



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO VISUAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Fernanda Iervolino

**Requisitos para Medição do Corpo Humano em Sistema de Ambiente Virtual de  
Prova no E-commerce de Moda**

Florianópolis

2022

Fernanda Iervolino

**Requisitos para Medição do Corpo Humano em Sistema de Ambiente Virtual de  
Prova no E-commerce de Moda**

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação  
em Design da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do título de Doutora em  
Design.

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz Horn Vieira.

Florianópolis,

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Iervolino, Fernanda

REQUISITOS PARA MEDIÇÃO DO CORPO HUMANO EM SISTEMA DE  
AMBIENTE VIRTUAL DE PROVA NO E-COMMERCE DE MODA / Fernanda  
Iervolino ; orientador, Milton Luiz Horn Vieira, 2022.

111 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós  
Graduação em Design, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Design. 2. provedores virtuais de roupa, e-commerce  
de moda, medição do corpo humano, avatar 3D.. I. Horn  
Vieira, Milton Luiz. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.

Fernanda Iervolino

**REQUISITOS PARA MEDIÇÃO DO CORPO HUMANO EM SISTEMA DE  
AMBIENTE VIRTUAL DE PROVA NO E-COMMERCE DE MODA**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por  
banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof<sup>a</sup>. Monique Vandresen, Dr<sup>a</sup>  
UDESC

Prof. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo, Dr.  
UFSC

Prof. Júlio Monteiro Teixeira, Dr.  
UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão  
que foi julgado adequado para obtenção do título de doutora em Design.

---

Prof. Ricardo Triska, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2022.

*À minha família,  
Fernando Mendes, Fernanda Dorabella e Fernando Martim.*

## AGRADECIMENTOS

Quando iniciei esta tese, jamais pensei que eu teria tanta gente a quem agradecer no final. O que parecia ser um caminho solitário, de escolhas individuais e de incertezas - assim como alguém que chega a uma cidade totalmente desconhecida com uma muda de roupa na bolsa depois de longa viagem - foi ganhando a dimensão de um aconchegante povoado habitado por pessoas familiares, do tipo raro que se pode enviar equações matemáticas pelo *whatsapp* em plena sexta-feira à noite.

Dentre elas, e, na verdade, a primeira de todas, está o orientador -- aquele que não só escuta nossos dramas de doutoramento, mas que também deixa a porta da sala sempre aberta para momentos despreziosos de conversa, cafezinho ou pudim de leite. Autores de criatividade diriam que estes são momentos de “incubação” – e é fato: surgiram muitas ideias boas a partir daí! Obrigada, Milton, por tornar tudo mais leve e por ter confiado em mim.

Por sorte, fui também acolhida por colegas do DesignLAB dos quais sempre lembrarei com carinho, e a quem devo muito: Prim, por toda ajuda com o MoCap e assuntos totalmente aleatórios mas necessários; Victor, pelos esclarecimentos técnicos toda vez que travei na escrita e me perdi nos meus próprios desfechos; Jonathan, sem palavras para te agradecer por ter, desde o início, me ajudado não só com os cálculos, mas com toda a lógica das medições, até o final, quando eu achei que estava tudo perdido. Sua calma e raciocínio são admiráveis.

Ao professor Flávio, que muito mais do que um colega, demonstrou ser um grande amigo; espero retribuir em igual ou maior escala todo o apoio que recebi de você nos momentos mais difíceis para mim. Às professoras Berenice e Giselle pelo importante direcionamento dado a esta pesquisa no momento da qualificação, que me ajudou a perceber as lacunas e pontos fortes de todo o trabalho. Aos professores Julio, Luiz Fernando e Monique, meu muito obrigada, eu não poderia estar mais honrada pela presença de vocês na banca de defesa, e tenho absoluta consciência do valor do tempo e do conhecimento que recebo de cada um na avaliação desta tese - presentes que levarei por toda a vida.

Também sou grata pela contribuição vinda de todo pessoal das ciências da computação, que me ajudou a entender o universo das tecnologias computacionais e as complexas linguagens de programação, tão distantes do meu próprio linguajar, mas

de um jeito tão fácil que eu até me diverti nessa parte da pesquisa: Mariana (minha irmã), Adriano, Leonardo, Fabiano, André e Pescuma. Vocês me entregaram ouro.

