



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Ricardo Toller Correia

**SISTEMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM NO CONTEXTO
DAS TECNOLOGIAS VESTÍVEIS**

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2019

RICARDO TOLLER CORREIA

Sistematização dos processos de prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Design

Orientador: Prof. Dr. José Luis Farinatti Aymone

Porto Alegre

2019

Ricardo Toller Correia

**SISTEMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE PROTOTIPAGEM NO CONTEXTO
DAS TECNOLOGIAS VESTÍVEIS**

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada adequada para a obtenção parcial do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 10 de Junho de 2019.

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: **Prof. Dr. José Luis Farinatti Aymone**

Departamento de Design e Expressão Gráfica

Prof. Dr. Andressa Schneider Alves

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Underlea Bruscato

Departamento de Design e Expressão Gráfica

Prof. Dr. Rodrigo Braga

Departamento de Design e Expressão Gráfica

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais pelo amor incondicional. Por sempre incentivar o aperfeiçoamento acadêmico e pelo apoio e motivação nas mais diversas decisões, não só durante o período do mestrado, mas ao longo da vida.

Ao meu orientador, José Luis Farinatti Aymone, pela sábia e prática condução deste trabalho e pelas importantes contribuições.

Aos professores do PGDesign, pelos conhecimentos que foram indispensáveis para a construção e amadurecimento deste e de todos os outros trabalhos desenvolvidos nos últimos anos. Em especial à professora Underléa Miotto Bruscato, pela oportunidade de engrandecimento no período de estágio à docência, por todo suporte ao longo do mestrado e pelas ricas contribuições para a vida acadêmica.

Aos meus amigos, pelos momentos de descontração e de concentração. Pelas risadas, viagens e parceria, mas também pela leitura, discussão e revisão dos projetos do mestrado.

À professora Kate Hartman e aos colegas do laboratório, pela receptividade e pelos aportes que certamente enriqueceram esta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio na realização deste trabalho.

RESUMO

CORREIA, R. T. **Sistematização dos processos de prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

Os produtos vestíveis que incorporam tecnologia eletrônica, sejam roupas ou dispositivos, configuram um paradigma de interação emergente sob a ótica da Interação Humano-Computador. Por apresentar características particulares e cenários de uso variados, o desenvolvimento de tecnologias vestíveis exige uma abordagem centrada no usuário e uma equipe multidisciplinar. A presente pesquisa investiga os processos de prototipagem desses produtos sob a perspectiva do *designer* e suas práticas, e tem como objetivo a sistematização desses processos quanto ao envolvimento do usuário no projeto para instauração de princípios de *design* relevantes ao campo. Para tanto, a revisão de literatura levanta conhecimentos referentes aos princípios de *design* relevantes ao contexto das tecnologias vestíveis, prototipagem e envolvimento do usuário nos processos de projeto. A pesquisa se desenvolve por meio de entrevistas com *designers* e desenvolvedores de empresas com foco em tecnologias vestíveis, além de estágio em um laboratório de prototipagem e desenvolvimento de vestíveis. Assim, espera-se caracterizar e sistematizar os processos de prototipagem, sobretudo quanto ao estudo de determinados princípios de *design* e níveis de envolvimento do usuário no projeto.

Palavras-chave: *Design*. Tecnologias vestíveis. Prototipagem.

ABSTRACT

CORREIA, R. T. **Sistematização dos processos de prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

Wearable products, such as apparel or devices, that incorporate electronic technologies are seen in the human-computer interaction field as an emerging interaction paradigm. Due to its unique features and diverse user contexts, the development of such products requires a user centered approach in a multidisciplinary team. The present paper investigates the prototyping processes employed in wearable technology product development through the designer's practice perspective. This research project aims to systematize these processes regarding the user involvement in the design process to establish principles that are proper to wearable technology applications. To do so, a literature review was conducted in order to comprehend the design principles that are relevant to the wearable technology context; as well as the employment of prototypes and the user involvement in the design process. The research is developed through interviews in companies that focus on developing interactive wearable products, as well as observing the activities of a wearable prototyping research lab. It is expected to be able to characterize and systematize the prototyping processes, especially regarding the understanding of certain design principles and user involvement.

Keywords: Design. Wearable Technology. Prototyping.

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Registros de patentes de vestíveis nos EUA | 28 |
|--|----|

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Desenvolvimentos tecnológicos que influenciaram a qualidade dos vestíveis | 27 |
| Quadro 2 – <i>Startups</i> de tecnologia vestível em Toronto | 29 |
| Quadro 3 – Qualidades percebidas pelos usuários de vestíveis | 36 |
| Quadro 4 – Considerações de design de vestíveis | 37 |
| Quadro 5 – Considerações de <i>design</i> de eletrônicos vestíveis | 37 |
| Quadro 6 – Tipos de modelo conforme função no processo projetual | 56 |
| Quadro 7 – Propósito dos protótipos no processo de design | 57 |
| Quadro 8 – Exemplos de variáveis de cada dimensão de filtragem | 58 |
| Quadro 9 – Quadro comparativo entre baixa e alta fidelidade de protótipos | 59 |
| Quadro 10 – Quadro teórico | 75 |
| Quadro 11 – Categorias e tópicos recorrentes | 82 |
| Quadro 12 – Aspectos do fator conforto | 91 |
| Quadro 13 – Propriedades da Metodologia OIKOS | 97 |
| Quadro 14 – Análise comparativa de plataformas | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Metas de usabilidade e experiência do usuário | 15 |
| Figura 2 – Ábaco vestível | 25 |
| | 25 |
| Figura 3 – Evolução do EyeTap, projeto de Steve Mann | 25 |
| Figura 4 – Colaboração entre Apple e Nike em vestível | 26 |
| Figura 5 – Avanços tecnológicos e seus reflexos na área dos vestíveis | 28 |
| Figura 6 – Myo, exemplo de <i>input</i> detalhado | 32 |
| Figura 7 – Lumo Lift | 33 |
| Figura 8 – Metas de usabilidade e experiência do usuário | 39 |
| Figura 9 – Modelo simples de design para IHC..... | 43 |
| Figura 10 – Ciclo de vida em estrela | 44 |
| Figura 11 – Processo empregado para desenvolvimento de peça para neonatal..... | 47 |
| Figura 12 – <i>Smartwatch</i> com interface multimodal..... | 52 |
| Figura 13 – Dispositivo Lumolift e aplicativo para smartphone..... | 52 |
| Figura 14 – Variedade de placas Arduino | 68 |
| Figura 15 – LilyPad Arduino sendo costurado em tecido | 69 |
| Figura 16 – <i>Skecthing</i> para prototipagem | 71 |
| Figura 17 – Desenvolvimento do projeto de pesquisa..... | 74 |
| Figura 18 – Vera Edge, exemplo de produto desenvolvido no laboratório | 76 |
| Figura 19 – Estrutura física do laboratório | 76 |
| Figura 20 – Análise de conteúdo..... | 81 |
| Figura 21 – Síntese dos processos de <i>design</i> a partir das abordagens de prototipagem | 85 |
| Figura 22 – Processo simplificado de projeto de IHC..... | 86 |
| Figura 22 – Gráfico de abordagem de <i>wearability</i> factors da Entrevista I | 94 |
| Figura 23 – Gráfico de abordagem de <i>wearability</i> factors da Entrevista II | 95 |
| Figura 24 – Gráfico de abordagem de <i>wearability</i> factors da Entrevista III | 95 |
| Figura 27 - Protótipo da forma vestível | 100 |
| Figura 28 - Protótipo para interação | 101 |
| Figura 29 – Circuit Playground | 103 |
| Figura 30 – Feather..... | 104 |

| | |
|--|-----|
| Figura 31 – Puck.js..... | 104 |
| Figura 32 – Exemplo de projeto desenvolvido pelo laboratório | 107 |
| Figura 33 – Exemplo de protótipo desenvolvido pelo laboratório em pulso | 108 |
| Figura 34 – Fluxo de interação dos <i>designers</i> com a máquina de corte a <i>laser</i> | 109 |
| Figura 35 – Testes de configuração da máquina de corte a <i>laser</i> em couro..... | 110 |
| Figura 36 – Gráfico de abordagem de envolvimento do usuário a partir de Ives e Olson (1984)..... | 116 |

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DIY – *Do It Yourself*

DMRII – *Digital Media Research + Innovation Institute*

GPS – *Global Positioning System*

GUI – *Graphical User Interface*

IHC – Interação Humano-Computador

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

MIT – Massachusetts Institute of Technology

NBR – Norma Brasileira

OCAD – Ontario College of Art and Design

PCB – *Printed circuit board*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

WIMP – Windows Icons Menus Pointer

ZOID – *Zero Operational Inertia Device*

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA | 13 |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA | 17 |
| 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA..... | 17 |
| 1.4 HIPÓTESE..... | 17 |
| 1.5 OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.5.1 Objetivo Geral | 17 |
| 1.5.2 Objetivos específicos | 18 |
| 1.6 JUSTIFICATIVA..... | 18 |
| 1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 21 |
| 2 TECNOLOGIAS VESTÍVEIS | 22 |
| 2.1 HISTÓRICO | 23 |
| 2.2 CENÁRIO ATUAL | 28 |
| 2.3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES | 30 |
| 2.4 PRINCÍPIOS DE DESIGN | 33 |
| 2.4.1 Usabilidade | 38 |
| 2.5 PROCESSOS DE <i>DESIGN</i> | 42 |
| 2.6 INTERFACES DO USUÁRIO..... | 47 |
| 2.6.1 Interfaces gráficas do usuário | 48 |
| 2.6.2 Interfaces por fala | 49 |
| 2.6.3 Interfaces gestuais | 50 |
| 2.6.4 Interface Multimodal e multiplataforma | 51 |
| 2.7 O USUÁRIO NO PROCESSO DE <i>DESIGN</i> DE INTERAÇÃO..... | 53 |
| 3 PROTOTIPAGEM | 54 |
| 3.1 DEFINIÇÃO DOS TERMOS | 54 |
| 3.2 CLASSIFICAÇÕES DAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO | 56 |
| 3.2.1 Classificações por função | 56 |
| 3.2.2 Classificações por fidelidade | 58 |
| 3.2.3 Classificações por objetivos | 60 |
| 3.3 ENVOLVIMENTO DO USUÁRIO COM PROTÓTIPOS E MODELOS..... | 60 |
| 3.4 PROTOTIPAGEM PARA <i>DESIGN</i> DE INTERAÇÃO..... | 61 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.5 | PROTOTIPAGEM PARA TECNOLOGIA VESTÍVEL..... | 65 |
| 3.5.1 | Ferramentas para prototipagem eletrônica de vestíveis..... | 67 |
| 3.6 | CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 71 |
| 4 | METODOLOGIA DA PESQUISA | 73 |
| 4.1 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 74 |
| 4.2 | ESTÁGIO EM LABORATÓRIO..... | 75 |
| 4.2.1 | PROJETOS DO LABORATÓRIO | 77 |
| 4.3 | ENTREVISTAS..... | 78 |
| 4.3.1 | Análise de conteúdo | 81 |
| 5 | RESULTADOS | 84 |
| 5.1 | PROCESSO..... | 86 |
| 5.1.1 | Compreensão..... | 86 |
| 5.1.2 | Prototipagem | 98 |
| 5.1.3 | Avaliação..... | 112 |
| 5.1.4 | (Re)desenho..... | 117 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 119 |
| 6.1 | LIMITAÇÕES DA PESQUISA | 120 |
| 6.2 | ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS | 120 |
| 6.3 | SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS | 121 |
| | REFERÊNCIA | 123 |
| | APÊNDICE..... | 128 |
| | APÊNDICE A – ROTEIRO SEMIESTRUTURADO PARA ENTREVISTAS EM LÍNGUA ORIGINAL | 128 |
| | APÊNDICE B – ROTEIRO SEMIESTRUTURADO PARA ENTREVISTAS EM TRADUÇÃO PARA LÍNGUA PORTUGUESA | 130 |

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas a contextualização e a delimitação do tema, a formulação do problema, a hipótese da pesquisa, os objetivos da pesquisa e sua justificativa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A interação entre o ser humano e computadores corresponde a um fenômeno recente e compreende um curto espaço de tempo diante da história da civilização. Bürdek (2006) afirma que a transição do analógico para o digital não se limitou a uma tecnologia, e sim que foi uma verdadeira revolução cultural. Desde a década de 1970, quando os computadores eram caros e operá-los exigia elevado domínio técnico, ao início do século XXI, muito mudou: dimensões, preços, disponibilidade, capacidades, funções, etc. Neste novo contexto, o início do século XXI caracterizou-se pelo aprofundamento da revolução digital através de consecutivos avanços tecnológicos e pela miniaturização de componentes eletrônicos. Este aprofundamento é constante e acompanha a expansão da Internet que, de acordo com relatório da Comissão Europeia (2009), tende a evoluir progressivamente de uma rede de computadores interconectados para uma rede de objetos interconectados, de livros a carros, de equipamentos elétricos a comidas, criando, assim, uma Internet das Coisas.

Este cenário tornou propícia a disseminação de produtos computacionais cuja interface para interação humano-computador é baseada no próprio corpo humano ou situa-se próxima a ele. Devido a tal característica, refere-se a estes artefatos como vestíveis e, tanto a literatura quanto o mercado, apresentam uma variedade de termos relacionados: tecnologias vestíveis, interfaces vestíveis, dispositivos vestíveis, computação vestível, *wearables*, tecnologias centradas no corpo, entre outros. Segundo Donati (2004, p.94), um computador vestível:

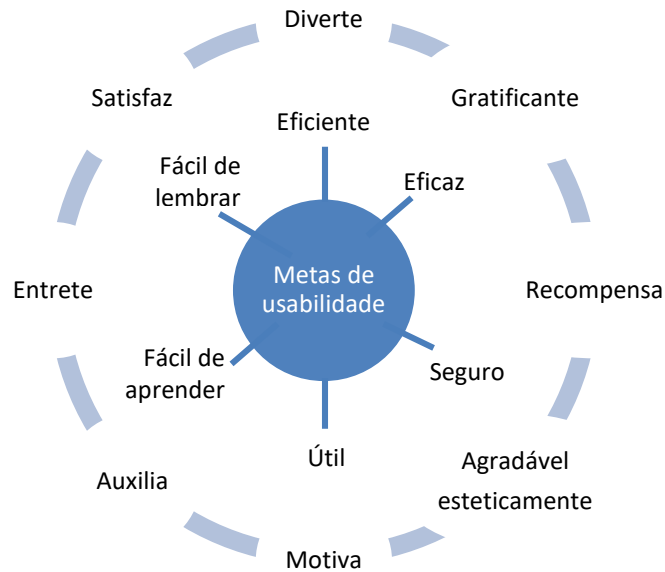
(...) deve estar incorporado ao espaço pessoal do wearer – usuário, potencializando um uso mais integrado, sem limitar os movimentos corporais ou impedir a mobilidade. Está sempre ligado e acessível com uma performance computacional que permite auxiliar o usuário em atividades motoras e/ou cognitivas, sem, no entanto, ser considerado como uma simples ferramenta.

Os dispositivos que atuam nesse contexto permitem o monitoramento, controle e rastreamento de diversas atividades humanas e do ambiente em que o usuário está inserido. Sendo assim, a computação vestível oferece suporte e benefícios a um vasto campo de aplicações, como na medicina, entretenimento, atividades físicas, bem-estar, comunicação, entre outros. Aplicadas a área médica, por exemplo, essas interfaces podem ser empregadas para gerenciar problemas crônicos de saúde, prevenir doenças, auxiliar o diagnóstico precoce e monitorar a condição de pacientes, reduzindo significativamente os gastos médicos.

As pesquisas no campo das interfaces vestíveis iniciaram no início dos anos 90, mas foi devido a significativa evolução tecnológica do século XXI, acompanhada do surgimento da Internet das Coisas, que a pesquisa e desenvolvimento de produtos nessa área se intensificaram. Conforme Hartman (2014), a tecnologia vestível encontra-se em expansão e, nos próximos anos, a sociedade possivelmente observará uma linha tênue na separação entre essas tecnologias e os aparelhos móveis, e nossas concepções irão amadurecer sobre quando, onde, e como a computação pode ou deve ser vestida. Começamos a compreender sobre sua função em contextos sociais e quais são os efeitos, no longo prazo, nas nossas vidas cotidianas e no nosso sentido de estar conectados enquanto humanos.

A maioria desses dispositivos dão suporte ao fluxo de informações entre eles e seus usuários, e o gerenciamento deste fluxo requer o desenvolvimento de novas formas de interagir com tais dispositivos (GARTSEEV; SAFONOV, 2017). Isto porque, paralelamente à esta expansão e difusão do acesso aos computadores, exige-se, cada vez mais, intuitividade e facilidade de uso nas interações humano-computador. Para suprir este caráter humano da interação, surgiram áreas de estudo como o Design de Interação Humano-Computador, que está fundamentado em princípios de usabilidade e metas de experiência, conforme demonstrado na Figura 1 (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013).

Figura 1 – Metas de usabilidade e experiência do usuário



Fonte: Rogers, Sharp e Preece, 2013.

Todavia, estes conceitos emergiram sob um contexto de computadores de mesa, e a experiência da sociedade com computadores mudou radicalmente nas primeiras décadas do século XXI. Possibilitadas pela miniaturização dos componentes eletrônicos, as interfaces vestíveis se apresentam como um novo paradigma, no qual a interação pode manifestar-se de diferentes formas, sejam elas naturais, utilizando o próprio corpo e suas aptidões, ou por meio da integração com outros dispositivos, como aparelhos móveis, trazendo à luz processos de *design* para multiplataformas e interfaces multimodais. Neste escopo, *designers* devem, ao projetar produtos, dispor de conhecimento suficiente sobre a experiência do usuário e questões de interação específicas de dispositivos vestíveis.

Para Buchenau e Suri (2000), as interações são, cada vez mais, complexas e dinâmicas, com a integração de *hardware* e *software*, espaços e serviços. Essas características resultam em artefatos híbridos, que requerem novas formas de expressão para suas qualidades originais. Essa questão é particularmente relevante no campo dos vestíveis, no qual o projeto para interação humano-computador não se limita a interfaces gráficas, podendo envolver considerações sobre o artefato físico e todas suas particularidades para mediar as interações com o usuário e com outros dispositivos.

Segundo Haan (2015) e Hartman (2014), uma das características comuns ao desenvolvimento de projetos baseados em tecnologias emergentes, como as vestíveis, e aos processos atuais de *design* é o caráter altamente baseado na construção de protótipos. Os autores reforçam que, no contexto atual das IHC, recomenda-se o emprego de dinâmicas construtivas nos processos de *design* desde as etapas iniciais do projeto. Fearis e Peatrie (2017) reforçam que os protótipos e modelos utilizados nas fases de concepção do projeto de vestíveis auxiliam a comunicação de usuários sobre as funções desejáveis no produto e os engajam de maneira efetiva em entrevistas e *workshops*. Contudo, parte das metodologias de projeto estudadas no campo do *design* dão ênfase aos protótipos nas fases finais do projeto, como Lobach (2001) e Baxter (1998), agregando ao pressuposto que essa atividade pode acabar sendo deixada apenas para o fim do processo projetual.

Os protótipos auxiliam na diminuição dos erros de design que podem ocorrer em qualquer estágio do processo de projeto, e servem para ajudar os designers a identificar problemas e aprender através de falhas. Diversos fatores relacionados à prototipagem, enquanto recurso projetual empregado ao longo do projeto, influenciam diretamente o resultado dos processos de design (DEININGER *et al.*, 2017, p.1).

Para Hartman (2014), durante o projeto de dispositivos vestíveis, o *designer* se depara com diversos desafios imprevisíveis: a autora reforça a importância de vestir e experimentar protótipos com frequência e desde as etapas iniciais dos processos de *design*. Na perspectiva de Sullivan (2017), não há uma linguagem comum estabelecida na área das tecnologias vestíveis, e os produtos são tão divergentes e tão novos que não é possível saber se uma ideia é boa sem criar um protótipo para torná-la real de alguma maneira. Há uma série de ferramentas e técnicas de prototipagem pertinentes ao campo do Design de Interação e das tecnologias vestíveis, desde modelos de baixa fidelidade, feitos com papel ou materiais simples, até protótipos mais elaborados, com interações funcionais, construídos a partir de componentes eletrônicos. O emprego desses recursos demonstra-se importante sobretudo pela possibilidade de contemplar um caráter centrado no usuário nos processos de *design*, uma das principais características do Design de Interação (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013). Além disso, o envolvimento do usuário no processo se dá em diferentes níveis, reflexo da metodologia empregada para o desenvolvimento do produto. Haan (2015) afirma que os processos de *design* no

campo da Interação Humano-Computador estão cada vez mais focados em envolver o usuário a partir de abordagens como o Design Participativo e Design Colaborativo. Assim, os protótipos podem atuar como ferramenta de comunicação entre *designers* e usuários desde as fases iniciais do projeto.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Dentre os processos comuns ao desenvolvimento de interfaces vestíveis, sob a perspectiva do *design*, a presente pesquisa tem a sua delimitação no emprego da prototipagem e construção de modelos, considerando-se aqui as mais diversas funções, técnicas, ferramentas e materiais, enquanto recursos pertinentes aos processos de *design*, a partir de um viés centrado no envolvimento do usuário para compreensão de princípios de design pertinentes ao contexto das tecnologias vestíveis.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Como sistematizar os processos de prototipagem de tecnologias vestíveis tendo em vista a compreensão de princípios de *design* no projeto e o envolvimento do usuário no processo?

1.4 HIPÓTESE

A compreensão de princípios de *design* orientados ao projeto de tecnologias vestíveis no emprego dos diferentes processos, ferramentas e técnicas de prototipagem possibilita o envolvimento do usuário nos processos de *design* e pode contribuir para o aprimoramento da interação do usuário com interfaces vestíveis desde as etapas de concepção do projeto.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

O presente estudo visa elaborar uma sistematização dos processos de prototipagem empregados pelo *designer* no contexto das tecnologias vestíveis, de

modo a potencializar a incorporação de princípios de *design* relevantes às tecnologias vestíveis e o envolvimento do usuário no projeto.

1.5.2 Objetivos específicos

Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar as formas de prototipagem pertinentes ao processo de desenvolvimento de tecnologias vestíveis;
- b) Compreender os princípios de *design* centrados no usuário relevantes ao contexto das interfaces vestíveis;
- c) Caracterizar as dinâmicas das atividades de prototipagem empregadas em projetos de tecnologias vestíveis e como o usuário pode ser envolvido nesse processo.

1.6 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de produtos com tecnologias vestíveis é um campo de pesquisa em crescimento, e a expansão das aplicações baseadas nessas tecnologias emergentes está acontecendo de maneira rápida e expressiva: conforme Gartner (2016), estimava-se que o número de dispositivos vestíveis em 2017 seria de mais de 322 milhões de unidades em circulação. O aspecto comercial desses artefatos já demonstrou grande potencial em diversos cenários; contudo, segundo Motti e Caine (2014), o espaço de seu problema é extenso, assim como suas questões de *design* são amplas e, em geral, pouco exploradas. Há, ainda, diversos desafios no desenvolvimento desses artefatos, sobretudo no que diz respeito à abordagem dos fatores humanos em projetos que, conforme os autores explicitam, devem concentrar seus esforços em questões como a adaptação do computador ao humano em termos de interface, modelo cognitivo, contextual, consciência e adaptação às tarefas executadas.

A compreensão de princípios de *design* relacionados à experiência e à usabilidade são particularmente importantes no *design* de produtos para essas interfaces pois, conforme Kim e Christiaans (2016), uma das propriedades relacionadas à usabilidade de produtos eletrônicos é a frequência de uso. Nesse caso,

ao considerar que a interação do usuário com as interfaces vestíveis é frequente, a percepção do usuário sobre a usabilidade tende a ser altamente crítica. Da mesma maneira, quanto mais próximo ao corpo do usuário, segundo os autores, mais significativa é a relação entre o ele e o artefato eletrônico e, nesse caso, as interfaces vestíveis demonstram forte interação física com o usuário. Ainda, discute-se sobre a alta taxa de abandono dos produtos interativos vestíveis: estima-se que um terço dos usuários americanos que adquiriram dispositivos vestíveis de monitoramento de atividades descontinuaram seu uso em menos de seis meses (LEDGER; MCCAFFREY, 2014) e, sobre esse aspecto, é importante ressaltar que, mesmo sendo difícil prever como a sociedade vai responder e se comportar perante uma nova tecnologia, devemos nos antecipar e agir em face a essas inovações e seus impactos na sociedade (GANDY *et al.*, 2017).

A partir dos argumentos apresentados, esta pesquisa justifica-se pela construção de conhecimentos teóricos e práticos que estimulam o envolvimento do usuário nos processos de *design* para tecnologias vestíveis, e a prototipagem se apresenta como uma via de comunicação para essa associação. Além disso, conforme a demanda por projetos de dispositivos vestíveis passa a integrar o repertório dos *designers*, eles se deparam com o desafio de desenvolver protótipos e modelos adequados ao estudo da interação humano-computador sob novas condições e possibilidades: a integração de interações cada vez mais físicas e menos simbólicas a uma forma vestível; e a possível integração desse dispositivo a outros elementos, como *smartphones*, criando um sistema mais complexo. Há, com isso, um conjunto de princípios pertinentes ao contexto da interação de tecnologias vestíveis, como conforto, estética, ergonomia, facilidade de uso, intuitividade, entre outros (MOTTI; CAINE, 2014), que podem ser explorados, avaliados e comunicados por meio da construção de protótipos e modelos com diferentes funções e níveis de fidelidade desde a concepção do produto. Entende-se que a construção desses modelos é um valioso recurso para a inserção do usuário no processo de projeto, recurso importante em processos do Design de Interação e abordagens de Design Participativo, Co-Design, Design Thinking, entre outros.

Sob a ótica das práticas do Design, embora os avanços de plataformas *hardware* e *software* tenham facilitado o acesso de *designers* à construção de protótipos interativos funcionais, ainda existem barreiras condicionadas pela necessidade de

conhecimentos em eletrônicos e programação. Ademais, a educação e a prática desses profissionais baseiam-se cada vez mais no emprego de tecnologias emergentes e, para que eles integrem os domínios que envolvem esses conhecimentos, os *designers* precisam compreender as qualidades inerentes à mídia com que trabalham.

A revisão de literatura apontou que, sob a perspectiva das tecnologias vestíveis, os esforços mais próximos ao problema desta pesquisa concentram-se em dois eixos principais: (i) as técnicas de prototipagem eletrônica, como demonstrado em Hartman (2014) e (ii) os fatores humanos e princípios de design em tecnologias vestíveis, como encontrado em Motti e Caine (2014) e Karahanoğlu e Erbuğ (2011). Fora do escopo das interações vestíveis, há estudos sobre a participação e o envolvimento do usuário no processo de *design* por meio da prototipagem. Esses conhecimentos contribuem para o desenvolvimento do presente trabalho, que busca relacionar os dois eixos citados em uma associação ainda não investigada com a devida profundidade no cenário proposto.

No Brasil, a pesquisa científica no campo das Tecnologias Vestíveis ainda é incipiente, assim como a abordagem de paradigmas emergentes de interação sob a perspectiva do Design. Foram identificadas poucas publicações científicas na área do Design, havendo maior incidência no campo da Ciência da Computação. Além disso, o depósito de pedidos de patentes no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) relacionados a essas tecnologias ainda não é representativo nacionalmente, demonstrando uma baixa produção na área. Por isso, acredita-se que o direcionamento de esforços para ampliar os estudos sobre o tema no Brasil possa incentivar o aumento de projetos e patentes no país, além de possibilitar o enriquecimento do repertório do *designer* quanto ao *design* de interação para produtos vestíveis.

Por fim, a oportunidade de estágio durante um período de quatro meses no laboratório de prototipagem de tecnologias vestíveis Social Body Lab, coordenado por Kate Hartman, representou uma oportunidade para construção de um estudo alinhado ao estado da arte e ao estudo de técnicas, materiais e ferramentas ainda emergentes. O laboratório situa-se em Toronto, Canadá, cidade que Steve Mann, precursor da computação vestível, denomina o epicentro da tecnologia vestível no mundo. O

Canadá vem expandindo os horizontes da tecnologia vestível e Toronto, em particular, se tornou uma incubadora de inovações na área. Com isso, há, na cidade, uma grande concentração de *startups* centradas no uso dessas tecnologias precursoras e revolucionárias dentro de seus mercados (THE GLOBE AND MAIL, 2015), caracterizando a região como referência no tema e um terreno fértil para estudo dos fenômenos desta pesquisa.

Motivado pela superação das lacunas mencionadas, o presente estudo investiga a exploração de recursos de prototipagem com vistas à incorporação de princípios de *design* aos processos de construção desses artefatos por meio do envolvimento do usuário, visando ao aumento da qualidade destes produtos e otimização de seus processos.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo é introdutório e apresentou o tema da pesquisa, assim como sua delimitação, definição de problema de pesquisa, hipótese, objetivos e justificativa.

O segundo capítulo contempla a primeira parte da fundamentação teórica, referente às tecnologias vestíveis, abordando seu histórico, suas características, princípios e abordagem a partir do Design de Interação. A segunda parte da fundamentação teórica é explorada no terceiro capítulo, que aborda a prototipagem e construção de modelos, dissertando sobre os níveis de fidelidade, função dos protótipos, meios de envolvimento do usuário, ferramentas e materiais. Busca-se identificar o emprego desses recursos no contexto do Design de Interação, especialmente para tecnologias vestíveis.

O quarto capítulo apresenta a metodologia da pesquisa utilizada, assim como suas classificações, etapas e procedimentos técnicos empregados. Por fim, o quinto capítulo demonstra os resultados e discussões da pesquisa.

