantable and Disability-oriented Devices and Systems - SPWID 2015* (pp. 25–30). Lisboa, Portugal: Iaria. Obtido de http://hdl.handle.net/1822/37246

Lai, X., Liu, Q., Wei, X., Wang, W., Zhou, G., & Han, G. (2013). A survey of body sensor networks. *Sensors*, *13*(5), 5406–5447. https://doi.org/10.3390/s130505406

Lam Po Tang, S., & Stylios, G. K. (2006). An overview of smart technologies for clothing design and engineering. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *18*(2), 108–128. https://doi.org/10.1108/09556220610645766

Lamb, J. M., & Kallal, M. J. (1992). A conceptual framework for apparel design. *Clothing and Textiles Research Journal*, *10*(2), 42–47. https://doi.org/10.1177/0887302X9201000207

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, *33*(1), 159. https://doi.org/10.2307/2529310

Lane, M. (2017). Leon Paul wireless fencing system. Obtido 10 de Setembro de 2019, de https://www.fencing.net/reviews/leon-paul-wireless-fencing-system/

Langereis, G., de Voogd-Claessen, L., Spaepen, A., Siplia, A., Rotsch, C., & Linz, T. (2007). ConText: Contactless sensors for body monitoring incorporated in textiles. Em *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Portable Information Devices* (pp. 1–5). Orlando, United States: IEEE. https://doi.org/10.1109/PORTABLE.2007.32

Lazar, J., Feng, J. H., & Hochheiser, H. (2017). *Research methods in human-computer interaction* (2.ª ed.). Burlington, United States: Morgan Kaufmann.

Led, S., Azpilicueta, L., Martínez-Espronceda, M., Serrano, L., & Falcone, F. (2015). Operation, analysis and optimization of wireless sensor devices in health oriented monitoring systems. Em S. Adibi (Ed.), *Mobile Health. Springer Series in Bio-/Neuroinformatics* (pp. 245–263). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12817-7_11

Lee, E., Roh, J.-S., & Kim, S. (2018). User-centered interface design approach for a smart heated garment. *Fibers and Polymers*, *19*(1), 238–247. https://doi.org/10.1007/s12221-018-7674-x

Lemey, S., Agneessens, S., & Rogier, H. (2018). Wearable smart objects: Microwaves propelling smart textiles: A review of holistic designs for wireless textile nodes. *IEEE Microwave Magazine*, *19*(6), 83–100. https://doi.org/10.1109/MMM.2018.2844030

Lendlein, A., & Kelch, S. (2002). Shape-memory polymers. *Angewandte Chemie International Edition*, *41*(12), 2034–2057. https://doi.org/10.1002/1521-3773(20020617)41:12<2034::AID-ANIE2034>3.0.CO;2-M

Leon Paul London. (2019). Iconic fencing equipment made in London. Obtido 8 de Setembro de 2019, de https://www.leonpaul.com

Lewis, J. R. (2019). Comparison of four TAM item formats: Effect of response option labels and order. *Journal of Usability Studies*, *14*(4), 224–236. Obtido de https://uxpajournal.org/tam-formats-effect-response-labels-order/

Lewis, J. R., & Sauro, J. (2009). The factor structure of the System Usability Scale. Em M. Kurosu (Ed.), *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 5619, pp. 94–103). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12

LikeAGlove. (2014). Smart leggings measure you! Obtido 15 de Outubro de 2019, de https://likeaglove.me/

Lin, B.-S., Lee, I.-J., Yang, S.-Y., Lo, Y.-C., Lee, J., & Chen, J.-L. (2018). Design of an Inertial-Sensor-Based data glove for hand function evaluation. *Sensors*, *18*(5), 1545. https://doi.org/10.3390/s18051545

Lin, R., & Kreifeldt, J. G. (2001). Ergonomics in wearable computer design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *27*(4), 259–269. https://doi.org/10.1016/S0169-8141(00)00055-X

Lindqvist, R. (2016). On the relationship between the shear forces in human skin and the grain direction of woven fabric. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, *9*(2), 106–114. https://doi.org/10.1080/17543266.2016.1173235

Lugoda, P., Hughes-Riley, T., Oliveira, C., Morris, R., & Dias, T. (2018). Developing novel temperature sensing garments for health monitoring applications. *Fibers*, *6*(3), 46. https://doi.org/10.3390/fib6030046

Lukowicz, P., Timm-Giel, A., Lawo, M., & Herzog, O. (2007). WearIT@work: Toward real-world industrial wearable computing. *IEEE Pervasive Computing*, *6*(4), 8–13. https://doi.org/10.1109/MPRV.2007.89

Lumelsky, V. J., Shur, M. S., & Wagner, S. (2001). Sensitive skin. *IEEE Sensors Journal*, *1*(1), 41–51. https://doi.org/10.1109/JSEN.2001.923586

Luo, J., Mao, A., Au, J. S., Li, Y., & Zhang, X. (2014). Fusion of art and technology in professional cycling sportswear design. *Leonardo*, *47*(2), 176–178. https://doi.org/10.1162/LEON_a_00737

Lupton, D. (2014). Self-tracking cultures: Towards a sociology of personal informatics. Em *Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures the Future of Design (OzCHI '14)* (pp. 77–86). New York, United States: ACM Press. https://doi.org/10.1145/2686612.2686623

Lymberis, A., & Paradiso, R. (2008). Smart fabrics and interactive textile enabling wearable personal applications: R&D state of the art and future challenges. Em *Proceeding of the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 5270–5273). Vancouver, Canada: IEEE. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2008.4650403

Mann, S. (1996, Agosto). Smart clothing: The shift to wearable computing. *Communications of the ACM*, *39*(8), 23–24. https://doi.org/10.1145/232014.232021

Márquez, J. C., Seoane, F., & Lindecrantz, K. (2013). Textrode functional straps for bioimpedance measurements-experimental results for body composition analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, *67*(S1), S22–S27. https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.161

Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A., & Rocha, N. P. (2015). European Portuguese validation of the System Usability Scale (SUS). *Procedia Computer Science*, *67*(Dsai), 293–300. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.273

McLellan, H. (2000). Experience design. *CyberPsychology & Behavior*, *3*(1), 59–69. https://doi.org/10.1089/109493100316238

Mecheels, S. (2004). Smart clothes: The stony way from the vision to the marketable product. Em *Proceedings of the 2004 International Dornbirn Conference on Chemical Fibers*. Dorbirn, Austria.

Mecheels, S., Breckenfelder, C., & Schroth, B. (2004). *Smart clothes: Intelligente textile produkte auf der basis innovativer mikrotechnologie; expertensicht-beispiele-empfehlungen*. Bönnigheim, Deutschland: Hohenstein Institute.

Mencarini, E., Leonardi, C., Cappelletti, A., Giovanelli, D., De Angeli, A., & Zancanaro, M. (2019). Co-designing wearable devices for sports: The case study of sport climbing. *International Journal of Human-Computer Studies*, *124*, 26–43. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.10.005

Mendes Jr., J., Vieira, M., Pires, M., & Stevan Jr., S. (2016). Sensor fusion and smart sensor in sports and biomedical applications. *Sensors*, *16*(10), 1569. https://doi.org/10.3390/s16101569

Mendes, R., Fernandes, J., & Correia, M. (2017). Guia prático para a elaboração de inquéritos por questionário. Lisboa, Portugal: Instituto Técnico da Universidade de Lisboa. Obtido de https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779580654133/Guia Pratico.pdf

Mengüç, Y., Park, Y.-L., Martinez-Villalpando, E., Aubin, P., Zisook, M., Stirling, L., ... Walsh, C. J. (2013). Soft wearable motion sensing suit for lower limb biomechanics measurements. Em *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 5309–5316). Karlsruhe, Germany: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICRA.2013.6631337

Mihaleva, G., & Koh, C. (2016). Evolution of fashion design in the era of high-tech culture. *International Journal of Materials and Textile Engineering*, *10*(7), 2447–2451. https://doi.org/10.5281/zenodo.1125799

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Mohr, G. J., & Wolfbeis, O. S. (1994). Optical sensors for a wide pH range based on azo dyes immobilized on a novel support. *Analytica Chimica Acta*, *292*(1–2), 41–48. https://doi.org/10.1016/0003-2670(94)00096-4

Muhammad Sayem, A. S., Hon Teay, S., Shahariar, H., Luise Fink, P., & Albarbar, A. (2020). Review on smart electro-clothing systems (SeCSs). *Sensors*, *20*(3), 587. https://doi.org/10.3390/s20030587

Nesenbergs, K. (2016). Architecture of smart clothing for standardized wearable sensor systems. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, *19*(5), 36–64. https://doi.org/10.1109/MIM.2016.7579068

Nesenbergs, K., & Selavo, L. (2015). Smart textiles for wearable sensor networks: Review and early lessons. Em *Proceeding of the 2015 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)* (pp. 402–406). Turin, Italy: IEEE. https://doi.org/10.1109/MeMeA.2015.7145236

Nessler, D. (2018). How to apply a design thinking, HCD, UX or any creative process from scratch — Revised & new version. Obtido 5 de Abril de 2018, de https://medium.com/digital-experience-design/how-to-apply-a-design-thinking-hcd-ux-or-any-creative-process-from-scratch-b8786efbf812

Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*. New York, United States: Basic Books.

Norman, D. A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. New York, United States: Basic Books.

Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. *User Centered System Design*. San Diego, United States: CRC Press. https://doi.org/10.1201/b15703

Norman, D. A., Ortony, A., & Russell, D. M. (2003). Affect and machine design: Lessons for the development of autonomous machines. *IBM Systems Journal*, *42*(1), 38–44. https://doi.org/10.1147/sj.421.0038

OMsignal. (2014). Smart T-shirt. Obtido 20 de Abril de 2018, de http://www.omsignal.com/

Ou, J., Skouras, M., Vlavianos, N., Heibeck, F., Cheng, C.-Y., Peters, J., & Ishii, H. (2016). aeroMorph - Heat-sealing inflatable shape-change materials for interaction design. Em *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 121–132). New York, United States: ACM Press. https://doi.org/10.1145/2984511.2984520

Özcan, B., Caligiore, D., Sperati, V., Moretta, T., & Baldassarre, G. (2016). Transitional wearable companions: A novel concept of soft interactive social robots to improve social skills in children with autism spectrum disorder. *International Journal of Social Robotics*, *8*(4), 471–481. https://doi.org/10.1007/s12369-016-0373-8

Paiva, A., Catarino, A., Carvalho, H., Postolache, O., Postolache, G., & Ferreira, F. (2019). Design of a long sleeve t-shirt with ECG and EMG for athletes and rehabilitation patients. Em J. Machado, F. Soares, & G. Veiga (Eds.), *Innovation, Engineering and Entrepreneurship. HELIX 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 505, pp. 244–250). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91334-6_34

Paiva, A., Vieira, D., Cunha, J., Carvalho, H., & Providência, B. (2019). Design of a smart garment for cycling. Em J. Machado, F. Soares, & G. Veiga (Eds.), *Innovation, Engineering and Entrepreneurship. HELIX 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 505, pp. 229–235). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91334-6_32

Pallant, J. (2007). *SPSS Survival Manual: A step by step guide to data analysis using SPSS for Windows* (3.ª ed.). Maidenhead, United Kingdom: Open University Press.

Paradiso, R., Loriga, G., Taccini, N., Gemignani, A., & Ghelarducci, B. (2005). WEALTHY - A wearable healthcare system: New frontier on e-textile. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, *4*, 105–113.