Agradeço ao meu pai, o engenheiro mais inteligente que eu conheço, que sabe tudo de cálculos, mas não soube medir esforços para me ajudar nas minhas suposições mais auspiciosas. Graças a ele eu entendi na prática que uma medição precária pode arruinar toda uma teoria.

À minha mãe, que sempre fez tudo por mim e me acolheu, mesmo eu já sendo velha e casada, para que eu conseguisse pesquisar e escrever em ambiente sossegado. Obrigada pelo espaço, mãe, e por cada copo d'água, cada café, cada mesa posta e cada chocolate. Eu não poderia ter sido mais produtiva se não fosse com você. E por isso sou grata ao Fê e aos nossos filhos, pela compreensão em todas essas horas em que me ausentei, mesmo que estivesse apenas do outro lado da rua. Eu amo vocês e essa tese só existe por vocês.

E assim, aquele início vazio e silencioso, de uma recém-chegada doutoranda com ares de caloura, foi preenchido por todas essas pessoas que Deus uniu por um propósito maior, por meio do qual cada uma delas foi tocada e por meio do qual cada uma delas será lembrada. Obrigada, Deus. Obrigada a todos.

*“Há verdadeiramente duas coisas diferentes:  
saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber;  
em crer que se sabe reside a ignorância”.*

Hipócrates

## RESUMO

Pelo crescente aumento do comércio eletrônico de artigos de moda do vestuário, as empresas vêm utilizando Tecnologias de Interação por Imagem (TII), por meio das quais os usuários inserem suas medidas corporais para criar um avatar 3D e vivenciam uma prova virtual das roupas nos chamados Ambientes Virtuais de Prova (AVP). No entanto, a taxa de devolução dos artigos comprados pela internet ainda é elevada. Por esta razão, pesquisas apontam para a utilização de redes convolucionais (CNN e GCN) para criar avatares mais fiéis ao corpo humano. Porém, esses métodos também requerem as medidas do usuário, e não se pode afirmar que todas estejam sendo inseridas corretamente. Dado este panorama, parte-se da hipótese de que é possível utilizar outro objeto como parâmetro, cujas medidas já sejam conhecidas pelo sistema, eliminando, assim, a necessidade do usuário de inserir suas próprias medidas. Deste modo, o objetivo da presente pesquisa é propor requisitos de medição do corpo humano para sistemas de Ambiente Virtual de Prova no e-commerce de moda, utilizando fotografia digital e objeto-padrão. Ainda que o problema de devolução de roupas compradas on-line não possa ser simplificado à uma questão de prova virtual eficaz ou ineficaz devido às diversas barreiras do sistema de produção *ready to wear*, o processo de compra virtual pode ser ao menos otimizado. Em uma classificação exploratória e qualitativa, a pesquisa dividiu-se em três etapas, sendo (1) medição do corpo da modelo e do objeto (2) reconhecimento de atributos e fotografia e (3) cálculos, cada uma delas divididas em fases, as quais descrevem os instrumentos e tecnologias necessários para encontrar a medida do busto de uma modelo utilizando fotografia e objeto-padrão. Os resultados levaram a sete requisitos para medição em sistema de AVP, que envolvem tanto a experiência do usuário, quanto ferramentas de *machine learning* e cálculo matemático específico para a determinação de medidas reais, com erro percentual de 0,00032%. Isso indica não apenas a eficácia do método, mas que diante de dados confiáveis de medidas corporais a recomendação de tamanho se torna mais precisa nas plataformas de vendas que utilizam AVP e as taxas do número de devolução podem ser potencialmente diminuídas neste segmento.