2 TECNOLOGIAS VESTÍVEIS

A expressão vestível (*wearable*), segundo Gemperle *et al.* (1998), implica o uso do corpo humano como suporte para um produto. Para o autor, por tecnologia vestível, compreende-se tanto a computação ubíqua¹ quanto o desenvolvimento de computação vestível. Para Donati (2004), a computação vestível deve estar incorporada ao espaço pessoal do usuário, sem limitar os movimentos corporais. A autora defende que os dispositivos desse contexto estão sempre ligados e acessíveis, com uma performance computacional que permite auxiliar o usuário em atividades motoras e/ou cognitivas.

Considerado por autores da área como o pai da computação vestível, Mann (1998) define que um computador vestível é um computador que é integrado ao espaço pessoal do usuário, controlado pelo usuário e que tem constância operacional e interacional, ou seja, está sempre ligado e sempre acessível. É um dispositivo que está sempre com o usuário, no qual ele pode sempre ditar comandos que são executados enquanto realiza outras atividades.

A tecnologia vestível, embora tenha sido possibilitada pela miniaturização de componentes eletrônicos, não se restringe a esse fator. Em outras palavras, simplesmente reduzir as proporções de uma ferramenta computacional a partir de um paradigma de computador de mesa para uma escala portátil apenas os torna pequenos computadores, não levando em consideração todas as oportunidades apresentadas por um novo contexto de uso (GEMPERLE *et al.*, 1998).

Ao longo da evolução das tecnologias vestíveis, foram desenvolvidas desde roupas à acessórios que incorporam funcionalidades ao usuário. Assim que as capacidades e potenciais dos vestíveis foram compreendidos, iniciou-se a pesquisa em interação e inovação. Para Karahanoğlu e Erbuğ (2011), o desenvolvimento de tecnologias vestíveis despontou sob duas necessidades principais, entendidas a partir de uma perspectiva ampla: satisfazer as necessidades atuais e criar novas

¹ Para Dvorak (2008), a computação ubíqua e a computação pervasiva são conceitualmente muito próximas: a computação pervasiva torna a informação disponível em todo lugar, enquanto a ubíqua requer que a informação esteja em todo lugar.

experiências. Assim, a inovação no processo de criação dessas tecnologias explora novas noções de interação humano-computador, muito próximas ao conceito de computação pervasiva², já que esses produtos se tornam relativamente ubíquos² em nosso cotidiano (DEHGHANI; DANGELICO, 2017).

Os computadores vestíveis são uma tecnologia que expressa a ideia poder às pessoas. De todas as tecnologias, as vestíveis demonstram a conexão mais íntima com seus usuários: elas são vestidas, estão com o usuário por prolongados períodos de tempo, e, por meio de avanços como contexto computacional, interagem de maneira próxima e efetiva com o usuário. É essa conexão íntima que torna os vestíveis tecnologias tão importantes. Nenhuma outra tecnologia tem tanto potencial para monitorar nosso bem-estar, antecipar nossas necessidades e nos auxiliar nas tarefas diárias, independentemente de onde estamos e do que estamos fazendo (DVORAK, 2008).

2.1 HISTÓRICO

Antes de abordar especificamente os produtos interativos vestíveis, é interessante explorar o conceito de paradigmas de interação, pois eles levam à compreensão da evolução da interação humano-computador ao longo da história. Por paradigma de interação, Rogers, Sharp e Preece (2002) compreendem uma filosofia particular ou forma de pensar no Design de Interação. Segundo os autores, o paradigma orientado ao desenvolvimento de aplicações para computadores de mesa, destinado ao uso de apenas um usuário, em um cenário de CPU, *mouse*, teclado e tela foi predominante no Design de Interação por muito tempo.

Nesse contexto, as interfaces para o usuário eram, sobretudo, expressas de maneira gráfica, por meio das GUI's (*Graphical User Interfaces* – Interfaces gráficas do usuário). Conforme os autores, há uma tendência atual nas interações humano-computador que se manifesta além do conceito de computador de mesa. A esse fenômeno, os autores atribuem a disseminação de novos paradigmas, como a

² Os termos Computação Ubíqua e Pervasiva referem-se à tendência de incorporar capacidades computacionais à objetos do cotidiano de forma com que a necessidade interação ativa do usuário com o computador seja minimizada.

computação ubíqua, computação tangível e computação vestível. Estabelecem que os fatores que levaram a tal cenário são, principalmente, o advento das redes sem fio e móveis, assim como os dispositivos portáteis.

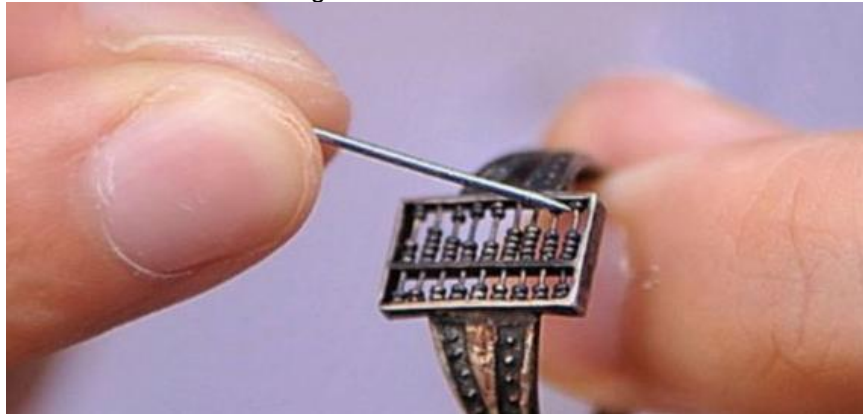
Para Haan (2015), o estágio atual dos estudos em interação humano-computador é centrado nos novos paradigmas de interação, que se expressam pela Internet das Coisas, Computação Ubíqua, Tecnologias vestíveis e tangíveis, entre outros. Essa evolução, segundo o autor, foi influenciada por uma série de fatores, sobretudo de âmbito tecnológico, em que se destacam:

- Interação tangível e incorporada
- Conectividade, móvel ou em rede
- Interfaces inteligentes
- Interfaces com capacidade de sensoriamento
- Aplicações sociais e colaborativas
- Informação disponível nas redes

A familiaridade com esses fatores é fundamental ao Design de Interação, já que possibilita a compreensão das características que levaram a um cenário emergente da interação entre humanos e máquinas, assim como das suas implicações na vida cotidiana e na sociedade. A popularização das tecnologias vestíveis foi fortalecida pelos avanços tecnológicos, e assume um papel importante no aprofundamento dos paradigmas emergentes de interação.

Embora apresentem popularização recente, estimar uma origem ou um artefato precursor dos computadores vestíveis é uma tarefa difícil, principalmente porque os significados dos termos *computação* e *vestível* admitem diversas interpretações. De qualquer modo, a ideia de incorporar tecnologia ao espaço pessoal do usuário não é recente. Alguns autores discutem sobre um ábaco em formato de anel, desenvolvido na China no século XVII, ser o primeiro exemplo de tecnologia vestível da história.

Figura 2 – Ábaco vestível



Fonte – Huffington Post (2014)

Partido de uma definição de computador mais ligada a algoritmos, interfaces e gerenciamento de dados, Steve Mann é apontado como figura central no desenvolvimento dos primeiros computadores vestíveis. Mann iniciou seus estudos na área porque acreditava que o computador de mesa limitava as atividades do usuário a uma sala e uma cadeira. A produção em massa dos *microchips* nos anos 1980 abriu caminho para a criação de computadores cada vez menores e mais leves, o que permitiu que Steve Mann começasse a desenvolver seu projeto EyeTap. Mann idealizou uma máquina que gravava tudo que o usuário via pelo seu olho direito sem causar interferência na visão. Mann dedicou décadas ao projeto, promovendo melhorias conforme as tecnologias disponíveis avançavam. A Figura 3 demonstra a evolução do EyeTap. Além desse projeto, Mann desenvolveu e prototipou uma série de outros dispositivos vestíveis, como um computador-mochila que controlava uma câmera fotográfica.

Figura 3 – Evolução do EyeTap, projeto de Steve Mann

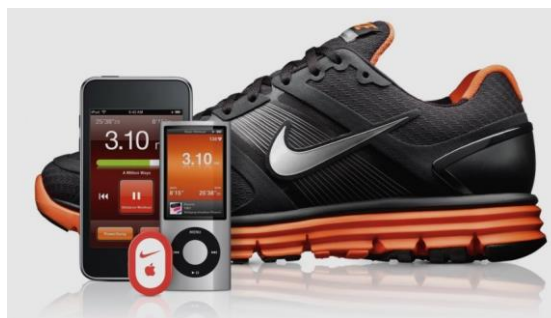


Fonte: Steve Mann

O trabalho de Mann tornou Toronto, no Canadá, o epicentro das tecnologias vestíveis na década de 1980. Nos anos 90, Mann levou sua invenção ao Massachusetts Institute of Technology (MIT), fundando o primeiro projeto de computação vestível do Media Lab. A história de Steve Mann é relevante para a evolução da tecnologia vestível devido à sua persistência e pioneirismo. Para muitos autores, Mann é considerado o pai da tecnologia vestível (NEW YORK TIMES, 2012). Segundo Nicholas Negroponte, fundador do Media Lab do MIT, Mann é "o perfeito exemplo de alguém que persistiu em sua visão e acabou fundando uma nova disciplina".

O sinal mais significativo de que os vestíveis poderiam ser associados à prática de esportes e ao setor *fitness* foi quando empresas como Nike e Apple passaram a se interessar pelas aplicações. Uma colaboração entre as empresas resultou no projeto Nike+iPod, que permitia o monitoramento de atividades físicas. Um ano após, o Fitbit foi fundado (WEARABLE TECH WORLD, 2014), e a associação entre tecnologia vestível e atividade física se intensificou ainda mais. Na década de 2010, os *smartwatches*, como o Fitbit, e os vestíveis voltados ao monitoramento da prática esportiva tornaram-se *mainstream*, dominando a parcela dos *wearables* no mercado. Por não serem tão intrusivos, os dispositivos vestidos no pulso podem ser considerados um ponto de partida ideal para a popularização das tecnologias vestíveis.

Figura 4 – Colaboração entre Apple e Nike em vestível



Fonte: Wearable Tech World, 2014

Como é possível verificar, a tecnologia vestível não é um fenômeno recente na sociedade. Na China, ainda no século XVII, alguém teve a ideia de construir um ábaco que pudesse ser vestido no dedo e, por anos, Steve Mann, outros pesquisadores e empresas desenvolveram seus projetos vestíveis; logo, Sullivan (2017) questiona: o

que há de tão especial na tecnologia vestível no momento atual? Há uma razão para a ressurgência desses artefatos: finalmente eles atingiram o ponto crítico de maturidade digital, o ponto em que os avanços em computação e na infraestrutura de apoio reduziram as restrições de *design* a ponto de serem quase inexistentes. Karahanoğlu e Erbuğ (2011) aprofundam sobre os desenvolvimentos tecnológicos que culminaram em melhorias no campo de qualidade das tecnologias vestíveis, refletindo no estado da arte dos desenvolvimentos nessa área.

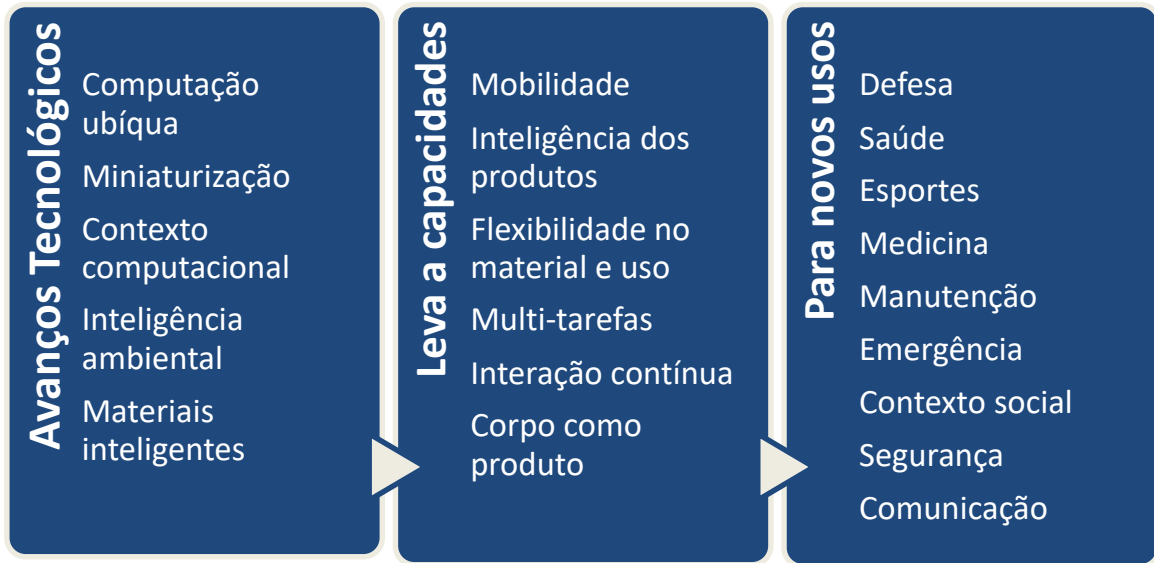
Quadro 1 – Desenvolvimentos tecnológicos que influenciaram a qualidade dos vestíveis

| DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO | MELHORIA DA QUALIDADE DOS VESTÍVEIS |
|--|---|
| Computação ubíqua | Suporte à mobilidade. Permite informação localizada. Potencializa os sistemas de rede de vestíveis. |
| Contexto computacional (<i>context awareness</i>) | Sensoriamento de onde e em qual situação o usuário se encontra. Agir conforme a situação do usuário. Permitir um uso mais efetivo. Potencializa a mobilidade do usuário. |
| Ambient intelligence | Armazenar dados para transferência de/para ambientes inteligentes. Mudança nas dimensões de interação. Torna mais inteligente. |
| Miniaturização | Produtos pequenos e leves. Portabilidade e <i>vestibilidade</i> de produtos pessoais. |
| Materiais e tecidos inteligentes | Flexibilidade na forma física do vestível. Interação íntima com o usuário, no seu espaço pessoal. Suporte à <i>vestibilidade</i> do usuário. |

Fonte: Adaptado de Karahanoğlu e Erbuğ (2011)

Para Karahanoğlu e Erbuğ (2011), o estado da arte dos dispositivos vestíveis é manifestado pelo seu desenvolvimento e usonas áreas de defesa, saúde, esportes, medicina, manutenção, emergência, social, segurança e comunicação. A Figura 5 expressa um panorama elaborado pelos autores para representar os avanços tecnológicos e reflexos no campo dos vestíveis.

Figura 5 – Avanços tecnológicos e seus reflexos na área dos vestíveis

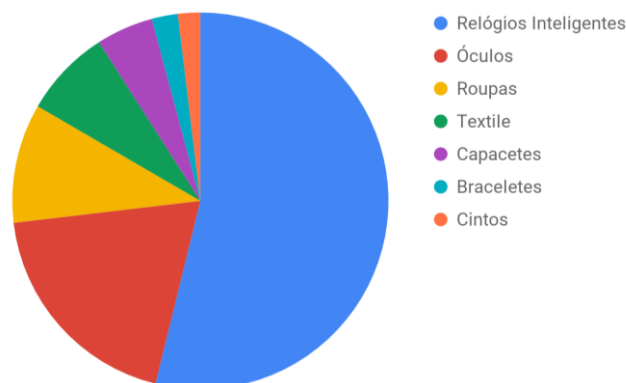


Fonte: adaptado de Karahanoğlu e Erbuğ (2011)

2.2 CENÁRIO ATUAL

Conforme pesquisa em bancos de patente norte-americanos, Dehghani e Dangelico (2017) verificaram que a partir de 2013 o número de depósitos de pedidos de patentes para dispositivos vestíveis disparou: de menos de 100 pedidos anuais, em 2013, para mais de 500 em 2015. Segundo a análise, os relógios inteligentes (*smartwatches*) são os produtos de maior interesse inventivo, seguidos de óculos, roupas e tecidos. O Gráfico 1 apresenta os resultados encontrados por Dehghani e Dangelico (2017) acerca das formas mais registradas nos Estados Unidos.

Gráfico 1 – Registros de patentes de vestíveis nos EUA



Fonte: Adaptado de Dehghani e Dangelico (2017)

Atualmente, Steve Mann é professor do departamento de Engenharia da Computação e Elétrica da Universidade de Toronto, no Canadá. Segundo o jornal *The Globe and Mail* (2015), o Canadá tem expandido os limites da tecnologia vestível e se consolidou como um polo comercial e acadêmico de inovação na área. Para Steve Mann, Toronto se tornou uma potência na área porque se criou, deliberadamente, um ambiente no qual a tecnologia vestível poderia crescer. Kate Hartman acredita que há um fluxo entre diferentes disciplinas e indústrias de Toronto, ocasionando uma multidisciplinaridade que as tecnologias vestíveis demandam. Há um grande número de *startups* e empresas centradas em tecnologias vestíveis em Toronto, parte delas está descrita no Quadro 2, do *The Globe and Mail* (2015).

Quadro 2 – *Startups* de tecnologia vestível em Toronto

| | |
|--------------------------------------|--|
| Nymi Inc. | Tecnologias biométricas e de autenticação |
| Bionic Concepts | <i>Wearable animatronic egadgets</i> robóticos |
| Bionik Labs | Saúde avançada |
| Code4Armour | Pulseira médica |
| eSight Digital Eyewear | Óculos eletrônicos |
| Fuelwear | Roupa aquecida inteligente |
| Garrison Bespoke | Ternos para segurança |
| Healx | Suspensórios ortopédicos |
| Interaxion | Tecnologias de sensoriamento cerebral |
| Kiwi Wearables | Reconhecimento de movimento |
| Knixwear | Tecnologia para peças íntimas |
| Lynxio | Suspensórios para reabilitação |
| MeU Led | Sistema LED para tela básica |
| New Age Performance Mouthwear | Alinhamento e estabilização de mandíbula |
| Onyx Motion | Treinador digital |
| PUSH | Monitoramento físico para levantamento de peso |
| SoMo by Sonic Wear | Som por movimento |
| Subpac | Dimensão física tátil para música |

Fonte: *The Globe and Mail* (2015)

No Brasil, há uma pequena incidência de resultados para a busca por computadores vestíveis na plataforma do Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(INPI), demonstrando que a pesquisa e desenvolvimento de eletrônicos vestíveis no país ainda é incipiente. Em pesquisa nos meios de comércio eletrônico, é possível verificar o predomínio de relógios e pulseiras com apelo para prática de atividades físicas, com o uso de sensores como acelerômetro, batimentos cardíacos e GPS.

Atualmente, há uma forte associação, impulsionada por um viés comercial, entre os vestíveis e o termo *smart* ou *inteligente*. O processo de atribuição do conceito *smart* percorre diversos departamentos e categorias de produtos e no contexto dos dispositivos vestíveis não é diferente. Por tratarem-se de fenômenos que emergiram em um cenário semelhante, sua associação é recorrente, sendo percebida na elevada proporção de eletrônicos vestíveis que são denominados *smart* ou *inteligente*. Dessa maneira, encontrar no mercado um dispositivo vestível que não seja enquadrado como *smart* ou *inteligente* pode ser uma tarefa difícil, já que se espera inovação e certo grau de inteligência computacional de um paradigma tão recente para interação humano computador.

Um produto *smart* (ou inteligente) é uma entidade (objeto tangível, software ou serviço) desenvolvido e construído para se integrar de forma auto organizada à diferentes ambientes (inteligentes) ao longo de seu ciclo de vida, proporcionando uma simplicidade aprimorada e abertura através de suas interações P2U e P2P com capacidades de contexto computacional, autodescrição semântica, comportamento proativo, interfaces naturais multimodais, planejamento de inteligência artificial, e aprendizado de máquina (MUHLHAUSER, 2008 *apud* GUTIÉRREZ *et al.*, 2013, p.206).³

Dehghani e Dangelico (2017) afirmam que o objetivo principal de produtos *smart* vestíveis (*Smart Wearable Technology – SWT*) é embarcar computadores portáteis e eletrônica avançada de forma discreta na vida das pessoas, para que elas possam interagir com o seu ambiente em qualquer lugar e a qualquer momento.

2.3 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES

Alguns autores buscam apontar algumas características ou propriedades que caracterizam ou definem o que é um produto interativo vestível, ou atributos que eles devem, necessariamente, apresentar para permitir uma interação adequada com o

³ As expressões *P2U* e *P2P* referem-se, respectivamente a *produto-usuário* e *produto-produto*.

usuário – em um sentido mais próximo aos princípios de *design* – explorados em maior profundidade no item a seguir (2.5.3). De acordo com Mann (1996), um computador vestível exibe seis atributos principais:

- Desmonopolizado: não pode monopolizar a atenção do usuário, que deve poder executar outras atividades enquanto o utiliza.
- Não-restritivo: os dispositivos não podem restringir a mobilidade do usuário.
- Observante: deve estar operando enquanto o usuário estiver o vestindo.
- Controlável: deve ser controlável pelo usuário e responsivo.
- Atento: deve ser ciente do ambiente, possuindo habilidades que o permitam comunicar e interagir com elementos do ambiente do usuário.
- Comunicativo: a maioria dos computadores vestíveis inclui a habilidade de comunicação em um amplo espaço.

Além dessas seis propriedades, o autor aponta outras características dos computadores vestíveis:

- Constante: o computador vestível está sempre preparado para interagir com o usuário.
- Pessoal: É, tipicamente, propriedade exclusiva do usuário, interagindo de maneira próxima e direta, o que leva às capacidades seguintes..
- Protético: o computador pode agir como uma real extensão da mente e do corpo. A interação é natural e, com o tempo, o usuário esquece que está o vestindo.
- Assertivo: O vestível é considerado parte do usuário e, com isso, pode ser difícil que outras pessoas peçam para que seja removido.
- Privado: outras pessoas não podem interagir com o computador vestível a menos que o usuário permita. Além disso, pode ser difícil que outras pessoas percebam que o usuário está utilizando o vestível.

Dvorak (2008) explica a interação entre sistemas vestíveis e o usuário, ressaltando a importância de visualizar o usuário e o vestível como um sistema único. Nesse caso, as interações que ocorrem entre usuário e dispositivo vestível acontecem dentro desse sistema. Por isso, não devemos entender o usuário e o vestível como

duas entidades separadas que interagem independentemente, pois há um elemento de colaboração e dependência entre elas.

Para Sullivan (2017), as duas áreas dos *wearables* que se relacionam diretamente ao humano são o *input* - maneira com que colocamos informação no computador - e o *output* - como o computador nos fornece informação. No contexto dos vestíveis, o *input* pode se apresentar de duas formas: a passiva e a detalhada. De maneira geral, a forma passiva diz respeito aos fenômenos que podem ser coletados passivamente por sensores como passos, localização e batimentos cardíacos; enquanto a detalhada requer a manipulação e operação por parte do usuário. O *input* passivo busca indicadores de certos comportamentos, como o acelerômetro em um dispositivo, que se move em um padrão específico, e assume que isso é um indicador de que o usuário está caminhando e que cada ciclo daquele padrão corresponde a um passo (SULLIVAN, 2017). Segundo o autor, o *input* detalhado em sistemas vestíveis é mais complicado. Isso se deve à prevalência do paradigma de *mouse* e teclado, que inevitavelmente influencia a maneira com que pensamos as interações digitais.

Há, contudo, avanços no sentido de interfaces gestuais e comandos de voz. O Myo, por exemplo, definido pelo fabricante como *dispositivo vestível de controle gestual e de movimento que permite que o usuário controle o telefone, computador e muito mais*, utiliza movimentos específicos do corpo como forma de entrada de dados no sistema. Pode considerar-se o Myo como exemplo de *input* detalhado.

Figura 6 – Myo, exemplo de *input* detalhado



Fonte: Myo (2017)

Quanto ao *output*, Sullivan (2017) acredita ser uma questão mais fácil de lidar no *design* de dispositivos vestíveis. O autor os divide em *output* ativo e passivo:

- *Output* ativo: são as interações que requerem engajamento consciente, como quando o usuário recebe uma notificação de *e-mail* no *smartwatch*.
- *Output* passivo: são interfaces que possivelmente estão sempre ligadas e providenciam informações ao usuário sem depender de sua atenção total.

O fabricante do Lumo Lift o define como um treinador de postura vestível que o auxilia a sentar-se mais reto e melhorar o aspecto de sua postura ao vibrar cada vez que identifica má postura do usuário. O sensoriamento constante e notificação sutil, que visa não interferir nas atividades primária do usuário, exemplificam o *input* e *output* passivos propostos por Sullivan (2017).

Figura 7 – Lumo Lift



Fonte: LumoLift (2017)

2.4 PRINCÍPIOS DE DESIGN

Princípios de design são usados por designers de interação para ajudá-los a refletir durante o projeto da experiência de usuário. São abstrações generalizáveis destinadas a orientar designers a pensarem sobre aspectos diferentes de seus designs (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p.20).

Recorrente nas publicações sobre princípios de *design* e fatores humanos em dispositivos vestíveis, o termo *vestibilidade* é derivado do adjetivo vestível, acrescido do sufixo *-dade*, que expressa ideia de estado, situação ou quantidade. A norma NBR 15800 (ABNT, 2009) adota o termo *vestibilidade* para se referir às medidas e referências do corpo humano para construção de peças de vestuário. Para Gersak (2014), o critério principal de *vestibilidade* é a capacidade de se mover com a roupa sem esforço, levando em conta as atividades do corpo humano, e não interferir em

movimentos como sentar, levantar, ficar em pé, etc. Além disso, deve permitir que o corpo desempenhe sua atividade fisiológica dentro da normalidade: o sangue deve circular, o corpo deve suar e respirar.

No campo das tecnologias vestíveis, o termo, por vezes, recebe interpretações que vão além das questões ergonômicas, manifestando características de usabilidade e experiência do usuário. Em inglês, o termo correspondente empregado pelos autores é *wearability*. Motti e Caine (2014) empregam o termo *wearability* com significado próximo a fatores humanos no *design* de tecnologias vestíveis, reforçando a aproximação ao conceito de usabilidade. Gemperle *et al.* (1998) definem que o *design* para *vestibilidade* foca em questões específicas e importantes dentro do espaço de *design* de computadores vestíveis, em especial sobre a forma física dos dispositivos e sua relação ativa com a forma humana. Dvorak (2008) propõe a *vestibilidade* como um dos fatores para aceitação de tecnologias vestíveis, e a define como a facilidade de colocar e vestir os dispositivos no corpo, e não apenas pendurá-los; além de como acomoda os movimentos durante a realização de atividades cotidianas.

Enquanto Gemperle *et al.* (1998) e Dvorak (2008) propõem diretrizes para *vestibilidade* altamente baseadas em questões ergonômicas, como posicionamento do vestível no corpo, movimentos do corpo e formas de fixação, Motti e Caine (2014) agregam princípios do escopo das metas de usabilidade e experiência do usuário, oriundas do Design de Interação, como intuitividade e facilidade de uso. Para Motti e Caine (2014) os 20 princípios, coletados e analisados a partir de publicações científicas, são:

- P1) Estética: diz respeito às formas e funções dos vestíveis.
- P2) *Affordance*: nível de intuitividade do dispositivo em aspectos físicos da interação e suas interpretações. Respeita as formas do corpo humano e suas limitações.
- P3) Conforto: usuários se sentindo confortáveis com os dispositivos vestíveis deixam de perceber o artefato depois de algum tempo de uso. O conforto envolve temperatura aceitável, textura, forma, peso, pressão, ajuste.
- P4) Consciência de contexto: os cenários nos quais o dispositivo estará inserido devem ser entendidos e considerados durante o processo de *design*.

- P5) Customização: customização em tamanho, cor e aparência faz os usuários se sentirem mais confortáveis vestindo o dispositivo e integrá-lo a sua roupa normal. As opções personalizadas podem incluir cores, funções, pesos e tamanhos.
- P6) Facilidade de uso: as interfaces de *input* e *output* devem ser fáceis de utilizar. Uma interface intuitiva e direta aumenta os níveis de usabilidade do dispositivo.
- P7) Ergonomia: se refere à forma física do dispositivo, seus aspectos ergonômicos em relação a anatomia do corpo, suas limitações e como os usuários as percebem.
- P8) Moda: pode influenciar a percepção de conforto e desejo do vestível. Pode torná-lo mais ubíquo conforme seu estilo se integra ao ambiente.
- P9) Intuitividade: diz respeito à compreensão imediata de como a interação acontece.
- P10) Intrusividade: dispositivos devem ser transparentes, permitir movimentos corporais naturais e considerar limites do corpo humano.
- P11) Sobrecarga: diz respeito a considerar as capacidades cognitivas do usuário ao interagir com os dispositivos vestíveis, de modo a não superestimar suas capacidades ao interagir com o dispositivo e executar atividades primárias.
- P12) Privacidade: Se refere ao quão sutil a interação é, ou seja, ao quão discretamente as interações de *input* e *output* ocorrem.
- P13) Confiança: nível de confiança que o usuário tem pelo sistema, preocupações com a segurança, precisão e eficiência.
- P14) Resistência: entender o contexto no qual o artefato estará exposto para considerar diversas formas e níveis de condições.
- P15) Responsividade: auxilia o usuário a agir de maneira mais eficiente e produtiva, já que exige maior responsividade quando está executando outras tarefas do cotidiano.
- P16) Satisfação: como o dispositivo atinge as expectativas, desejos e requisitos do usuário. Envolve a satisfação emocional e funcional do usuário.

- P17) Simplicidade: respeita os princípios de *design* minimalista, com apenas opções de interação e funções que são fundamentais para o usuário completar a tarefa.
- P18) Sutileza: refere-se ao quão transparente a comunicação é, pois os usuários podem se preocupar com a exposição da interação com o artefato e suas notificações.
- P19) Amigável ao usuário: respeita o modelo mental do usuário final, propondo opções que facilitam a interação.
- P20) *Vestibilidade*: compreende a forma física do objeto e sua relação ativa com o corpo, e também se relaciona com a maioria dos princípios apontados anteriormente.