Park, S., Mackenzie, K., & Jayaraman, S. (2002). The Wearable Motherboard: A framework for personalized mobile information processing (PMIP). Em *Proceedings of the 39th conference on Design automation - DAC '02* (pp. 170–174). New Orleans, United States: ACM Press. https://doi.org/10.1145/513918.513961

Parzer, P., Sharma, A., Vogl, A., Steimle, J., Olwal, A., & Haller, M. (2017). SmartSleeve: Real-time sensing of surface and deformation gestures on flexible, interactive textiles, using a hybrid gesture detection pipeline. Em *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 565–577). Québec City, Canada: ACM. https://doi.org/10.1145/3126594.3126652

Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L., & Rodgers, M. (2012). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *9*(1), 21. https://doi.org/10.1186/1743-0003-9-21

Paul, G., Torah, R., Beeby, S., & Tudor, J. (2015). Novel active electrodes for ECG monitoring on woven textiles fabricated by screen and stencil printing. *Sensors and Actuators A: Physical*, *221*, 60–66. https://doi.org/10.1016/j.sna.2014.10.030

Perry, A., Malinin, L., Sanders, E., Li, Y., & Leigh, K. (2017). Explore consumer needs and design purposes of smart clothing from designers' perspectives. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, *10*(3), 372–380. https://doi.org/10.1080/17543266.2016.1278465

Post, E. R., & Orth, M. (1997). Smart fabric, or «wearable clothing». Em *Digest of Papers. First International Symposium on Wearable Computers* (pp. 167–168). Cambridge, United Kingdom: IEEE. https://doi.org/10.1109/ISWC.1997.629937

Ralph Lauren. (2015). PoloTech™ Shirt. Obtido 20 de Abril de 2018, de https://www.ralphlauren.com/

Rambausek, L. (2014). *Textronics - Defination, development and characterization of fibrous organic field effect transistors*. (Doctoral dissertation). Ghent University, Belgium. Obtido de https://biblio.ugent.be/publication/5777130/file/5777149

Rault, T., Bouabdallah, A., Challal, Y., & Marin, F. (2017). A survey of energy-efficient context recognition systems using wearable sensors for healthcare applications. *Pervasive and Mobile Computing*, *37*, 23–44. https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.08.003

Ribeiro, I. M., & Providência, B. (2021). Quality Perception with Attrakdiff Method: A study in Higher Education. Em N. Martins & D. Brandão (Eds.), *Advances in Design and Digital Communication* (pp. 222–233). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

Ridolfi, A., Vetter, R., Solà, J., & Sartori, C. (2010). Physiological monitoring system for high altitude sports. *Procedia Engineering*, *2*(2), 2889–2894. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.083

Roi, G. S., & Bianchedi, D. (2008). The science of fencing - Implications for performance and injury prevention. *Sports Medicine*, *38*(6), 465–481. https://doi.org/10.2165/00007256-200838060-00003

Rokoko Electronics. (2020). Smartsuit Pro - Your own personal mocap studio, in one simple, portable suit. Obtido 20 de Abril de 2020, de https://www.rokoko.com/products/smartsuit-pro

Roser, M., & Ritchie, H. (2013). Technological progress. *Published online at Our World in Data*. Obtido de https://ourworldindata.org/technological-progress

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, *55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Ryan, T. P. (2013). *Sample size determination and power*. WILEY. https://doi.org/10.1002/9781118439241

Saldaña, J. (2013). *The coding manual for qualitative researchers* (2.ª ed.). London, United Kingdom: SAGE.

Santos, A. (2019). Unsplash — Photos for everyone. Obtido 19 de Junho de 2019, de https://unsplash.com

Santos, J. Dos, & Gonçalves, R. (2005). QuickDASH: Portuguese. Obtido 1 de Junho de 2020, de https://dash.iwh.on.ca/available-translations

Sauro, J. (2011). Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS). Obtido 27 de Janeiro de 2021, de https://measuringu.com/sus/

Schifferstein, H. N. J., & Hekkert, P. (2008). *Product experience*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.

Schmied, B., Günther, J., Klatt, C., Kober, H., & Raemaekers, E. (2008). STELLA - Stretchable electronics for large area applications - A new technology for smart textiles. *Advances in Science and Technology*, *60*, 67–73. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AST.60.67

Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., & Deguillemont, D. (2010). A roadmap on smart textiles. *Textile Progress*, *42*(2), 99–180. https://doi.org/10.1080/00405160903465220

Seymour, S. (2008). *Fashionable technology: The intersection of design, fashion, science, and technology*. New York, United States: Springer.

Shen, C.-L., Huang, T.-H., Hsu, P.-C., Ko, Y.-C., Chen, F.-L., Wang, W.-C., ... Chan, C.-T. (2017). Respiratory rate estimation by using ECG, impedance, and motion sensing in smart clothing. *Journal of Medical and Biological Engineering*, *37*(6), 826–842. https://doi.org/10.1007/s40846-017-0247-z

Shilling, E. (2016). The long history behind fencers ' hit-detecting electrified gear. Obtido 22 de Julho de 2019, de https://www.atlasobscura.com/articles/the-long-history-behind-fencers-hitdetecting-electrified-gear

Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3.ª ed.). Massachusetts, United States: MIT Press.

Sinclair, J., Bottoms, L., Taylor, K., & Greenhalgh, A. (2010). Tibial shock measured during the fencing lunge: the influence of footwear. *Sports Biomechanics*, *9*(2), 65–71. https://doi.org/10.1080/14763141.2010.491161

Standoli, C., Guarneri, M., Perego, P., Mazzola, M., Mazzola, A., & Andreoni, G. (2016). A smart wearable sensor system for counter-fighting overweight in teenagers. *Sensors*, *16*(8), 1220. https://doi.org/10.3390/s16081220

Stappers, P. J., & Giaccardi, E. (2013). Research through design. Em *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (2.ª ed.). Interaction Design Foundation. Obtido de https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/research-through-design

Stevenson, J. (2014). That Rapha Team Sky mesh skinsuit: New pics & the origin story. Obtido 17 de Agosto de 2018, de https://road.cc/content/news/108718-raphas-team-sky-mesh-skinsuit-new-pics-origin-story

Stoppa, M., & Chiolerio, A. (2014). Wearable electronics and smart textiles: A critical review. *Sensors*, *14*(7), 11957–11992. https://doi.org/10.3390/s140711957

Swan, M. (2012). Sensor mania! The internet of things, wearable computing, objective metrics, and the quantified self 2.0. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, *1*(3), 217–253. https://doi.org/10.3390/jsan1030217

Tama, D., Gomes, P., Abreu, M. J., Souto, A. P., & Carvalho, H. (2017). Developing smart body protector for sports karate. Em *Proceeding of the XIVth International Izmir Textile and Apparel Symposium*.

Tanimura, H. (2016). Project Jacquard ™. Obtido 20 de Abril de 2018, de http://www.hanatanimura.com/projectjacquard

Tao, X. (2005). Introduction by professor Xiaoming Tao. Em X. Tao (Ed.), *Wearable Electronics and Photonics* (pp. 1–12). Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing.

Tognetti, A., Lorussi, F., Carbonaro, N., & de Rossi, D. (2015). Wearable goniometer and accelerometer sensory fusion for knee joint angle measurement in daily life. *Sensors*, *15*(11), 28435–28455. https://doi.org/10.3390/s151128435

Tonetto, L., & da Costa, F. (2011). Emotional design: concepts, approaches and research perspectives. *Strategic Design Research Journal*, *4*(3), 132–140. https://doi.org/10.4013/sdrj.2011.43.04

Torres-Huitzil, C., & Alvarez-Landero, A. (2015). Accelerometer-based human activity recognition in smartphones for healthcare services. Em S. Adibi (Ed.), *Mobile Health. Springer Series in Bio-/Neuroinformatics* (pp. 147–169). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12817-7_7

Ullah, S., Higgins, H., Braem, B., Latre, B., Blondia, C., Moerman, I., ... Kwak, K. S. (2012). A comprehensive survey of wireless body area networks. *Journal of Medical Systems*, *36*(3), 1065–1094. https://doi.org/10.1007/s10916-010-9571-3

Uman, L. S. (2011). Systematic reviews and meta-analyses. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *20*(1), 57–59. https://doi.org/10.1016/b978-0-443-06367-1.50015-6

Van Kesteren, I. E. H., Stappers, P. J., & de Bruijn, J. C. M. (2007). Materials in products selection: Tools for including user-interaction in materials selection. *International Journal of Design*, *1*(3), 41–55. Obtido de http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/129

Van Langenhove, L., & Hertleer, C. (2004). Smart clothing: A new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *16*(1/2), 63–72. https://doi.org/10.1108/09556220410520360

Velázquez, R., Pissaloux, E., Rodrigo, P., Carrasco, M., Giannoccaro, N., & Lay-Ekuakille, A. (2018). An outdoor navigation system for blind pedestrians using GPS and tactile-foot feedback. *Applied Sciences*, *8*(4), 578. https://doi.org/10.3390/app8040578

Vervust, T., Buyle, G., Bossuyt, F., & Vanfleteren, J. (2012). Integration of stretchable and washable electronic modules for smart textile applications. *Journal of the Textile Institute*, *103*(10), 1127–1138. https://doi.org/10.1080/00405000.2012.664866

Vik, M., & Periyasamy, A. P. (2018). *Chromic materials: Fundamentals, measurements, and applications*. (M. Viková, Ed.). New York, United States: CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781351171007

Wagner, J. F. (2018). About motion measurement in sports based on gyroscopes and accelerometers—an engineering point of view. *Gyroscopy and Navigation*, *9*(1), 1–18. https://doi.org/10.1134/S2075108718010091

Wang, Q., De Baets, L., Timmermans, A., Chen, W., Giacolini, L., Matheve, T., & Markopoulos, P. (2017). Motor control training for the shoulder with smart garments. *Sensors*, *17*(7), 1687. https://doi.org/10.3390/s17071687

Wei, Y., Wu, Y., & Tudor, J. (2017). A real-time wearable emotion detection headband based on EEG measurement. *Sensors and Actuators A: Physical*, *263*, 614–621. https://doi.org/10.1016/j.sna.2017.07.012

Weiser, M. (1999). The computer for the 21st century. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, *3*(3), 3–11. https://doi.org/10.1145/329124.329126

Worden, K., Bullough, W. A., & Haywood, J. (2003). *Smart technologies*. Singapore, Malaysia: World Scientific. https://doi.org/10.1142/4832

Yanfen, L., & Pu, H. (2011). Smart sportswear. Em *2011 International Conference on Future Computer Science and Education* (pp. 135–138). Xi'an, China: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICFCSE.2011.41

Yao, L., Ou, J., Cheng, C.-Y., Steiner, H., Wang, W., Wang, G., & Ishii, H. (2015). bioLogic: Natto cells as nanoactuators for shape changing interfaces. Em *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '15* (pp. 1–10). Seoul, Korea: ACM Press. https://doi.org/10.1145/2702123.2702611

Yao, L., Wang, W., Wang, G., Steiner, H., Cheng, C., Ou, J., ... Ishii, H. (2015). bioLogic. Obtido 14 de Fevereiro de 2018, de http://tangible.media.mit.edu/project/biologic/

Yokus, M. A., Foote, R., & Jur, J. S. (2016). Printed stretchable interconnects for smart garments: Design, fabrication, and characterization. *IEEE Sensors Journal*, *16*(22), 7967–7976. https://doi.org/10.1109/JSEN.2016.2605071

Yoon, S. H., Huo, K., & Ramani, K. (2016). Wearable textile input device with multimodal sensing for eyes-free mobile interaction during daily activities. *Pervasive and Mobile Computing*, *33*, 17–31. https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.04.008

Zeagler, C. (2017). Where to wear it: Functional, technical, and social considerations in on-body location for wearable technology 20 years of designing for wearability. Em *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers - ISWC '17* (pp. 150–157). Maui, Hawaii: ACM Press. https://doi.org/10.1145/3123021.3123042

Zhang, X. X., & Tao, X. M. (2001a). Smart textiles (1): Passive smart. *Textile Asia*, *32*(6), 45–48.

Zhang, X. X., & Tao, X. M. (2001b). Smart textiles (2): Active smart. *Textile Asia*, *32*(7), 49–52.

Zhang, X. X., & Tao, X. M. (2001c). Smart textiles (3): Very smart. *Textile Asia*, *32*(8), 35–37.