**Palavras-chave:** Ambiente virtual de prova. Mídia. E-commerce de moda. Medição do corpo humano. Avatar 3D.

## ABSTRACT

With the growth of fashion apparel e-commerce, companies have been using Image Interaction Technologies (IIT), through which users enter their body measurements to create a 3D avatar and experience a virtual fitting of clothes in a so-called Virtual Fitting Room (VFR). However, the return rate of items purchased over the internet is still high. For this reason, researches point to the use of convolutional networks (CNN and GCN) to create avatars more faithful to the human body. However, these methods also require the user's measures, and it cannot be said that all of them are being entered correctly. Given this panorama, it is assumed that it is possible to use another object as a parameter, whose measurements are already known by the system, eliminating the need for the user to enter their own measurements. Thus, the objective of the present research is to propose measurement requirements of the human body for Virtual Fitting Room systems in fashion e-commerce, using digital photography and a standard object. Although the problem of returning clothes purchased online cannot be simplified to a question of effective or ineffective virtual fitting due to the various barriers of the ready-to-wear production system, the virtual purchase process can at least be optimized. In an exploratory and qualitative classification, the research was divided into three stages, being (1) measurement of the model's body and the object (2) recognition of attributes and photography and (3) calculations. Each one of them was divided into phases, describing the tools and technologies needed to find a model's bust measurement using photography and a standard object. The results led to seven requirements for measurement in VFR system, which involve user experience, machine learning tools and specific mathematical calculation for the determination of real measurements, with a percentage error of 0.00032%. This indicates not only the effectiveness of the method, but that in the face of reliable data on body measurements, the size recommendation becomes more accurate on sales platforms that use AVP and the return number rates can potentially be reduced in this segment.

**Keywords:** Virtual Fitting Room. Media. Fashion e-commerce. Human body measurement. 3D avatar.

## RESUMEN

Com el creciente aumento em el comercio electrónico de ropa de moda, las empresas han estado utilizando tecnologías de interacción de imágenes (TII), a través de las cuales los usuarios ingresan sus medidas corporales para crear un avatar 3D y experimentar una prueba virtual de ropa en los llamados Vestidores Virtuales (VV). Sin embargo, la tasa de devolución de artículos comprados a través de Internet sigue siendo alta. Por ello, las investigaciones apuntan al uso de redes convolucionales (CNN y GCN) para crear avatares más fieles al cuerpo humano. Sin embargo, estos métodos también requieren las medidas del usuario, y no se puede decir que se estén ingresando todas correctamente. Ante este panorama, se supone que es posible utilizar otro objeto como parámetro, cuyas medidas ya son conocidas por el sistema, eliminando así la necesidad de que el usuario ingrese sus propias medidas. Así, el objetivo de la presente investigación es proponer requisitos de medición del cuerpo humano para sistemas de Vestidores Virtuales en comercio electrónico de moda, utilizando fotografía digital y objeto estándar. Aunque el problema de devolver la ropa comprada on-line no puede simplificarse a una cuestión de prueba virtual efectiva o ineficaz debido a las diversas barreras del sistema de producción prêt-à-porter, el proceso de compra virtual al menos puede optimizarse. En una clasificación exploratoria y cualitativa, la investigación se dividió en tres etapas, siendo (1) medición del cuerpo del modelo y del objeto (2) reconocimiento de atributos y fotografía y (3) cálculos, cada uno de ellos dividido en fases, la que describen las herramientas y tecnologías necesarias para encontrar la medida del busto de una modelo usando fotografías y un objeto estándar. Los resultados llevaron a siete requisitos para la medición en el sistema VV, que involucran tanto la experiencia del usuario, hasta las herramientas de *machine learning* y el cálculo matemático específico para la determinación de las medidas reales, con un porcentaje de error de 0.00032%. Esto indica no solo la efectividad del método, sino que frente a datos confiables sobre las medidas corporales, la recomendación de tamaño se vuelve más precisa en las plataformas de venta que usan VV y las tasas de número de devolución pueden reducirse potencialmente en este segmento.