Karahanoğlu e Erbuğ (2011) categorizam as qualidades percebidas pelos usuários determinantes à aceitação dos vestíveis. Para tanto, as qualidades são organizadas conforme a perspectiva de experiência proposta por Hassenzahl (2008), que as divide em qualidades pragmáticas e hedônicas.

Quadro 3 – Qualidades percebidas pelos usuários de vestíveis

| | |
|-------------------------------|---|
| Qualidades Hedônicas | Esteticamente agradável Familiar/tradicional Viabilidade Novidade Personalização/customização Prazer de uso Expressividade Confiabilidade |
| Qualidades Pragmáticas | Compacidade Compreensibilidade Facilidade de uso Interatividade Flexibilidade Multifuncionalidade Portabilidade Robustez Simplicidade Apelo tecnológico Utilidade <i>Vestibilidade</i> |

Fonte: Karahanoğlu e Erbuğ (2011)

As qualidades hedônicas abordadas por Karahanoğlu e Erbuğ (2011) aproximam-se dos princípios de experiência do usuário, oriundas do Design de Interação, como o prazer de uso e a satisfação com a estética; enquanto as qualidades

pragmáticas se dividem entre os aspectos físicos (*vestibilidade*, portabilidade) e interativos do produto (facilidade de uso, utilidade).

Seymour (2008) emprega o termo *wearability* como similar a *body ergonomics*. A autora divide as considerações de *design* para tecnologias vestíveis a partir de uma abordagem centrada na moda. O Quadro 5 expressa os fatores e considerações apontados por Seymour (2008).

Quadro 4 – Considerações de design de vestíveis

| Fator | Consideração |
|--------------------------------------|---|
| Ergonomia / vestibilidade | Posicionamento, forma de linguagem, movimento humano, proximidade, tamanho, anexos, peso, acessibilidade, calor, forma do corpo humano, conforto, corte da peça, compartimentos |
| Percepção | Estética, aparência e toque, <i>design</i> , funções culturais e psicológicas |
| Funcionalidade | Interação usável com o sistema (<i>inputs</i> e <i>outputs</i>), controle do usuário, construção modular |
| Tecnologia | Computação ubíqua, tecnologia de sensoriamento, <i>design</i> de sistemas embarcados, computação física |
| Materiais | Materiais interativos ou reativos, tecidos eletrônicos, lavagem/limpeza, durabilidade, proteção |
| Energia | Baterias, solar, cinética |
| Reciclagem | Ecológico, biodegradável, construção modular para desmontagem |

Fonte: Seymour (2008)

Na perspectiva de Hartman (2014), as principais questões que norteiam o *design* de vestíveis são: conforto, usabilidade, durabilidade e estética. A abordagem da autora é predominantemente técnica e funcional, demonstrada por um viés voltado para aplicação dessas questões em contexto de dinâmicas construtivas, como a prototipagem ou detalhamento técnico do produto.

Quadro 5 – Considerações de *design* de eletrônicos vestíveis

| ATRIBUTO | CARACTERÍSTICAS |
|--------------|--|
| Conforto | Tamanho, peso e forma Posicionamento do vestível no corpo e dos componentes do circuito no vestível |
| Durabilidade | Isolamento Modularidade Proteção Alívio de tensões |
| Usabilidade | |
| Estética | |

Fonte: Hartman (2014)

Quanto à relação da forma física desses artefatos com o corpo humano, Gemperle *et al.* (1998) propõem seis diretrizes principais que buscam comunicar princípios para *vestibilidade*:

1. Localização – onde no corpo deve ir.
2. Linguagem da forma – definir a forma.
3. Movimento humano – considerar a estrutura dinâmica.
4. Proximidade – percepção humana de espaço.
5. Tamanho – para diversidade corporal.
6. Incorporação – fixar a forma no corpo.

De maneira geral, verificou-se que os princípios e aspectos de *design* encontrados na literatura referente ao projeto de vestíveis, em especial os focados no usuário, são orientados por dois eixos principais: (i) em relação à interação humano computador, manifestados por aspectos relacionados às metas de usabilidade, com ênfase na proximidade do produto interativo ao corpo humano; (ii) em relação física do artefato, envolvendo aspectos estéticos e de ergonomia.

2.4.1 Usabilidade

Diante da importância do conceito na construção dos produtos interativos vestíveis, este tópico aborda as características e definições de usabilidade e sua relevância no contexto do *design* de produtos interativos. A norma ISO 9126 (ABNT, 1991), que trata da qualidade de *softwares*, foi a primeira ISO a definir o termo usabilidade. Nela, lê-se: “um conjunto de atributos de software relacionado ao esforço

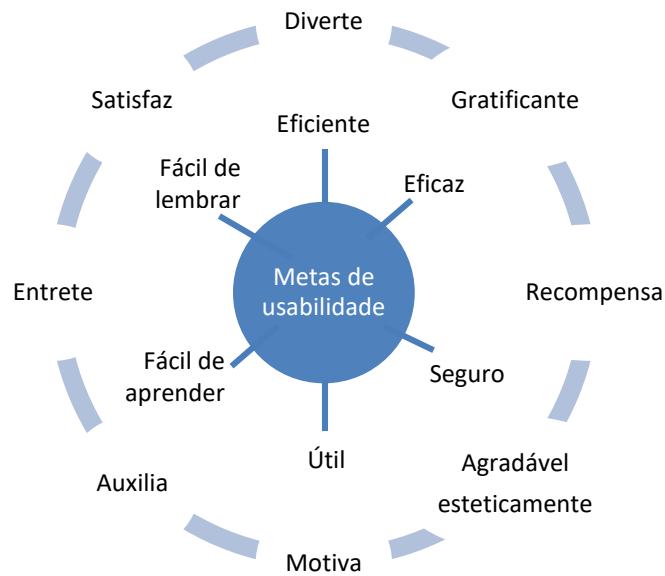
necessário para seu uso e para o julgamento individual de tal uso por determinado conjunto de usuários". A ISO 9241 (ABNT, 1998), define usabilidade como: "a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso". A versão da norma ISO 9241-11 esclareceu alguns conceitos contidos nesta definição, como eficácia e eficiência. Nela, eficácia diz respeito à precisão e à completeza com que os usuários atingem objetivos específicos, acessando a informação correta ou gerando os resultados esperados; enquanto eficiência refere-se à precisão e à completeza com que os usuários atingem seus objetivos em relação à quantidade de recursos gastos.

Para Nielsen (1993), usabilidade é um atributo de qualidade que denota o quão fácil é interagir com as interfaces do usuário. Além disso, o termo também se refere aos métodos para melhorar a facilidade de uso durante o processo de *design*. Para o autor, usabilidade é definida por cinco conceitos ligados à qualidade:

- Apreensibilidade (*learnability*): quão fácil é para os usuários realizar tarefas básicas pela primeira vez que conhecem o *design*?
- Eficiência: uma vez que os usuários aprenderam o *design*, quão rápido eles executam as tarefas?
- Memorabilidade: quando o usuário volta ao *design* após um período sem utilizá-lo, quão fácil é restabelecer a proficiência?
- Erros: quantos erros os usuários cometem, quão severos são esses erros e quão facilmente eles se recuperam do erro?
- Satisfação: quão prazeroso é o uso do design? (NIELSEN, 1993)

Para Rogers, Sharp e Preece (2013), o Design de Interação está fundamentado em metas de usabilidade e princípios de experiência do usuário, em consonância com as qualidades propostas por Nielsen (1993) para definir usabilidade.

Figura 8 – Metas de usabilidade e experiência do usuário



Fonte: Rogers, Sharp e Preece, 2013.

Ainda acerca da usabilidade, a avaliação heurística é um método de engenharia de usabilidade concebido por Nielsen (1994) para encontrar problemas de usabilidade em um *design* de interface do usuário para que possam ser corrigidos em um processo de *design* iterativo. A avaliação heurística envolve avaliadores para examinar a interface e julgá-la conforme princípios de usabilidade (as heurísticas). As heurísticas propostas por Nielsen (1994) são:

- Visibilidade do *status* do sistema: o usuário deve estar completamente informado do que está acontecendo, por meio de *feedback* apropriado imediato da interface.
- Compatibilidade do sistema com o mundo real: o sistema deve falar a linguagem do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares a ele, em vez de termos do sistema. Ou seja, deve seguir convenções do mundo real, a fim de tornar a informação natural e em uma ordem lógica.
- Controle e liberdade do usuário: o usuário muitas vezes escolhe funções do sistema por engano, portanto, o sistema deve disponibilizar “saídas de emergência” ao usuário, para que ele possa desfazer ou refazer ações sem que tenha que passar por um longo caminho. Para isso, deve contar com funções como *desfazer* e *refazer*.

- Consistência e padrões: o usuário não deve ter que adivinhar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Para tanto, sugere-se o uso de convenções.
- Prevenção de erros: melhor que boas mensagens de erro é um *design* cuidadoso que previne que o erro aconteça. Devem ser eliminadas condições que induzem ao erro ou estabelecida uma rotina de opção de confirmação antes que o usuário cometa a ação.
- Reconhecimento em vez de lembrança: minimizar a carga de memória tornando opções, ações e objetos visíveis. O usuário não deve precisar memorizar o que está realizando. Instruções para o uso do sistema devem estar visíveis ou ser de fácil acesso.
- Flexibilidade e eficiência de uso: O sistema deve ser fácil e intuitivo ao ser operado por usuários novatos, mas também robusto para permitir eficiência de uso a usuário experientes.
- Estética e *design* minimalista: os diálogos devem ser sucintos e não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias ao usuário. Cada informação extra ou irrelevante no sistema irá competir com informações realmente relevantes ou importantes.
- Ajuda para o usuário identificar, diagnosticar e corrigir erros: as mensagens de erros devem ser claras e indicar precisamente o problema e sugerir correções por meio de linguagem pertinente ao usuário.
- Ajuda e documentação: embora seja interessante que o usuário sequer precise de um documento de ajuda, pode ser necessário disponibilizá-los. No entanto, é fundamental que as informações da ajuda sejam fáceis de localizar, focadas na atividade do usuário, listando passos concretos para solucionar a questão e sem ser muito extensas.

Novos conjuntos de heurísticas de usabilidade para domínios específicos são constantemente desenvolvidos, pois as heurísticas tradicionais não dão conta de aspectos particulares de cada tipo de *software* ou aplicação (QUIÑONES; RUSU, 2017). Segundo Quiñones e Rusu (2017), para qualificar os problemas de usabilidade, três escalas são empregadas:

- Escala de severidade;

- Escala de frequência;
- Escala crítica: resume as escalas de frequência e severidade, possibilitando determinar quais problemas são mais críticos.

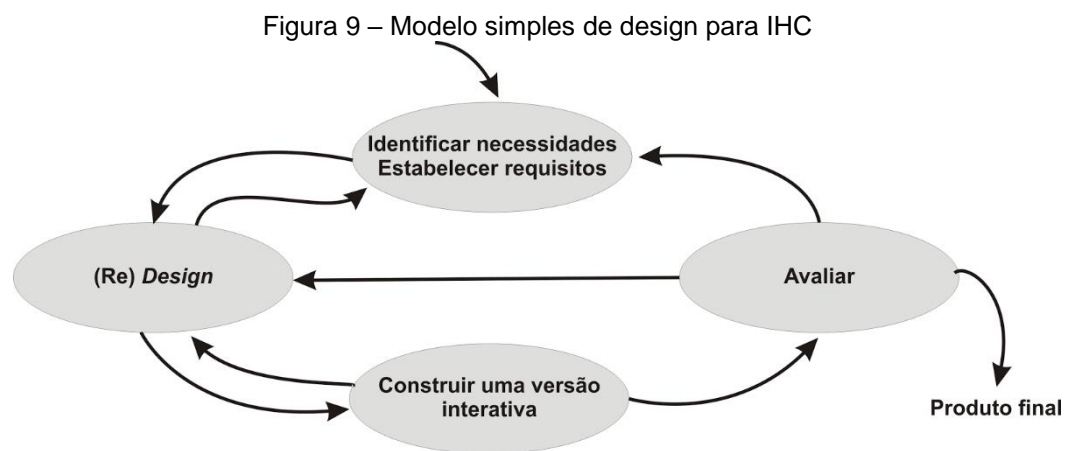
É interessante ressaltar que, de modo geral, alguns princípios e heurísticas transcendem as diferentes interfaces e podem ser aplicados independentemente do mecanismo utilizado para interagir com o usuário, seja ele uma interface gráfica, gestual, por comando de voz, etc. (DVORAK, 2008). Por essa razão, muitas das heurísticas desenvolvidas para campos específicos se baseiam ou expandem heurísticas já consolidadas, como as de Nielsen (1994), ou são construídas a partir de princípios de *design* (QUIÑONES; RUSU, 2017).

2.5 PROCESSOS DE *DESIGN*

A prática interdisciplinar evocada pelo projeto de eletrônicos vestíveis é um dos aspectos mais instigantes deste campo na visão de Hartman (2014). Segundo a autora, é improvável que um projetista tenha todas as habilidades necessárias para desenvolver o projeto de vestíveis ideal. Além disso, equipes interdisciplinares são mais fortes e podem contribuir para o sucesso do projeto no longo prazo. Nesse espectro, a interdisciplinaridade dos processos de *design* para vestíveis é expressa pelo interesse das áreas, sobretudo, mas não limitadas a, em práticas de *design* (Design de Moda, Design de Produto, Design de Interação), engenharias e pesquisa com usuários (KARAHANO ĞLU; ERBUĞ, 2011). McCann (2009) afirma que a nova área de *design* das tecnologias vestíveis e tecidos inteligentes requer uma integração de metodologias de áreas distintas.

Quanto aos processos comuns ao Design de Interação, segundo Barbosa e Silva (2010), o projeto de um sistema interativo consiste em um processo iterativo que analisa, sintetiza e avalia artefatos coletados e produzidos com fins de construção do sistema e de promoção de boas experiências de uso. Uma das características centrais dos processos de design de IHC, conforme Barbosa e Silva (2010) e Rogers, Sharp e Preece (2013), é a execução das atividades de forma iterativa, permitindo refinamentos sucessivos e maior flexibilização dos processos de *design*. Com isso, o *designer* tem oportunidades para aprender mais sobre o problema a ser resolvido e sobre a solução sendo concebida.

Rogers, Sharp e Preece (2013) afirmam que, assim como em muitas outras áreas do *design*, no Design de Interação existem três atividades fundamentais: compreender os requisitos, produzir um *design* e avaliá-lo. Além dessas, os autores acrescentam que, especificamente no Design de Interação, para contemplar as questões relacionadas ao usuário, cabe incluir a atividade de prototipação, de modo que os usuários possam interagir com o *design*. A Figura 9 ilustra o modelo simples de design para IHC, proposto por Rogers, Sharp e Preece (2013) que, de forma iterativa, apresenta quatro etapas principais: compreensão, avaliação, *design* (e *redesign*) e prototipagem.



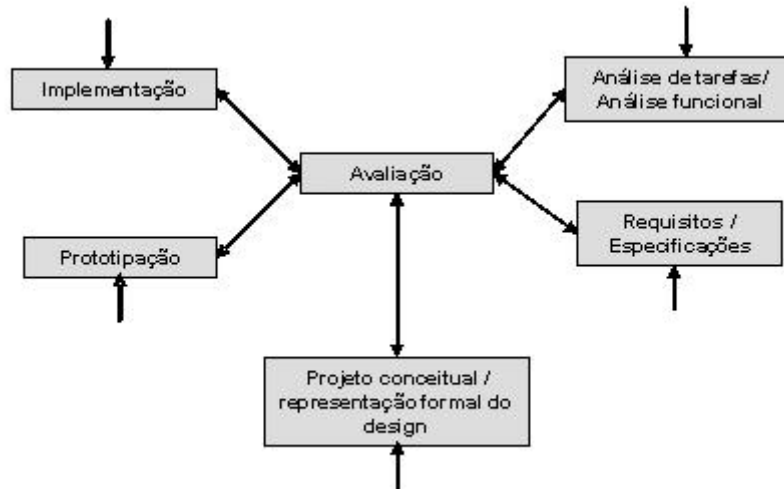
Fonte: Adaptado de Rogers, Sharp e Preece (2013)

Ainda, segundo os autores:

o processo de *design* de interação constitui-se de quatro atividades básicas: identificar as necessidades e estabelecer requisitos, desenvolver *designs* alternativos que preencham esses requisitos, construir versões interativas dos *designs*, de forma que eles possam ser comunicáveis, e avalia-las. (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 216)

Outras abordagens para processos de *design* voltados para IHC também costumam apresentar-se de forma iterativa, como o ciclo de vida em estrela, desenvolvido por Hix e Hartson (1993). Esse modelo foi um dos primeiros voltados para IHC a ser amplamente difundidos (BARBOSA; SILVA, 2010). A Figura 10 sintetiza as atividades desse processo, cuja etapa de avaliação é central e pauta a iteração entre as demais atividades.

Figura 10 – Ciclo de vida em estrela



Fonte: Hix e Hartson (1993)

A engenharia de usabilidade, conjunto de atividades que devem ocorrer durante o ciclo de vida do produto, foi proposta por Nielsen (1994). Neste caso, não há uma formatação de diagrama, e sim uma lista de atividades na qual o caráter iterativo é reforçado pela atividade número dez:

1. Conheça seu usuário;
2. Realize uma análise competitiva;
3. Defina as metas de usabilidade;
4. Faça *designs* paralelos;
5. Adote o *design* participativo;
6. Faça o *design* coordenado da interface como um todo;
7. Aplique diretrizes e análise heurística;
8. Faça protótipos;
9. Realize testes empíricos;
10. Pratique *design* iterativo.

Por fim, na visão de Nielsen (1993), há muito tempo se reconhece que as interfaces para o usuário devem ser projetadas de forma iterativa, pois é virtualmente impossível projetá-las sem problemas de usabilidade desde o início. Para o autor, nem mesmo os maiores *experts* em usabilidade conseguiriam projetar interfaces perfeitas em apenas uma tentativa, então, deve-se construir o ciclo de engenharia de usabilidade sob o conceito de iteratividade.

Já em uma abordagem mais específica para os produtos interativos vestíveis, Dvorak (2008) propõe um processo para o desenvolvimento de produtos que inclui considerações importantes ao projeto de dispositivos vestíveis, como a preocupação com o contexto do usuário ao usar o artefato. O processo sugerido pelo autor é dividido em 10 etapas:

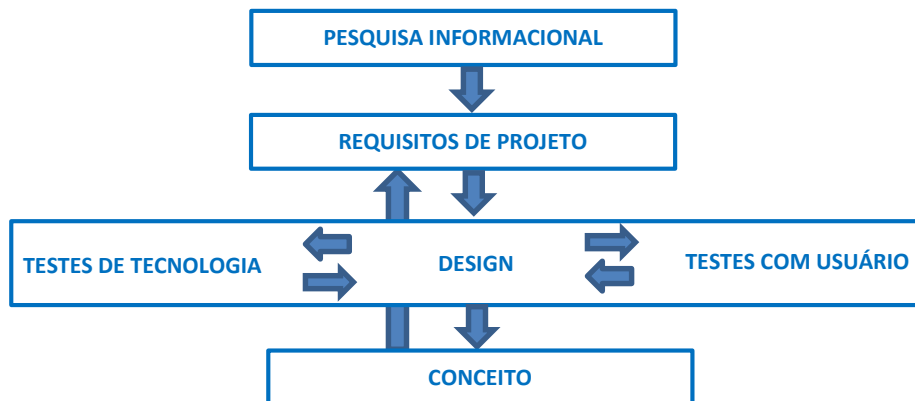
1. Definir o modelo mental do dispositivo ou da forma física a que está associado, como a peça de roupa. Em outras palavras, quais são as propriedades essenciais, as ações e as *affordances* que tornam o que ele é? Esse modelo mental deve ser intuitivo para o usuário, baseado no senso comum e experiências. Se um objeto, como uma peça de roupa, tem componentes embarcados, o modelo mental deve se referir a este objeto, sem os componentes embarcados.
2. Identificar componentes ampliadores e suas funções. Esses componentes incluem eletrônicos, processamento, comunicação, etc. que serão embarcados no dispositivo ou peça de vestuário. Para cada componente, devem-se definir suas funções e como ele irá interagir e colaborar com outros componentes no contexto do artefato. É importante garantir que as ações que esses componentes exigem do usuário sejam complementares ou ortogonais e não violem o modelo mental que o usuário tem do artefato.
3. Listar as atividades do usuário envolvidas com o dispositivo, assim como o contexto para todas as atividades primárias que o usuário possa executar envolvendo o artefato. O contexto da atividade é importante pois pode definir situações e elementos que comprometem ou impedem a performance da atividade.
4. Executar as atividades com um modelo ou instância do objeto associado ao dispositivo. É necessário recriar, cuidadosamente, as atividades dentro dos contextos relevantes e recriar as condições dentro dos contextos que impedem ou comprometem a atividade.
5. Identificar todas as violações de ZOID₂, ou seja, devem ser identificados todos os incidentes que resultem em esforços para configurar o dispositivo, qualquer complexidade na interação e qualquer intrusão nas atividades do usuário relacionadas ao dispositivo. Registrar os impactos de cada violação.

6. Atribuir a severidade e prioridade das violações baseadas no impacto, frequência de ocorrência e disponibilidade de resoluções.
7. Agrupar as violações por área de inércia operacional (esforço para configurar, complexidade da interação e impulsividade enquanto não usado).
8. Propor uma solução para cada violação. Listar as características das soluções que as tornam menos ideais do que a ação que induz a violação.
9. Revisar os efeitos da solução proposta nas outras áreas de inércia operacional. Reduzir problemas em uma área pode, frequentemente, levar a aumentos em outra área. Por exemplo, reduzir a intrusividade enquanto o usuário não utiliza o sistema tornando o dispositivo menor pode aumentar a complexidade da interação ou o esforço para configurá-la devido ao tamanho reduzido.
10. Executar uma audição para o *design* das questões de inércia operacional. Ela identifica cada aplicação dos princípios de *design* e procura por áreas onde é possível aprimorá-las (DVORAK, 2008).

Na perspectiva de Sullivan (2017) não há uma linguagem comum estabelecida na área das tecnologias vestíveis, e os produtos são tão divergentes e tão novos que não conseguimos saber se uma ideia é boa sem criar um protótipo para torná-la real de alguma maneira. Outros autores, como Hartman (2014) e Fearis e Petrie (2017), também defendem uma abordagem de processo altamente centrada na construção de protótipos e modelos desde o início do projeto de vestíveis.

O trabalho de Bouwstra *et al.* (2009) demonstra o processo de desenvolvimento de uma peça de vestuário para monitoramento neonatal. Os autores empregaram um processo de *design* iterativo, alimentado inicialmente pela pesquisa sobre tecnologias disponíveis, requisitos médicos e *design* de moda para bebês. Essa pesquisa fundamentou o estabelecimento de requisitos projetuais que guiaram o processo de *design*. Foram definidas duas rotinas de testes distintas, baseadas em protótipos: o teste com usuários e o teste de tecnologia. A iteração entre essas atividades resultou no conceito, segundo os autores. A Figura 11 demonstra o processo empregado por Bouwstra *et al.* (2009).

Figura 11 – Processo empregado para desenvolvimento de peça para neonatal



Fonte: Bouwstra *et al.* (2009)

Devido à importância e à complexidade das formas de interação ao processo de *design* das tecnologias vestíveis, o próximo tópico abordará as interfaces mais pertinentes e suas limitações e considerações ao campo.

2.6 INTERFACES DO USUÁRIO

As interfaces do usuário para computadores vestíveis devem conciliar as melhores e mais atuais práticas em *design* de interface com os conhecimentos clássicos de interação humano-computador para propor soluções adequadas às situações multitarefas em que os usuários de vestíveis estão constantemente envolvidos (WITT, 2008).

De todos os componentes de um sistema vestível, o mais visível ao usuário é a interface. A interface do usuário determina o tom da experiência com o sistema vestível (DVORAK, 2008). O autor elabora que o usuário e o sistema vestível formam um sistema maior no qual há várias maneiras em que esses elementos podem interagir e cabe à interface mediar essa interação. Por essa razão, o escopo da interface do usuário no contexto das tecnologias vestíveis é amplo e complexo. Trata-se de um sistema móvel e pessoal, no qual as opções para interfaces não se restringem a Interfaces Gráficas do Usuário (GUI) - podem ser baseadas na voz, em gestos, ou até em rastreamento ocular. O tom da interação é dado pela necessidade de adaptar as interfaces às diferentes situações e contextos nos quais o usuário estará

inserido enquanto interagir com o sistema e cabe ao *designer* conceber e avaliar as soluções mais adequadas, considerando as particularidades dos sistemas vestíveis.

Billinghurst (1998) afirmou que, para popularizar a computação vestível, seria necessário que desafios únicos de interface fossem resolvidos. Desses, uma das questões mais importantes é como apresentar e interagir com as informações de um contexto vestível. Isso porque não é a tecnologia o que mais importa nesses casos, pois, não importa o quanto elas avancem, a capacidade das pessoas em utilizá-la não mudou. Ainda, grande parte dos princípios de usabilidade tem mais a ver com as capacidades e limitações humanas do que com a tecnologia (WHITENTON, 2016). Nesse sentido, a autora aborda capacidade sob o ponto de vista cognitivo.

Os próximos itens exploram algumas das interfaces mais comuns no campo do Design de Interação sob a perspectiva dos sistemas vestíveis.

2.6.1 Interfaces gráficas do usuário

A interface gráfica do usuário, enquanto forma para *input* de informações no sistema vestível, é classificada como forma detalhada de *input* por Dvorak (2008). Para ele, os vestíveis têm uma longa relação de amor e ódio com as Interfaces gráficas do usuário (GUI) construídas baseadas no paradigma WIMP (janelas, ícones, menus e ponteiro). Por um lado, as GUI são, em geral, pouco apropriadas para um sistema vestível, enquanto, por outro lado, podem ser a interface mais efetiva para o sistema em tarefas específicas. Dvorak (2008) aponta que há diversos estudos que relatam a dificuldade de empregar as GUI como interface principal de um sistema vestível. Isso se deve às suposições problemáticas sobre o usuário na hora de projetar GUI para sistemas vestíveis:

- Considerar que o usuário pode aplicar sua motricidade fina para executar a tarefa;
- Considerar que lidar com o computador é a atividade primária do usuário;
- Considerar que o usuário tem um espaço de tela disponível significativo.

Nesse escopo, Dvorak (2008) refere-se ao uso de interfaces gráficas diretamente no artefato físico vestível. Percebe-se, com isso, que parte das limitações

do emprego da interface é relacionada ao tamanho, possivelmente reduzido, do dispositivo e, conseqüentemente, da tela. Como o próprio autor argumenta, algumas tarefas específicas podem ser pertinentes ao uso das GUI e, por isso, é interessante pensar no vestível como artefato de interfaces híbridas, que se complementam nas diversas situações do usuário. Além disso, é recorrente a integração do vestível em um sistema multiplataforma com *smartphones*, exigindo a construção de uma interação com esses dispositivos, por exemplo, por meio de aplicativos. Nesse caso, as questões de dimensão da tela deixam de ser o foco, mas é importante pensar na atividade primária do usuário e momento adequado para colocar em uso o recurso.

2.6.2 Interfaces por fala

Diferentemente de outros métodos, como gestos e cliques, a fala é provavelmente o meio de interação com computador mais natural ao ser humano (WITT, 2008). Segundo Whinton (2016), a experiência do uso de comandos de voz para controlar computadores transformou-se substancialmente e, agora, há uma nova geração de sistemas de interação por voz. Com o aprimoramento do reconhecimento de fala dos anos recentes, os erros de comunicação diminuíram significativamente e tornaram a interface por fala uma opção viável e altamente apropriada para as interfaces vestíveis. No caso de usuários ocupados, com a atenção voltada a outra atividade, especialmente visual, uma interface gráfica poderia comprometer a execução de alguma das atividades desempenhadas. Contudo, as interfaces por voz não estão livres dos problemas mais substanciais do *design* de interfaces, como aponta Whinton (2016):

- Selecionar tarefas de apoio.
- Determinar a estrutura do diálogo.
- Decidir quais comandos ou funções estarão disponíveis.
- Permitir que o usuário especifique o que ele quer.
- Fazer com que o computador dê feedbacks ao usuário

Isso porque, como ressaltado pela autora, tudo que a interface de voz faz é permitir que o usuário fale em vez de escrever, clicar ou tocar.

Para Dvorak (2008), o uso da fala como interface de sistemas vestíveis pode se dar em diferentes níveis: no mais simples, ela funciona apenas como mecanismo para dar entrada em comandos para interfaces gráficas; o próximo nível é usar a fala para aumentar as capacidades de uma interface gestual; por fim, o uso da fala como interface primária, em que a maioria das capacidades do dispositivo, se não todas, são controladas pela fala.

Em alguns aspectos e situações, as interfaces por voz demonstram desvantagens frente a outras formas de interação. Por exemplo, escolher um item em uma lista é muito mais fácil em uma tela do que ouvir item por item, pois a voz é um meio de uma dimensão, sem persistência; enquanto uma tela, por exemplo, é um meio de duas dimensões, com persistência (o usuário pode olhar para ele pelo tempo que quiser) e atualização seletiva (o usuário pode alterar apenas uma parte da tela, sem influenciar o resto) (WHITENTON, 2016). Dessa maneira, para a autora, as interfaces por voz demonstram seu maior potencial como um componente adicional em um diálogo multimodal, e não sozinhas como o único canal de interface. O tópico 2.6.4 aborda a integração entre formas de interações a partir das interfaces multimodais e multiplataformas.