Zhou, B., Sundholm, M., Cheng, J., Cruz, H., & Lukowicz, P. (2017). Measuring muscle activities during gym exercises with textile pressure mapping sensors. *Pervasive and Mobile Computing*, *38*, 331–345. https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.08.015

Apêndices

Apêndice 1: Inquérito por questionário e entrevista — Requisitos do utilizador 200

Apêndice 2: Inquérito (Secção 3, Questão 5) — Entrevista: Transcrição de 86 gravações 201

Apêndice 3: Inquérito (Secção 1) — Gráficos: Versão completa dos resultados 210

Apêndice 4: Inquérito (Secção 2) — Gráficos: Versão completa dos resultados 212

Apêndice 5. Imagens de vídeo aplicado no inquérito *online* (Q4) 214

Apêndice 6. Inquérito por entrevista — Funcionamento das tecnologias e feedback 215

Apêndice 7. Apresentação do conceito através de infografias e vídeo 360º 216

Apêndice 8. Inquérito por entrevista —Transcrição de 4 gravações 217

O Futuro do Vestuário de Esgrima

Este inquérito faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:

◯ Masculino; ◯ Feminino.

Escalão etário do atleta:

☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

(Secção 1) **REQUISITOS FUNCIONAIS** *	Nada Importante	Pouco Importante	Indiferente	Importante	Muito Importante
1. O vestuário deve manter o corpo fresco e seco?	☐	☐	☐	☐	☐
2. O vestuário deve aumentar a potência muscular?	☐	☐	☐	☐	☐
3. O vestuário deve prevenir lesões musculares?	☐	☐	☐	☐	☐
4. O vestuário deve reduzir a fadiga muscular?	☐	☐	☐	☐	☐
5. O vestuário deve possuir uma imagem profissional?	☐	☐	☐	☐	☐

(Secção 2) **REQUISITOS DE DESIGN**	Nada Importante	Pouco Importante	Indiferente	Importante	Muito Importante
1. Um bom design deve ser de fácil utilização?	☐	☐	☐	☐	☐
2. Um bom design deve ser de fácil manutenção?	☐	☐	☐	☐	☐
3. Um bom design deve fazer-te sentir bonito/a?	☐	☐	☐	☐	☐
4. Um bom design deve ajudar-te a ficar confiante?	☐	☐	☐	☐	☐
5. Um bom design deve identificar-te?	☐	☐	☐	☐	☐

(Secção 3) **VISÃO FUTURA**

1. Que marcas de vestuário de esgrima prefere?

☐ Absolute Fencing; ☐ Carmimari; ☐ Gajardoni; ☐ PBT Fencing;
☐ Allstar International; ☐ Fence With Fun; ☐ Leon Paul; ☐ Uhlmann;
☐ Blaise Frères; ☐ Fencing Armor; ☐ Negrini; Outra_____

2. Nível de entendimento sobre roupas inteligentes?

☐ Nenhum; ☐ Insuficiente; ☐ Satisfatório; ☐ Bom; ☐ Excelente.

3. Que tecnologias incorporaria no vestuário de esgrima?

☐ Captura Movimentos; ☐ Frequência Cardíaca; ☐ Medição do Corpo; ☐ Pressão Sanguínea;
☐ Emissor de Luz; ☐ Frequência Respiratória; ☐ Medição Emocional; ☐ Temperatura Corporal;
☐ Emissor de Som; ☐ Localização Espacial; ☐ Medição Muscular; Outra_____
☐ Emissor de Vibração; ☐ Medição Cerebral; ☐ Pressão de Toque;

4. Nível de satisfação com o atual vestuário de esgrima?

☐ Muito Insatisfeito; ☐ Insatisfeito; ☐ Indiferente; ☐ Satisfeito; ☐ Muito Satisfeito.

5. Fale-nos um pouco sobre a sua experiência com o vestuário de esgrima.

▶ Gravação de áudio.

Apêndice 2: Inquérito (Secção 3, Questão 5) — Entrevista: Transcrição de 86 gravações

Participante 1/Sinto que o fato de esgrima não tem uma adaptação que permita sentirmo-nos bem, quer no inverno quer no verão, ou seja, no inverno se calhar estamos quentes. No verão são demasiado desconfortáveis e quentes.

Participante 2/Eu acho que o vestuário de esgrima protege e é bom para a modalidade. Mas acho que, devia em certas zonas em que os toques são mais dolorosos ser um pouco mais protegido – Como aqui! Na zona da bacia e da clavícula!

Participante 3/Eu pratico esgrima há 5 anos e já comprei vários fatos de esgrima; e o último que comprei é da gama ultralight da Leon Paul. É um fato muito mais leve que os anteriores, que durante o jogo e a longo prazo torna muito mais fácil jogar; porque a ser muito mais leve nós não notamos tanto o cansaço. E é mais respirável.

Participante 4/Eu gosto de sempre ter o melhor, estar sempre bem-apresentado. Gosto, porque acho que me da confiança estar/sentir-me bem vestido, apesar de para muita gente isso não fazer diferença. E realmente por um lado, de um certo ponto de vista – não faz! Mas acho que me dá confiança estar bem vestido, ter bom material, ter material que dure bastante tempo.

Participante 5/É bom poder ter coisas melhores. As vezes é um bocado quente e torna-se um bocado chato; em algumas partes não é assim tão protegido, mas de resto é satisfatório.

Participante 6/Tudo perfeito! Menos as vezes quanto está dias de calor, não é boa atualização, fica mesmo muito calor no corpo. E acho que é só isso, acho que o resto é tudo perfeito.

Participante 7/Bem, da experiência que tenho do vestuário atual é só mesmo o facto de às vezes nos sentirmos um bocado quentes, principalmente nas alturas do verão e, assim, nas alturas que está mais calor o corpo sente-se mais cansado. E até mesmo com suor afeta um bocado ao nível da máscara, muitas vezes afeta um bocado a qualidade da pele. Passando um bocado começa a fica com mais irritação do calor, e por aí fora! A nível de problemas que eu tive com o vestuário é só mesmo esse. Mas também tem muitas vantagens, e a aparência como está agora do vestuário acho bastante boa – não estou a ver porque lado mais possa melhorar! Está de uma maneira ao meu agrado e com certeza de muitos outros.

Participante 8/Tem de ser um fato confortável que me deixe fazer todos os movimentos necessários.

Participante 9/O vestuário tem que ser confortável, ajustável ao nosso corpo e resistente.

Participante 10/Durante o verão os fatos são demasiado quentes e torna-se um bocado difícil treinar devido ao calor.

Participante 11/Muitos deles são satisfatórios, mas são muito quentes e muitos deles não são tão resistíveis quanto outros.

Participante 12/É relativamente caro.

Participante 13/Tem de ser o mais confortável possível e o mais adaptado possível ao corpo.

Participante 14/É importante a máscara de proteção sobretudo na espada, na zona do pescoço. Quanto ao resto, desde que passei a usar uma proteção de corpo senti melhorias, nomeadamente, a não ter tantas mazelas físicas.

Participante 15/Eu comprei uma vez um equipamento, há muitos anos, foi um equipamento quase sob medida, no qual minhas medidas foram tomadas e o equipamento foi realizado conforme as minhas medidas, é um equipamento de boa qualidade, então nunca precisei de trocá-lo. Vejo que os equipamentos de esgrima que eu tive tem muita durabilidade, posso usar anos a fio sem ir à vida.

Participante 16/A parte mais importante é a elasticidade, isto é, não sentir os movimentos presos. Igualmente importante é a proteção contra a agressão do adversário. A resistência que o vestuário tem, na minha experiência é importante de ter. Portanto, que o sapato e a meia funcionem, estejam bem apertados, a meia aconchega bem o pé e o sapato por sua vez se adapte perfeitamente ao pé com a meia calçada. Essencialmente é isso, a elasticidade e a parte do pé é importante. Quando escorrega, e às vezes acontece, estas meias que tem muito nylon tornam o pé escorregadio e é preciso apertar o sapato, apertar muito o sapato também não é bom porque aperta muito o pé. A nível do sapato, eu até prefiro usar ténis que sapatos propriamente de esgrima.

Participante 17/O vestuário é caro.

Participante 18/O vestuário da esgrima é muito seguro, mas também nos deixa muito quentes devido às várias camadas. Podia ser mais barato – o vestuário de esgrima é muito caro para maioria das pessoas. E acho que podíamos ter melhorias ao nível da respiração dos tecidos com o suor, acaba por entranhar o cheiro. E ser mais fácil de lavar.

Participante 19/Alguma função para poder lavar a máscara sem estragar a máquina de lavar. Ou mesmo a máscara, retirar a aparte interior sem estragar a máscara.

Participante 20/Um dos principais problemas é a transpiração sobretudo na altura do verão, portanto, os fatos e as máscaras tornam-se bastante quentes. Outro problema é a questão das lavagens sobretudo na questão das máscaras, porque embora já haja babetes substituíveis, maior parte não são. E depois, elas acabam por ficar sujas, cheirar mal, etc. É difícil, não se consegue lavar.

Participante 21/Quando comecei a fazer esgrima, nós não utilizávamos as roupas que atualmente existem. Os equipamentos, ou seja, até existiam, mas nós por motivos económicos treinávamos com calças de fato treino e *t-shirts* banais; só que quatro ou cinco para não nos magoarmos com os toques. E depois, com o passar dos anos tivemos a possibilidade de com algum apoio ter uns fatos verdadeiramente ditos de esgrima. No início, os primeiros fatos que tivemos foram mandados fazer numa costureira, arranjávamos um modelo e mandávamos fazer, mas em termos de qualidade eram fracos. E depois quando nos mantivemos na modalidade e tivemos mais apoios da federação já conseguimos ter fatos propriamente ditos de esgrima, comprados às marcas fabricantes. No início, eram fatos pesados, muito duros, grossos; porque o objetivo era nós não nos magoarmos, e hoje em dia já tens fatos espetaculares que apesar de caros, em termos de peso são muito leves e acabam por ser frescos. Que na esgrima devido à quantidade de roupa que usamos o calor é um problema para nós pois precisamos de nos refrescar. Por isso, neste momento já se verificou uma grande evolução em termos de material, mas penso que com os anos aconteceram mais coisas.

Participante 22/Como atleta já estou muito habituado ao vestuário da esgrima que já nem penso bem o que é que estou a vestir, tudo o que nós vestimos é para nos proteger de possíveis impactos que nós vamos ter depois a jogar. Por isso, já não é uma coisa que eu ache que pense nisso, eu visto e pronto. Uma coisa que eu faço rápido, em quinze segundos já consigo vestir o fato todo. Para os atletas mais pequenos é um pouco mais difícil, porque eles não estão habituados a vestir tanta coisa e temos que ter uma ordem para cada peça de vestuário. No entanto, acho que é um pouco mais difícil para eles. Como treinador eles têm, pronto, algumas dificuldades a vestir o fato, é preciso alguma prática para isso. Mas pronto, o fato protege de tudo.

Participante 23/O que acho mais importante no vestuário de esgrima é que não tolhe os movimentos e assegure a integridade corporal, portanto, que nos proteja contra, enfim, os impactos das laminas – obviamente que sejam anti-perfurações. Eu cresci/comecei a fazer esgrima no tempo que ainda havia acidentes com perfuração resultantes das roturas das laminas, isso hoje em dia é coisa que não existe. Não tenho conhecimento nos últimos 20 anos de qualquer acidente sobre essa matéria, as coisas evoluíram muito relativamente a isso. Portanto, são as minhas preocupações e, portanto, desde comecei a fazer esgrima nos anos 80 de facto foi, o material de esgrima evoluiu muito, sempre em prólogo da segurança e isso é fundamental. Não sou daqueles que acha muito importante o design do vestuário da esgrima, não sou daqueles que gosta de muitas cores no vestuário da esgrima e por tanto basicamente o que eu acho importante que nos proteja e que seja confortável ao vestir e que não seja muito pesado.