**Palabras-clave:** Vestidores virtuales. Medios de comunicación. Comercio electrónico de moda. Medida del cuerpo humano. Avatar 3D.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resultado da busca.....	28
Figura 2 - Site Style.me com o ícone de “ <i>fitting room</i> ” no canto inferior.....	39
Figura 3 – Pop-up de inicialização.....	40
Figura 4 – Primeira janela para inserção de medidas.....	40
Figura 5 – Segunda janela para seleção de silhueta.....	41
Figura 6 – Terceira janela para a seleção de biotipo.....	41
Figura 7 – Manequim virtual em diferentes ângulos .....	42
Figura 8 – Tamanho recomendado.....	43
Figura 9 – Interface de prova de roupa virtual do sistema <i>Fits.me</i> .....	44
Figura 10 – Seleção de critérios para a criação do avatar personalizado.....	45
Figura 11 – Mapa de tensão do sistema Qvit.....	46
Figura 12 – os biotipos definidos pela técnica FFIT.....	48
Figura 13 – a ferramenta See My Fit disponível no site Asos.....	52
Figura 14 – imagens 2D do corpo em vista frontal e lateral para criar torso 3D.....	53
Figura 15 - corpo realista em movimento pelo SMPL.....	54
Figura 16 – Reconstrução do corpo baseada em Rede Neural Convolutacional.....	56
Figura 17 – Reconstrução 3D a partir de máscaras 2D.....	57
Figura 18 - Comparação entre modelos.....	58
Figura 19 - Etapas da pesquisa.....	62
Figura 20 - Fases da Etapa 1.....	63
Figura 21 – Paquímetro.....	65
Figura 22 - Alturas sendo tomadas com uso do antropômetro.....	66
Figura 23 – Vistas da modelo em posição ortostática.....	67
Figura 24 – Fases da Etapa 2.....	67
Figura 25 – Mecanismo de reconhecimento de <i>machine learning</i> .....	71
Figura 26 – Sistema AWS fazendo o reconhecimento facial.....	71
Figura 27 - código de programação no AWS, em linguagem Python 3.6.....	72
Figura 28 –funcionalidade de algoritmo para reconhecimento de imagem.....	73
Figura 29 – código do método <i>callCloudVision</i> .....	73
Figura 30 – Fases da Etapa 3.....	74
Figura 31 - medição da largura (diâmetro) da lata.....	78
Figura 32 – medição do comprimento da lata.....	79
Figura 33 – fotografia frontal.....	80

Figura 34 – fotografia lateral.....	81
Figura 35 – Reconhecimento de objetos pelo VisionAPI.....	82
Figura 36 – Lista de correlações possíveis.....	82
Figura 37 – passos para execução de modelo customizável da AWS.....	83
Figura 38 – Largura do busto e da lata em pixels.....	84
Figura 39 – Profundidade do busto em pixels.....	85
Figura 40 – Faces planas frontal e posterior.....	86
Figura 41 - Diagrama e equação do Fator de Correção.....	87
Figura 42 – Síntese dos requisitos.....	93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais resultados .....	29
Quadro 2 - Caracterização da pesquisa.....	34
Quadro 3 – Síntese das tecnologias para ambientes virtuais de prova.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela 1: comparação numérica com e sem medidas antropométricas.....	58
Tabela 2 - Medidas de busto.....	80
Tabela 3 - Dados obtidos nas medições.....	89
Tabela 4 - Resultado do busto estimado.....	89
Tabela 5 – Resultados do erro absoluto.....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVP Ambiente Virtual de Prova

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CNN Convolutional Neural Network

FFIT Female Figure Identification Technique

GCN Graph Convolutional Network

IA Inteligência Artificial

IMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ML Machine Learning

PUE Fibra sintética de elastano

SIP Single-image Photogrammetry

TII Tecnologia de Interação por Imagem

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	18
1.2 PRESSUPOSTOS .....	22
1.3 OBJETIVOS .....	24
1.4 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	24
1.5 ORIGINALIDADE, INEDITISMO E ADERÊNCIA AO PÓS-DESIGN UFSC ....	27
1.5.1 Aderência ao Pós-design UFSC.....	31
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	32
1.7 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA.....	33
1.8 ESTRUTURA DA TESE .....	35
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>37</b>
2.1 TECNOLOGIAS DE INTERAÇÃO POR IMAGEM.....	37
2.1.1 Características específicas.....	39
2.1.2 Relação de ferramentas de AVP .....	43
2.1.3 Interfaces de Realidade aumentada .....	50
2.2 A CONSTRUÇÃO DE CORPOS 3D POR MEIO DE IMAGENS 2D.....	53
2.3 SÍNTESE GERAL DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	59
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>61</b>
3.1 ETAPA 1: MEDIÇÃO .....	63
3.1.1 Fase 1: Medição do objeto-padrão.....	63
3.1.2 Fase 2: Medição do corpo da modelo.....	65
3.2 ETAPA 2: FOTOGRAFIA E RECONHECIMENTO DE ATRIBUTOS .....	67
3.2.1 Fase 1: Fotografia .....	68
3.2.1.1 Síntese do procedimento de fotografia.....	69
3.2.2 Fase 2: Reconhecimento de atributos .....	69
3.2.2.1 Detalhamento das ferramentas de reconhecimento de imagem.....	70