2.6.3 Interfaces gestuais

As interfaces gestuais são convenientes para aplicações que não requerem alta precisão da posição espacial e também não requerem estruturas de comando complexas e nas quais a semântica desses comandos pode ser facilmente mapeada em gestos (DVORAK, 2008). Dvorak (2008) sugere que, ao optar pela interface gestual, é importante testar os gestos no início do processo de *design*. O autor propõe que usuários executem os gestos e outros usuários iniciantes tentem determinar o que eles significam.

Desenvolver um vocabulário de gestos apropriado é fundamental no desenvolvimento de uma interface gestual. Dvorak (2008) descreve diversos tipos de gestos:

- Gestos emblemáticos: formam símbolos que representam palavras específicas, como o símbolo de *ok*.

- Gestos proposicionais: indicam medidas no espaço ao redor do usuário, como distanciar as mãos para indicar o tamanho de um objeto.
- Gestos icônicos: ilustram funções em eventos ou ações, ou como elas acontecem – como imitar os movimentos da ação de digitar um teclado.
- Gestos metafóricos: são similares aos icônicos, mas tratam de representações abstratas de formas não físicas. Exemplo: rotacionar a mão pelo pulso como sinal para acelerar algo.
- Gestos dêiticos: referem-se ao espaço entre o usuário e aqueles interagindo com ele; por exemplo, apontar para um lugar no chão onde alguém deveria estar posicionado.
- Gestos ritmados: são ligados ao ritmo de uma fala, e não necessariamente se referem a uma palavra específica. Marcam e dão ritmo a uma fala.

No contexto vestível, as interfaces gestuais, assim como as por voz, funcionam muito bem como complemento da interação em sistemas multimodais.

2.6.4 Interface Multimodal e multiplataforma

As interfaces multimodais são destinadas a fornecer experiências de usuário ricas e complexas, multiplicando a forma como a informação é experimentada e controlada na interface por meio de diferentes modalidades, ou seja, o tato, visão, som, fala (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p.201)

Interfaces multimodais são comuns e bem aceitas no contexto dos sistemas vestíveis de grandes desenvolvedores. Acredita-se que a grande variedade de situações em que o usuário é exposto no seu cotidiano requer maneiras diferentes de interação com o dispositivo.

O *smartwatch* Moto G Sport, desenvolvido pela Motorola, é um exemplo de interface multimodal. O dispositivo apresenta uma interface gráfica, mas também permite interação por voz e *inputs* por movimento do pulso. Com isso, em uma situação de atividade física intensa, o usuário dificilmente terá a atenção total e motricidade necessária para operar uma interface gráfica reduzida, podendo utilizar as outras formas de interação.

Figura 12 – Smartwatch com interface multimodal



Fonte: Motorola (2017)

Um exemplo de multiplataforma é o LumoLift, apresentado no item 2.3, que alerta o usuário sobre sua má postura corporal com pequenas vibrações. Essa interação com o dispositivo é pouco intrusiva e não chega a comprometer a atenção do usuário com suas atividades primárias do dia a dia. Contudo, a interface não permite a apresentação de informações mais complexas; logo, se faz necessária uma segunda forma de interação. Para tanto, os desenvolvedores optaram pela integração do sistema com um aplicativo móvel para *smartphone*.

Figura 13 – Dispositivo LumoLift e aplicativo para smartphone



Fonte: LumoLift (2017)

2.7 O USUÁRIO NO PROCESSO DE *DESIGN* DE INTERAÇÃO

Envolver os usuários e outros no processo de design significa que os designs e as possíveis soluções precisarão ser transmitidas a outras pessoas, não somente ao designer. Isso exige que o design seja capturado e expresso de uma forma adequada, permita a revisão, a correção e a melhoria (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p.321).

Para Barbosa e Silva (2010), um dos aspectos centrais dos processos de *design* de IHC é a importância de envolver os usuários durante suas atividades para dar-lhes oportunidade de participar, direta ou indiretamente, nas decisões tomadas. Os autores afirmam que quanto mais cedo os usuários forem envolvidos no processo, mais cedo será possível aprender sobre suas necessidades e, com isso, influenciar positivamente a síntese da solução, além de identificar e corrigir eventuais problemas. “Isso nos permite desenvolver um sistema interativo mais interessante para os usuários e com maior qualidade de uso, porque temos acesso às interpretações e opiniões dos usuários sobre o resultado do design” (BARBOSA; SILVA, 2010).

Rogers, Sharp e Preece (2013) acreditam que a melhor maneira de garantir que o projeto leve em consideração o usuário até o fim do processo é envolver usuários reais ao longo do desenvolvimento. A partir do contato com os usuários reais, os desenvolvedores podem compreender melhor seus objetivos, o que, conseqüentemente, leva à construção de um produto mais adequado e usável.

De acordo com Nielsen (1993), por meio do envolvimento do usuário, é possível melhorar a qualidade do sistema, já que é possível identificar com mais clareza e precisão as necessidades do usuário. O envolvimento do usuário é uma condição necessária para o sucesso do desenvolvimento de um sistema de informação baseado em computador (IVES; OLSON, 1984).

Mumford (1979) *apud* Ives e Olson (1984) propõe três tipos de participação, da menos à mais direta:

1. Consultiva: quando o projeto é executado pela equipe, mas os objetivos e a forma do sistema são influenciados pelos usuários.
2. Representativa: quando todos os níveis e funções do grupo de usuários são representados na equipe de *design*.

3. Consenso: quando busca-se envolver todos do departamento dos usuários, pelo menos com comunicação e consulta, ao longo do processo de *design*.

Ives e Olson (1984) definiram níveis para o envolvimento do usuário no processo de projeto de sistemas, referindo-se à quantidade de influência que o usuário tem sobre o produto final:

1. Nenhum envolvimento: os usuários não desejam ou não são convidados a participar.
2. Envolvimento simbólico: o envolvimento é solicitado, mas ignorado no processo de projeto.
3. Envolvimento por consulta: conselhos do usuário são solicitados por meio de entrevistas e questionários.
4. Envolvimento por controle baixo: é atribuída pouca responsabilidade aos usuários em cada fase do projeto.
5. Envolvimento por atividade: os usuários são vistos como membros da equipe de projeto, ou como uma ligação entre o grupo desenvolvedor.
6. Envolvimento por controle forte: os usuários exercem um forte controle e responsabilidade sobre o projeto.

3 PROTOTIPAGEM

O presente capítulo aborda a prototipagem e construção de modelos e disserta sobre a conceituação dos termos relevantes ao contexto, as classificações propostas na literatura, o envolvimento do usuário, a prototipagem no Design de Interação e, por fim, a prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis.

3.1 DEFINIÇÃO DOS TERMOS

Para o dicionário de filosofia Nicola Abbagnano (1998), tanto o termo *protótipo* quanto *modelo* expressam o mesmo que arquétipo. Por arquétipo, encontra-se:

Modelo ou o exemplar originário ou original de uma série qualquer. As idéias de Platão foram consideradas Arquétipos enquanto modelos das coisas sensíveis e, mais freqüentemente, as idéias existentes na mente de Deus,

como modelos das coisas criadas (PLOTINO, Enn., V, 1, 4; PROCLO, InRep., II, 296). Mas Locke {Ensaio, II, 31, § 1} empregou a palavra Arquétipo para dizer somente modelo: "Chamo adequadas as idéias que representam perfeitamente os arquétipos dos quais a mente supõe que elas tenham sido extraídas, que ela entende sejam representadas por aquelas idéias, e a que ela as refere". Arquétipo, nesse caso, são as forças naturais, as idéias simples ou as idéias complexas assumidas como modelos para medir a adequação das outras idéias (ABBAGNANO, 1998).

O significado atribuído ao termo *protótipo* ou à *prototipagem* pode variar ligeiramente conforme o autor ou até mesmo o campo de estudo. De maneira geral, o significado atribuído ao termo oscila entre as duas possibilidades de representação propostas por Baxter (1998) para o *design* de produtos:

- Em um sentido mais preciso, refere-se à representação física do produto que eventualmente será produzido industrialmente, aproximando-se da ideia de um piloto.
- Em um sentido mais lato, refere-se a qualquer tipo de representação física construída com o objetivo de realizar testes, aproximando-se da ideia de uma ferramenta empregada ao longo do projeto.

Ainda para Baxter (1998), o modelo refere-se a uma representação do produto ou de parte dele e, em geral, usado é usado para representar modelos computacionais ou representações físicas da aparência visual dos produtos. Para o autor, inserido em um contexto de projeto de produto, os modelos podem ser feitos em escala reduzida ou ampliada, enquanto os protótipos devem respeitar a escala natural do produto.

Para Buchenau e Suri (2000), protótipos são representações de um *design* que precedem a existência do artefato final, e são criados para dialogar com as decisões de design e o processo de *design*. Conforme Rogers, Sharp e Preece (2002), a atividade de construir protótipos encoraja a reflexão no projeto, e é reconhecida por *designers* de diversas áreas como um importante aspecto do processo de *design*.

Segundo Ehn (1992 *apud* Volpato, 2007), ferramentas de *design*, como modelos, *mock-ups*, protótipos, análises e representações de uso, atuam como lembretes e casos paradigmáticos para a observação e avaliação de sistemas e produtos a serem projetados, construídos e utilizados. Essas ferramentas são efetivas porque remetem

a experiências anteriores. Elas fornecem aos usuários a possibilidade de participar do processo de *design* e *redesign* dos produtos porque a sua utilização traz para a atividade de projeto semelhanças familiares aos jogos de linguagem utilizados em situações cotidianas. Por meio do uso de representações tridimensionais, dá-se ao usuário a possibilidade de expressar a sua competência e compreensão prática e de avaliar, junto com a equipe de projeto, as restrições e possibilidades técnicas em jogo no projeto.

Segundo Brown (2010), quanto mais avançado está o projeto, maior é a complexidade e o custo de confecção de um protótipo e, proporcionalmente, menor é a margem de análise crítica construtiva em caso de necessidade de alterações no projeto. Para o autor, o protótipo no processo final de desenvolvimento do produto ainda é muito importante, mas se o recurso for empregado apenas nesse momento, poderá ocasionar um encadeamento de problemas que poderiam ter sido vislumbrados e corrigidos em etapas anteriores, quando havia menor complexidade.

A construção de protótipos, assim, visa reproduzir algum atributo desejável ao produto final e pode se manifestar de diversas maneiras. Por isso serão apresentadas algumas classificações desenvolvidas por autores, que visam agrupar os protótipos por: (i) a função que desempenham no processo de *design*, (ii) a fidelidade ao produto final, (iii) o objetivo do emprego do recurso.

3.2 CLASSIFICAÇÕES DAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

3.2.1 Classificações por função

O Quadro 6 demonstra a classificação proposta por Bonsiepe (1984) acerca dos modelos conforme sua função no processo projetual.

Quadro 6 – Tipos de modelo conforme função no processo projetual

| TIPO DE MODELO | FUNÇÃO NO PROCESSO PROJETUAL |
|------------------|--|
| Modelo de volume | Apresenta volume e silhueta do produto através de sólidos geométricos simples. |
| Pré-modelo | Serve para corrigir e avaliar detalhes que não se podem determinar através de desenho. |

| | |
|------------------------|--|
| Modelo de apresentação | Serve para simular o produto a produzir com alto grau de semelhança. |
| Modelo operativo | Serve para observar o funcionamento dos mecanismos, detalhes ergonômicos e operativos de um produto. |
| Modelo estrutural | Serve para mostrar a estrutura do produto em componentes. |

Fonte: Bonsiepe (1984)

Ainda em relação a função, Ullman (2003) reflete sobre o propósito dos protótipos no processo de *design*, estabelecendo quatro categorias de acordo com suas funções:

Quadro 7 – Propósito dos protótipos no processo de design

| Categoria | Função |
|-------------------|--|
| Prova de conceito | É utilizada nos estágios iniciais do projeto e serve para compreender a abordagem que se deve ter ao projetar o produto. |
| Prova de produto | Em um estágio mais avançado, serve para esclarecer a forma física e a viabilidade de produção de um <i>design</i> . |
| Prova de processo | Demonstra que a escolha de materiais e métodos de produção resulta no produto desejado com sucesso. |
| Prova de produção | Demonstra que o processo de manufatura, como um todo, é efetivo. |

Fonte: Ullman (2003)

Na perspectiva de Alcoforado (2007), três questões podem ser avaliadas por meio dos protótipos:

- 1- Usabilidade: é a interface entre produto e usuário sobre aspectos do uso e procedimentos realizados para execução de uma tarefa.
- 2- Questões funcionais: habilita o *design* a operar com mecanismos, elementos funcionais e avaliar novas tecnologias dos produtos.
- 3- Estética: comunica acerca da aparência, da imagem concreta e permite a avaliação das sensações diante da interação.

Lim *et al.* (2008) propõem uma perspectiva balizada pelo papel do protótipo como filtro no projeto, enfatizando atributos e aspectos específicos do produto a serem

explorados pelo protótipo. Os autores reforçam que, embora as dimensões não forneçam uma visão completa das possibilidades, já são um bom ponto de partida.

Quadro 8 – Exemplos de variáveis de cada dimensão de filtragem

| Dimensão da filtragem | Exemplos de variáveis |
|-----------------------|--|
| Aparência | Tamanho; cor; formato; margem; configuração; peso; textura; proporção; solidez; transparência; gradação; háptica; som. |
| Dados | Tamanho dos dados; tipo dos dados; uso dos dados; tipos de privacidade; hierarquia; organização. |
| Funcionalidade | Funções do sistema; necessidade de funcionalidades do usuário. |
| Interatividade | Comportamento de entrada; comportamento de saída; comportamento de <i>feedback</i> ; comportamento da informação. |
| Estrutura espacial | Disposição da interface ou dos elementos de informação; relacionamento entre a interface ou elementos da informação – quais podem ser em duas ou três dimensões, tangíveis e não tangíveis, ou híbridos. |

Fonte: Lim *et al.* (2008)

3.2.2 Classificações por fidelidade

A maneira mais familiar ao repertório dos *designers* para classificar os protótipos e modelos é conforme seu nível de fidelidade ao atributo desejável no produto final, pois, de maneira geral, é a classificação mais recorrente da literatura, e os autores costumam classificar como protótipos de alta fidelidade e protótipos de baixa fidelidade, embora alguns autores façam menção a protótipos de média fidelidade.

Rogers, Sharp e Preece (2013) elencam uma série de vantagens e desvantagens conforme a fidelidade, expressas no Quadro 9 sobre a eficácia relativa dos protótipos de baixa *versus* alta fidelidade:

Quadro 9 – Quadro comparativo entre baixa e alta fidelidade de protótipos

| TIPO | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|-------------------------------|--|--|
| Protótipo de baixa fidelidade | Custo mais baixo de desenvolvimento. Avalia múltiplos conceitos de <i>design</i> . Instrumento de comunicação útil, Aborda questões de <i>layout</i> de tela. Útil para identificação de requisitos de mercado. Prova de conceito (demonstrações de como o produto funciona). | Verificação limitada de erros. Especificação pobre em detalhe do código. Mais facilitado. Utilidade limitada após estabelecimento dos requisitos. Utilidade para testes de usabilidade limitada. Limitações de fluxo e navegação. |
| Protótipo de alta fidelidade | Funcionalidade completa. Totalmente interativo. Dirigido aos usuários. Define claramente o esquema de navegação. Uso para exploração e teste. Mesma aparência do produto final. Serve como uma especificação viva. Ferramenta de venda e <i>marketing</i> . | Desenvolvimento mais caro. Sua criação demanda tempo. Ineficiente para <i>designs</i> prova de conceito (demonstrações de como o produto funciona). Não serve para coleta de requisitos. |

Fonte: Rogers, Sharp e Preece, 2013

Os protótipos de média fidelidade, menos citados na literatura, consistem na implementação de uma aplicação limitada em termos de funções, com foco nas questões mais essenciais do sistema. Nesse sentido, os protótipos de média fidelidade representam um meio termo que emprega as técnicas de baixa fidelidade, mais fáceis e rápidas, mas incorporando certo grau de interatividade ou funcionalidade por meio de um suporte computacional.

Pernice (2016) divide os protótipos de produtos interativos entre protótipos estáticos e protótipos interativos. O autor argumenta que, nesse contexto, deve-se trabalhar para trazer os protótipos à vida para que sejam testados conforme sua usabilidade. Para que respondam às ações do usuário, deve-se focar em implementar a interação antes do teste, ou há a opção de forjar uma interação no momento do teste. Ambos métodos apresentam benefícios e desvantagens. Rogers, Sharp e Preece (2013) atentam para riscos de produzir protótipos interativos: podem levar o

usuário a acreditar que é o produto final e o desenvolvedor a acreditar que a solução funcionou, considerando menos alternativas.

Outra maneira de classificar o desenvolvimento de protótipos recorrente na literatura é a partir da relação entre abrangência e profundidade. Para Silva e Barbosa (2010, p.108):

Podemos desenvolver um protótipo horizontal, que visa apresentar o sistema em abrangência, mas com pouca profundidade (i.e., a aparência da interface e navegação entre telas, mas sem a funcionalidade subjacente, como algoritmos e acessos a bases de dados), ou um protótipo vertical, no qual pouca funcionalidade é explorada em profundidade para que seja testada em circunstâncias realistas.

Rogers, Sharp e Preece (2013) afirmam que dois compromissos são comuns no processo de prototipagem e devem ser balanceados e negociados: a horizontalidade (que fornece ampla variedade de funções mas com poucos detalhes) e a verticalidade (que fornece muitos detalhes para apenas algumas funções). Ainda, cabe ressaltar que alguns autores, como Lim *et al.* (2008), avaliam que a distinção binária de alta e baixa fidelidade dos protótipos pode, por vezes, ser problemática, e que essa questão deve ser reexaminada.

3.2.3 Classificações por objetivos

Floyd (1984) propõe uma categorização para prototipagem conforme os objetivos almejados ao empregar o recurso, tendo como caráter:

- Exploratório: a ênfase se dá pelo esclarecimento dos requisitos e discussão de possibilidades alternativas para soluções.
- Experimental: foca em determinar o grau de adequação de uma solução proposta.
- Evolutivo: a prototipagem não é vista como uma simples ferramenta projetual, mas sim um processo de adaptação contínua.

3.3 ENVOLVIMENTO DO USUÁRIO COM PROTÓTIPOS E MODELOS

O protótipo é uma das ferramentas de comunicação e interação com o usuário mais empregadas nos processos de Design. Contudo, é muito comum que esse recurso seja deixado apenas para as etapas finais do projeto. Alcoforado (2007)

acredita que isso se deve à disseminação do pressuposto de que protótipos são caros e produzi-los requer tempo, conforme afirmado por autores de metodologia de projeto como Baxter (1998). De fato, uma abordagem com a qual os usuários possam interagir é a mais eficaz, e a construção de protótipos é uma abordagem extremamente poderosa (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p.321).

Pernice (2016) afirma que, em testes com protótipos, a presença da figura do facilitador é fundamental, principalmente pelas seguintes razões:

- Faz-se necessário explicar a natureza do meio utilizado no protótipo (não como o *design* em si funciona) ao usuário antes que o estudo inicie.
- Eventualmente, faz-se necessária a explicação do estado do sistema (por exemplo "Esta página ou função ainda não foi implementada ou não funciona") e a indagação: "O que você esperava que acontecesse?"
- Faz-se necessário descobrir se os usuários inativos estão esperando uma resposta (de um sistema lento) ou pensam que a tarefa está completa.

Buchenau e Suri (2000) introduzem o conceito de Prototipagem da Experiência (Experience Prototyping), definida como *“qualquer forma de representação, em qualquer meio, que é desenvolvida para entender, explorar ou comunicar como seria o engajamento com o produto, espaço ou sistema que está sendo desenvolvido”*. Para os autores, embora técnicas como *storyboards* e criação de cenários estejam envolvidas nesse conceito, seu foco é sobretudo quanto aos métodos e técnicas que dão suporte à participação ativa do usuário. Assim, são apontados três tipos de atividades nas quais a prototipagem da experiência é relevante:

- Compreender experiências do usuário existentes e contexto.
- Explorar e avaliar ideias de *design*.
- Comunicar ideias a um público.

3.4 PROTOTIPAGEM PARA *DESIGN* DE INTERAÇÃO

O design de interação envolve o design de produtos interativos. A forma mais sensível para os usuários avaliarem tais designs é interagindo com elas, e isso pode ser alcançado por meio de protótipos. Isso não significa necessariamente que uma porção de software é necessária. Existem diferentes técnicas de prototipação, nem todas necessitam de uma porção funcional de software. Por exemplo, protótipos baseados em papel são muito

rápidos e baratos de construir e muito eficazes para identificar problemas em estágios iniciais do design, e, interpretando papéis (role-playing), os usuários podem ter uma noção real de como será interagir com o produto (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p.330).

A prototipagem é uma atividade fundamental no *design* de sistemas interativos (BUCHENAU; SURI, 2000). Para Barbosa e Silva (2010), com frequência, as representações de *design* de interface são denominadas protótipos. Conforme os autores, o grau de funcionalidade embutida nesses protótipos pode variar: manifestam desde a representação de signos estáticos e metalinguísticos da interface, como *wireframes* e maquetes, até protótipos funcionais, que incluem também os signos dinâmicos. Os autores complementam ressaltando a importância desse recurso para a participação de usuários no processo de *design* de sistemas interativos:

Para melhor avaliar o design resultante, o designer constrói versões interativas das propostas de solução que simulem o funcionamento da interface e deixem clara a interação projetada. Isso facilita a participação dos usuários durante a avaliação de IHC (BARBOSA; SILVA, 2010, p.102).

Com o avanço de paradigmas alternativos de interação, como apontado por Preece, Rogers e Sharp (2013), as interações se demonstram, cada vez mais, complexas e dinâmicas, com a integração de *hardware* e *software*, espaços e serviços. Essas características resultam em artefatos híbridos, que requerem novas maneiras de expressão para suas qualidades originais. Esse terreno desconhecido, como apontam Buchenau e Suri (2000), demanda novas abordagens de *design*, considerações específicas e o *design* de experiências integradas e holísticas, centradas no contexto em vez do artefato, componentes ou tecnologia.

Antes de iniciar os esforços de implementação da interface com usuário, Nielsen recomenda fazer protótipos dos sistemas finais, que podem ser desenvolvidos rapidamente e a um custo baixo, para que sejam avaliados junto a usuários e modificados à medida que a equipe de design adquire um melhor entendimento dos problemas, visando oferecer uma solução mais adequada. Para que essa atividade possua custo baixo, apenas parte do sistema é prototipada (BARBOSA; SILVA, 2010, p.108)

Barbosa e Silva (2010) afirmam que os protótipos permitem que *designers* efetuem testes empíricos, que consistem principalmente na observação dos usuários ao utilizarem os protótipos para realizar tarefas específicas. Para os autores, é com base nas considerações sobre usabilidade e nas oportunidades reveladas pelos testes

empíricos que os *designers* produzem novas versões das interfaces e revisitam as atividades do processo, tornando-o iterativo. Para os autores, cada momento de iteração de *design* ou de avaliação pode revelar novos problemas ou pontos para melhora no projeto, enquanto outras questões são corrigidas e aprimoradas. Por isso demonstra-se a importância de repetir o processo até que as metas de usabilidade tenham sido atingidas.

Em geral, os autores do campo do Design de Interação e Interação Humano-Computador, como Rogers, Sharp e Preece (2013) e Barbosa e Silva (2010) tratam da prototipação em uma perspectiva parcialmente centrada em questões de tela pois, de fato, esse é o paradigma dominante nos artefatos interativos. Para Lim *et al.* (2008), a discussão sobre prototipagem no âmbito das IHC é altamente focada no nível de fidelidade.

Para Barbosa e Silva (2010), o processo de prototipagem para sistemas interativos se dá da seguinte maneira:

Na atividade de preparação, os avaliadores organizam as telas do sistema ou protótipo a ser avaliado, conforme o escopo definido para a avaliação, e a lista de heurísticas ou diretrizes que devem ser consideradas. A solução de IHC avaliada pode ser o próprio sistema funcionando, bem como protótipos executáveis e não executáveis em vários níveis de fidelidade e detalhes, inclusive protótipos desenhados em papel. Por isso, a avaliação heurística pode ser executada durante todo o processo de design de IHC, desde que haja alguma representação da interface proposta (BARBOSA; SILVA, 2010, p.318)

O estudo de Lim *et al.* (2008), introduzido no Quadro 8, propõe um *framework* para conceptualização dos protótipos em uma perspectiva voltada às IHC. A linha de pensamento dos autores parte do seguinte pressuposto:

Ao explorar um aspecto determinado de uma ideia de design, os designers podem focar em demonstrar várias propostas para **técnicas de interação** sem determinar outras qualidades do design, como sua aparência ou sua funcionalidade. Ao explorar apenas **aspectos formais** do design, como ao avaliar a ergonomia relacionada a portabilidade por exemplo, eles podem construir diversos protótipos em diferentes tamanhos, pesos e formas sem integrar qualquer interatividade ou funcionalidade (LIM *et al.*, 2008, p.3)

Esses aspectos determinados, expressos no *design*, são os filtros nos quais os autores se baseiam para a construção do *framework* (Quadro 8).

- Aparência: propriedades físicas do *design*. Pode incluir formas, cores, texturas, tamanhos, pesos, assim como a relação entre esses elementos.
- Dados: arquitetura da informação e modelo de dados do *design*. Pode incluir a quantidade de dados, a disponibilidade e a visibilidade, a organização semântica dos conteúdos, os níveis de privacidade dos dados e os tipos de informação.
- Funcionalidade: funções que podem ser executadas pelo *design*. Assim, os *designers* podem determinar, por exemplo, o cenário associado ao uso de determinadas funções.
- Interatividade: as maneiras em que as pessoas interagem com cada parte do sistema. Inclui *feedback*, comportamentos do *input*, comportamentos operacionais, e comportamentos de *output*.
- Estrutura espacial: a maneira com que cada componente do sistema se relaciona com outros.

Com isso, os autores definem o princípio econômico de prototipagem ao definirem que o melhor protótipo é aquele que, em versão mais simples e eficiente, permite visualizar e mensurar as possibilidades e limitações de um *design*. Lim *et al.* (2008) apontam, ainda, diversas abordagens para a prototipagem no campo da IHC, e que esses recursos não servem apenas para avaliar, mas também para explorar, aprender, descobrir e refinar:

- *Osketching*: técnica comum para externalizar e representar ideias.
- Design participativo: abordagem na qual o uso dos protótipos visa engajar ativamente os usuários na criação e exploração de ideias.

Além destes, outras técnicas e abordagens são comumente empregadas e estudadas nesta área, como a prototipagem em papel.

Um dos métodos mais acessíveis, rápidos e baratos de prototipagem, a prototipagem em papel, avalia a usabilidade de um sistema interativo representado em papel, permitindo a identificação de problemas ou questões de usabilidade até mesmo em estágios iniciais do projeto, sem exigir a construção de um protótipo funcional ou executável. Para isso, são desenvolvidas simulações de uso visando à participação de usuários. Barbosa e Silva (2010, p.358) apontam esse método como

uma opção interessante para uma avaliação formativa junto aos usuários, principalmente para comparar alternativas de design. Ele permite avaliar facilmente soluções parciais, que não cobrem toda a interface com usuário, e soluções de baixa e média fidelidade, que ainda não definem todos os detalhes da interface.

A abordagem de prototipagem Wizard of Oz, também é amplamente utilizada na área de Interação Humano Computador e, segundo Dow *et al.* (2005), é particularmente interessante para explorar interfaces de sistemas pervasivos, ubíquos ou sistemas de realidade mista que combinem sensoriamento complexo e lógicas de controle inteligentes. Como já mencionado por Dvorak (2008), opções para interfaces de sistemas vestíveis não se restringem a Interfaces Gráficas do Usuário (GUI) - podem ser baseadas na voz, em gestos, ou até em rastreamento ocular. O tom dessa interação é dado pela necessidade de adaptar as interfaces às diferentes situações e contextos nos quais o usuário estará inserido enquanto interagir com o sistema. Sobre essas questões, Dow *et al.* (2005) afirmam que a dificuldade causada pelo vasto espaço de *design* das interfaces não-tradicionais abre muitas possibilidades para interação do usuário, o que torna o processo complexo e requer implementações desafiadoras de *software* e *hardware*.

O estudo de Liu e Khooshabeh (2003) avaliou os efeitos da fidelidade e níveis de automação sobre a usabilidade de projetos para computação ubíqua. Foi empregada a estratégia Wizard of Oz para simular interfaces por voz e sensores, prototipagem com papel e protótipos interativos. Os autores concluíram que, com o aumento da fidelidade e automação, os *designers* podem melhorar a validade das interações e obter dados melhores para usabilidade. Ainda, o uso da Wizard of Oz economizou tempo e esforços, mas exigiu a presença de *wizards* para tornar a técnica possível, o que afetou a fluidez da interação.