Participante 24/Para mim a importância do vestuário de esgrima é nossa, porque nos condiciona em tudo que é importante na esgrima, que é o movimento e a rapidez do movimento, acho que com os anos a esgrima tem vindo a evoluir muito nesse sentido, cada vez mais o material é mais leve, mais maleável e mais fácil de utilizar. É cada vez mais seguro, não há acidentes relacionados com a esgrima há muito tempo e nos últimos tempos a esgrima tem evoluído no sentido certo.

Participante 25/A minha experiência é um bocado reduzida em termos de vestuário, acho que a coisa que me preocupou mais, foi os ténis/as sapatilhas. Eu procurei algumas que funcionassem, e protegessem os joelhos – o fato eu só tive um! Portanto a minha experiência é muito reduzida nesse aspeto, uso o mesmo fato há dois anos. Foi os anos que comecei esgrima e, portanto, não tenho termo de comparação, a mesma coisa com a máscara. Portanto as únicas coisas que sinto é que o meu fato deveria ser de facto mais leve e fresco – o que não é! Isso acaba por tirar algum potencial que eu provavelmente tenho.

Participante 26/Eu já tive vários fatos e, na maior parte dos fatos passando algum tempo ficam muito duros e os elásticos do fato estragam-se muito rapidamente. Temos de substituir os elásticos que ficam ressequidos. Depois se os usamos muito ficam extremamente chatos de utilizar.

Participante 27/O fato da esgrima para mim é confortável e gosto de jogar com ele. A única coisa que vejo mal é que no inverno eu sinto-me muito mais confortável que no verão a jogar com ele. Porque no verão ele é mais quente.

Participante 28/Sinto maior parte do tempo que é desconfortável. Sinto que faz muita impressão, não sei se pica se está apertado, se está sempre a roçar em algum lado, principalmente na parte de cima. Acho que as calças e as meias são boas – mais ou menos – embora escorreguem um bocadinho e, a máscara de modo geral chega a ser desconfortável, tanto pela maneira como pomos o cabelo.

Participante 29/Gosto do vestuário que tenho, apesar de achar que não é o melhor. Mas é flexível, tem muita liberdade de movimentos e dura muito tempo.

Participante 30/O equipamento de esgrima sufoca um bocado no pescoço, mas de resto consegue proporcionar os movimentos que eu preciso para jogar.

Participante 31/Eu em particular gosto muito, sempre gostei da marca da Allstar. É uma marca que eu acho que tem um bom corte, as roupas são confortáveis, as roupas permitem uma boa pratica desportiva da esgrima, no entanto, eu acho que cada vez tem menos durabilidade, estragam-se muito mais rápido. Dantes um gilet elétrico durava um ano, dois anos. Agora dura quatro meses, cinco meses e acho que isso é um ponto muito negativo nesta altura. Já em contraponto a Leon Paul, embora não tenha muita experiência com roupa Leon Paul, mas tenho alguma, tem uma qualidade bastante superior, uma durabilidade bastante superior. No entanto, o design e o corte já não é tão bonito, digamos, face ao da Allstar.

Participante 32/Grande mudança do vestiário de esgrima foi efetivamente quando começou a ser a identificação dos países, nome nas costas no vestiário de esgrima. Tornou-se muito mais apelativo o uso.

Participante 33/Acho que o vestuário é bom, se calhar se fosse um bocado mais fino era melhor, mas também a grossura tem haver com o proteger. Claro que se conseguisse proteger um bocadinho melhor, também era bom. As vezes magoamo-nos ainda um bocadinho, mas é isso. E de leveza não tenho nada a dizer. Também era muito bom se pudesse prevenir lesões.

Participante 34/A minha experiência com o vestuário está a ser satisfatória, acho que o vestuário deveria ser mais leve e também um pouco mais fresco. Não ficar tão quente quando estamos a jogar.

Participante 35/A minha experiência com o vestuário é satisfatória, acho que podia ser mais fresco. As vezes (poucas vezes), mas, prende alguns movimentos. E um bocado mais leve.

Participante 36/Penso que a nível de design: é um design apelativo. Torna um esgrimista mais elegante, contudo acho que deve haver melhoramentos para o tornar ainda mais elegante e mais atrativo para as pessoas. Em termos de aspetos negativos, penso que ainda causa algum calor, principalmente no verão. Pode vir a ser algumas gamas mais baixas um pouco desconfortável devido às costuras, mas nas gamas mais altas já tem um bocadinho controlado esse tema. Neste momento penso que os bons fatos, os melhores de cada marca, são fatos bastante positivos, tanto a nível de dinâmica de peso e de resistência.

Participante 37/É uma coisa que nos tem de deixar confortável, mas ao mesmo tempo tem de ser leve, mas também tem que proteger. Acho que deve ser uma coisas que nós gostamos e não uma coisa que nós não gostamos de vestir. Mas também acho que não seja fulcral para exprimir com atletas. Para nós sermos bons, não precisamos ter o fato topo de gama.

Participante 38/Acho que estes fatos ou são muito pesados e não se sente tanto o toque (sente-se sempre um bocadinho) mas sente-se menos ou então os fatos que são muito fininhos, ficam mais leves, são os que eu prefiro e os que tenho agora, sente-se demasiado o toque e fico muito mais marcada que com os outros. Mas são muito mais frescos e mais leves, por isso eu prefiro esses.

Participante 39/Acho que deve ser confortável no sentido de não interferir com os nossos movimentos, no entanto justo ao corpo. Deve ser fresco, mas não bastante fresco, no sentido de quando estivermos em pista conseguimos manter um bocado fresco e não tão fresco no sentido de quando deixamos de estar em pista não arrefecermos rapidamente.

Participante 40/Bom a minha experiência em relação ao vestuário de esgrima é sucinta no sentido que quando comecei a trabalhar, comecei logo a trabalhar com uma marca de alguma qualidade, neste caso a Allstar International – já é (enfim) uma marca acessível e de ótima qualidade. Em relação a melhoria e performance do vestuário de esgrima principalmente na situação de jogos é preciso um fato que se adapte cada vez mais ao atleta e que vai dentro em conta as suas necessidades. Neste caso a gestão de fadiga, mantendo sempre o corpo fresco e seco. E também que atue quase como uma segunda pele, que nos possa manter ativos o mais possível durante todo o assalto do jogo.

Participante 41/Acho que tipicamente os elásticos ficam frouxos rapidamente. Tudo que é material de aperto fica frouxo rápido com as lavagens. A cor é tradicional, mas suja-se imenso.

Participante 42/O grau de segurança contra acidentes que o vestuário atual nos proporciona.

Participante 43/A única coisa que posso dizer é que tive um problema uma vez com a Carmimari nas calças.

Participante 44/Uma das experiências que para mim faz diferença é se o tamanho não estiver adequado. Porque, ou o tamanho muito apertado prende os movimentos ou o tamanho muito largo acaba por deixar espaço para deixar ser tocado por todos os bocadinhos que importam para o alvo. Portanto é importante ver a experimentação de saber exatamente qual o tamanho correto e ter em consideração a evolução do atleta seja pequenino ou se for já mais velho.

Participante 45/O vestuário não deve ser demasiado derrapante, portanto deve agarrar a ponta. Para a ponta não ressaltar quando dá um toque.

Participante 46/O vestuário de esgrima atualmente é muito melhor. Quando comecei era muito apertado, e agora, já nos últimos anos é elástico, é muito bom. O único problema é quando transpiramos muito, os toques começam a ser validos, de resto, não tenho queixas da roupa de esgrima.

Participante 47/Trabalho com o vestuário de esgrima todos os dias e continua a ser um bocado quente, como são muitas camadas.

Participante 48/Tem o problema do aquecimento, portanto, é um vestuário muito quente. Agora já se consegue um vestuário mais leve, mas ainda é um pouco pesado. Mas o maior problema é aquecer muito o corpo, a temperatura corporal, ficar muito suado, não é, não respirar. Além de ser muito antigo, também podia ser uma coisa mais moderna.

Participante 49/O vestuário de esgrima tem como principal finalidade a proteção dos atletas. Na esgrima de competição os toques são sinalizados num aparelho elétrico, e uma das nossas preocupações é a necessidade de usar duas proteções, dois gilets para puder sinalizar os toques, a possibilidade da utilização de um só gilet para resolver esta questão da sinalização dos toques seria algo de muito vantajoso para qualquer esgrimista. A minha experiência com o vestuário de esgrima, enquanto atleta e treinador, é a de que atualmente ele é muito eficaz porque visa a proteção dos atletas através da utilização de um

tecido que é Kevlar com determinada percentagem, com determinados newtons, porque a grande preocupação na esgrima de competição é a proteção do atleta.

Participante 50/Vestuário bastante quente e pesado, mas necessário para garantir a segurança dos atletas.

Participante 51/Os problemas que consigo identificar principalmente são com os velcros, tanto nas máscaras que com está nova atualização de sistema já foi resolvido, mas como nos fatos em que os velcros gastam e saem, e tira alguma segurança ao atleta. O gilet de trabalho é, está em contacto e fricção com o gilet elétrico, como o gilet elétrico é um pouco áspero faz com que gaste muito mais rápido a manga da mão armada, e rompe, e rasga, etc. O gilet elétrico em si também tem uma durabilidade um pouco baixa, ora estes dois últimos problemas também foram um pouco resolvidos com os novos gilets da Leon Paul e da Allstar, que são um pouco mais lisos para também diminuir a aderência da ponta ao fato. Depois, problemas com as luvas, nem sempre, nem todas as luvas têm lugar para pôr o fio de curva a passar, especialmente nos últimos modelos, torna um pouco desagradável. Os fatos transpiram, são quentes, fazem os atletas transpirar muito, fatos transpirados fazem também conduzir eletricidade, faz tocar em zonas validas e zonas que não deveriam ser validas nomeadamente em gilets de trabalho o que torna um pouco problemático o fator transpiração nos fatos. E penso que são as experiências que eu tenho com os fatos de esgrima, não tenho mais nenhuma queixa. Sempre conseguiram satisfazer as minhas necessidades e como atleta é só isso que eu tenho a apontar aos equipamentos.

Participante 52/Gostaria que o fato de esgrima não fosse tão quente, que não desse tanto calor.

Participante 53/Eu acho que a experiência do vestuário de esgrima é satisfatória, mas muitas vezes há problemas, quando eu vou vestir-me, eu encontro vários fatos que têm alguma coisa estragada, queria/gostaria que fossem mais resistentes para não haver muitos fatos a irem para o lixo, ou serem reconstruídos. Também acho que seria bom proteger algumas partes, como os genitais.

Participante 54/Eu acho que a roupa de esgrima é muito confortável. Eu gosto quando jogamos gilet elétrico, se eu tocar e se vê as cores.

Participante 55/Geralmente a minha experiência é intuitiva, mas em alguns pontos que são inválidos no jogo, não temos tanta proteção e as vezes pode magoar muito. No entanto, são toques inválidos.

Participante 56/Depende muito da marca, mas normalmente é pesado, aquece bastante, não é nada fresco – Como uma das perguntas que está aqui! Não é de todo fresco e fica super molhado; então fica muito mais pesado, mas serve o seu funcionamento.

Participante 57/Então acho que o vestuário é um bocado/demasiado pesado. E demasiado duro para o tipo de movimentos que temos de fazer. Às vezes, podia ser um pouco mais arejado, mas eu percebo que seja difícil porque tem de ter algum nível de proteção. E pronto, cá em Portugal sinto que temos um pouco de dificuldade em chegar a todas as marcas e a tudo o que há, porque não é um país onde a esgrima não seja muito conhecida.

Participante 58/Estou muito contente! A nível de competição serve perfeitamente, é um pouco chato para secar e lavar. De um dia para o outro é muito difícil ter um fato lavado em condições. Protege bem e é confortável de se usar. Mas, não

possibilitam nada, não possibilitam o movimento, nem nada ao nível disso. Por isso, ao nível de utilidade de competição aquilo tem uma experiência. Não sei mais o que dizer, nunca pensei sobre o assunto, não tenho uma resposta formulada.