3.3 ETAPA 3: CÁLCULO .....	74
3.3.1 Fase 1: Cálculo de medidas .....	74
3.3.2 Fase 2: Cálculo do Erro Percentual .....	75
3.4 ETAPA 4: REQUISITOS DO SISTEMA.....	76
<b>4 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>78</b>
4.1 ETAPA 1: MEDIÇÃO .....	78
4.1.1 Medição do objeto-padrão .....	78
4.1.2 Medição da modelo.....	79
4.2 ETAPA 2: FOTOGRAFIA E RECONHECIMENTO DE ATRIBUTOS .....	80
4.2.1 Fase 1: fotografia.....	80
4.2.2 Fase 2: Reconhecimentos de atributos .....	81
4.3 ETAPA 3: CÁLCULO .....	84
4.3.1 Fase 1: Cálculo das medidas .....	84
Fase 4.3.2 Cálculo do erro percentual.....	88
4.4 ETAPA 4: REQUISITOS DO SISTEMA.....	89
4.4.1 Requisitos para tomada de medidas do corpo.....	89
4.4.2 Requisitos para o usuário inserir os dados no sistema.....	90
4.4.3 Requisitos para o sistema reconhecer os dados fornecidos.....	91
4.4.4 Requisitos para o sistema medir os objetos reconhecidos .....	91
4.4.5 SÍNTESE DOS REQUISITOS DO SISTEMA .....	93
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>95</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao rápido crescimento do comércio eletrônico de moda, acompanhado das políticas amigáveis de devolução e troca, as marcas vem enfrentando o desafio de lidar com os altos custos advindos do retorno de peças compradas (KEDIA, MADAN E BORAR, 2019). Segundo Di et al. (2014), existem diversos fatores como confiança, emoção, curiosidade, preço e simulação de caimento que afetam as escolhas dos usuários na compra de vestuário nos portais *on-line*, mas o ajuste da peça ao corpo, para os autores, é o elemento mais importante para o consumidor na determinação de sua satisfação com as roupas.

Havendo insatisfação com o tamanho ou ajuste, o consumidor normalmente devolve o artigo comprado (ABDULLA E BORAR, 2017). Então a fim de criar um ambiente de compras mais realista, algumas empresas vêm disponibilizando Ambientes Virtuais de Prova (*Virtual Fitting Room*) em seus sites para compra *on-line* de roupas.

O Ambiente Virtual de Prova (AVP) faz parte da Tecnologia de Interação por Imagem (TII), a qual ajuda a tornar a experiência do consumidor na internet mais próxima da realidade. A TII produz a chamada “experiência virtual”, que, no caso do segmento do vestuário, possibilita a representação das roupas do meio 2D para o 3D (MERLE, SENEAL E ST-ONGE, 2012, p. 42).

Para esses autores, tais ambientes permitem a prova virtual (*virtual try-on*), que é considerada o mais elevado nível de TII, por meio de Inteligência Artificial (IA). Este sistema permite que o usuário selecione uma grande variedade de manequins virtuais diferenciados por gênero, biotipo, proporção corporal, altura e peso, para que possa vestir virtualmente as peças de roupa selecionadas no banco de dados do site, obtendo vistas tridimensionais variadas.

Os últimos avanços tecnológicos permitiram a prova virtual personalizada, o que significa que o usuário já pode customizar o manequim de prova virtual a fim de representar o próprio corpo, conforme insere suas medidas, numa espécie de criação de avatares (KIM E FORSYTHE, 2008; GILL, 2015; ABDULLA E BORAR, 2017; XIE ET AL., 2019). Este manequim personalizado

aparece na intenção de reduzir a taxa de devolução e troca de peças compradas pela internet, pois a presença dessa ferramenta reproduz um avatar mais fiel ao corpo real do usuário, e vem aumentando significativamente sua curiosidade pelo produto, a confiança depositada e sua intenção de compra (BERCKER, 2018; GALLINO E MORENO, 2018; LEMOINE AND NOTEBAERT, 2011).

Entretanto, suas abordagens exigem que o usuário forneça manualmente, ou por meio de tabelas, suas medidas corporais. É com base nesses dados que a ferramenta *on-line* cria o avatar personalizado e sugere peças de roupas que sirvam no usuário. Além disso, são consideradas as preferências no que diga respeito ao estilo, marcas, cores, tecidos, estampas e forma.