3.5 PROTOTIPAGEM PARA TECNOLOGIA VESTÍVEL

Sullivan (2017) ressalta que o cenário atual das tecnologias vestíveis traz desafios: não só ainda não há uma linguagem comum estabelecida na área, mas os produtos são tão divergentes e tão novos que não conseguimos saber se tal ideia é uma boa opção sem criar um protótipo para torná-la real de alguma maneira. Para Dow *et al.* (2005), desenvolver e prototipar aplicações interativas para paradigmas emergentes de interação, como a computação ubíqua e formas de interação

relacionadas, pode ser difícil, demandar tempo e ser custoso pela dificuldade de construir e implementar as tecnologias de sensoriamento e aplicações complexas de lógica para criar artefatos híbridos e mistos. Sob estas condições, os autores acreditam que adotar uma abordagem centrada no humano pode ser desafiador. Empregar métodos de simulação, como o Wizard of Oz, no qual algumas funcionalidades são simuladas, é uma prática defendida pelos autores para testar e avaliar protótipos nesse contexto. Da mesma maneira, abordagens do escopo da Experience Prototyping, defendida por Buchenau e Suri (2000), podem auxiliar o *designer* a contornar questões de complexidade dos sistemas em estágios iniciais do projeto. Fearis e Petrie (2016) dissertam sobre as possibilidades de prototipagem nas fases iniciais do projeto de vestíveis para a área médica e, para os autores, a chamada *fase 0* consiste em indagar sobre questões amplas, entender o uso e o usuário, as motivações de mercado que levam a um produto de sucesso, as tecnologias que podem ser empregadas para atingir esse sucesso e os ambientes nos quais o usuário e o produto estarão inseridos. Assim, "*para engajar os usuários com eficiência durante questionamentos, protótipos ou mocapes são criados para auxiliar os usuários a conceitualizar os exemplos de características do produto durante a conversa da entrevista.*" (FEARIS; PETRIE, 2016, p.573). Os autores sugerem que a fidelidade desses protótipos e mocapes pode variar, e os materiais podem ser desde modelos de espuma a formas impressas e modelos sofisticados que parecem reais.

Em suma, para Fearis e Petrie (2016), o objetivo da construção dos protótipos de vestíveis em etapas iniciais do projeto é possibilitar a articulação de uma visão de um produto em potencial e o entendimento de um mercado de suporte e, especificamente no cenário de dispositivos para área médica, a noção de requisitos clínicos para sucesso. Além disso, é importante que se demonstre a viabilidade tecnológica das soluções propostas.

Hartman (2014) afirma que o *designer* não vai acertar um protótipo do dispositivo vestível na primeira tentativa de construção. Uma vez criado um protótipo inicial do vestível, é essencial vesti-lo ou envolver um usuário no processo para que ele vista a peça. A autora diz que algumas decisões de *design* podem ter funcionado bem no protótipo, mas é provável que outras – muitas – não se concretizem da maneira que haviam sido imaginadas. Por isso, ressalta-se a importância de tomar notas, já que há muito para se aprender ao observar o usuário utilizando o produto. Com essas

considerações e avaliações, a autora sugere estabelecer um compromisso de iterações múltiplas – criando protótipos a partir das revisões do modelo anterior. Assim, a tendência é criar um projeto muito mais robusto, informado e forte a longo prazo.

Quão grandes, pesados e robustos são os componentes eletrônicos necessários para as conexões do circuito do protótipo vestível? Quanto de área de superfície eles demandam? Quanto eles se projetam para fora do corpo? Eles se adequam à forma natural do corpo humano? Eles são capazes de se mover ou acomodar os movimentos naturais do corpo? Para Hartman (2014) essas são questões interessantes para guiar o desenvolvimento de protótipos vestíveis. Ainda para a autora, as ferramentas e processos da prototipagem rápida abrem diversas oportunidades e possibilidades para o desenvolvimento de vestíveis, pois tornam fácil a reprodução dos projetos próprios e aqueles criados por outras pessoas.

Os protótipos vestíveis podem ser diferenciados quanto aos seus circuitos *soft* ou *hard*, em que o circuito *soft* (maleável) apresenta características de maleabilidade semelhantes à uma peça de vestuário de tecido. Com isso, os processos de prototipagem podem envolver materiais como tecido e linhas. Logo, o desenvolvimento desses produtos dialoga diretamente com o campo do Design de Moda. Os circuitos *hard* (duro, rígido) estão mais relacionados a dispositivos, com materiais rígidos e resistentes (HARTMAN, 2014). Assim, um importante aspecto da prototipagem para tecnologias vestíveis é a construção de protótipos eletrônicos, envolvendo o emprego de ferramentas de *hardware* e *software*.

3.5.1 Ferramentas para prototipagem eletrônica de vestíveis

A expansão de ferramentas para prototipagem eletrônica, como a plataforma Arduino, possibilitou que *designers* e artistas emergissem em um campo até então dominado por engenheiros. O desenvolvimento e avanço das tecnologias vestíveis, em contexto acadêmico, está fortemente ligado ao emprego dessas ferramentas e é possível apontar também o reflexo e relação da expansão delas ferramentas com a cultura DIY (*Do It Yourself* – faça você mesmo). Seymour (2008) afirma que os movimentos *technocraft* e DIY combinam várias disciplinas em seu trabalho, e

cultivam os inícios de colaborações interdisciplinares, muito demandadas no campo dos vestíveis.

Sullivan (2017) sugere o uso da plataforma Arduino para prototipagem de vestíveis e afirma que seu aprendizado e prática não é necessariamente fácil para novos usuários, mas que é uma ferramenta significativamente mais fácil que qualquer outra, sobretudo em razão do suporte e apoio das comunidades *online*. Além disso, o autor aponta que há uma infinidade de recursos para os mais diversos níveis de aptidão e familiaridade com a plataforma.

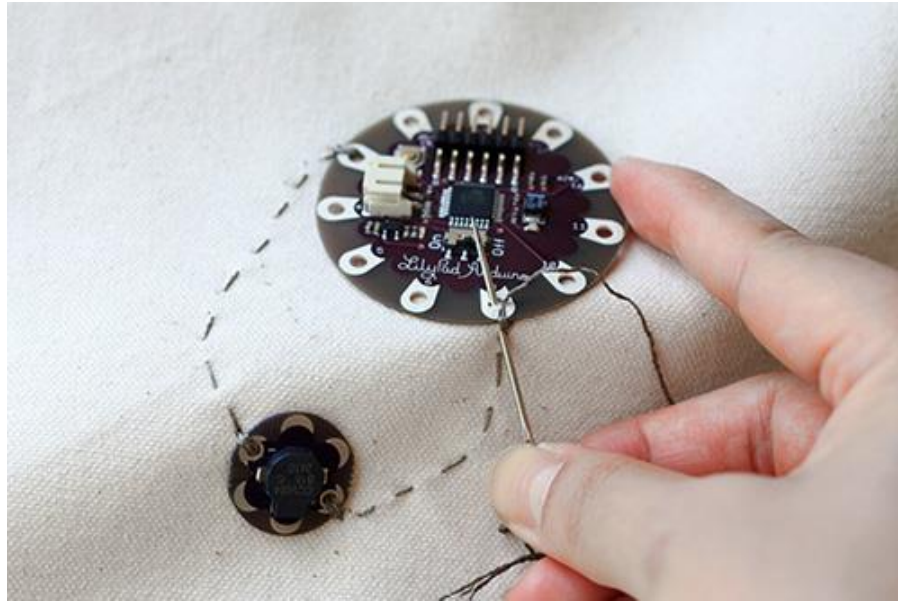
Figura 14 – Variedade de placas Arduino



Fonte: Sullivan, 2017

A placa de desenvolvimento LilyPad Arduino (e suas versões) foi desenvolvida por Leah Buechley especificamente para construção de projetos e protótipos em um contexto de tecnologias vestíveis. Para tanto, suas portas de entrada e saída de informação são adaptadas para costura, e não por pinos como tradicionalmente são as placas Arduino.

Figura 15 – LilyPad Arduino sendo costurado em tecido



Fonte: LilyPad (2016)

Outras características tornam o LilyPad adequado aos vestíveis, como seu formato arredondado e de pequena profundidade. Ainda, segundo os desenvolvedores, a placa é resistente à água, característica que geralmente é um requisito projetual da área. Cabe, contudo, ressaltar alguns pontos sobre o emprego do LilyPad Arduino para protótipos ou projetos:

- É mais apropriado para protótipos em peças de vestuário, *soft wearables* (maleável) ou *e-textiles*, já que suas conexões supõem o uso de fios condutores.
- Deve-se considerar a compatibilidade dos componentes periféricos com a placa – sobretudo quanto à forma de conexão, ainda que seja apenas para construção de modelos e protótipos, já que o LilyPad tem uma linha reduzida de sensores adaptados ao seu formato.

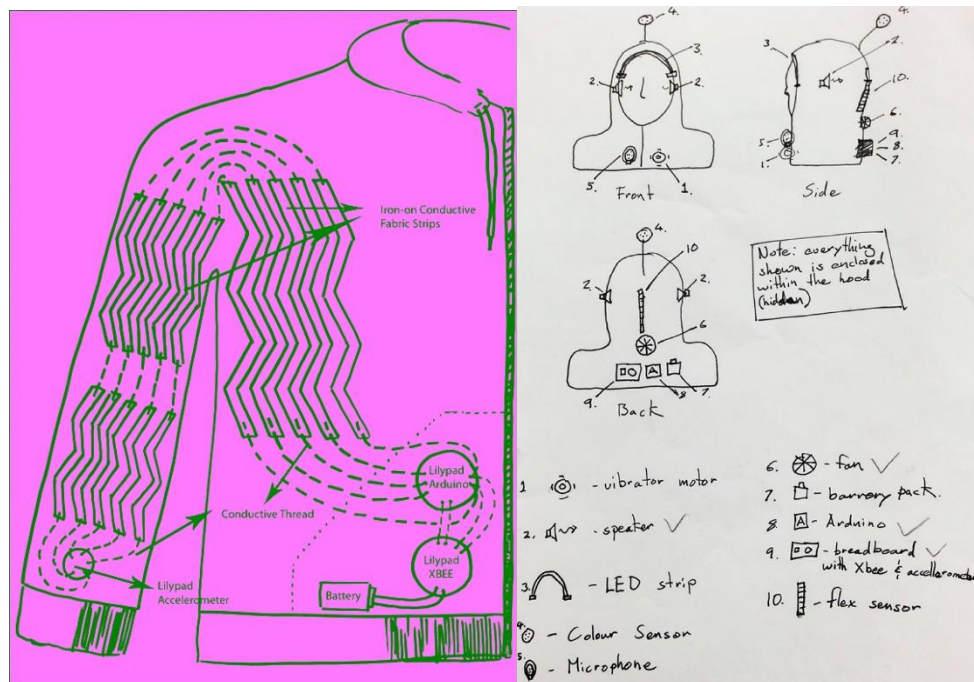
Devido à forma de conexão das entradas, um dos materiais mais apropriados para construir os circuitos em superfícies ou estruturas maleáveis, como tecidos, é a linha com materiais condutivos. Para Hartman (2014), ao construir eletrônicos vestíveis, é necessário considerar os materiais que constituirão os circuitos; afinal, o corpo humano se contorce, dobra, gira e balança. Ou seja, os materiais utilizados estarão sujeitos ao desgaste provocado pelo usuário. Assim, os materiais condutivos

utilizados em circuitos vestíveis precisam ser duráveis, flexíveis e, às vezes, até maleáveis. A autora divide os materiais condutivos para sistemas vestíveis em três categorias principais:

- Convencionais: são, em sua maioria, cabos, como cabo com garra jacaré, cabo *jumper*, além de *breadboards* e *protoboards*.
- Fios: fios que contêm metais condutivos, como prata ou aço inoxidável. Não são isolados e, por isso, deve-se atentar para curtos-circuitos.
- Tecidos: tecidos com metal condutivo no seu revestimento ou material. Apresentam mais atributos e variedade que os fios, como diversidade de elasticidades, resistências, etc.

Além dos materiais mencionados, Hartman (2014) cita alguns condutores alternativos, mais difíceis de encontrar no mercado ou que precisam ser produzidos artesanalmente: lã, fibra, feltro, velcro, tinta, entre outros.

Em termos de processo de construção dos modelos eletrônicos, a autora sugere desenhar esboços da peça a partir da forma com que os componentes e condutores são organizados. Enquanto se trabalha com essa técnica, é importante pensar nas camadas de materiais. Há, também, a possibilidade de conceber a organização dos componentes de forma física. Para tanto, a autora sugere utilizar como molde o suporte em si (uma peça de vestuário, um manequim ou um usuário) e utilizar um material para simular os componentes e seus condutores. No caso de uma peça de roupa, pode-se utilizar giz de alfaiate, ou, no caso de uma forma humana, a autora sugere a construção de pequenos mocapes dos componentes ou Post-its. Esse recurso é especialmente relevante em projetos nos quais os componentes não estão em um mesmo invólucro ou estrutura principal, e sim distribuídos pela peça

Figura 16 – *Skecthing* para prototipagem

Fonte: Hartman (2014)

Por fim, as PCB's (*Printed circuit board* - placas de circuito impresso) constituem uma ferramenta extremamente útil para a construção de protótipos de eletrônicos vestíveis mais avançados ou finais. Uma vez desenhada uma placa de circuito impresso própria do projeto, é possível produzir cópias ilimitadas para criar montagens rápidas e confiáveis (HARTMAN, 2014). Contudo, estas ferramentas compreendem apenas uma parcela da interação com as tecnologias vestíveis. Conforme a interação entre o usuário e o sistema se torna mais complexa, envolvendo interfaces multimodais por exemplo, aumenta-se a dificuldade para representar essas interações em protótipos de alta fidelidade, exigindo esforços de uma equipe multidisciplinar. Nesses cenários, as representações e simulações, como as propostas por Dow *et al.* (2005) e Buchenau e Suri (2000), podem oferecer caminhos para investigar, compreender e explorar interações mais complexas em estágios iniciais do projeto que não exigem alta fidelidade dos protótipos.

3.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A presente pesquisa tem como objeto de estudo o recurso de prototipação no contexto das tecnologias vestíveis sob uma perspectiva centrada no envolvimento do

usuário. Nesse contexto específico, os princípios de *design* são particulares e manifestam atributos tanto de usabilidade quanto de ergonomia, e sua dissociação para estudo da Interação Humano Computador é dificultada pela forte ligação das tecnologias vestíveis com o espaço pessoal e o corpo do usuário. Como afirmado por Witt (2008), as interfaces do usuário para computadores vestíveis devem conciliar as melhores e mais atuais práticas em *design* de interface com os conhecimentos clássicos de interação humano-computador para propor soluções adequadas às especificidades do campo. Os estudos e publicações sobre prototipagem de vestíveis demonstram a importância da cultura DIY e da disseminação de plataformas como o Arduino, e *toolkits* como o LilyPad. No entanto, não dão tanta atenção aos outros processos e formas de prototipagem, assim como ao envolvimento do usuário. Devido à diversidade de aplicações e complexidade das interações dos usuários com os artefatos e sistemas, a área exige equipes e conhecimentos multidisciplinares, mas carece de caracterizações quanto à função e limitações do *designer* e suas práticas nas atividades relacionadas à prototipação. Por isso, é importante caracterizar a construção dessas representações para potencializar o envolvimento do usuário nos processos que envolvem os protótipos, sobretudo para compreensão dos princípios de *design* relevantes aos vestíveis.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

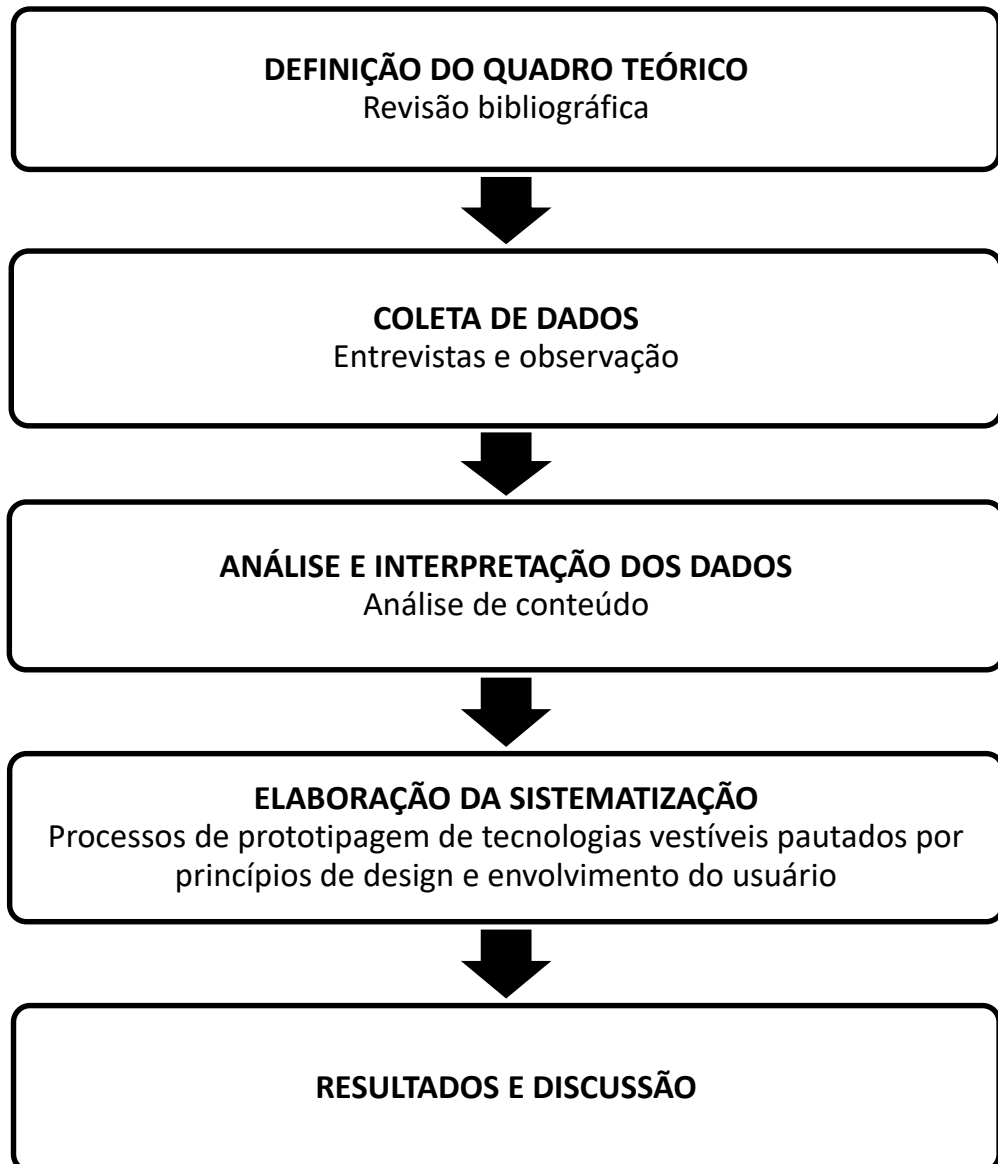
Conforme objetivo estabelecido para a pesquisa, buscou-se sistematizar os processos de prototipagem em contextos de desenvolvimento de tecnologias vestíveis. Desse modo, o presente estudo classifica-se como **aplicado** do ponto de vista da sua natureza, pois, ao caracterizar essas dinâmicas, visa-se elaborar uma sistematização de processos construtivos para guiar atividades de prototipagem no contexto citado. Quanto aos objetivos, classifica-se como **exploratória**, pois envolve a investigação de experiências práticas para solução do problema. Em relação à abordagem do problema, é **qualitativa**, pois tem o ambiente como fonte direta dos dados e não considera o uso de métodos e técnicas estatísticas para compreensão das questões de pesquisa.

Como estratégias de pesquisa, adotou-se a revisão de literatura e o estudo de caso. Isso porque se faz necessário caracterizar os processos de prototipagem (conforme suas técnicas, fidelidade, funções, etc.) adequados para a avaliação de cada princípio de *design* de tecnologias vestíveis e compreender de que maneiras (níveis, formas) e em quais cenários o envolvimento do usuário é pertinente ao processo. Nesse sentido, busca-se, com a revisão de literatura, desenvolver o quadro teórico que serve como base para a pesquisa quanto aos: (i) princípios de *design* para tecnologias vestíveis, (ii) classificações e técnicas de prototipagem e (iii) níveis e formas de envolvimento do usuário.

O estudo de caso visa estabelecer como se dão as relações empregadas entre esses fenômenos no contexto de desenvolvimento de tecnologias vestíveis sob a perspectiva do *designer* e suas práticas. Para Yin (2015), quanto mais a questão de pesquisa busca explicitar *como* algum fenômeno se dá, mais o estudo de caso será adequado. Para tanto, como procedimentos técnicos para coleta de dados, foram definidos: (i) a observação de caráter participante em um laboratório de desenvolvimento e prototipagem de tecnologias vestíveis e (ii) a condução de entrevistas semiestruturadas em empresas com foco em tecnologias vestíveis.

A Figura 17 resume o processo desenhado para o desenvolvimento do projeto de pesquisa e ajuda a compreender as etapas seguidas nesta pesquisa.

Figura 17 – Desenvolvimento do projeto de pesquisa



Fonte: Autor (2017)

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme Prodanov e Freitas (2013), a finalidade da pesquisa não é gerar um relatório de fatos levantados empiricamente, mas sim o desenvolvimento de uma interpretação dos dados obtidos, o que torna imprescindível a correlação entre pesquisa e levantamento teórico. Nesse sentido, o levantamento teórico visa construir a base e os parâmetros fundamentais para a coleta de dados e interpretação da pesquisa. Esse procedimento abrange a compreensão das variáveis relacionadas ao

problema de pesquisa, sintetizada no Quadro 10, o qual representa estudos e publicações considerados relevantes a cada campo de estudo.

Quadro 10 – Quadro teórico

| PRINCÍPIOS DE <i>DESIGN</i> TECNOLOGIAS VESTÍVEIS | ENVOLVIMENTO DO USUÁRIO NO PROCESSO DE PROJETO | PROTOTIPAGEM |
|--|---|-------------------------------|
| Motti e Caine (2014) | Mumford (1979) | Hartman (2014) |
| Karahanoğlu e Erbuğ (2011) | Ives e Olson (1984) | Bonsiepe (1998) |
| Dvorak (2008) | Alcoforado (2007) | Alcoforado (2007) |
| Seymour (2009) | Pernice (2016) | Ullman (2003) |
| Hartman (2014) | Sharp, Rogers e Preece (2013) | Sharp, Rogers e Preece (2013) |
| Gemperle <i>et al.</i> (1998) | | Lim <i>et al.</i> (2008) |
| | | Buchenau e Suri (2000) |

Fonte: Autor (2017)

A síntese dos elementos do quadro teórico visa orientar os processos de coleta de dados posteriores, de modo que os processos de prototipagem serão investigados com base nos princípios de *design* e envolvimento do usuário apontados pela literatura.

4.2 ESTÁGIO EM LABORATÓRIO

Durante o período de quatro meses, estabeleceu-se o período de inserção no laboratório de prototipagem de tecnologias vestíveis Social Body Lab. O Social Body Lab é um laboratório de pesquisa do Digital Media Research + Innovation Institute (DMRII) da OCAD University, em Toronto, Canadá.

O laboratório conta com assistentes e pesquisadores de formações e interesses em áreas diversas, como: Design Industrial, materiais, eletrônicos, arte, entre outros. Kate Hartman, artista, tecnologista e educadora, é a diretora do laboratório. O Social Body Lab “foca em interações significativas e provocativas, questionando a relação

entre humanos e a tecnologia através da construção de protótipos e projetos” (SOCIAL BODY LAB, 2017). Entre os tópicos e temas abordados nas pesquisas do laboratório, estão o estudo de materiais, técnicas e ferramentas para o desenvolvimento e prototipagem de tecnologias vestíveis.

Figura 18 – Vera Edge, exemplo de produto desenvolvido no laboratório



Fonte: Social Body Lab (2017)

No momento da pesquisa, a equipe do laboratório era composta por quatro integrantes: Kate Hartman (coordenadora) e três pesquisadores com formações e experiências em engenharia e *design*. O laboratório conta com uma infraestrutura própria e uma grande variedade de ferramentas para prototipagem de dispositivos vestíveis: desde sensores e atuadores, até tecidos, espumas e filamentos para impressão 3D. Além disso, a proximidade ao Maker Lab da instituição estimula as interações com as máquinas de *laser* e impressão 3D para o desenvolvimento de protótipos rápidos.

Figura 19 – Estrutura física do laboratório



Fonte: Social Body lab (2017)

Os encontros da equipe do laboratório ocorreram semanalmente, em períodos de aproximadamente cinco horas, embora houvesse interações em outros momentos da semana. Conforme combinado com a professora Kate Hartman, o estágio no laboratório ocorreu de segunda à sexta-feira, nos turnos da manhã e da tarde. Como único pesquisador em tempo integral no laboratório, foi possível observar as diversas demandas e projetos não só do laboratório, mas também de alunos orientados pela coordenadora do laboratório que desenvolviam produtos interativos, na maioria das vezes vestíveis. Durante o período de estágio, buscou-se analisar as formas de prototipagem empregadas e as discussões acerca dos produtos desenvolvidos em termos de questões referentes a fatores de *vestibilidade*.

Definido como procedimento técnico para a pesquisa, a observação participante visa propiciar uma análise em maior profundidade, sobretudo para compreender como se dão as dinâmicas empregadas no processo de prototipagem desde a concepção de um projeto de vestível. Foram observadas as construções de protótipos e modelos de projetos em andamento no laboratório por parte de seus integrantes e usuários envolvidos, sendo o foco da observação: (i) o porquê do protótipo estar sendo construído, em termos de que aspecto de *design* ele busca compreender e, com isso, quais princípios de *design* estão sendo considerados; e (ii) em quais desses processos de prototipagem e princípios os *designers* estão buscando envolver usuários e em quais níveis e formas isso acontece.

4.2.1 PROJETOS DO LABORATÓRIO

Este item busca descrever resumidamente os projetos desenvolvidos pelos integrantes do laboratório, a fim de dar suporte às considerações e apontamentos resultantes da observação das práticas do laboratório.

O principal projeto desenvolvido pelo laboratório durante o período de estágio foi o Encasing Computation, idealizado e coordenado por Kate Hartman. A proposta do projeto foi desenvolver uma série de experimentos que exploram a forma com que a computação é vestida pelos usuários, buscando processos e ferramentas acessíveis ao público *maker* e entusiastas, como recursos de fabricação digital e materiais facilmente encontrados no comércio. Sob o ponto de vista desta pesquisa, acompanhar o desenvolvimento desse projeto do início ao fim foi bastante

enriquecedor, pois permitiu visualizar os processos de prototipagem e preocupações com questões de *vestibilidade/wearability* ao longo do projeto. Além disso, o projeto visava à construção de diversos produtos, o que permitiu a compreensão de questões de prototipagem de produtos vestíveis em diferentes técnicas e formas de vestir o produto, seja no pulso, na cintura, na cabeça, etc. Nesse aspecto, foram empregadas diversas plataformas de prototipagem de eletrônicos, sensores, materiais e técnicas de fabricação digital e prototipagem rápida. Assim, foi possível observar quais considerações levaram à escolha de determinadas técnicas e ferramentas, e como as questões de *vestibilidade/wearability* nortearam e avaliaram decisões, além do processo de construção dos protótipos em si e suas iterações dentro do processo de *design*.

4.3 ENTREVISTAS

De acordo com Yin (2015), uma das fontes mais importantes de informação para o estudo de caso são as entrevistas. Para Manzini (2004), a entrevista semiestruturada é centrada em um assunto sobre o qual é construído um roteiro com perguntas principais, complementadas por outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista. Com isso, segundo o autor, esse tipo de entrevista pode fazer informações emergirem mais livremente.

Esta etapa visa caracterizar as relações entre os fenômenos investigados no contexto prático das tecnologias vestíveis; para isso, são conduzidas entrevistas com *designers* e desenvolvedores de empresas da área das tecnologias vestíveis acerca do emprego da prototipagem. Buscou-se questionar os *designers* em relação à quantidade de protótipos que foram construídos, suas funções, características, níveis de fidelidade e envolvimento de usuários no processo. Para compreender quais princípios de *design* foram avaliados, comunicados ou explorados pelo participante nos protótipos construídos para o seu projeto, indagou-se sobre quais aspectos do *design* (aparência, interação, etc.) estavam envolvidos na construção de cada protótipo e quais princípios foram considerados relevantes no processo (como conforto, *vestibilidade*, facilidade de uso, etc.). Assim, foi possível compreender quais princípios de *design*, apontados na literatura, são considerados pertinentes para

processos de prototipagem de vestíveis na prática dos *designers* e desenvolvedores e, conseqüentemente, como se caracterizam essas dinâmicas.

Segundo Patton (2002) *apud* Flick (2009), em função das limitações de tempo e pessoal, a conveniência pode ser configurada como um critério para seleção da amostra, embora o presente estudo busque priorizar casos particularmente típicos com maior probabilidade de esclarecer as questões da pesquisa. Levando isso em conta, para a análise e interpretação das entrevistas, visando à associação entre as variáveis, é empregado o método de Análise de Conteúdo baseado em Bardin (2006). A análise de conteúdo, segundo a autora, compreende:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. (...) A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não) (BARDIN, 2006, p.38).

Na prática, quanto à seleção dos entrevistados, foi analisado o cenário de empresas e *start-ups* no campo das tecnologias vestíveis localizadas no Canadá. Para tanto, foi utilizado como referência o guia de empresas canadenses proposto pela Smart Textile and Wearables Innovation Alliance. O grupo busca reunir empresas e *start-ups* canadenses na área de *e-textiles* e tecnologias vestíveis para colaborar em projetos e desenvolver produtos inovadores para revolucionar essa indústria, e seu guia foi essencial para compreensão do cenário de desenvolvimento da área no Canadá. Foi efetuado contato com aproximadamente 15 empresas/*designers* sendo que, desses, foi possível realizar as entrevistas com cinco profissionais, organizados em três entrevistas.

Entrevista I:

Empresa de tecnologia vestível – Acessório

Entrevistados: Mechanical Design Lead (A1) e Project Manager (A2)

Envolvimento no(s) projeto(s): ambos entrevistados participaram desde as etapas de concepção do produto e desenvolveram papéis distintos e/ou mudaram de cargo.

Entrevista II:

Projetistas que desenvolveram diversos projetos de tecnologia vestível em parceria

Entrevistados: Designer (B1) e Artista/Pesquisadora (B2)

Envolvimento: Envolvimento total, pois desenvolvem projetos próprios e tem uma empresa, em parceria, de projetos sob medida para clientes.