Participante 59/Para mim o vestuário de esgrima num primeiro aspeto é (pode ser) pouco prático; o que é muito quente, principalmente modelos mais fracos de marcas mais fracas e, os modelos mais caros têm essa possibilidade de ser menos quentes e de ser menos passados, mas o preço é muito mais caro e torna-se inacessível as vezes. Outro problema, diria em geral que o material de esgrima é de fácil manutenção, sem ser a parte das armas que ainda por cima tem vindo (acho que demasiado o design ser a forma como constroem o material) a ficar pior; mais difícil manutenção e requere mais gasto – desgasta-se rapidamente – acho que esse é o problema com o material de esgrima das armas. De resto, o desgaste é muito pouco notório, até porque usamos fatos às vezes com 10 anos, 15 anos que ainda estão bons. No que diz respeito às novas tecnologias no vestuário de esgrima, se não tornar o fato mais pesado, que impossibilite os movimentos, já que é preciso ser rápido e se tudo tornar mais pesado e mais difícil o movimento não devia ser adicionado, por isso, devia ser o mais minimalista possível – Acho eu!

Participante 60/A experiência é boa, volta e meia recebemos uns toques mais duros, mas como é obvio o equipamento não consegue prevenir tudo. E acho que ao nível da manutenção até é fácil, tem é muitas avarias do ponto de vista elétrico que são um bocado chatas. Por exemplo, neste último fim-de-semana o meu gilet Elétrico avariou e foi uma chatice, porque é uma coisa que não se consegue prever e é muito difícil saber as condições exatas em que está o equipamento – Porque muitas vezes é acender ou não acender!

Participante 61/Então só ando a um ano na esgrima. Mas acho que é um bocado duro, até é confortável e guarda mau cheiro. De resto até acho que é confortável e protege bem.

Participante 62/O fato que utilizo já é um modelo antigo, acho que é um bocado mais pesado, tem um tecido mais grosso e não tem tanta respiração. Em geral não tenho assim nada mais a apontar.

Participante 63/Bom, ao nível do vestuário de esgrima, é quente e é um bocado grosso. O que às vezes acaba por ser um bocado desconfortável, principalmente no verão, porque faz muito calor. Tem algumas zonas com elásticos, o que acontece é que os elásticos acabam por se estragar. Por isso, é sempre chato estar a repor os elásticos, isto tanto a nível do gilet, das calças, mas também da luva. É material que se desgasta rapidamente, não tanto o fato, mas principalmente luvas. Existem algumas zonas que (luvas, ténis) desgastam-se rapidamente. Podia ser mais confortável, porque ao nível do usufruto do corpo, por dentro do fato, podia ser mais confortável porque estamos sempre aqui com o fio e tal, chateia um bocado. E proto se fosse um material mais leve, mais ajustado ao corpo de certa forma, mais maleável podia ser mais simpático, sim.

Participante 64/Acho que o vestuário de esgrima é importante. E é funcional em termos do desporto que é, porque se não tivéssemos este tipo de vestuário com todas as componentes não era tão fácil praticar e, também, prevenir quando estamos a jogar. Levar um toque, se não tivéssemos este vestuário de esgrima iríamos aleijar e, depois, não íamos praticar com tanta frequência e com tanta intensidade como se pratica atualmente.

Participante 65/O vestuário de esgrima é um vestuário que não é muito fresco, mas protege-nos dos toques. É muito vestuário, temos uma grande quantidade para nos protegermos (mais uma vez). É um vestuário também pesado, por vezes a máscara

é extremamente pesada quando praticamos muitas horas de esgrima, gasta-se depressa. Ao nível dos vários materiais do vestuário gastam-se depressa e precisam de manutenção. Mas de resto estou satisfeita com o vestuário de esgrima.

Participante 66/Nunca me aconteceu nada, nunca fiquei magoado, ou desconfortável com o fato. O fato deixamos frescos e absorve um bocado do suor e do calor durante o treino. Mas de vezes em quando em campeonatos, quando começamos, mais que uma peça de roupa, uma peça de vestuário fica um bocado abafado. Mas mesmo assim nada que importe muito. Agora em relação aos toques isto não protege nada, doí, mas temos de aguentar sempre.

Participante 67/O vestuário de esgrima é confortável, fácil de vestir e de utilizar. Também é fácil de tirar. Ainda não tive alguma experiência com a manutenção do fato, mas no geral o fato é bom.

Participante 68/Eu por acaso já me habituei a usar, não tenho muita dificuldade em movimentar-me. Também depende dos fatos, há uns fatos mais apertados, há outros mais soltos. Eu uso um fato mais apertado, mas já me habituei aos movimentos. Em relação à proteção contra os toques, já levei tantos toques que quase não sinto dor significante, depende do sítio onde for tocado claro. Mas acho que os fatos atuais protegem bem a dor. Mais, a máscara por acaso não dificulta muito o movimento da cabeça, é fácil de ver.

Participante 69/Principalmente de inverno é muito frio. Às vezes, as pessoas perguntam se o vestuário nos faz sentir calor. Mas não, o vestuário maior parte das vezes faz-nos sentir frio.

Participante 70/Acho que o vestuário mais caro, de qualidade, está bem desenhado. É leve, não tem problemas, não limita a mobilidade. Por outro lado, o material de gama mais baixa, as vezes tem esse problema. Mas de uma forma geral, acho quer o nível de segurança, quer a nível de mobilidade os fatos de esgrima estão bem desenhados.

Participante 71/Eu acho que o fato de esgrima é confortável. Faz um bocado de calor quando nós estamos a treinar. E pronto, acho que nem é muito justo, nem muito largo, é confortável. O que posso dizer mais. Como eu sou esquerdina, acho que podiam fazer mais fatos, por exemplo, onde eu estou não há muitos fatos de esquerdinos, só há de destros. O que não é muito bom, mas pronto.

Participante 72/Os fatos de esgrima são bastante confortáveis, mas fazem suar um bocado.

Participante 73/Acho que o único problema, é mais o calar. E de resto acho que é seguro e confortável.

Participante 74/O único problema que tenho com os fatos atuais é que de vez em quando, por ter demasiado tecido, para o tecido fazer dobra, os toques calham nessas dobras sem poderem, não necessariamente, ou seja, o mais pregado à pele possível séria o mais eficaz, mas ao mesmo tempo deveriam ser leves e confortáveis – Fáceis de vestir!

Participante 75/Os fatos de esgrima estão bons, estou a gostar de qualquer tipo de utilização. A única coisa, é que as vezes muita transpiração acaba por pôr o fato muito pesado. De resto está impecável.

Participante 76/Eu acho que os fatos ficam muito quentes.

Participante 77/Eu gosto, mas faz muito calor. Devia ser algo mais fresco. E faz suar muito e pode cansar um bocadinho mais.

Participante 78/Como costumo suar muito tenho a necessidade de lavar o vestuário com muita frequência. E as vezes o pode acontecer, como eu suo tanto, o vestuário faz contacto de massa e fica impossível os adversários tocarem em mim. De resto com segurança não tenho problema nenhum.

Participante 79/Para mim no verão é muito quente, transpiro muito dentro dele, preciso beber muita água. Na parte frontal é pouco resistente, sinto muito a pancada quando é o toque.

Participante 80/Eu acho que o vestuário tem as suas vantagens e desvantagens. É um pouco, pronto, às vezes é meio apertado, é um pouco desconfortável, mas é um fato – é fato de esgrima. Sei lá, alterava assim umas coisas, umas poucas coisas para ficar mais confortável, mais usual.

Participante 81/Eu acho que o vestuário da esgrima não está mau, até está bom, mas podia ser melhor. Por exemplo, uma coisa que podia ser melhor é nos calções. Se calhar não deviam ser tão até abaixo. Se calhar até um pouco antes do joelho, porque (se não nos movimentos) afeta um bocado os movimentos.

Participante 82/Acho que é confortável. Acho que também tem um bom design e, acho que sim, que é bom e estou satisfeito com o vestuário.

Participante 83/A minha opinião é positiva. Em relação ao vestuário acho que devia ser um bocadinho mais fresco e seco.

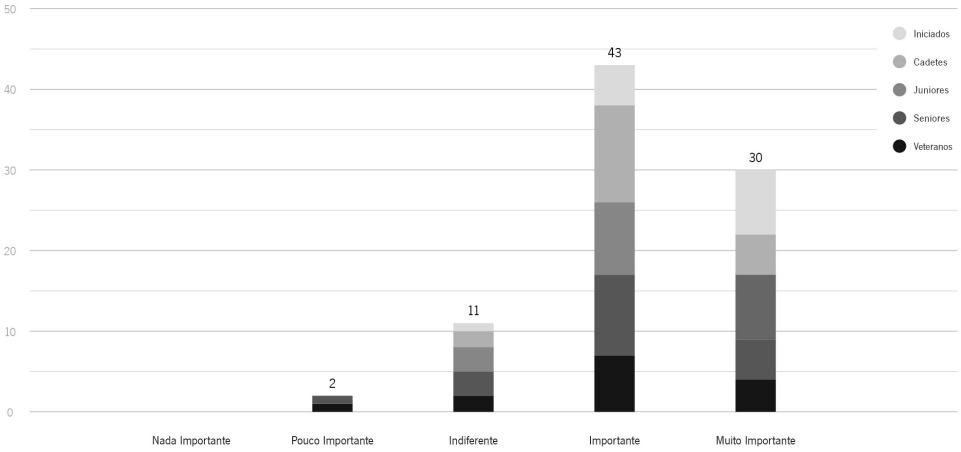
Participante 84/Portanto, relativamente ao meu fato de esgrima uma coisa que eu noto que faz um bocado de falta de evoluir em termos de vestuário de esgrima é que com a acumulação do suor do corpo o fato fica muito pesado e provoca também um bocadinho de mau cheiro ao fim dos dias. Portanto, nós temos de estar a lavar o fato imensas vezes. E isto, não é apenas uma questão da marca do fato. Acho que isto, por acaso, acontece com todas as marcas de esgrima. Portanto, acho que é uma coisas a ter atenção. Relativamente ao fato em si, tenho andado extremamente satisfeito relativamente à marca, ao produto e à qualidade.

Participante 85/Bom, relativamente ao vestuário de esgrima penso ter havido uma evolução em alguns aspetos positiva, nomeadamente ao nível do design, há mais diferenciação. Agora há mais atenção a um toque, a umas curvas – se quisermos chamar assim ao nível do design, nomeadamente ao nível do gilet. Por outro lado, o vestuário não mudou assim tanto, no sentido que, continua a ser algo pesado é pouco user-friendly no sentido que somos claramente pessoas diferentes com ou sem o vestuário de esgrima, o que não necessariamente verdade noutras modalidades. Ainda assim, é difícil porque há aqui um pormenor, a segurança tem de ser assegurada. De qualquer maneira, penso que poderá haver margem de progressão, nomeadamente quando falamos ao nível da tecnologia a incorporar no vestuário.

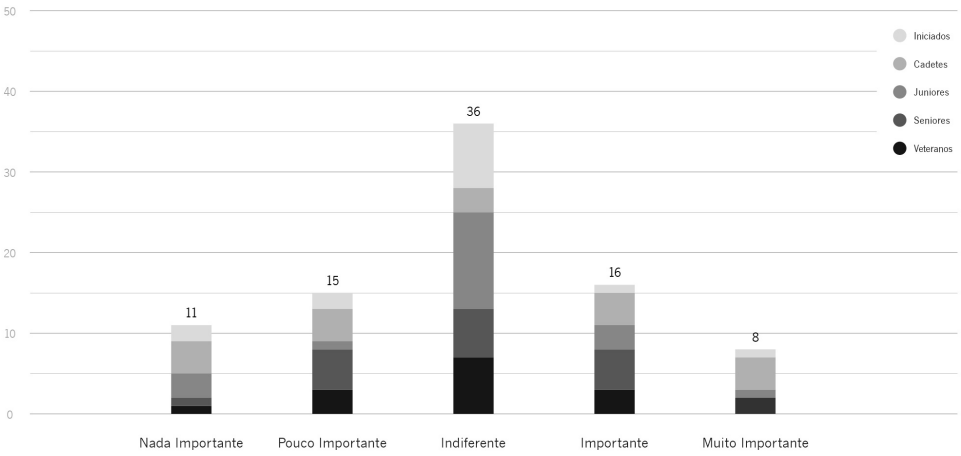
Participante 86/Trabalhamos numa relação preço qualidade, há pouca diversidade. Portanto, isto tem gama baixa, de baixo custo. E de resto tem, os melhores fatos. Dentro dos melhores fatos a diferença de preço para os fatos de excelência dos Startex face aos outros fatos muito bons. Nós recaímos muito no fato muito bom, mas não vamos para a excelência porque depois o preço quase que duplica. O fato muito bom, neste momento dá resposta e o fato excelente traz alguns detalhes que a diferença de preço cria problemas.