Caso as medidas fornecidas não estejam corretas, o avatar terá formas diferentes das do corpo do usuário. Sabendo disto, o apelo estético e aspectos subjetivos da prova virtual também são trabalhados nas plataformas *on-line*, que por um lado fomenta as vendas, mas por outro recai no problema de devolução, uma vez que a prova virtual ainda não é perfeita em função de medidas fornecidas incorretamente – mesmo que as plataformas orientem o usuário sobre como tirar suas próprias medidas (ABDULLA E BORAR, 2017). Por este motivo, os autores apontam para o uso de outra tecnologia chamada de *skip-gram*, que basicamente utiliza os dados de compra anteriores para sugerir novas peças de medidas iguais ou muito próximas e, assim, elimina a necessidade de inserção de dados pelo usuário. Da mesma maneira funciona o *fashion genome*, tecnologia desenvolvida pela marca registrada TrueFit. Como desvantagem, estes métodos não se aplicam a novos consumidores - aqueles que nunca tenham feito compras na plataforma.

Além deste entrave de inserção de medidas do corpo, Petrova e Ashdown (2008) e Gill (2015), mencionam que o próprio método de fabricação das roupas utilizado pelos AVP, o chamado *ready-to-wear* (“pronto para vestir” – também conhecido pelo termo francês *prêt-à-porter*) já é falho pelo fato de ser baseado no uso de tabelas padronizadas que emulam as medidas de uma determinada amostra da população, ou seja, as roupas não são feitas sob medida: os algoritmos do sistema cruzam dados das peças e do corpo do manequim virtual a fim de encontrar medidas que sejam equivalentes e, desta

forma, sugerem determinados tamanhos que possivelmente servirão no usuário, assim como acontece nas provas reais em lojas físicas – alguns tamanhos servem, outros não. Isto já é suficiente para entender que ainda que todas as peças sirvam no manequim virtual a título de demonstração, elas não servirão necessariamente no usuário, naturalmente. Observa-se, assim, que as tecnologias de AVP vem buscando trabalhar em corpos personalizados, mas fazendo o uso de tabelas padronizadas a fim de vender *ready to wear*. Por mais ilógico que seja, esta é a realidade atual das provas virtuais, mesmo assim seu método já contribuiu significativamente para a diminuição de taxas de devolução (ABDULLA E BORAR, 2017). Todavia, diante das lacunas ainda encontradas nos sistemas para uma recomendação de tamanhos mais precisa, há de se tornar mais acurada, então, a medição dos corpos individuais, visto que, mesmo que as roupas fossem feitas sob medida, seriam solicitadas as medidas do usuário.

Este problema de tomada de medidas poderia ser resolvido com o emprego de tecnologia de escaneamento corporal (*body scanners*), tais como as já empregadas no ramo do vestuário e comercialmente disponíveis, como *Breuckmann GMBH*, *Human Solutions*, *Intellifit*, *Size Stream*, *Styku*, *Symcad* e *TC<sup>2</sup>* (GILL, 2015); e a tecnologia de fotogrametria, que consiste na criação de imagens tridimensionais a partir do cruzamento de diversas imagens bidimensionais, com o uso de câmera fotográfica e software específico (TONG ET AL., 2012), sem a necessidade de inserção de medidas.

No entanto, a primeira é de custo tal que não se justifica sua aquisição caseira para a finalidade de compras *on-line*; e a segunda requer nível técnico apurado para que haja a devida correspondência entre as fotos (JACKSON ET AL., 2017). E mesmo na sua técnica mais simplificada, a fotogrametria por imagem única (SIP, do inglês *single-image photogrammetry*), Kedra et al. (2019) observa que as partes do objeto não visíveis na fotografia não podem ser medidas.

Por isso, Ji et al. (2018) e Xie et al. (2019) vem desenvolvendo estudos de construção 3D partindo de outra técnica que utiliza redes convolucionais. Os autores apresentam resultados satisfatórios de reprodução a partir de somente uma ou duas imagens. Esse método permite maior controle e precisão sobre as

reconstruções 3D do avatar, e apresenta alta acurácia em termos visuais e antropométricos, mas ainda assim, as medidas corporais precisam ser previamente fornecidas.