Entrevista III:

Empresa de tecnologia vestível - Acessório

Entrevistado: Designer / Co-fundador (a)

Envolvimento: Participou desde a concepção do produto e trabalhou em outros projetos do campo de tecnologia vestível.

As entrevistas duraram de 30 a 45 minutos, seguindo o roteiro pré-estabelecido disponível nos apêndices deste trabalho. Foram conduzidas na língua inglesa e contaram com a presença e o auxílio da coordenadora do laboratório, Kate Hartman. Os participantes apresentaram desenhos, diversos protótipos, produtos finais, fotografias, etc. As sessões foram gravadas utilizando um aparelho celular para posterior transcrição. A condução das entrevistas no Canadá foi aprovada pelo *Research Ethics Board (REB)* da OCAD University. Entre as especificações aprovadas no relatório, cabe ressaltar os seguintes apontamentos, pertinentes a esta pesquisa:

- Recrutamento: o recrutamento se deu por *e-mail*. O corpo do *e-mail* descreve as premissas da pesquisa e do instrumento de coleta. Também é anexada a carta de convite.
- Processo de consentimento: os participantes assinaram a carta de consentimento, contendo as diretrizes da pesquisa e detalhes acerca da confidencialidade, sigilo e desistência.
- Desistência: os participantes podem desistir do processo em qualquer momento e seus dados serão descartados.
- Confidencialidade e sigilo: não serão divulgados trechos que exponham o produto desenvolvido pelos participantes; assim como fotografias, áudios, ou qualquer elemento identificador do projeto e/ou participante.

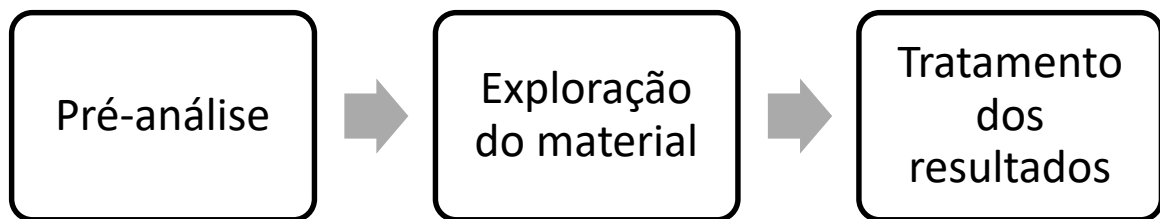
Entre os principais motivos que levou convidados a não participarem da pesquisa, destaca-se o sigilo comercial sobre os processos e desenhos dos produtos. Dessa maneira, o presente trabalho não irá apresentar imagens ou transcrições

precisas de características dos produtos desenvolvidos pelos entrevistados ou soluções encontradas por eles em seus processos.

4.3.1 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo é descrita por Bardin (2006) como um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens. Para tanto, o presente trabalho executou as etapas descritas na Figura 20 durante a análise de conteúdo das entrevistas.

Figura 20 – Análise de conteúdo



Fonte: adaptado de Bardin (2006)

4.3.1.1 Pré-análise

A fase de pré-análise envolve, sobretudo, a leitura flutuante e a escolha dos documentos a serem analisados. Tratando-se de entrevistas, suas transcrições são reunidas para constituir o *corpus* da pesquisa. O processo de transcrição utilizou o recurso de gravação de voz do *smartphone* e um documento do Google Docs. A transcrição das entrevistas não será anexada nesta pesquisa pois ficou determinado em relatório para o comitê de ética da OCAD University (REB – Research Ethics Board) que elas não seriam divulgadas na íntegra, assim como possíveis marcadores pessoais (como voz, foto do produto, etc.) que tornassem possível a identificação das empresas, pessoas ou projetos. Isso porque os entrevistados apresentaram protótipos e conceitos que podem vir a ser desenvolvidos e lançados futuramente no mercado.

4.3.1.2 Exploração do material

Após a leitura flutuante das transcrições das entrevistas, buscou-se elencar indicadores e categorias, relacionadas às questões norteadoras da pesquisa. Foram feitos recortes nas transcrições a fim de agrupar as questões semelhantes para análises posteriores, interpretações e inferências. Nos estudos qualitativos, o investigador é orientado pelas questões de pesquisa que necessitam ser respondidas; por isso, nesse momento, foram levados em consideração os objetivos do presente trabalho. As falas dos entrevistados foram organizadas a partir de eixos como: materiais, processos, técnicas e ferramentas, fatores de *wearability*, e testes e envolvimento de usuários.

As categorias e subcategorias foram definidas a partir dos objetivos deste trabalho; contudo, a definição das subcategorias foi fortemente influenciada pela recorrência dos temas durante a leitura das transcrições e organização dos materiais. O Quadro 11 expressa as categorias e tópicos mais recorrentes desta etapa da pesquisa.

Quadro 11 – Categorias e tópicos recorrentes

| Categoria | Tópicos recorrentes |
|----------------------------------|--|
| <i>Vestibilidade/Wearability</i> | Questões de interação |
| | Questões físicas |
| | Questões sociais |
| | Ajustes no <i>design</i> |
| | Requisitos do projeto |
| Envolvimento do usuário | Falhas do <i>design</i> em testes com usuário |
| | Problemas de <i>wearability</i> verificados por usuários |
| | Seleção de usuários |
| | Teste e avaliação |
| Materiais e ferramentas | Falhas do material |
| | Escolhas de materiais |
| | Materiais para protótipos |
| | Fabricação digital |

| | |
|----------|------------|
| Processo | Iteração |
| | Limitações |
| | Etapas |

Fonte: Autor (2019)

5 RESULTADOS

Este item apresenta os resultados das interpretações e inferências da etapa de entrevistas e da observação das atividades do laboratório de prototipagem de tecnologias vestíveis. Para tanto, os tópicos foram organizados conforme estudo dos processos de *design*, abordando os estágios do Design de Interação sob a perspectiva das iterações dos estágios com a prototipagem, seus materiais, ferramentas e técnicas. Os fatores de *vestibilidade* e seus desdobramentos no processo são apresentados ao longo do capítulo, sobretudo no tópico 5.1.1, que estabelece a compreensão dos principais nortes do projeto.

A figura apresentada a seguir sintetiza e organiza as informações oriundas das análises deste capítulo e serve como base para visualizar a maneira em que os elementos da pesquisa foram sistematizados. Cada tópico do capítulo corresponde a um estágio do *design*, os quais aprofundam e discutem os apontamentos da Figura 21.

Figura 21 – Síntese dos processos de *design* a partir das abordagens de prototipagem

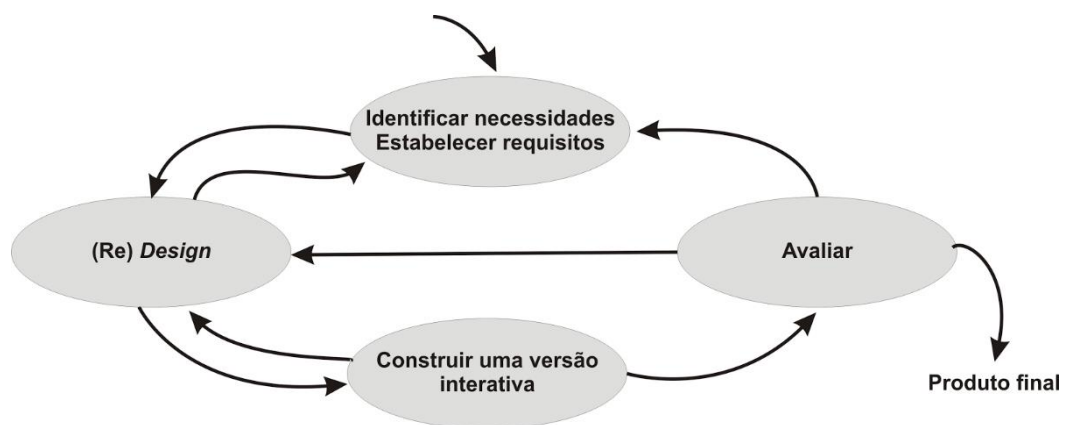


Fonte: Autor (2019)

5.1 PROCESSO

Este item aborda a relação entre as etapas do processo de Design de Interação com foco na etapa de prototipagem e sua relação com os outros estágios. Para tanto, baseou-se no processo simplificado de projeto de Interação Humano-computador, proposto por Rogers, Sharp e Preece (2013). Os tópicos serão divididos em compreensão, prototipagem, avaliação e re-design. Os gráficos de abordagem (Figuras 22, 23 e 24) auxiliam a compreensão da entrevista de modo mais completo.

Figura 22 – Processo simplificado de projeto de IHC



Fonte: Adaptado de Rogers, Sharp e Preece (2013)

A análise das etapas do processo foi baseada nas metodologias de Design de Interação estudadas e reflete as observações coletadas na pesquisa. A seguir estão descritas as particularidades e potencialidades de cada etapa no que diz respeito aos processos de desenvolvimento de produtos de tecnologias vestíveis, em especial no que tange aos fatores de humanos no projeto e *vestibilidade*, além de questões referentes ao envolvimento do usuário, tratadas anteriormente.

5.1.1 Compreensão

A etapa de compreensão é o primeiro contato do *designer* com o universo do projeto. No contexto dos produtos interativos vestíveis, é fundamental compreender o porquê de o projeto ser vestível. A partir disso, entende-se que o entendimento de requisitos de *vestibilidade* (ou *wearability*) no projeto de tecnologias vestíveis deve ser abordado desde o início do projeto.

– *Sim, eu diria que até com o [nome do produto], em primeiro lugar era sobre descobrir como o conceito se traduziria em um produto vestível e com o que ele se pareceria. Onde posicionar ele no corpo, que tipo de design de roupa, que materiais funcionariam...*

Como foi observado, muitos fatores e requisitos serão percebidos e acrescentados de naturalmente durante as iterações do projeto. Contudo, a definição dos requisitos de projeto e necessidades do usuário atrelados a conceitos de *vestibilidade* desde as etapas iniciais é uma atividade que auxilia na definição das características e ferramentas empregadas na prototipagem.

– *Esse foi o momento em que tivemos a maior parte das discussões formais acerca das expectativas quanto à dimensões, quais sensores realmente iriam estar no produto, mas fora esses momentos, o processo foi bastante orgânico.*

Observou-se a pertinência da realização de reuniões iniciais e *brainstormings* para definição dos requisitos e, além disso, do uso de uma *check-list* com fatores recorrentes em projetos de produtos vestíveis, apontada como ferramenta relevante e uma via de diálogo entre integrantes da equipe de projeto. Essa lista era constituída por fatores muito semelhantes aos apontados por Motti e Caine (2014) e Gemperle *et al.* (1998).

– *Sim, nós fizemos um brainstorming para construir uma lista de requisitos, e faziam perguntas e nós adicionaríamos itens à lista.*

No escopo da definição de requisitos de projeto, definir fatores prioritários, secundários e irrelevantes foi uma alternativa empregada nos projetos vivenciados no laboratório. Dessa maneira é possível definir prioridades e direcionar os esforços de prototipagem para questões mais sensíveis de *vestibilidade*. Entende-se que a vasta gama de abordagens dos projetos vestíveis compreende projetos que destoam consideravelmente em termos de requisitos e necessidades do usuário. De maneira geral, observou-se que quanto mais tempo o produto permanece no corpo do usuário para seu uso e quanto mais próximo ao corpo ele se localiza, mais requisitos da área

física tendem a ser considerados prioritários. Igualmente, quanto mais complexa é a interação e quanto mais funções são embarcadas no produto, mais questões de interação tendem a ser priorizadas, envolvendo mais testes com plataformas como Arduino, Feather e outras.

– Nós fizemos esta interface para um produto de massagem que era também um controle de jogo, e essa ideia surgiu em uma conversa bem divertida e informal. E então percebemos que tínhamos que procurar todos esses materiais e formas de fazer...

Uma das lacunas observadas pela prática dos *designers* e desenvolvedores envolvidos nesta pesquisa foi a falta de inserção do usuário nas etapas relacionadas à compreensão do projeto. Envolvê-lo nessa etapa pode fornecer informações valiosas sobre como o produto desenvolvido será utilizado e, nesse contexto, prever questões importantes de *vestibilidade*. A reflexão acerca do contexto em que o usuário estará inserido, que atividades estará desempenhando enquanto veste o produto, com que outra roupa o vestirá (inclusive por cima ou por baixo do dispositivo), entre outros, podem ser obtidas por meio desse envolvimento, seja por entrevistas ou questionários, ou técnicas de simulação utilizando ou observando peças de vestuário ou acessórios semelhantes ao produto interativo vestível.

– Sim, mas acho importante frisar que, se estamos fazendo um projeto personalizado, se alguém vem até nós e diz "eu quero uma jaqueta que faz isso e aquilo", então nós também temos que ir atrás e perguntar várias coisas, como por exemplo, quais são as limitações, as limitações de onde esse produto vai estar, e o que essa pessoa realmente quer fazer, o quão frequentemente esse produto vai ser vestido, haverá alguma outra peça vestida por baixo, vai estar exposto à umidade... É fundamental descobrir do usuário exatamente como ele vai ser usado.

Nesse aspecto, destaca-se novamente a importância de compreender as razões para solucionar o problema de *design* sob a forma de um produto interativo vestível como fundamental logo no início da concepção do produto, conforme explicitado no trecho a seguir.

– Até com o [nome do produto], por exemplo, ele não precisava ser um vestível como ponto de partida, e então, quando nós decidimos que seria algo que você veste, então sim, a *wearability* virou também parte do conceito... Não acho que você consegue separar...

A definição e documentação de critérios de usabilidade e fatores humanos no projeto, expressos aqui principalmente sob o neologismo *vestibilidade* (ou *wearability*), auxiliam os *designers* e desenvolvedores do projeto a aprimorar seu trabalho e a verificar o progresso em relação ao desenvolvimento do produto no que tange a experiência do usuário para com o produto, influenciando diretamente no seu êxito. O termo *wearability* demonstrou-se bastante usual e popular entre os *designers* e desenvolvedores envolvidos nesta pesquisa, apontando para a importância que é dada à ideia de fatores humanos e usabilidade no contexto dos produtos interativos vestíveis desde as etapas de compreensão do projeto.

Uma vez definido que o produto será vestível e interativo, conforme verificado nas entrevistas e prática no laboratório, os *designers* buscam compilar informações referentes ao produto vestível que podem ser associadas ao projeto, por exemplo, relógios para um projeto de *smartwatch* – além de eventuais produtos concorrentes, se disponíveis. Essa abordagem é particularmente útil na esfera física do produto: pode fornecer *insights* para as fases de *(re)design* e prototipagem, como a escolha de materiais, definição de formas, pesquisa sobre maneiras de fixar o produto ao corpo, entre outros fatores que estão intimamente relacionados aos princípios de *vestibilidade*.

Em paralelo, as questões de interação do projeto na etapa de compreensão se mostraram mais voltadas à definição das características de uso do produto interativo vestível e do contexto no qual o usuário estará inserido. Isso porque é extremamente relevante compreender as atividades que o usuário irá desempenhar enquanto veste o aparelho, quando está usando ativamente o aparelho, e quando ele está ligado, mas não está em uso. A compreensão desses pontos está diretamente relacionada a fatores de sobrecarga do usuário e ergonomia, e exercem influência sobre a percepção de facilidade de uso e intuitividade da interação.

Como em todo projeto de *design*, haverá princípios e requisitos mais apropriados a determinados produtos. Os produtos vestíveis, se considerados como uma ampla

categoria de produtos, compartilham determinados princípios, como conforto e interatividade, ainda que cada projeto possa apresentar suas particularidades. Contudo, é esperado que alguns requisitos tenham influência direta sobre outros na construção do produto, e em determinados momentos o *designer* pode ter que balancear essas questões. Os trechos de entrevistas a seguir exemplificam e tornam mais clara essa questão:

*– Sim, eu penso que fatores como qualidade e durabilidade levam a muitas decisões de excluir determinadas coisas no processo de design...
Sim, definitivamente, quando nós estávamos cortando alguns atributos no escopo do projeto nós tínhamos que ser muito rígidos quanto ao que nós poderíamos, realisticamente, colocar no produto.*

– O conforto, por exemplo, foi um grande fator, pois nós sabíamos que, com a quantidade de sensores que nós estávamos planejando para este dispositivo, haveria algum elemento de dependência entre conforto e a maneira com que se espera acessar as funções. Então, definitivamente priorizamos o conforto...

Priorizar alguns fatores em detrimento a outros, menos importantes, foi a maneira citada pelos *designers* e percebida no desenvolvimento dos produtos no laboratório. Em diversos momentos, o conforto foi um aspecto fundamental na tomada de decisões, deixando de lado outros aspectos que eram apenas desejáveis no produto. Já questões ligadas à estética e à moda, por exemplo, deixaram de ser prioridade para dar espaço a outros fatores, como facilidade de higienização (remover texturas que eram ligadas ao fator estético para facilitar a higienização, por exemplo). Essa priorização acontece nos trechos transcritos a seguir, justificada pelo posicionamento comercial do produto.

– Mas definitivamente sobre a questão estética, nós conscientemente demos menos importância para a estética porque nós sabíamos que este não seria um produto voltado ao consumidor, isso era a coisa mais importante...

- *Tem que funcionar para o usuário todo o dia e tem que durar em torno de três anos ou mais... A bateria tem que ser... Como [nome] disse, era mais uma questão de funcionalidade em vez de forma, a questão estética não era tão importante mas sim, ainda queríamos que fosse visualmente interessante o suficiente para despertar interesse.*
- *Certo... Tipo, não deveria ser um design ofensivo.*
- *Na pior das hipóteses deveria ser convencional.*

Nas atividades do laboratório, houve reuniões cujo foco foi determinar os fatores de *vestibilidade* mais importantes para cada projeto, assim como os que poderiam ser mais flexíveis para compensar as decisões voltadas aos fatores prioritários. Nesse sentido, o conforto é, sem dúvidas, o fator mais citado durante as entrevistas e durante as atividades do laboratório. Como já apontado na revisão de literatura, a proximidade com o corpo e o tempo de uso diário tendem a ser fatores que levam a essa busca pelo conforto do usuário. Embora as menções nem sempre aprofundem muito sobre o que se busca em relação a esse conforto, foi possível perceber que em determinados momentos alguns requisitos recorrentes estavam relacionados a essas questões. O Quadro 12 resume um esforço em apontar algumas associações que foram visualizadas a partir da relação com conforto no contexto dos produtos desenvolvidos pelos entrevistados.

Quadro 12 – Aspectos do fator conforto

| CARACTERÍSTICA | ASSOCIAÇÃO COM CONFORTO |
|-----------------------|---|
| Tamanhos e ajuste | Conforto no ajuste ao corpo (apertado ou frouxo) |
| Suavidade do material | Conforto ao toque |
| Posição no corpo | Movimentos do corpo com o produto |
| Espessura do material | Conforto térmico, evitar suor |
| Tamanho e peso | Conforto no uso, principalmente por longos períodos |

O que mais traz reflexões no âmbito da prototipagem são o tamanho e o peso do dispositivo, principalmente pela dificuldade de visualizar todas as funções e características em um só protótipo durante as atividades de prototipagem, sobretudo

nas etapas iniciais do projeto. Atribuir um limite máximo para as dimensões do produto e uma expectativa para o tamanho desejado foi a maneira encontrada por *designers* para lidar com essa questão. Nesse sentido, ainda que os *designers* se refiram à estética como menos importante, preocupações constantes com as dimensões do produto estão tão ligadas tanto ao fator estético quanto ao conforto do usuário. O trecho a seguir explicita esse processo.

– Então a maneira com que abordamos inicialmente isso, já que estávamos preenchendo esse dispositivo com muito mais coisas que o anterior, foi de encarar as limitações de tamanho pensando em uma caixa máxima na qual nós construiríamos para trabalhar no contexto dela, e aí constantemente encolhê-la. E nós obtivemos sucesso nisso, as dimensões do produto final são bastante aproximadas ao que nós originalmente esperávamos que fosse!

Assim como o conforto, a facilidade de limpar e de higienizar o produto é outro fator relacionado à proximidade do corpo e aos longos períodos de uso, a qual apareceu como fator decisivo nos projetos descritos pelos *designers* e desenvolvedores, ligado à escolha de materiais, resistência à água dos circuitos e do produto em si, contato com a pele, etc.

– Nós fizemos em torno de 20 conceitos e então nós reduzimos para três e então para um e, no fim das contas, se tratava principalmente de simplicidade e suavidade dos elementos externos, para que o produto seja relativamente confortável e fácil de limpar.

- Esse perfil liso, suave para limpeza foi outro fator primordial, especialmente nos estágios iniciais...

A facilidade de uso e facilidade de configurar o produto são, também, elementos considerados importantes durante o processo de desenvolvimento dos produtos vestíveis. Nesse aspecto, houve muito debate sobre mecanismos do dispositivo, sejam botões, sensores, uso de tela (e, nesse sentido, a leitura), entre outros. Assim como o conforto, a facilidade de uso se manifestou sob diferentes abordagens:

facilidade de configurar o dispositivo, facilidade de customizar o produto, facilidade de limpeza, entre outros.

Buscar informações e pesquisar sobre a forma vestível associada ao produto foi uma técnica usada por todos entrevistados e observada no laboratório de prototipagem. Entende-se que isso facilitou os processos relatados, já que, por associação, é possível perceber quais formas e materiais costumam funcionar em determinados usos e partes do corpo. Muitas decisões projetuais foram tomadas observando produtos similares, não necessariamente interativos, disponíveis no mercado. Esses apontamentos são exemplificados a seguir.

– Então essas foram as duas razões que nos levaram a definir isso, e foi consideravelmente baseado no conforto das pessoas e também um pouco de pesquisa de mercado no sentido de como essa peça de vestuário é tipicamente construída, quais formas são usadas...

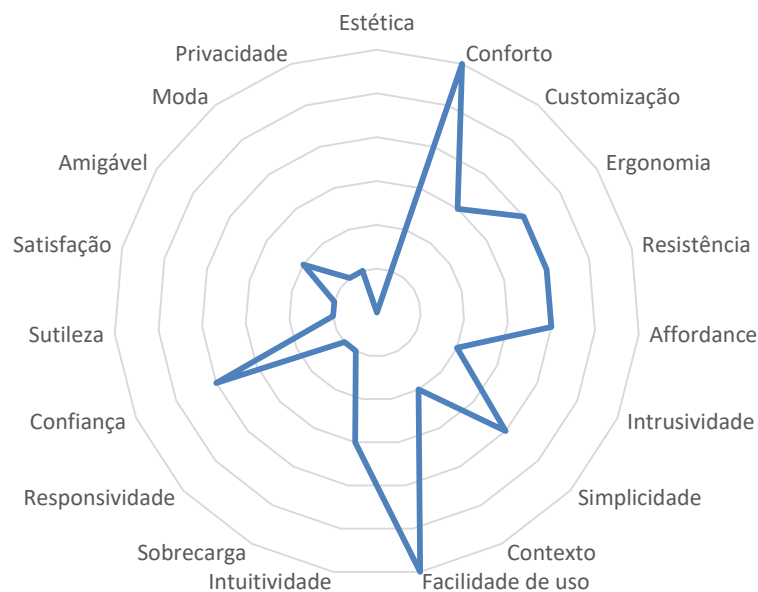
– O conforto é um fator primordial, considerando que nossos usuários estariam vestindo o produto por oito, ou possivelmente até 12 horas sem removê-lo. Então nós precisamos olhar para a indústria - relógios comerciais mesmo, já que é tão relevante, e ao fazer essa análise nós percebemos determinados padrões, como neste relógio que eu estou usando agora, no qual ele é sutilmente curvo, por exemplo. E nós percebemos que, frequentemente, os relógios (as tiras) afunilam, então é como se fosse um pouquinho mais arejado, com mais respiro, e não uma tira super grossa que faria o usuário ficar suando.

Outro recurso que muitas vezes se espera dos vestíveis e que entre os entrevistados não foi diferente é a expectativa de que o produto seja a prova d'água. No laboratório de prototipagem, mesmo empregando plataformas anunciadas como resistentes ao contato com a água e à submersão, foram efetuados testes em recipientes com água.

– Nós queríamos ter certeza que a experiência do usuário faria sentido no contexto do hardware no qual eles seriam apresentados. Nós queríamos ter certeza que nós demos nosso melhor em termos de confiabilidade na perspectiva de isolamento para resistência a água e poeira... Nesse sentido, quanto menos furos o produto tiver, melhor.

Para visualizar em que áreas foram concentrados os esforços dos designers e desenvolvedores consultados, foram geradas as Figuras 22, 23 e 24, cada uma baseada nos relatos de uma entrevista. Os gráficos a seguir apontam as menções aos fatores de *vestibilidade* usando como base as proposições de Motti e Caine (2014), sendo que os fatores foram agrupados por proximidade em três grupos: os que estão mais ligados a questões físicas, os que são relacionados à interação e os ligados a questões sociais e emocionais.

Figura 22 – Gráfico de abordagem de *wearability* factors da Entrevista I



Fonte: Autor (2019)

Figura 23 – Gráfico de abordagem de *wearability* factors da Entrevista II



Fonte: Autor (2019)

Figura 24 – Gráfico de abordagem de *wearability* factors da Entrevista III



Fonte: Autor (2019)

Quanto às diretrizes propostas por Gemperle *et al.* (1998), que buscam comunicar princípios para *vestibilidade* sob a perspectiva da relação do dispositivo

com a forma física – o corpo humano – compreende-se que, a partir dos relatos, foram relevantes as considerações:

1. Localização: observou-se que, quanto à localização do dispositivo no corpo humano, foram levadas em consideração as áreas que tem relativamente o mesmo tamanho entre adultos e são menos influenciadas pelos movimentos e flexões do corpo humano.
2. Linguagem da forma: a preocupação com a forma dinâmica do corpo humano manifestou-se nas escolhas de materiais e acabamentos, como cantos arredondados, superfícies lisas, estruturas côncavas, materiais maleáveis que se adaptam às curvas corpo. Essas questões foram avaliadas essencialmente com protótipos simples, feitos rapidamente.
3. Tamanho: o *design* considerando variações de tamanho para vestíveis que são presos ao corpo pode ser abordado de duas maneiras: por meio de um sistema de ajuste e a partir de dados antropométricos padrões empregados na indústria da moda. A partir dos relatos, constatou-se que diferentes formas de construir sistemas de ajuste foram alvos de discussões e testes, ainda que baseados em padrões da indústria. Entende-se que, nos casos analisados, o uso de medidas padrão não seria apropriado para promover a sensação de customização e conforto almejada. Além disso, o uso de sensores e atuadores no vestível pode exigir estabilidade e fixação firme ao corpo do usuário para seu correto funcionamento, o que exige a possibilidade de um ajuste mais específico para cada usuário. O trecho a seguir expõe o processo descrito pelo *designer* quanto à preocupação com o tamanho e ajuste do produto ao corpo.

– Sobre tamanho, nós precisamos falar sobre tamanhos! Uma das coisas que era um requisito de projeto que nós atingimos é que nós queríamos que o produto fosse de tamanho único, que serve para todos. E há diversas formas de abordar isso, por exemplo, podemos dizer que as tiras automaticamente se ajustam a qualquer tamanho de pulso, podemos dizer que você ajusta uma vez e aí o produto é ajustado para uma única pessoa pelo resto de sua vida útil, podemos falar sobre tamanho personalizado para cada pessoa... [trecho removido] A solução para esse debate foi movida, sobretudo, por fatores como simplicidade e facilidade de implantação e uso.

Nesses aspectos, relacionados ao trabalho de Gemperle *et al.* (1998), de acordo com a análise dos relatórios de *vestibilidade* gerados pelos membros do laboratório de prototipagem, a preocupação com a linguagem da forma se expressa por meio da construção de cantos arredondados para suavizar a forma, já que ela é muito robusta – característica não muito desejável em vestíveis.

Por fim, para aprofundar a pesquisa acerca dos fatores mais físicos da *vestibilidade* de produtos interativos, percebeu-se a necessidade de expandir a pesquisa da literatura para a área da moda com fins de validar ou aprimorar os apontamentos oriundos da interação com os *designers* e desenvolvedores. Assim, é interessante relacionar os resultados obtidos com a Metodologia OIKOS, elaborada por Martins (2005), para avaliar peças do vestuário integrando princípios ergonômicos, de usabilidade e de conforto. Acredita-se que, na perspectiva da metodologia, os apontamentos sobre facilidade de manuseio, segurança e conforto estão bastante alinhados aos resultados da presente pesquisa, e serviram para aprimorar os quadros gerados para sintetizar as informações coletadas (Figuras 21, 27 e 28).

Quadro 13 – Propriedades da Metodologia OIKOS

| Propriedade | Avaliação |
|-------------------------------|--|
| Facilidade de Manuseio | Facilidade de vestir. Facilidade em desvestir. Acionamento dos aviamentos. Exige pouco esforço para manipulação. Materiais dos aviamentos. Materiais adequados de uso. Acabamento dos aviamentos. Facilidade para acondicionar. Facilidade durante o uso. Mobilidade durante o uso. |
| Segurança | Resistência a fungos, ácaros, bactérias e umidade. Aviamentos sem bordas vivas. Tecido não inflamável. Cós, punhos e golas não prejudicam a circulação, e nem machucam a pele. A modelagem que permite mobilidade e alcance. Tecido que permite transpiração. |
| Conforto | Contato do tecido com a pele – toque. Contato do tecido com a pele – abrasão. Contato do tecido com a pele – maciez. |

| | |
|--|--|
| | Ajuste da peça ao corpo – estático – peso. Ajuste da peça ao corpo – estático – caimento. Ajuste da peça ao corpo – estático – modelo. Ajuste da peça ao corpo – estático – corte. Ajuste da peça ao corpo – dinâmico – flexibilidade. Ajuste da peça ao corpo – dinâmico – elasticidade. |
|--|--|

Fonte: Martins (2008)

5.1.2 Prototipagem

O uso de produtos ou peças prontas para simular materiais, avaliar conforto e tamanhos é um recurso valioso na área das tecnologias vestíveis. Já que, muitas vezes, o produto é baseado em um formato já existente (seja uma jaqueta, um relógio, uma pulseira, etc.).