Apêndice 3: Inquérito (Secção 1) — Gráficos: Versão completa dos resultados

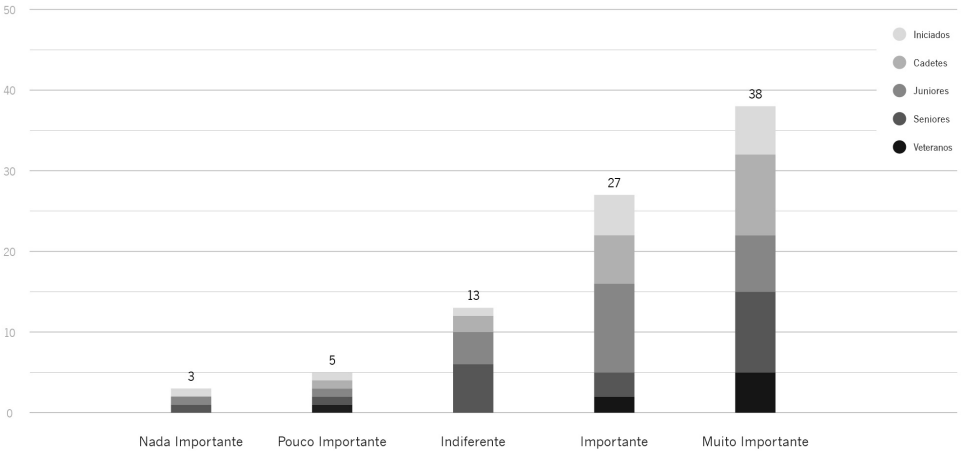
Secção 1, Questão 1



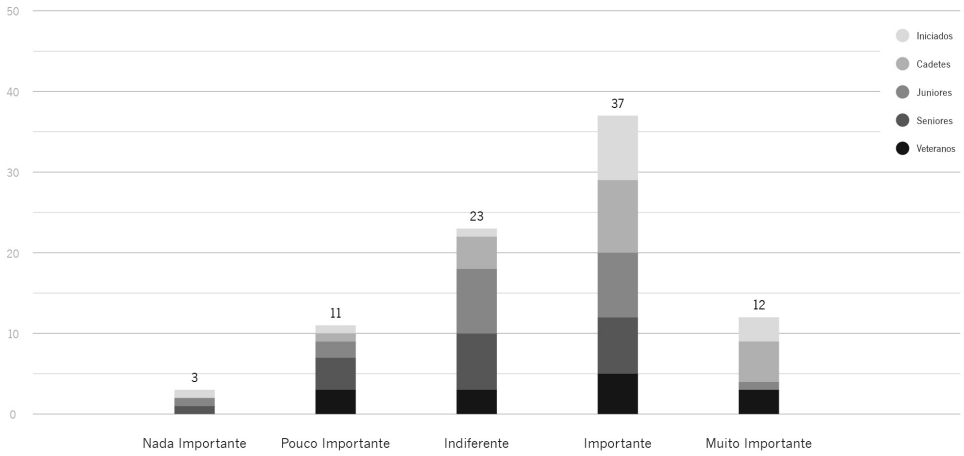
Secção 1, Questão 2



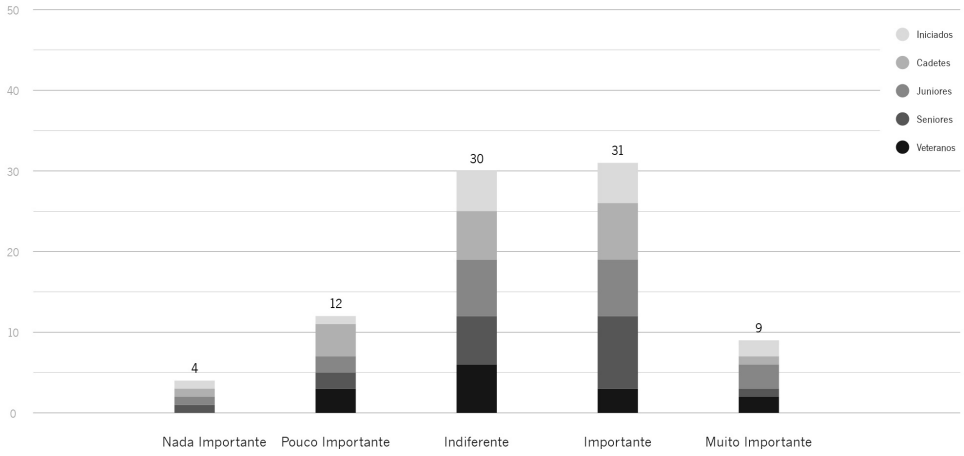
Secção 1, Questão 3



Secção 1, Questão 4

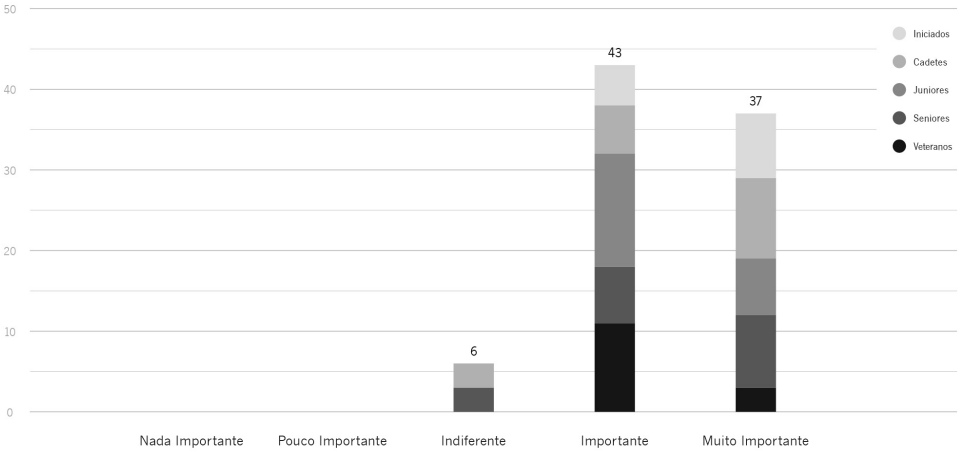


Secção 1, Questão 5

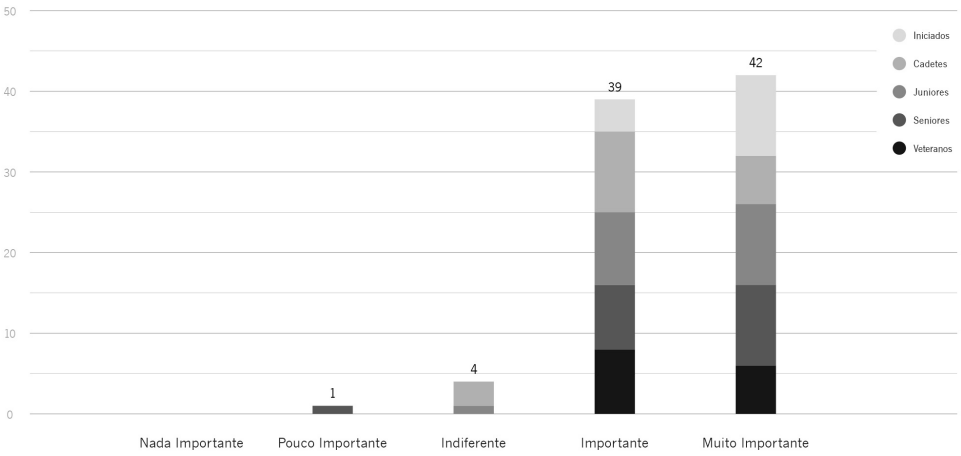


Apêndice 4: Inquérito (Secção 2) — Gráficos: Versão completa dos resultados

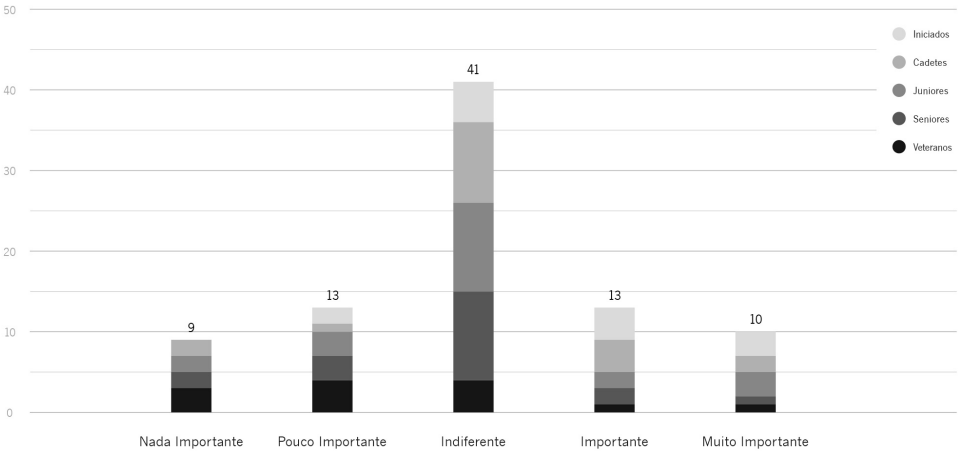
Secção 2, Questão 1



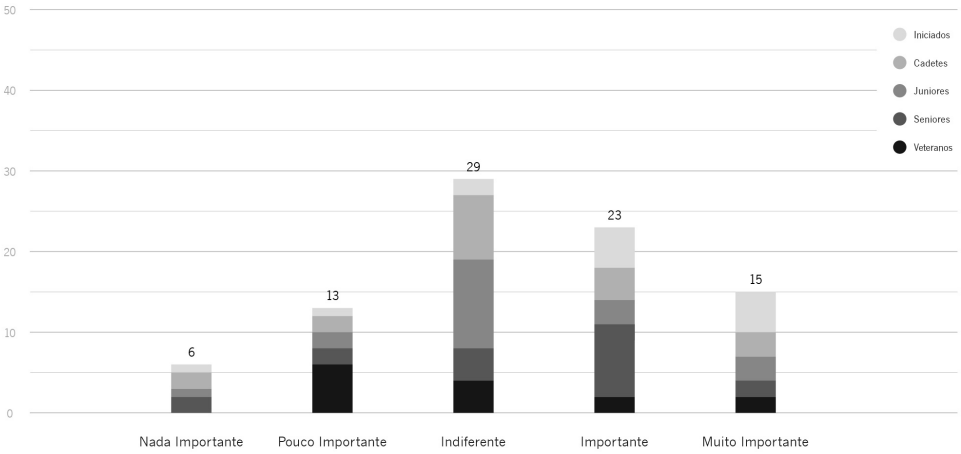
Secção 2, Questão 2



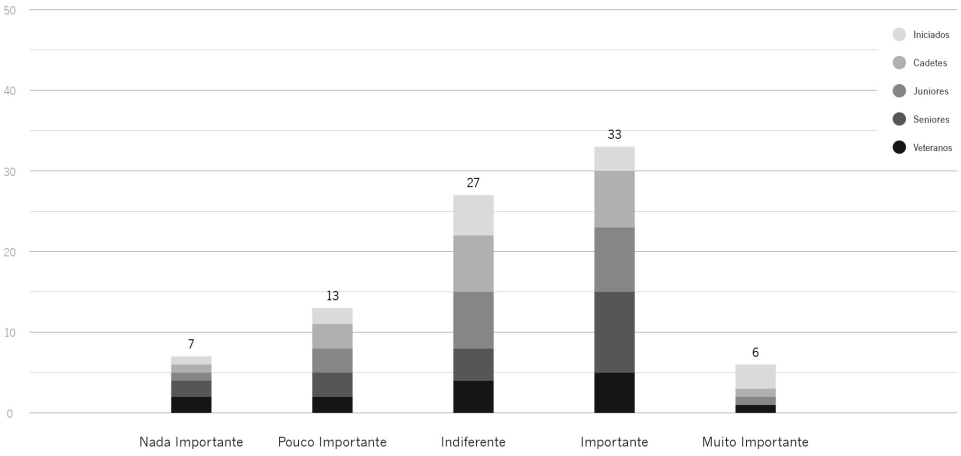
Secção 2, Questão 3



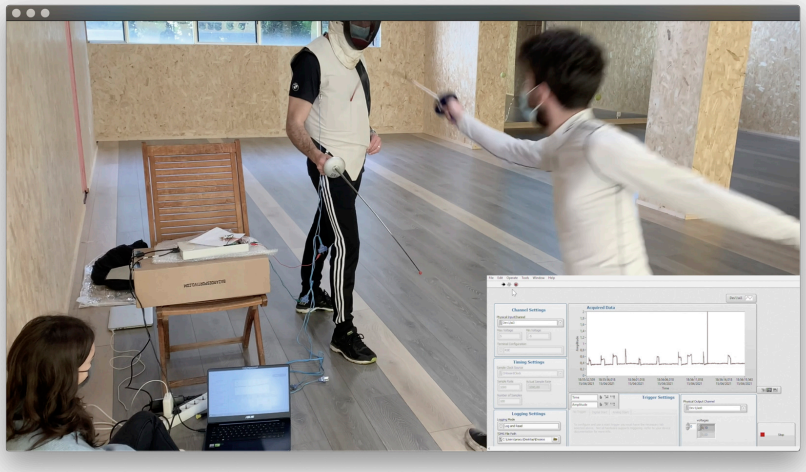
Secção 2, Questão 4

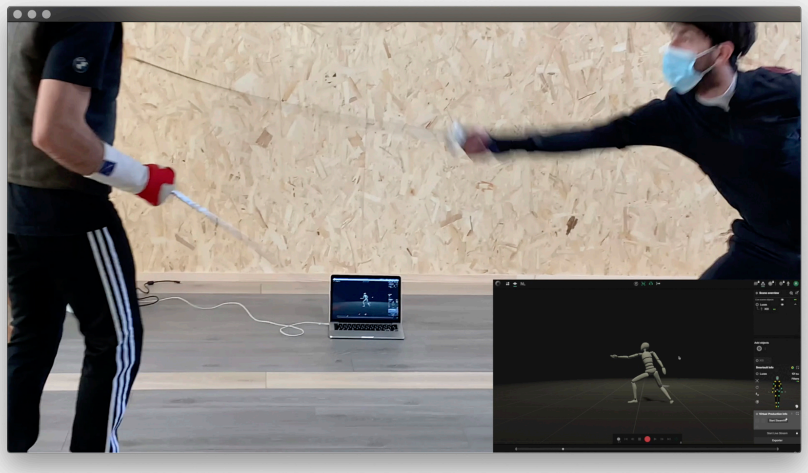


Secção 2, Questão 5



Apêndice 5. Imagens de vídeo aplicado no inquérito *online* (Q4)





Apêndice 6. Inquérito por entrevista — Funcionamento das tecnologias e feedback

Apreciação das Tecnologias

Este inquérito por entrevista faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:	**Escalão etário do atleta:**
◯ Masculino; ◯ Feminino.	☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

(Secção 1) **FUNCIONAMENTO DA TECNOLOGIA**

1. O que achou sobre o funcionamento da tecnologia de captura de movimentos? Justifique.

▶ Gravação de áudio.

2. O que achou sobre o funcionamento da tecnologia de pressão do toque? Justifique.

▶ Gravação de áudio.

(Secção 2) **FEEDBACK DA TECNOLOGIA**

1. Prefere receber o feedback da captura de movimentos durante ou após a atividade? Justifique.

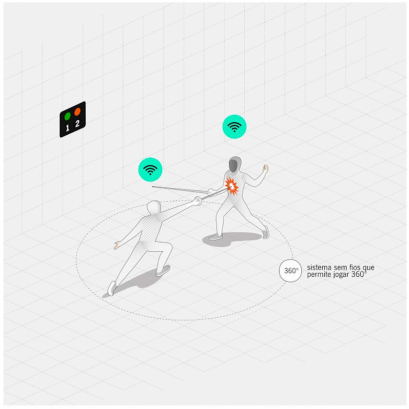
▶ Gravação de áudio.

2. Prefere receber o feedback sobre a intensidade e duração do toque ou apenas sobre o toque? Justifique.

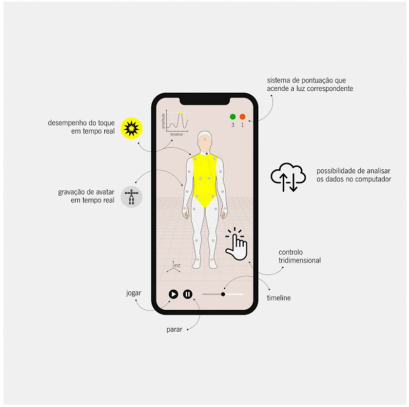
▶ Gravação de áudio.

Apêndice 7. Apresentação do conceito através de infografias e vídeo 360°

AVANTEGARDE é um novo conceito wireless para a próxima geração de uniforme de esgrima.



Uniforme inteligente que através de uma aplicação móvel possibilita detetar o toque, bem como gravar os movimentos 3D do corpo do atleta.



Um conceito de corpo inteiro com diferentes áreas de resistência ao impacto, que integra no têxtil sensores inteligentes (cabeça, tronco e membros).



Apêndice 8. Inquérito por entrevista –Transcrição de 4 gravações

Participante 1

Resposta à questão 1/Em relação ao funcionamento da tecnologia de captura de movimentos, sinto que é prático dentro do que é mais complexo a nível tecnológico. Sinto que pode ser fácil conseguir analisar e tirar proveito da informação que podemos ter através dessa análise.

Resposta à questão 2/Em relação ao funcionamento da tecnologia de pressão de toque, a análise prática da informação que temos pode ser mais difícil de aproveitar. Mas pode ser importante para situações muito específicas. Depois é uma questão de avaliar se justifica o investimento e as complicações adjacentes da montagem.

Resposta à questão 3/Em princípio numa primeira análise da experiência que tive, sinto que faz mais sentido receber o feedback da captura de movimentos após a atividade para podermos estudar o que fizemos e se estamos bem posicionados, quer a nível de afundo, a nível de posição de guarda para defender, para onde podemos chegar para atacar. Mas é algo que seria difícil de estar a analisar e a ter em conta durante a atividade mesmo numa questão de treino e ainda mais complicado se fosse para acontecer a nível de competição. Sinto também que é algo que pode ser mais útil no treino do que num contexto competitivo.