Diante deste panorama e dos óbices expostos, viu-se a oportunidade de propor, na presente tese, requisitos de medição do corpo para a aplicação em sistemas de ambientes virtuais de prova, a fim de obter as medidas do corpo do usuário com o uso de fotografias digitais e um objeto-padrão para auxiliar a criação de avatares, eliminando assim a necessidade de digitação de medidas ou o uso de histórico de compras anteriores. Estes requisitos são baseados em tecnologias já conhecidas de Inteligência Artificial (IA), especificamente as ferramentas de *Machine Learning* (ML) para reconhecimento de objetos, já empregadas nas técnicas de fotogrametria, e as ferramentas de redes convolucionais que, por meio de medição baseada em pixels conseguem encontrar medidas reais de um objeto – neste caso o corpo humano - tendo outro conhecido como parâmetro. A partir de dados encontrados no referencial teórico, o modelo foi formulado a fim de atender a uma demanda técnica e específica dos provedores virtuais com a finalidade de demonstrar que é possível automatizar o processo de medição do corpo desde a casa do usuário.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Majoritariamente, a confecção das roupas vendidas pela internet é feita pelo método *ready to wear* (pronto para vestir) e já existem estudos (BROWNBRIDGE et al., 2018; HARDY, 2011) mostrando que os consumidores tem experiências negativas de ajuste das roupas tabeladas, e não estão totalmente satisfeitos com as entregas deste método.

Para Abdulla e Borar (2017) a taxa de devolução de peças compradas *on-line* chega a ser o dobro da taxa de devolução em compras *off-line* (em lojas físicas) e isso diminui a probabilidade de o consumidor efetuar novas compras pelos sites. Beck e Crié (2018) afirmam que o comércio eletrônico apresenta vantagens importantes quando comparado ao meio tradicional de compras, por exemplo, a questão do tempo, preços mais baixos e opções amplas de escolha, mas que oferece apenas a noção parcial do que seria uma prova de roupa na

realidade, e aponta a impossibilidade de prova física como a principal desvantagem.

Embora tenha havido avanço tecnológico, o problema de devolução não foi ainda solucionado porque este demonstra pertencer a uma discussão bem mais complexa, que envolve questões que sobrepujam o fator de prova virtual ou a capacidade do site de sugerir roupas que sirvam. Isto porque há outros diversos fatores que precisam ser levados em consideração.

Para Glasgow et al. (2019), pode haver variações de tamanho e forma entre dois modelos iguais feitos em confecções diferentes, podendo existir, ainda, diferenças mesmo quando feitos no mesmo lugar. Os autores também apontam que as tabelas variam de país para país ou de marca para marca, e que as peças, por vezes, são feitas por mais de um modelista, os quais podem aplicar as medidas das tabelas de maneiras distintas, muitas vezes fazendo com que algumas roupas de uma marca tenham caimento satisfatório enquanto outras, de mesmo tamanho, não tenham.

Além disso, Abdulla e Borar (2017) apontam para as divergências de tamanho existentes entre as peças do site e seus quadros de medidas correspondentes, podendo ultrapassar um centímetro. Grogan et al. (2013) também constataram que os consumidores estão insatisfeitos com o ajuste, e aceitam as variações de tamanho entre diferentes marcas como uma realidade difícil.

Lagè e Ancutiené (2019) vão além, dizendo que as bases de modelagem devem receber pequenos ajustes nas linhas de cintura, busto e quadril de acordo com o tecido da peça, a fim de que as linhas 2D do molde correspondam às áreas 3D mostradas na prova virtual, tomando em consideração a deformação mecânica do tecido, não somente o fato de possuir fibra de elastano (PUE) em sua composição. Por fim, outro fator determinante para erros de ajuste, e que já foi citado, é que os AVP solicitam ao usuário que insira suas medidas corporais, e é sobre este ponto que se debruça o escopo desta pesquisa.

Para Abdulla e Borar (2017) e Petrova e Ashdown (2012), inserir medidas para criar o avatar incide diretamente no preceito de que as pessoas têm suas medidas memorizadas ou sabem medir seus próprios corpos. No entanto, existem protocolos clássicos universais de medição manual, como o de

O'Brien e Shelton (1941), Kemsley (1957) e Brandão (1967), além da norma internacional ISO 7250, de 1996 - nos quais até hoje se apoiam os trabalhos de anatomia e antropometria, bem como o desenvolvimento do vestuário -, que enfatizam as posições adequadas do corpo para a tomada de medidas, as marcações na pele e a importância do uso de instrumentos calibrados, o que demonstra que uma pessoa não consegue tirar as medidas do próprio corpo com precisão, e Gill (2015) ainda enfatiza a imprecisão entre diferentes medidores.