– Preciso mostrar algumas coisas onde houve atividades mais exploratórias. Pode ser um pouco difícil de visualizar, mas basicamente o que eu pretendia fazer aqui era experimentar diferentes mecanismos para o botão.

– E separadamente disso, provavelmente estaremos fazendo protótipos dos sensores, atuadores, também em uma breadboard para garantir que aquela interação vai funcionar.

A partir dessas observações em relação às atividades iniciais de prototipagem, torna-se interessante apontar que, em determinados momentos nas entrevistas, é perceptível a divisão das funções e objetivos do protótipo, especialmente no início do processo de *design*. Para compreender essas observações, buscou-se analisá-las a partir propostas de construção de modelo de Bonsieppe (1984) e dos filtros propostos por Lim *et al.* (2008).

Ao analisar sob a ótica dos modelos propostos por Bonsieppe (1984), os estágios iniciais da prototipagem focaram em construções de modelos operativos, que servem, sobretudo, para observar o funcionamento dos mecanismos; e em modelos de volume, que apresentam volume e silhueta do produto. Os modelos operativos, nesse contexto, podem ser associados às atividades com as plataformas de prototipagem eletrônica, inclusive em formatos ainda não adequados à realidade dos vestíveis,

como o Arduino Uno, que oferece praticidade e agiliza os processos de teste e avaliação dos mecanismos empregados.

Em paralelo, os modelos de volume, muitas vezes empregando impressão 3D ou corte a laser, focam em questões estéticas, de dimensão, conforto, ergonomia e movimentos do corpo e percepção social.

Um exemplo bem inicial de protótipos sendo usados para avaliar interação do usuário ou estudos...

Estes protótipos são super iniciais! É antes da primeiríssima iteração deste aqui. Então, estes protótipos foram feitos para visualizar com o que nossa pulseira se pareceria e como as pessoas iriam colocá-las no seu pulso... Tem esse pequeno fecho magnético que eu vi, e aquele ali tem aquela estrutura que simula a carcaça do produto...

Essa divisão é enfatizada nas falas de outra entrevista, que reforça que "enquanto um designer cuida dos protótipos com as formas desejadas, utilizando impressão 3D e outros materiais, o outro faz testes com Arduinos e *breadboards*". Entende-se que essa separação das atividades de prototipagem deve-se, dentre outros fatores, ao tamanho – reduzido – dos produtos.

– Nós desenvolvemos o design da peça, tecido liso, primeiro protótipo a gente tenta responder: vai caber? Como pode ser o padrão para que possamos inserir o circuito e então adicionar o sensor. E separadamente disso, provavelmente estaremos fazendo protótipos dos sensores, atuadores, e também em uma breadboard para garantir que aquela interação vai funcionar.

A construção de diversos modelos interativos, incluindo versões vestíveis, mesmo que ainda maiores que os tamanhos estabelecidos como desejáveis ou máximos, amplia a possibilidade de realização de testes de usabilidade e funcionalidade, características fundamentais do projeto de produtos interativos. As Figuras 27 e 28 sintetizam essas atividades de prototipagem de acordo com os fatores de *vestibilidade* e maneiras de envolvimento do usuário que foram mais pertinentes aos *designers* e desenvolvedores consultados.

Figura 27 - Protótipo da forma vestível



Figura 28 - Protótipo para interação



Fonte: Autor (2019)

5.1.2.1 Materiais e ferramentas

O período de estágio no laboratório foi essencial para visualizar o emprego de diferentes ferramentas e materiais no processo de prototipagem para tecnologias vestíveis. O tópico também emergiu constantemente ao longo das entrevistas.

Embora seja a ferramenta mais recorrente em materiais didáticos sobre prototipagem de tecnologias vestíveis, o LilyPad Arduino foi pouco empregado no ambiente do laboratório, tanto nos projetos quanto nas experimentações, e sequer foi citado nas entrevistas com *designers* e desenvolvedores. Há, atualmente, uma grande variedade de plataformas e microcontroladores que, pelo seu tamanho reduzido, adaptam-se muito bem às atividades de prototipagem de vestíveis. Portanto, optou-se por, primeiramente, realizar uma breve análise das plataformas, bem como suas variantes mais populares disponíveis no mercado. Essa análise visa fornecer subsídios para a escolha de qual plataforma utilizar em caso de construção de protótipos interativos. A escolha da plataforma pode facilitar a construção do protótipo em termos de comunicação, sensores e atuadores, já que algumas já vêm com alguns recursos embutidos. Questões como dimensão, peso e formato também podem influenciar a fidelidade pretendida para o protótipo, já que, diferentemente do LilyPad, as plataformas analisadas não foram desenvolvidas especificamente para produtos vestíveis, mas podem se adequar ao projeto tão bem quanto o LilyPad.

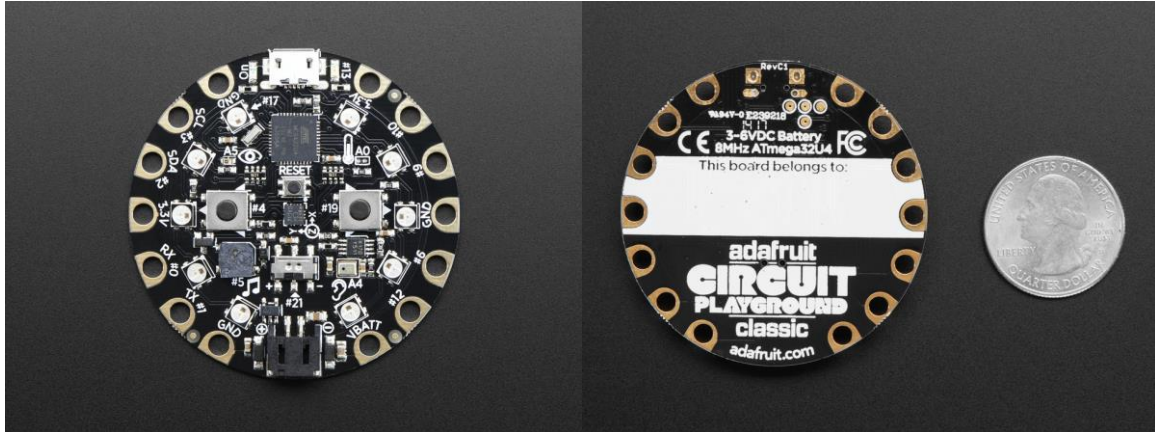
As análises buscam comparar os elementos conforme os seguintes critérios: dimensão, peso, formato, recursos de sensores e atuadores já embutidos, recursos de comunicação, valor médio para compra e disponibilidade no Brasil e exterior. Foram comparadas versões principais e versões alternativas mais populares e/ou adequadas aos vestíveis. Para as análises foram consultados os dados dos fabricantes, fornecedores e *sites* de venda, e para a elaboração dos gráficos foram levados em consideração o período de observação no laboratório e as transcrições das entrevistas conduzidas com *designers*.

Circuit Playground

O Circuit Playground é uma placa de desenvolvimento comercializada pela Adafruit. Seu formato é similar ao LilyPad Arduino: circular com conexões no seu entorno. Suas portas de entrada e saída são *alligator friendly*, ou seja, adequadas ao uso de cabos com garra de jacaré – o que facilita as conexões para protótipos rápidos

e testes simples. Possui uma série de sensores já embutidos e dez *leds* com cores programáveis.

Figura 29 – Circuit Playground



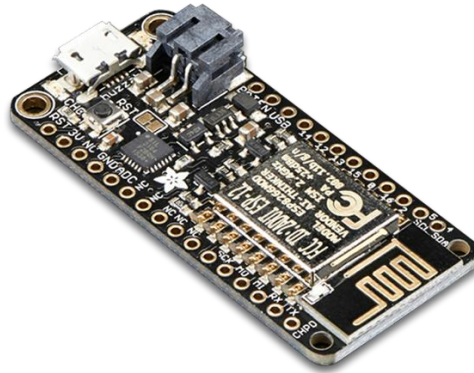
Fonte: Adafruit (2019)

Pode ser encontrado na versão Classic e na versão Express. A diferença entre os modelos reside na possibilidade de uso de linguagens de programação: enquanto o clássico aceita Arduino e Code.org, a versão Express permite o uso de MakeCode, CircuitPython e Arduino. Assim como o LilyPad, seu formato se adapta bem a produtos com tecidos ou materiais maleáveis, nos quais a plataforma pode ser costurada.

Feather

Desenvolvido pela Adafruit, Feather é uma extensa linha de plataformas de desenvolvimento. Possui uma variedade de placas (Feather) e de acessórios (FeatherWings) que se encaixam e se conectam diretamente nas placas, em um processo de empilhamento (*stacking*) desses elementos. Por isso o Feather é referido como um ecossistema completo e dinâmico de produtos para o desenvolvimento de projetos. Entre as possibilidades de FeatherWings, a fabricante oferece desde sensores, GPS, LEDs, até *displays* e telas *touchscreen*. Há também modelos em que a placa Feather pode vir acompanhada de recursos específicos, geralmente de comunicação, como *bluetooth*, Wi-Fi, dados celulares e rádio. Assim, a plataforma se mostra bastante versátil para a construção de protótipos e, devido a seu tamanho reduzido, uma opção válida para os produtos vestíveis.

Figura 30 – Feather



Fonte: Adafruit (2019)

Puck.js

O Puck.js é um microcontrolador com *bluetooth* em formato de disco. Possui um invólucro em plástico e silicone que, quando fechado, o assemelha a um botão. Entre suas vantagens, além do *bluetooth* e acabamento do invólucro, o Puck.js apresenta uma série de recursos *input/output* já embutidos na sua estrutura, como LEDs, sensores de luz e temperatura, entre outros. Por seu formato e funcionalidades, pode ser bastante útil no processo de prototipagem de acessórios, como relógios, pulseiras ou produtos que se prendem à roupa.

Figura 31 – Puck.js



Fonte: Puck.js (2019)

O Quadro 13 compara resumidamente os dados encontrados para as plataformas.

Quadro 14 – Análise comparativa de plataformas

| PLACA | DIMENSÕES | SENSORES | ATUADORES | COMUNICAÇÃO | BRASIL | EUA |
|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----------|-------------|---------|------|
| Circuit Playground Classic | D=50.6mm | ✓ | ✓ | X | R\$ 128 | \$19 |
| Circuit Playground Express | D=50.6mm | ✓ | ✓ | X | X | \$24 |
| Feather M0 Basic Proto | 51mm x 23mm x 8mm | X | X | ✓ | X | \$19 |
| Feather HUZZAH with ESP8266 | 51mm x 23mm x 8mm | X | X | ✓ | R\$138 | \$18 |
| Puck.js | D=36mm espessura: 12.5mm | ✓ | ✓ | ✓ | X | \$39 |
| LilyPad | D=50mm Espessura: 0.8mm | X | X | X | R\$31 | \$15 |

Fonte: Autor (2018)

Assim, evidencia-se a necessidade de avaliar a pertinência da plataforma para o projeto que está sendo desenvolvido, sobretudo quanto a dimensões, disponibilidade e recursos que já estão integrados. Com isso, as dimensões e formato podem ser um critério decisivo na escolha da plataforma para prototipagem, já que muitas vezes os produtos vestíveis são de tamanho reduzido e/ou se localizam próximo ao corpo, especialmente em protótipos que buscam integrar a interação à peça vestível.

É importante ressaltar que a pesquisa de plataformas teve foco nas opções de dimensões reduzidas, adequadas para prototipagem em modelos vestíveis. No entanto, há uma variedade muito maior de plataformas que podem ser empregadas

em testes e protótipos operativos. Como observado nas entrevistas, plataformas populares, como o Arduino Uno, são opções interessantes para testes iniciais de funcionamento do sistema, incluindo a verificação de variáveis como tempo de resposta, compreensão do sistema e facilidade da interação, não exigindo que o usuário necessariamente vista o modelo.

– Sim, então antes que fossemos capazes de realmente mostrar isso em uma pulseira, nós usamos estas placas que contêm tudo que vamos colocar dentro da pulseira, só que enorme.

– Sim, maior

– E mais espaçosa também, então você tem a tela e então tem três botões na placa para que nós possamos programar aquela placa para que você possa olhar para a tela e navegar com os botões.

A vantagem nesses casos se dá pela maior facilidade de manuseio que essas plataformas proporcionam, enquanto opções menores (como o Feather, por exemplo) podem requerer manuseio mais minucioso. Os trechos a seguir são fragmentos de falas referentes a modelos ainda não vestíveis, que usavam plataformas como o Arduino Uno para auxiliar na avaliação de questões mais ligadas à interatividade do produto.

– E aí nós desenhamos algumas telas, bem iniciais mesmo, para tentar determinar se realmente precisaríamos de múltiplos botões, ou se isso começaria a se tornar confuso... Enfim, para que pudéssemos responder essa questão!

– Sim, nós chegamos a um ponto onde se tornou muito fácil para nós reduzir o projeto de quatro botões para três botões porque vimos com o protótipo preliminar que ninguém estava realmente usando o quarto botão, então esse tipo de experiência nos levou a converter para algo como isso [mostra o protótipo].

– Nós estávamos bem seguros que queríamos aquele tamanho de tela, então experimentamos no sentido de quanto texto você pode fazer caber nessa tela mantendo a legibilidade...

5.1.2.1.1 Fabricação digital

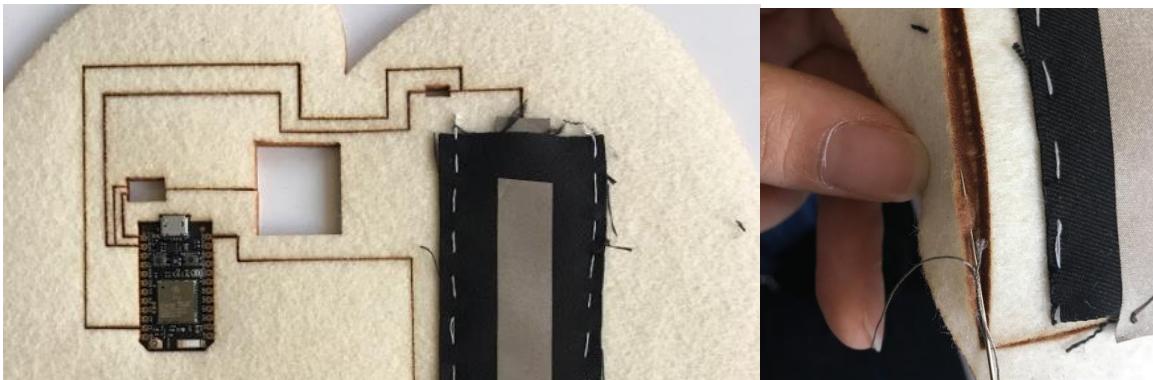
A relevância do emprego de recursos de fabricação digital, como impressoras 3D e máquina de corte a *laser*, foi verificada não só durante o acompanhamento dos projetos no laboratório, mas também em todas as entrevistas conduzidas para a pesquisa. Portanto, optou-se por descrever as atividades vivenciadas e descritas pelos *designers* e desenvolvedores nesse contexto.

Corte a *laser*

A equipe do laboratório recebeu acesso à máquina de corte a *laser* BOSS LS-2436 para desenvolver estudos. Para tanto, foi conduzido um treinamento inicial a fim de orientar a equipe sobre seu funcionamento e medidas de segurança ao operá-la. O processo de emprego do corte a *laser* para construção dos protótipos foi bastante orgânico e experimental, visto que os membros não tinham familiaridade com o equipamento. Em um total de seis sessões de aproximadamente três horas cada, foi possível compreender o funcionamento do equipamento com diversos materiais e como seu uso influencia e facilita o processo de desenvolvimento de produtos vestíveis.

Com as experimentações, e após obter certa familiaridade com a máquina e materiais, surgiram soluções interessantes empregando o corte a *laser* na construção de protótipos para tecnologia vestível. Por exemplo, ao configurar o *laser* para uma intensidade e velocidade na qual ele não atravessa totalmente o material, no caso verificado utilizando Feltro, pode-se criar caminhos que abrigam e escondem os fios e/ou cabos do circuito. Essa solução foi particularmente interessante para o circuito da Figura 32.

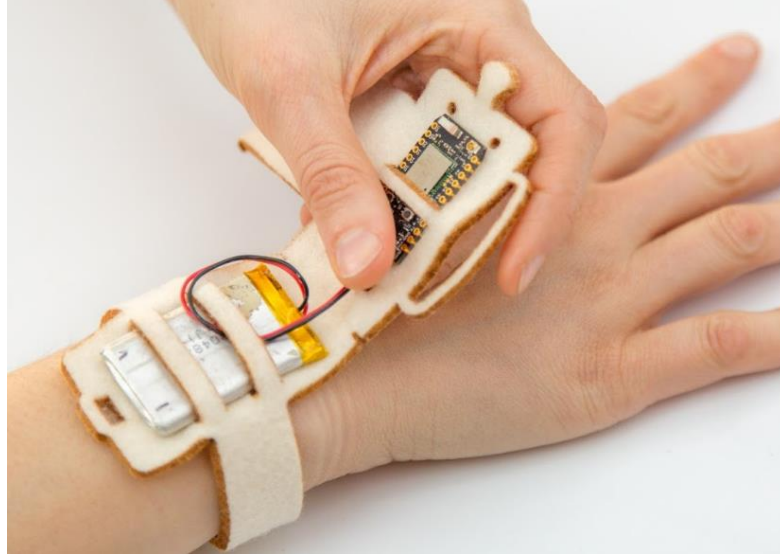
Figura 32 – Exemplo de projeto desenvolvido pelo laboratório



Fonte: Social Body Lab (2018)

O corte de tiras também pode ser útil para fixar componentes na peça, como a bateria e a placa Feather, demonstradas na Figura 33. Nela, os componentes são presos através das linhas de corte paralelas e podem ser removidos posteriormente. Os projetos das figuras 32 e 33 foram desenvolvidos pelos membros do laboratório e pertencem ao projeto Encasing Computation do Social Body Lab.

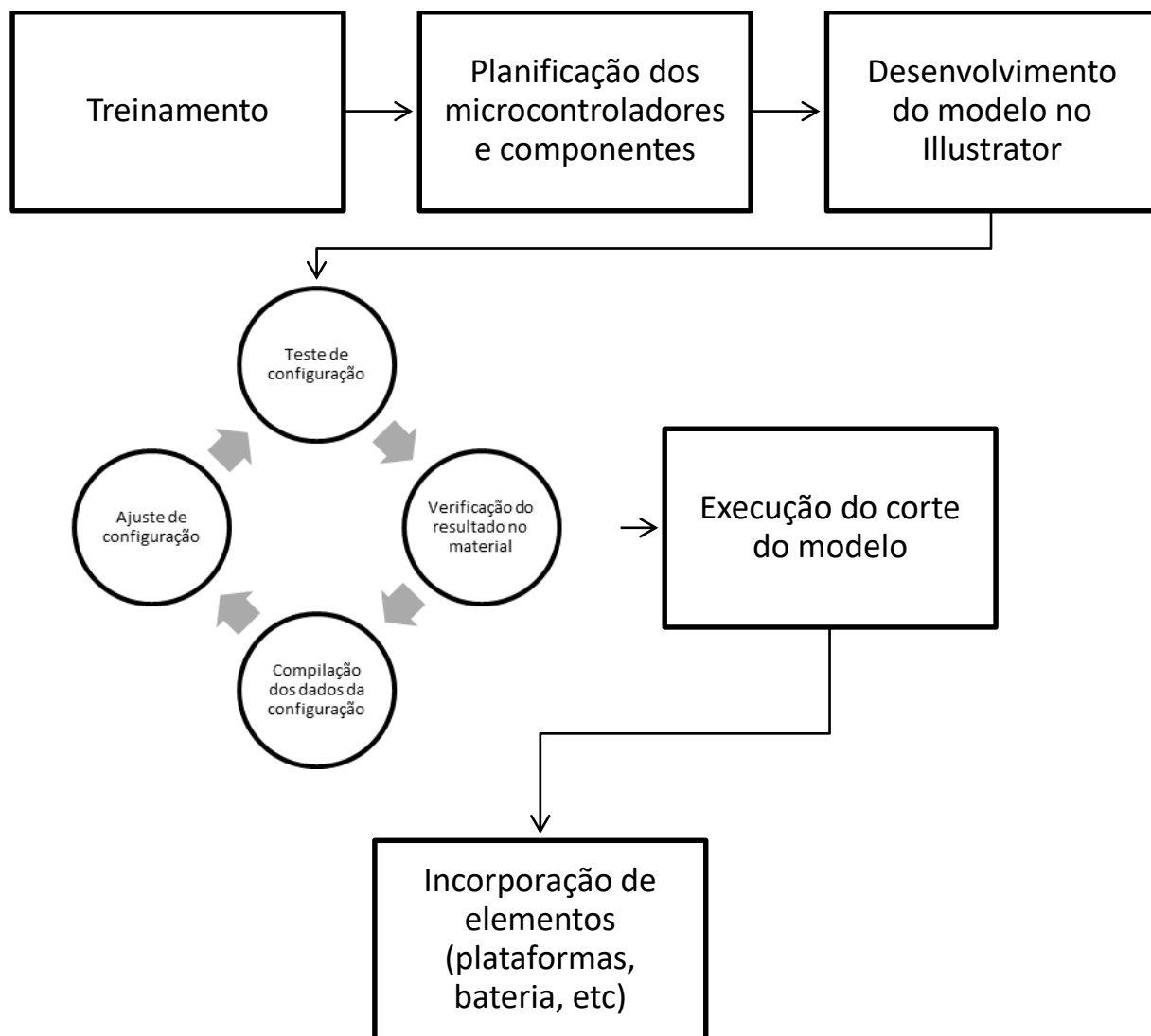
Figura 33 – Exemplo de protótipo desenvolvido pelo laboratório em pulso



Fonte: Social Body Lab (2018)

A Figura 34 resume o processo de emprego da ferramenta vivenciado pela equipe do laboratório desde o treinamento inicial para operar a máquina de corte a *laser* até as atividades de corte para prototipagem.

Figura 34 – Fluxo de interação dos *designers* com a máquina de corte a laser



Fonte: Autor (2018)

A Figura 35 exemplifica a atividade de testes de configuração de corte da máquina em couro natural, como citado no fluxo da Figura 34. À esquerda, observa-se o material com os sucessivos testes de corte, e à direita a compilação dos valores e resultados obtidos.

Figura 35 – Testes de configuração da máquina de corte a *laser* em couro



Fonte: Social Body Lab (2018)

Durante as entrevistas, foi abordado o uso do corte a *laser* na fabricação dos protótipos e das peças, sobretudo as produzidas em couro. Por ser uma peça mais maleável, o produto de apenas um dos *designers* adequou-se melhor aos processos de corte. O corte manual preliminar de peças, mesmo que em outros materiais, é uma alternativa que otimiza o uso da máquina de corte a *laser*, já que o *designer* já adquire uma noção da forma antes de criá-la digitalmente para o *software* da máquina.

– Com relação a peças feitas com corte a *laser*... Eu diria que nós fizemos em torno de 30 peças, mas isso é só uma estimativa, um palpite. Eu acredito que nós provavelmente fizemos um modelo preliminar cortado manualmente, e então trouxemos isso para o computador e refinamos, e então se tratava de milímetros minúsculos e então nós fizemos outro e quando nós mudamos a forma, quando nós mudamos as formas, nós precisamos alterar a outra peça também porque nós tínhamos duas formas diferentes.

Impressão 3D

A relevância do uso de máquinas de impressão 3D foi verificada nas práticas do laboratório e no desenvolvimento do projeto Encasing Computation, assim como nas

entrevistas e questionários. Durante as entrevistas, a impressão 3D foi um tópico bastante recorrente. Os entrevistados da Entrevista I apresentaram diversos protótipos produzidos utilizando a impressão 3D e, nesse sentido, destacaram a facilidade em produzir diversas variações de um mesmo elemento. Muitas vezes os modelos eram produzidos apenas para verificar questões de tamanho, simular o relevo de botões e mecanismos diversos do produto.

– Nós aprendemos bastante em relação à rigidez necessária para o material a partir das impressões 3D iniciais, que mostraram que aquela não era uma boa indicação do que nós queríamos porque quebravam muito facilmente, principalmente nos pontos de stress.

Contudo, algumas atividades não se mostraram eficientes quanto ao uso da impressão 3D, como a construção de mecanismos de encaixe. Nesse caso, os *designers* optaram por adquirir peças prontas no mercado que se adaptavam bem ao projeto, conforme descreve o trecho transcrito a seguir.

*– Então basicamente eu imprimi em 3D uma série de encaixes e derivados. Isso não foi um sucesso, nós acabamos não usando mas pelo menos tentamos... E, você sabe, eu estava experimentando tamanhos para a secção e para a geometria da coisa e explorando se algo iria cair ou se desencaixar ou não... Mas a impressão 3D se mostrou não ser o meio mais apropriado para testar essas questões, acabou se tornando muito complicado...
– No fim das contas nós simplificamos muito as coisas ao usar peças convencionais prontas, disponíveis no mercado, em vez de imprimir 3D...*

O ácido polilático (PLA) foi o material mais empregado nos protótipos produzidos a partir de impressão 3D. Contudo, um aspecto interessante da impressão 3D foi a experimentação com diferentes matérias-primas, mais maleáveis que o PLA e que produzem resultados mais adequados a fatores de *vestibilidade*, como suavidade, maleabilidade, etc. Esses testes não chegaram a evoluir muito durante o período de inserção no laboratório, mas certamente demonstraram potencial para futuras investigações.

5.1.3 Avaliação

A etapa de avaliação é fundamental e a iteração com a prototipagem e *re-design* é constante. Diversas questões de *design* e falhas de usabilidade foram identificadas pelos *designers* ao vestir os protótipos ou solicitar que alguém os vestisse por um tempo específico. Por exemplo, identificou-se que “o material da pulseira suave muito” e “com o tempo, a pressão em uma das peças fazia com que ela quebrasse”. Para avaliar essas questões, foram usadas técnicas como a observação e a aplicação de questionários. Entretanto, observou-se que, em determinados momentos do projeto, as avaliações de propostas ficaram bastante restritas aos próprios *designers* e programadores, raramente envolvendo usuários externos. Algumas sugestões dos entrevistados para envolver o usuário são listadas a seguir.

- Distribuir a pessoas próximas para vestir nas situações previstas para o produto.
- Elaborar fichas com polaridades dos principais fatores de *vestibilidade* desejáveis, baseados nos requisitos do projeto, e solicitar que os usuários avaliem os protótipos conforme esses fatores.
- Avaliar protótipos com base no uso em contexto, executando simultaneamente tarefas do cotidiano ou atividades relacionadas ao uso do dispositivo.

Os trechos a seguir exemplificam posições dos entrevistados em relação ao teste dos produtos em desenvolvimento:

– *Os testes eram feitos a maioria entre nós mesmos. Eu lembro que [nome de pessoa] estava trabalhando com isso, creio que ele fez alguns testes fixando algumas versões bem grosseiras do produto no seu corpo e saiu por aí para testar o quão visível seria. Nós fizemos nossos próprios testes. Eu tenho vídeos, eu acredito, do [nome de pessoa] e eu fazendo experimentos vestindo algumas versões do protótipo. Mas não era muito científico...*

– *E também há testes que nós precisamos fazer sobre, testes de tecidos por exemplo, como "ok, nós queremos costurar este sensor neste tecido, como isso vai funcionar, como a conexão passa pelo tecido, de que forma esses dois tecidos vão se mesclar, este tecido é condutivo e por aí vai... Nós temos que fazer muitos testes de materiais também, além da vestibilidade, o que é parte da vestibilidade também, eu acredito.*

– *Nós temos manequins nos quais fazemos parte do trabalho sobre eles e é bastante útil em alguns casos, mas sim, quando experimentamos em pessoas, na maioria das vezes, usamos nossos próprios corpos ou chamamos um cliente para vestir. E eu preciso dizer que, sim, talvez isso seja mais pra frente, mas nós fazemos muita prototipagem e testes mas uma vez que o produto está construído, digo com todas suas funcionalidades, quase que no outro dia temos a entrega para o cliente, então temos uma experiência bem limitada de prototipagem e testes da coisa finalizada, do produto em si.*

Como apontado durante o tópico sobre Envolvimento do Usuário, a etapa de avaliações é o ponto alto do projeto para envolver o usuário e foi o estágio do projeto em que os *designers* e desenvolvedores envolvidos na pesquisa demonstraram maior facilidade de inserir *insights* provenientes da interação com usuários, principalmente com protótipos. Questionários e entrevistas abordando questões diretamente ligadas aos fatores de *wearability*, foram as técnicas mais empregadas após o uso do dispositivo em contextos próprios do produto, e focaram sobretudo em questões de conforto. Os testes de desempenho na realização de tarefas se mostraram úteis aos entrevistados quando precisavam avaliar as dinâmicas da interação, especialmente em estágios iniciais, ainda utilizando Arduino Uno e *breadboards*. A observação foi pertinente para avaliar as formas de interação do usuário com o dispositivo, como por exemplo os recursos de seleção de informação (como botões, gestos, telas) e *feedback* (visual, vibração, som). A observação também foi pertinente para determinar as maneiras de prender o dispositivo ao corpo e jeitos de ajustá-lo. Com isso, as equipes conseguiram visualizar aspectos importantes do projeto e obter informações valiosas de quais eram os pontos fracos e fortes do produto até o momento.