Resposta à questão 4/Em relação a preferir receber o feedback sobre a intensidade do toque ou apenas sobre o toque, acho que ter mais informação nunca pode ser prejudicial. No entanto, convém tentar balançar o que ganhamos com isso, com um investimento que temos que fazer a nível de tempo e de dinheiro, uma vez que naturalmente o mais importante é perceber se tocamos ou não, e onde é que tocamos. A forma como tocamos para situações específicas e particularidades mais técnicas do jogo pode ser útil. Pode ser útil, também, perceber durante um jogo se corremos o risco de... se estamos muito no limiar daquilo que temos que fazer para dar o toque, mas o mais importante é perceber onde tocamos e se houve o toque.

Participante 2

Resposta à questão 1/Achei o funcionamento muito interessante e achei que poderá ajudar muito na nossa atividade.

Resposta à questão 2/Acho que funciona muito bem e que pode ajudar a esgrima.

Resposta à questão 3/Acho que é melhor receber após pois podemos ver nas nossas dificuldades em que é que falhámos durante o jogo.

Resposta à questão 4/Acho que se tivesse um pouco mais de sensibilidade ajudaria pois não dá para ver muito bem.

Participante 3

Resposta à questão 1/Achei que providência uma ajuda útil no que toca a analisar as aulas, apesar de ser um bocadinho menos prático. Mas acho que o grau de ajuda que providência compensa o facto de ser menos prático.

Resposta à questão 2/Achei esta tecnologia ainda mais útil e mais prática. E com o meu treinador relatou, tornaria mais barata e mais fácil nas provas e competições, em que é preciso saber exatamente onde tocou, como tocou, pressão, etc.

Resposta à questão 3/Acho que após a atividade seria mais útil, assim poderia analisar com mais calma e podia reter mais informação acerca das imagens capturadas.

Resposta à questão 4/Acho que quanto mais informação melhor.

Participante 4

Resposta à questão 1/É uma tecnologia fácil de utilizar. Tem mais sensores do que necessário, mas como é protótipo, é compreensível. Precisa só de alguns ajustes na questão dos dedos da mão. Fora isso, é bastante útil ajuda-nos a entender a forma como nos deslocamos, como coordenarmos os movimentos e se temos ou não de corrigir alguns fatores, como por exemplo, a postura ou a movimentação em si.

Resposta à questão 2/Esta tecnologia parece ser mais útil para a parte da substituição das armas em si, pararmos de usar armas eletrificadas, se conseguir então detetar se há ou não toque, apenas com base no tecido da pressão do toque. Para nós enquanto atletas talvez não faça tanta falta a tecnologia indicar a intensidade e a duração, mas acho que é uma tecnologia pertinente sobretudo para a evolução dos utensílios de esgrima.

Resposta à questão 3/Esta captura do movimento talvez fosse melhor recebermos após a atividade, no final de um treino por exemplo, para conseguirmos ver aquilo que tínhamos que melhorar para o próximo treino em conjunto até com o treinador, porque se for algo que é durante, talvez não consigamos retirar o mesmo rendimento, estejamos sempre a fazer pausas na atividade e isso não parece ser positivo, então, talvez, no final de 1 hora de treino fazer um relatório final da captura dos movimentos juntamente com o treinador verificar quais é que são as necessidades de melhoria e até receber esse relatório no telemóvel e informado físico, talvez, se possível.

Resposta à questão 4/Aqui penso que será mais pertinente receber apenas sobre o toque, conseguirmos identificar as zonas em que tocamos e se temos ou não consistência, aqui conciliando os dados do movimento, se o movimento tem consistência com o local do toque para aperfeiçoar a precisão, a intensidade e duração, já não, talvez a minha ótica não pareça útil, talvez seja mais útil na ótica da máquina para identificar se há ou não toque.