Como apontado na revisão da literatura, o envolvimento do usuário é um dos aspectos centrais dos processos de *design* de interações humano-computador e

incluir-lo durante as atividades dá a oportunidade de participar, direta ou indiretamente, nas decisões tomadas. O envolvimento do usuário, neste trabalho, é explorado sobretudo na esfera da interação com os protótipos e modelos.

A ideia de que os protótipos devem ser vestidos e experimentados desde as etapas iniciais do projeto foi reforçada diversas vezes, mas na maioria das vezes limitada ao próprio *designer* ou equipe.

– Nós não chegamos a fazer testes com usuários externos, apenas porque isso leva muito tempo para programar e organizar e nós percebemos que haviam, geralmente, um ou dois problemas que se destacavam e nós conseguíamos identificar com testes, internamente...

– Então, nós tentamos fazer com que nossos funcionários usem o produto e tentamos, quando possível, usar exemplos da vida real...

– Por exemplo, eu costumava escrever um roteiro para teste com usuários e trazer de quatro a seis amigos distantes e familiares, que nunca ouviram falar no produto, e só de executar esse processo e ouvir seus pensamentos já é possível perceber problemas bem relevantes...

Os momentos de testes vivenciados pelas equipes envolviam a construção de questionários para que os usuários preenchessem após os períodos de uso e uma avaliação do estado do produto, sobretudo para verificar o estado do material.

– Sim, nós fizemos alguns testes de partes do produto, então sim, em primeiro lugar nós tínhamos todo este material para esse protótipo inicial então nós os misturamos no escritório e atribuímos às pessoas determinadas partes para vestir por um dia, e então propusemos um questionário para que elas respondessem, e então alternamos as pessoas para que usassem todas opções de partes que desenvolvemos.

– É, nós temos nossa "comida de cachorro" no escritório, da expressão "coma sua própria comida de cachorro", então nós temos de cinco à dez pessoas na empresa as quais nós pedimos que vistam a peça e então eles preenchem um questionário regularmente...

A importância dessas atividades traduz-se não só pela avaliação de fatores humanos no projeto, mas também de material e técnica. O movimento do corpo e condições nas quais o produto é submetido durante seu uso requer atenção na escolha do material e, a partir da realização de testes com usuários, foram relatadas diversas identificações de problemas nesse sentido.

– Nós fizemos testes com usuários e passamos o produto por uma ou duas pessoas e percebemos que essa estrutura começou a trincar e quebrar.

– E aconteceram coisas como a peça cair do corpo de pessoas, se houvesse um ponto de tensão na peça as barras desengatavam, etc....

O envolvimento de usuários para avaliação de fatores associados à interação, como facilidade de uso, facilidade de configuração e intuitividade foi relatado a partir das atividades com protótipos funcionais. Muitas vezes, nesse momento, os protótipos ainda não eram vestíveis e foram usados para testar a navegação entre funções, mecanismos para seleção, leitura de informações e tempo para executar tarefas.

– Então nós fizemos funcionar e eu fiz esta tela de exemplo que mostra o tempo e um pequeno texto para verificar se nós conseguiríamos ler e então oferecemos a algumas pessoas no escritório para testá-las e nós pedimos para que elas lessem as informações e nos dessem suas opiniões...

– A gente estava experimentando as diferentes maneiras de indicar progresso, o que fazia mais sentido para os usuário e também o que era fácil de programar de uma perspectiva operacional...

A partir da análise das entrevistas acerca do envolvimento de usuários no projeto, buscou-se relacionar as atividades descritas pelos *designers* com os níveis para o envolvimento do usuário no processo de projeto de sistemas, proposto por Ives e Olson (1984) para avaliar a quantidade de influência que o usuário tem sobre o produto final. Os autores definiram níveis para o envolvimento do usuário no processo de projeto de sistemas, referindo-se à quantidade de influência que o usuário tem sobre o produto final:

1. Nenhum envolvimento: os usuários não desejam ou não são convidados a participar.
2. Envolvimento simbólico: o envolvimento é solicitado, mas ignorado no processo de projeto.
3. Envolvimento por consulta: conselhos do usuário são solicitados por meio de entrevistas e questionários.
4. Envolvimento por controle baixo: aos usuários é atribuída pouca responsabilidade em cada fase do projeto.
5. Envolvimento por atividade: os usuários são vistos como membros da equipe de projeto, ou como uma ligação entre o grupo desenvolvedor.
6. Envolvimento por controle forte: os usuários exercem um forte controle e responsabilidade sobre o projeto

A figura 25 expressa os níveis identificados a partir da análise das entrevistas.

Figura 36 – Gráfico de abordagem de envolvimento do usuário a partir de Ives e Olson (1984)

| Entrevista I | Entrevista II | Entrevista III |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 4 de 6 Envolvimento por controle baixo: aos usuários é atribuída pouca responsabilidade em cada fase do projeto. | <ul style="list-style-type: none"> • 3 de 6 Envolvimento por consulta: conselhos do usuário são solicitados por meio de entrevistas e questionários. | <ul style="list-style-type: none"> • 3 de 6 Envolvimento por consulta: conselhos do usuário são solicitados por meio de entrevistas e questionários. |

5.1.4 (Re)desenho

Após as atividades de avaliação, os *designers* e desenvolvedores podem identificar pontos positivos e negativos do projeto, especialmente a partir da interação dos usuários com os protótipos. Essa atividade é central no processo de desenvolvimento de produtos interativos, e muitas das informações indispensáveis para sua execução são provenientes da compreensão do usuário e seu contexto e das avaliações.

O modelo conceitual do produto interativo é, como apontado por Rogers, Sharp e Preece (2013), a etapa em que se avança da compreensão dos requisitos de projeto para o *design* propriamente dito. Nela, os autores sugerem a definição de três aspectos: o modo de interação, o uso de metáforas para construção da interface e qual paradigma de interação será pertinente ao produto. Especificamente, este último item apontado pelos autores foi reforçado diversas vezes pelos *designers* e desenvolvedores: “Este produto precisa ser vestível? Por que o vestir é a melhor forma de solucionar o seu problema?”

– Alguém vem aqui e eles irão nos dizer que eles querem uma jaqueta que sabe quando eles erguem os braços...Então, a primeira pergunta é "Por que você quer isso, será que a forma vestível é realmente a melhor forma de resolver isso". Principalmente para ter certeza que o que eles querem, é o que nós podemos lhes oferecer.

Como exposto no trecho a seguir, uma forma de guiar as alterações do projeto é criar momentos de discussão sobre as avaliações dos protótipos e, especificamente, sobre as alterações de redesenhos anteriores.

– E cada vez que havia um novo protótipo, como uma opção de design, nós teríamos uma exibição de design e nela demonstraríamos todas as alterações da última iteração para a iteração atual, nós conversaríamos sobre bandeiras vermelhas, debateríamos os riscos...

As reuniões para discussão de protótipos também servem para apontar possibilidades de redesenho, uma vez que os protótipos são experimentados entre a equipe, estimulando a interação entre membros e novas ideias baseadas nos requisitos do projeto.

Observou-se que redesenho de peças acontecia de maneira mais dinâmica quando a prototipagem integrava formas de fabricação digital, como o corte a *laser* e a impressão 3D. Nesse sentido, as variações das peças cortadas a *laser* eram geradas simultaneamente, possibilitando a comparação e o teste rápido, principalmente para avaliar questões como ajuste, tamanho e maneira de fixar, extremamente importantes para os vestíveis.

6 Considerações finais

De maneira geral, esta pesquisa teve por objetivo descrever os processos de prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis, partindo do pressuposto de que esses produtos compartilham determinados fatores e princípios, oriundos dos estudos da área do Design de Interação, que influenciam a construção e avaliação dos protótipos.

A revisão bibliográfica serviu de base para as inferências deste trabalho e, ao longo da pesquisa, percebeu-se a importância da atualização constante dos conhecimentos e expansão para outras áreas, como a da moda. Sob a perspectiva do Design de Interação, as habilidades e ferramentas de projeto para a área dos vestíveis ainda são pouco exploradas, e as evoluções tecnológicas são cada vez mais significativas e frequentes. A área de prototipagem de vestíveis ainda carece de diretrizes e produções atualizadas, já que muitos materiais ainda focam na construção de protótipos com o LilyPad Arduino, em contraste com uma realidade que apresenta grande variedade de alternativas nesse sentido.

A interação com profissionais e acadêmicos do mercado dos vestíveis foi incrível e possibilitou a visualização de um campo em forte crescimento, com uma ampla gama de produtos para diversos propósitos. O potencial destes produtos é enorme, mas, ao mesmo tempo, *designers* e desenvolvedores precisam estar preparados para conceber produtos alinhados às boas práticas de Design de Interação e em sintonia com requisitos específicos dos vestíveis, como questões ligadas ao conforto.

O envolvimento do usuário foi um aspecto em que se esperava maior adesão por parte dos *designers* e desenvolvedores, uma vez que foi percebida certa resistência em envolver usuários externos e uma tendência a experimentar os protótipos usando o próprio corpo. A literatura, cada vez mais, aponta para a necessidade de envolver usuários em todos os estágios do projeto por meio de abordagens como o *design* participativo e colaborativo. Isso sugere que pode haver uma lacuna entre a teoria e a prática, já que autores reforçam a importância de inserir o usuário nos processos e investigar seus contextos para projetar dispositivos vestíveis adequados e que não interfiram nas atividades primárias do usuário.

Quanto aos princípios de *design*, comumente tratados como fatores de *vestibilidade* (ou *wearability*), constatou-se que, de fato, auxiliam os *designers* e

desenvolvedores de produtos interativos vestíveis a refletir acerca dos diferentes aspectos e requisitos do *design* durante as fases do projeto. Esses fatores já configuram termos difundidos entre os profissionais da área, que demonstraram domínio dessas questões e uma preocupação constante no desenvolvimento dos projetos.

6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O presente estudo apresenta limitações, pois trata de um fenômeno de popularização recente, que ainda carece de estudos teóricos. Quanto à execução dos procedimentos técnicos de geração de dados, algumas empresas apresentaram certa resistência em participar em virtude do sigilo das informações, desenho e soluções de produtos que podem vir a ser comercializados. Nesse sentido, uma amostragem maior poderia evidenciar melhor as diferenças entre os diferentes tipos de dispositivos vestíveis. Por essa razão este estudo não busca esgotar as possibilidades quanto à delimitação do tema e, em vez de propor generalizações, optou-se por apresentar os resultados apontando *insights* e colaborações às atividades de prototipagem nos processos de desenvolvimento de produtos vestíveis.

Por fim, devido à maneira pela qual o estudo foi conduzido e ao tempo disponível, não foi possível aplicar o conjunto de conhecimentos produzido a um projeto para avaliar pontos de melhoria ou aprimorar novos pontos a serem considerados no processo proposto.

6.2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho foi elaborar uma sistematização dos processos de prototipagem empregados pelo *designer* no contexto das tecnologias vestíveis, com vistas à potencializar a incorporação de princípios de *design* relevantes a esses produtos e ao envolvimento do usuário no projeto. O conhecimento adquirido a partir das entrevistas e da vivência no laboratório de prototipagem permitiu a investigação dos elementos propostos nos objetivos. A riqueza das experiências dos *designers* em projetos de tecnologias vestíveis, sem dúvida, foi fundamental para o desenvolvimento do trabalho. Foram identificadas particularidades dos projetos de produtos interativos para a área e discutidas ao longo dos resultados.

Quanto aos objetivos específicos, estes foram atendidos conforme os apontamentos a seguir:

Objetivo específico 1 - Identificar as formas de prototipagem pertinentes ao processo de desenvolvimento de tecnologias vestíveis a partir da ótica do *designer*. foram identificados os materiais comumente empregados e suas características, assim como as técnicas e ferramentas pertinentes as atividades de prototipagem no contexto das tecnologias vestíveis.

Objetivo específico 2 - Compreender os princípios de *design* centrados no usuário relevantes ao contexto das interfaces vestíveis: a partir da revisão da literatura, foi possível preparar um roteiro de entrevistas pautado por questionamentos sobre os princípios de *design*, apontados na literatura, mais pertinentes para o contexto dos vestíveis e, com isso, verificar na prática quais desses princípios foram levados em consideração pelos *designers* nas atividades envolvendo protótipos e em quais situações, objetivos, materiais e ferramentas eles foram relacionados. A fase de geração de dados permitiu, também, expandir e aprofundar alguns desses princípios.

Objetivo específico 3 - Compreender as dinâmicas das atividades de prototipagem empregadas em projetos de tecnologias vestíveis e como o usuário pode ser envolvido nesse processo: a fase de coleta de dados possibilitou a compreensão das atividades e os momentos em que o usuário pode ser inserido no processo de projeto a fim de potencializar as conclusões oriundas de sua participação.

6.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Alguns caminhos que não faziam parte do escopo desta pesquisa se destacaram durante a observação das práticas vivenciadas no laboratório de prototipagem e ao longo da pesquisa com os *designers* e desenvolvedores.

O presente trabalho analisou e expôs as dinâmicas empregadas nas atividades de prototipagem e, com isso, foi possível identificar algumas lacunas e disparidades entre a literatura, sobretudo de IHC, e a prática dos projetos de tecnologias vestíveis. Nesse sentido, sugerem-se novos caminhos para expansão deste trabalho:

1. Propor diretrizes para a inserção do usuário nas etapas de compreensão e *design* de produtos interativos vestíveis, de maneira participativa e colaborativa, já que, no universo analisado, eles estão restritos a um envolvimento consultivo e muito limitado à fase de avaliação. Assim, propõe-se ampliar os esforços em compreender os usuários e suas atividades, entendendo suas características comportamentais, cognitivas e antropométricas – questões fundamentais para o *design* de dispositivos vestíveis.
2. O uso de técnicas e ferramentas de fabricação digital foi um tópico recorrente, e o uso de impressão 3D com materiais que não os mais corriqueiros, e sim outros mais maleáveis, apropriados para roupas e acessórios, foi uma experiência interessante e ainda pouco explorada nas pesquisas e práticas de tecnologias vestíveis.
3. Replicação da pesquisa a partir de uma delimitação mais restritiva quanto ao tipo de vestíveis como, por exemplo, apenas dispositivos para o pulso, como relógios e pulseiras. Isso porque, embora os vestíveis geralmente apresentem muitas similaridades quanto aos princípios de *design*, delimitar um modo de uso pode gerar conhecimentos mais específicos e precisos para aquele universo.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15800**: Vestuário - Referenciais de medidas do corpo humano - Vestibilidade de roupas para bebê e infante-juvenil. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9241-210**: Ergonomia da interação humano-sistema – Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9241-11**: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores. Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ALCOFORADO, Manoel Guedes. **Comunicação intermediada por protótipos**. 2007. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Design) - Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Design. Recife, 2007.
- BARBOSA, Simone D. J.; SILVA, Bruno S. **Interação humano-computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 384 p.
- BARDIN, L. (2006). **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70.
- BAXTER, Mike. **Projeto do produto**: Guia Prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BILLINGHURST, M. *et al.* An evaluation of wearable information spaces. Proceedings. **IEEE 1998 - Virtual Reality Annual International Symposium**, Atlanta, p.20-28, 1998.
- BONSIEPE, G; KELLNER, P; POESSNECKER, H. **Metodologia experimental**: desenho industrial. Brasília: CNPq/Coordenação editorial. 1984.
- BOUWSTRA, Sibrecht et al. Smart Jacket Design for Neonatal Monitoring with Wearable Sensors. **Sixth International Workshop On Wearable And Implantable Body Sensor Networks**. Berkeley, p.162-167, jun. 2009.
- BROWN, Tim. **Design Thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 249 p.
- BUCHENAU, Marion; SURI, Jane Fulton. **Experience Prototyping**. Proceedings of the conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques. New York, p.424-433, 2000. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.93.9307&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 20 nov. 2017.
- BÜRDEK, B. **História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.

DEHGHANI, Milad; DANGELICO, Rosa Maria. Smart wearable technologies: Current status and market orientation through a patent analysis. **International Conference On Industrial Technology**, [S. l.], p.1570-1575, mar. 2017.

DEININGER, Michael et al. Novice designers' use of prototypes in engineering design. **Design Studies**, v. 51, p.25-65, jul. 2017.

DONATI, Luisa Paraguai. Computadores vestíveis: convivências de diferentes espacialidades. **Conexão: comunicação e cultura**, Caxias do Sul, v. 3, n. 6, p. 93-102, 2004.

DOW, S. et al. Wizard of Oz Support throughout an Iterative Design Process. **IEEE Pervasive Computing**, Piscataway, v. 4, n. 4, p.18-26, out. 2005.

DVORAK, Joseph. **Moving Wearables into the Mainstream: Taming the Borg**. Nova York: Springer-verlag, 2008. 392 p.

FEARIS, Kristy; PETRIE, Aidan. Best practices in early phase medical device development: Engineering, prototyping, and the beginnings of a quality management system. **Surgery**, [S. l.], v. 161, n. 3, p.571-575, mar. 2017.

FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FLOYD, Christiane. **A Systematic Look at Prototyping**. Approaches To Prototyping. p.1-18. Berlin: Springer, 1984.

GANDY, Maribeth; BAKER, Paul M. A.; ZEAGLER, Clint. Imagining futures: A collaborative policy/device design for wearable computing. **Futures**, Lincoln, v. 87, p.106 -121, mar. 2017.

GARTSEEV, Ilya B.; SAFONOV, Ilia V.. Rapid Prototyping of the Learning-based Functionality for Wearable Devices. **Proceedings Of The 2017 International Conference On Mechatronics Systems And Control Engineering**, Kayseri, p.42-46, 2017.

GEMPERLE, F.; KASABACH, C.; STIVORIC, J.; BAUER, M.; MARTIN, R. Design for Wearability. **Proceedings of the 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers**, 1998.

GERSAK, J. Wearing comfort using Body motion analysis. In: GUPTA, Deepti and ZAKARI, Norsaadah. **Anthropometry, Apparel Sizing and Design**. United Kingdom: Woodhead Publishing, 2014. p. 320-331

GUTIERREZ, Cesar et al. Providing a Consensus Definition for the Term "Smart Product". **20th IEEE International Conference And Workshops On Engineering Of Computer Based Systems**, [S. l.], p.203-211, abr. 2013.

HAAN, Geert de. HCI Design Methods. **Proceedings Of The European Conference On Cognitive Ergonomics 2015**, Varsóvia, 2015.

HARTMAN, Kate. Make: **Wearable Electronics**: Design, Prototype, and Wear Your Own Interactive Garments. Sebastopol: Maker Media, 2014.

HIX, Deborah; HARTSON, H. Rex. **Developing User Interfaces**: Ensuring Usability Through Product & Process. Nova York: John Wiley & Sons, 1993. 381 p.

IVES, Blake; OLSON, Margrethe H.. User Involvement and MIS Success: A Review of Research. **Management Science**, [S. l.], v. 30, n. 5, p.586-603, 1984.

KARAHANOĞLU, Armağan; ERBUĞ, Çiğdem. Perceived qualities of smart wearables. **Proceedings Of The 2011 Conference On Designing Pleasurable Products And Interfaces**, Nova York, p.1-2, 2011.

KIM, Chajoong; CHRISTIAANS, Henri H.c.m.. The role of design properties and demographic factors in soft usability problems. **Design Studies**, v. 45, p.268-290, jul. 2016.

LEDGER, Dan; MCCAFFREY, Daniel. Inside Wearables: How the science of human behavior change offers the secret to long-term engagement. 2014. Elaborada por Endeavor. Disponível em: <<https://blog.endeavour.partners/inside-wearable-how-the-science-of-human-behavior-change-offers-the-secret-to-long-term-engagement-a15b3c7d4cf3>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

LIM, Youn-kyung; STOLTERMAN, Erik; TENENBERG, Josh. **The anatomy of prototypes**. ACM Transactions On Computer-human Interaction, [s.i.], v. 15, n. 2, p.1-27, 2008.

LIU, Linchuan; KHOOSHABEH, Peter. **Paper or interactive?** CHI '03 Extended Abstracts On Human Factors In Computing Systems, Fort Lauderdale, p.1030-1031, 2003.

LÖBACH, B. **Design industrial**: bases para a configuração dos produtos industriais. s. l.: Edgar Blücher, 2001

LUMO BODYTEC IN. **Lumo Lift**. 2017. Disponível em: <<https://www.lumobodytech.com/lumo-lift-menu/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

MCCANN, Jane; BRYSON, David. Smart Clothes and Wearable Technology. Sawston: Woodhead Publishing, 2009. 484 p.

MANN, Steve. Smart clothing: the shift to wearable computing. Communications Of The Acm, Nova York, v. 39, n. 8, p.23-24, 1996.

MANZINI, Eduardo José. **Entrevista semi-estruturada**: Análise de objetivos e roteiros. In: II SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS, Bauru. ANAIS... Bauru: Sipeq, 2004.

MORAN, T. **The Command Language Grammars**: a representation for the user interface of interactive computer systems. International Journal of Man-Machine Studies 15, p. 3-50, 1981.

MOTTI, Vivian Genaro; CAINE, Kelly. **Human Factors Considerations in the Design of Wearable Devices**. Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting, v. 58, n. 1, p.1820-1824, set. 2014.

MOTOROLA. **Moto 360 Sport**: Meet your new fitness partner. 2017. Disponível em: <<https://www.motorola.ca/products/moto-360-sport>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

MYO. **Myo Gesture Control Armband | Wearable Technology by Thalmic Labs**. 2016. Disponível em: <<https://www.myo.com/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

NEW YORK TIMES. **One on One: Steve Mann, Wearable Computing Pioneer**. 2012. Disponível em: <<https://bits.blogs.nytimes.com/2012/08/07/one-on-one-steve-mann-wearable-computing-pioneer/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

NIELSEN, Jakob. Iterative User Interface Design. 1993. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/iterative-design/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.
NIELSEN, Jakob. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In: **Conference on human factors in computing systems**, 1994, Boston. Proceedings... New York: ACM, 1994, p. 152-158.

OCAD UNIVERSITY. Social Body Lab. 201-. Disponível em: <<https://www2.ocadu.ca/research/socialbody/home>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

PERNICE, Kara. UX Prototypes: Low Fidelity vs. High Fidelity. 2016. Coordenada por Jacob Nielsen e Don Norman. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ux-prototype-hi-lo-fidelity/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2a Edição**. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

QUIÑONES, Daniela; RUSU, Cristian. How to develop usability heuristics: A systematic literature review. **Computer Standards & Interfaces**, [S. l.], v. 53, p.89-122, ago. 2017.

ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen; PREECE, Jennifer. (2002). **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**, New York, NY, USA: John Wiley & Sons.

ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen; PREECE, Jennifer. **Design de interação: além da interação humano-computador**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 585 p.

SEYMOUR, Sabine. **Fashionable Technology: The Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology**. Viena: Springer, 2008. 248 p.

SPARKFUN. **LilyPad**. 2016-. Disponível em:
<https://www.sparkfun.com/lilypad_sewable_electronics>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SULLIVAN, Scott. **Designing for Wearables: Effective UX for Current and Future Devices**. Sebastopol: O'reilly Media, 2017. 194 p.

THE GLOBE AND MAIL. Why Toronto is a hotbed of pioneering wearable technology. 2015. Disponível em:
<<https://www.theglobeandmail.com/technology/why-toronto-is-a-hotbed-of-pioneering-wearable-technology/article22447906/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ULLMAN, David G. **The mechanical design process**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

VOLPATO, Neri. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações**. São Paulo: ed. Blucher, 2007

WEARABLE TECH WORLD. A Brief History of Wearables. 2014. Disponível em:
<<http://www.wearabletechworld.com/topics/wearable-tech/articles/380055-brief-history-wearables.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

WHITENTON, Kathryn. Voice Interaction UX. 2016. Coordenada por Jacob Nielsen e Don Norman Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/voice-interaction-ux/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

WITT, Hendrik. **User Interfaces for Wearable Computers: Development and Evaluation**. Wiesbaden: Vieweg+teubner, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 290 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Roteiro semiestruturado para entrevistas em língua original

Interview guide:

Introduce the participants to the research project and explain what we will be doing, our definition for the terms used in the research (such as wearability, user involvement, human factors, design principles)

Kate/Ricardo introduce themselves

Participant's Project Introduction

The participant will be asked to briefly introduce the concept for the wearable project
How long have you been working on this project? At what stage in the process did you come involved? Have you done other wearable related projects? From what area do you come from?

What do you think are the product's attributes or qualities? Is there something that you're looking for to improve, something that got feedback from customers?

What design factors were considered important in the development process? Which factors demanded more time/work?

How and when (if you did) set a criteria for what design factors would be relevant for the project? Was there any moment that you realized “oh this (for example easy to use, or “not compromising the primary user activities”, or even functioning issues) needs to be explored and evaluated better”?

(show a list of wearability and discuss)

Project's Prototypes

If you think of prototypes, they can be for exploring an idea, communicating it to a team or evaluating certain aspects. How do you feel your prototypes activities were most of the time? Was there any prototype built with the intent of exploring an idea? Was there any prototype built with the intent of communicating an idea (to team, developers, users, investors, crowdfunding, etc)? Was there any prototype built with the intent of evaluating an idea? Naturally evaluating aspects tends to be the first thing that comes to mind, but were there prototypes just for explaining something to

the rest of the team? For seeing "if something different would work, exploring materials, etc."

How many prototypes were built for the project and what were their nature/purpose.

How many of them were functional? How many of them were based on aesthetics?

How many of them considered both aspects?

The prototyping approach was based on the idea of constantly improving one prototype (considering many design aspects/factors) or building one for each design aspect?

What materials were used? Any techniques or digital fabrication tool? If yes, how do you think that worked in the design process? Pros and cons?

User engagement with Prototypes and design principles

Were there any user involved in the design process? Did they interact with prototypes?

Were there a lot of testing within the team? Was it informal and natural or there was sort of a protocol, questions? How was it? Can you remember any particular issue identified among the team?

Were there user testing sessions? / How did it work? What was the process? How were the users selected? / What type of questions were asked?

The user testings were conducted to think about what design factors? Were there user engagements with prototypes to develop factors related to usability? Physical aspects, such as comfort or ergonomics? Fashion?

The taps recognition, vibration strength, LED brightness, were they tested in context with users? Did it help calibrating these details? Was there any kind of concern of not being obtrusive to other actions the user is performing?

At what level the users perceptions influenced the project's outcomes? Were they just to confirm and provide minor improvements, or did they promote change in materials, functions, or even concept?

What kind of issues were identified during the user engagement with the prototypes?

APÊNDICE B – Roteiro semiestruturado para entrevistas em tradução para língua portuguesa

Introdução:

Introduzir o projeto de pesquisa aos participantes e explicar o que será feito, a definição para os termos usados na pesquisa (como *vestibilidade*, envolvimento do usuário, fatores humanos, princípios de design)

Kate / Ricardo se apresentam

Introdução ao(s) projeto(s) do(s) participante(s)

O participante é convidado a introduzir brevemente o conceito do seu projeto de produto interativo vestível

Por quanto tempo você tem trabalhado neste projeto? Em que estágio do processo de projeto você integrou a equipe? Você já tinha experiência em outros projetos de produtos interativos vestíveis relacionados? De que área você vem?

Quais são os atributos e qualidades do produto projetado, na sua visão? Há algum que deve ser melhorado? Algum atributo que teve *feedbacks* de clientes?

Quais fatores de *design* foram considerados importantes durante o processo de desenvolvimento? Quais destes consumiram mais tempo de projeto?

Como e quando foram definidos critérios para quais fatores de *design* seriam relevantes para o projeto? Houve algum momento no qual um critério específico se destacou por necessitar estudos e avaliações mais profundas?

Mostrar uma lista com fatores de *vestibilidade* e discutir com o(s) participantes(s).

Protótipos do projeto

Ao pensar nos protótipos, podendo ser para explorar, comunicar ou avaliar os aspectos de uma determinada ideia. Como você pensa que foram as atividades de prototipagem nesse contexto? Houve protótipos para especificamente explorar uma ideia? Houve protótipos para comunicar a ideia (seja para a equipe, desenvolvedores, usuários, investidores, *crowdfunding*, etc). Houve algum protótipo construído para avaliar uma ideia? Naturalmente, para avaliar ideias seria a primeira opção a vir à mente, mas houve algum protótipo com as outras intenções? Como mostrar um material para equipe, por exemplo.

Quantos protótipos foram construídos para o projeto e quais eram suas naturezas/propósitos?

Quantos destes eram funcionais? Quantos eram mais baseados na estética? Quantos consideravam os dois aspectos?

Quanto a abordagem, essas atividades eram mais baseadas na ideia de constantemente aprimorar um protótipo (que considere diversos aspectos de *design*) ou construir um para cada aspecto?

Quais materiais foram usados? Alguma técnica ou ferramenta de fabricação digital? Caso positivo, como você acredita que essas ferramentas se adaptam aos processos de design de produtos interativos vestíveis? Possíveis prós e contras?

Envolvimento do usuário e princípios de design

Algum usuário (estritamente usuário) foi envolvido no processo? Eles interagiram com os protótipos?

E houve teste com os membros da equipe? Eram informais e orgânicos ou havia algum tipo de protocolo, questões? Como era? Dentre estes testes da equipe, houve alguma questão que foi identificada no produto?

Houve alguma sessão de testes com usuários? Como funcionou? Qual foi o processo? Como os usuários foram selecionados? Que tipo de questões foram perguntadas?

Estes testes com usuários foram conduzidos pensando em quais atributos ou fatores de *design*? Houve interação dos usuários com os protótipos para explorar fatores relacionados à usabilidade? Aspectos físicos, como conforto e ergonomia? Moda?

Questões relacionadas ao input e output, como reconhecimento de toque, brilho de LEDs, força da vibração, foram testadas em contexto com o usuário? Nestes testes, houve preocupação com as outras ações que o usuário estava executando?

Em que nível as percepções dos usuários influenciaram os resultados do projeto? Que tipo de questões foram identificadas durante a interação de usuários com os protótipos?