Anexos

Anexo 1: Federação Portuguesa de Esgrima — Escalões por ano de nascimento 220

Anexo 2: Federação Portuguesa de Esgrima — 770 Atletas filiados e praticantes 221

Anexo 3: Federação Portuguesa de Esgrima — 37 Salas de armas filiadas 222

Anexo 4: Inquérito por questionário — Disfunções do braço, ombro e mão (QuickDASH) 223

Anexo 5. Inquérito por questionário — Inventário de motivação intrínseca (IMI) 224

Anexo 6. Inquérito por questionário — Escala de usabilidade (SUS) 225

Anexo 7. Inquérito por questionário — Modelo de aceitação da tecnologia (TAM) 226

Anexo 8. Inquérito por questionário — Avaliar a atratividade (AttrakDiff mini) 227

Anexo 1: Federação Portuguesa de Esgrima – Escalões por ano de nascimento

FEDERAÇÃO PORTUGUESA DE ESGRIMA

ESCALÕES /ANO DE NASCIMENTO

ESCALÕES	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
BENJAMINS	2007	2008	2009	2010
INFANTIL	05/06	06/07	07/08	08/09
INICIADOS	03/04	04/05	05/06	06/07
CADETES	01/02	02/03	03/04	04/05
JUNIORES	98/99/00	99/00/01	00/01/02	01/02/03
SENIORES	97/76	98/77	99/78	00/79
VETERANOS	75	76	77	78

Ana Prazeres
02-09-2019

Anexo 2: Federação Portuguesa de Esgrima – 770 Atletas filiados e praticantes

De: **F. P. Esgrima** fpe@fpe.pt
Assunto: RE: Daniel Vieira / Doutorando da Universidade do Minho
Data: 2 de abril de 2019, 12:16
Para: Daniel Vieira mail@danielvieira.pt

Exmo. Senhor Daniel Vieira,

Em resposta ao solicitado informamos que na presente época temos (até à data) 770 atletas filiados e praticantes.
No total a federação tem cerca de 7200 atletas que praticam ou já praticaram esgrima.

Esperamos ter ajudado e estamos ao dispor

Com os melhores cumprimentos



Ana Prazeres - Técnica Administrativa
Federação Portuguesa de Esgrima
Avenida de Berna, nº 31, 1º Dto, 1050-038 Lisboa - Portugal
Telf.:+351 213 978 717 Fax: +351 213 978 376
ana.prazeres@fpe.pt www.fpe.pt

Anexo 3: Federação Portuguesa de Esgrima – 37 Salas de armas filiadas

Federação Portuguesa de Esgrima
Avenida de Berna, nº31, 1º Dto - 1050-038 Lisboa - Portugal
tel. 213 978 717 fax. 213 978 376- email: fpe@fpe.pt
www.fpe.pt

Instituição de Utilidade Pública
Filiada F.I.E.

Nif: 501066730

SALAS DE ARMAS FILIADAS NA F.P.E.

- Academia de Esgrima João Gomes
- Academia de Esgrima de Santo António
- Agrupamento de Escolas Ibn Mucana
- Arca d'Ajuda
- Associação Antigos Alunos do Colégio Militar
- Associação Desportiva Recreativa de Ponta Delgada
- AONDA – Associação Orientadora para a Natação Desportiva de Azeitão
- Boavista Futebol Clube
- Casa do Povo de Mafra
- Centro Desportivo Universitário de Lisboa
- Circulo de Esgrima da Escola Secundária da Amadora
- Clube Atlântico de Esgrima
- Clube Desportivo Escola D. João II
- Clube Desportivo Escolar Ginetes
- Clube Desportivo 1º Maio
- Clube Desportivo Recreativo Santanense
- Clube Desportivo Unidos da Camacha
- Clube Duelo
- Clube Esgrima do Faial
- Clube Esgrima Ramalhão
- Clube Futebol Sadinos
- Colégio Didalvi
- Colégio Dom Diogo de Sousa
- Colégio Militar
- Colégio São Tomás
- Escola Desportiva de Viana
- Escola Secundária Almeida Garrett
- Esgrimalgarve
- Ginásio Clube Português
- Instituto Pupilos do Exército
- Novasemente Grupo Desportivo
- Pedrouços Atlético Clube
- Penta Clube da Covilhã
- Quinta Guimarães
- Sport Club do Porto
- Sport União Sintrense
- Upper Score, Associação Desportiva

Anexo 4: Inquérito por questionário — Disfunções do braço, ombro e mão (QuickDASH)

Capacidade de Realizar Certas Atividades

Este inquérito por questionário faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:

◯ Masculino; ◯ Feminino.

Escalão etário do atleta:

☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

INSTRUÇÕES: Este inquérito pergunta sobre os seus sintomas, bem como sua capacidade de realizar certas atividades. Responda a todas as perguntas, com base na sua condição na última semana, faça um círculo à volta do número apropriado. Se não teve a oportunidade de realizar uma atividade na semana passada, faça sua melhor estimativa de qual resposta será a mais precisa. Não importa qual mão ou braço que você usa para realizar a atividade; responda com base na sua aptidão, independentemente de como executa a tarefa.

	Nenhuma Dificuldade	Pouco Dificuldade	Alguma Dificuldade	Muita Dificuldade	Incapaz
1. Abrir um frasco novo ou com tampa bem fechada.	1	2	3	4	5
2. Realizar tarefas domésticas pesadas.	1	2	3	4	5
3. Carregar um saco de compras ou uma pasta.	1	2	3	4	5
4. Lavar as costas.	1	2	3	4	5
5. Usar uma faca para cortar alimentos.	1	2	3	4	5
6. Actividades de lazer que exijam alguma força ou provoquem algum impacto no braço, ombro ou mão.	1	2	3	4	5

	Não Afectou Nada	Afectou Pouco	Afectou	Afectou Muito	Incapacitou
7. Em que medida é que, na última semana, o seu problema no braço, ombro ou mão afectou as suas actividades sociais habituais com a família, os amigos, os vizinhos ou outras pessoas?	1	2	3	4	5

	Não Limitou Nada	Limitou Pouco	Limitou	Limitou Muito	Incapacitou
8. Em que medida é que, na última semana, o seu problema no braço, ombro ou mão o limitou no trabalho ou noutras actividades diárias?	1	2	3	4	5

Classifique a gravidade dos sintomas.	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Extrema
9. Dor no braço, ombro ou mão.	1	2	3	4	5
10. Dormência no braço, ombro ou não.	1	2	3	4	5

	Nenhuma Dificuldade	Pouco Dificuldade	Alguma Dificuldade	Muita Dificuldade	Incapaz
11. Na última semana, teve dificuldade em dormir, por causa da dor no braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5

PONTUAÇÃO QuickDASH INCAPACIDADES/SINTOMAS = [(soma de n respostas) · 1] x 25, onde n é igual ao número de respostas válidas.

Não se pode calcular uma pontuação QuickDASH se existir mais de 1 item não válidos.

Anexo 5. Inquérito por questionário — Inventário de motivação intrínseca (IMI)

Intensidade em Relação ao Desempenho da Atividade

Este inquérito por questionário faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:

◯ Masculino; ◯ Feminino.

Escalão etário do atleta:

☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

1. Gostei muito de fazer esta atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
2. Descreveria esta atividade como muito interessante.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
3. Acho que sou muito bom nesta atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
4. Acho que me saí muito bem nesta atividade, em comparação com outros atletas.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
5. Após trabalhar nesta atividade por um tempo, senti-me bastante competente.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
6. Fiz esta atividade porque quis.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
7. Acredito que tive alguma escolha ao fazer esta atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
8. Empenhei-me bastante nesta atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
9. Foi importante para mim realizar corretamente esta atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
10. Senti-me muito tenso enquanto estava a realizar a atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
11. Estava ansioso enquanto realizava a atividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
12. Acredito que esta atividade pode ter algum valor para mim.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
13. Acho que fazer esta atividade é útil para a prática da esgrima.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
14. Acho esta atividade importante de fazer, porque posso jogar melhor esgrima.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
15. Acho que esta é uma atividade importante.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente

Anexo 6. Inquérito por questionário — Escala de usabilidade (SUS)

Usabilidade Percebida

Este inquérito por questionário faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:

◯ Masculino; ◯ Feminino.

Escalão etário do atleta:

☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

1. Acho que gostaria de utilizar esta tecnologia com frequência.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
2. Considerei a tecnologia mais complexo do que necessário.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
3. Achei a tecnologia fácil de utilizar.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
4. Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta tecnologia.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
5. Considerei que as várias funcionalidades desta tecnologia estavam bem integradas.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
6. Achei que esta tecnologia tinha muitas inconsistências.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
7. Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta tecnologia.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
8. Considerei a tecnologia muito complicado de utilizar.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
9. Senti-me muito confiante a utilizar esta tecnologia.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
10. Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com esta tecnologia.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente

Anexo 7. Inquérito por questionário — Modelo de aceitação da tecnologia (TAM)

Utilidade e Facilidade de Uso Percebida

Este inquérito por questionário faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:

◯ Masculino; ◯ Feminino.

Treinador:

☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

1. Utilizar estas tecnologias no meu trabalho permitiria realizar tarefas mais rapidamente.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
2. Utilizar estas tecnologias melhoraria meu desempenho no trabalho.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
3. Utilizar estas tecnologias no meu trabalho aumentaria minha produtividade.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
4. Utilizar estas tecnologias aumentaria minha eficácia no trabalho.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
5. Utilizar estas tecnologias tornaria mais fácil realizar o meu trabalho.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
6. Consideraria estas tecnologias úteis no meu trabalho.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
7. Aprender a operar estas tecnologias seria fácil para mim.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
8. Acho fácil fazer com que estas tecnologias façam o que eu quero.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
9. Minha interação com estas tecnologias seria clara e compreensível.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
10. Acho que estas tecnologias são flexíveis para interagir.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
11. Seria fácil para mim tornar-me hábil no uso destas tecnologias	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente
12. Consideraria estas tecnologias fáceis de usar.	Discordo totalmente	1	2	3	4	5	6	7	Concordo totalmente

Anexo 8. Inquérito por questionário — Avaliar a atratividade (AttrakDiff mini)

Qualidades Pragmáticas, Hedónicas e a Atratividade

Este inquérito por questionário faz parte das atividades do projeto TSSIPRO – Technologies for Sustainable and Smart Innovative Products. Todas as informações obtidas serão usadas apenas para fins académicos.

Género:

◯ Masculino; ◯ Feminino.

Escalão etário do atleta:

☐ Iniciados; ☐ Cadetes; ☐ Juniores; ☐ Seniores; ☐ Veteranos.

Não é possível usar	1	2	3	4	5	6	7	Possível usar
Imprevisível	1	2	3	4	5	6	7	Previsível
Confuso	1	2	3	4	5	6	7	Bem estruturado
Complicado	1	2	3	4	5	6	7	Simples
Vulgar	1	2	3	4	5	6	7	Elegante
De baixa qualidade	1	2	3	4	5	6	7	De primeira qualidade
Sem imaginação	1	2	3	4	5	6	7	Criativo
Aborrecido	1	2	3	4	5	6	7	Cativante
Feio	1	2	3	4	5	6	7	Bonito
Mau	1	2	3	4	5	6	7	Bom

Publicações

Vieira, D., Providência B., Carvalho, H. (2021) Design of a smart garment for fencing: measuring attractiveness using AttrakDiff mini. *Manuscript submitted to the Journal of Human-Intelligent Systems Integration*.

Vieira, D., Carvalho, H., Providência B. (2021) E-textiles for Sports: A Systematic Review. *Manuscript in process for publication on The 20th World Textile Conference AUTEX 2021 - Unfolding the future*.

Vieira D., Providência B., Ferreira F., Carvalho H. (2021) Development of Smart Fencing Garments. In: Shin C.S., Di Bucchianico G., Fukuda S., Ghim YG., Montagna G., Carvalho C. (Eds.) *Advances in Industrial Design. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 260, pp. 638–645). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80829-7_79

Providência B., Vieira D., Carvalho H. (2021) Designing the Future of Smart Fencing Garments. In: Shin C.S., Di Bucchianico G., Fukuda S., Ghim YG., Montagna G., Carvalho C. (Eds.) *Advances in Industrial Design. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol 260, pp. 606–613) Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80829-7_75

Vieira, D., Paiva, A., Providência, B., Carvalho, H., Cunha, J., & Guimarães, F. (2019). Smartsuit Design. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho. http://hdl.handle.net/1822/63868

Paiva A., Vieira D., Cunha J., Carvalho H., Providência B. (2019) Design of a Smart Garment for Cycling. In: Machado J., Soares F., Veiga G. (Eds.) *Innovation, Engineering and Entrepreneurship. HELIX 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 505, pp. 229–235) Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91334-6_32