Aliás, antes do desenvolvimento das tecnologias de AVP, já havia comércio eletrônico de roupas sob medida, mas, Couto, Rodrigues e Pedro (2014) mostram que a compra *on-line* de roupas sob medida também causava desagrado ao consumidor porque percebeu-se que a tomada de medidas individuais era um processo muito técnico e demorado, que levava o cliente a cometer não só erros de medição, como de digitação. Portanto, a evolução do *e-commerce* sob medida é o que culminou no Ambiente Virtual de Prova.

Logo, exigir que o indivíduo insira suas medidas não representa uma boa conduta para a finalidade proposta, pois, além de ocorrerem erros de digitação, as medidas podem estar incorretas, gerando avatares não condizentes com o corpo real (ABDULLA E BORAR, 2017). Diante de um sistema já tão falho de produção em massa, em que mesmo nos provadores físicos é difícil encontrar tamanhos de roupa que sirvam, ter que solicitar ao usuário que insira suas próprias medidas em um site de vendas significa reforçar essas falhas, pois ignora-se o fator erro humano.

Para solucionar este problema, poderiam aqui ser consideradas as tecnologias de digitalização 3D descritas por Tong et al (2012) para o escaneamento do corpo humano, como a digitalização a laser (*laser scanning*), digitalização por luz branca (*white light scanning*) e a fotogrametria, mas estes requerem ainda mais recursos, domínio de ferramentas e tempo, além de não serem acessíveis para uso doméstico. Assim, a alternativa para o consumidor que não conhece suas medidas fica restrita ao uso de ferramentas manuais, como a fita métrica.

Os estudos de Abdulla e Borar (2017) e Kedia, Madan e Borar (2019) vem tentando solucionar parte dos problemas inerentes a essa questão por meio de *skip-gram*, assim como a já citada ferramenta TrueFit vem fazendo com a

tecnologia *fashion genoma*, no entanto, o consumidor perde o apelo estético de ver a roupa selecionada vestida num corpo virtual que contemple suas próprias medidas (considerando-se a importância comercial deste apelo), visto que os algoritmos se baseiam em compras anteriores, e não na prova virtual em avatar personalizado. E isso também não eliminaria totalmente o problema, pois sabe-se que peças anteriores que serviram bem podem ter sido fabricadas por meio de métodos diferentes da peça atual. Além disso, os estudos mostraram que os usuários compram roupas para pessoas diferentes usando o mesmo cadastro e que, para um novo usuário, que não tenha efetuado compras anteriores, o sistema apresenta-se inválido.

Mas Gill (2015) ainda relata que, independentemente da precisão das medidas inseridas, a maioria dos métodos de criação de avatares está apoiada na teoria de proporcionalidade, que relaciona as medidas com biotipos preestabelecidos por grandes amostras de escaneamento corporal, ou seja, a reprodução do avatar não é idêntica à do corpo; o caráter da customização fica restrito a modelos já reconhecidos pelo sistema – tanto é que o número de medidas solicitadas é pequeno.

Assim, ainda que esses avatares personalizados estejam mais próximos das formas do consumidor do que os não personalizados, não são tão fiéis quanto aos de estudos mais recentes de Ji et al. (2018) e Xie et al. (2019). Os autores demonstraram a possibilidade de criar avatares quase idênticos ao corpo humano utilizando não só as medidas corporais fornecidas como parâmetro, mas também imagens de máscara ortográfica 2D, fotografando o usuário de frente e de perfil e descartando o uso de biotipos protocolados. Portanto, mesmo que recaiam sobre o problema de exigir que o usuário insira suas medidas, esses avatares são mais confiáveis.

Logo, esta questão tecnológica de criação de avatares perfeitos foi resolvida. Mas persiste o problema das medidas do corpo, e é o que a presente pesquisa busca solucionar, da seguinte forma: dado que parâmetros de medida são necessários para a criação de qualquer avatar neste contexto, levantou-se a hipótese de que medidas de outro objeto, então, podem ser utilizadas como parâmetro para se chegar às medidas do corpo humano em questão. Seria uma

maneira indireta de medição, por meio do que pode ser chamado de “objeto-padrão”.

Uma vez que as medidas deste objeto sejam cadastradas e conhecidas dentro do sistema, qualquer outro objeto poderá ser parametrizado, seja em sua altura, seja em seus perímetros e/ou segmentos adjacentes, bastando que ambos os elementos, objeto e corpo, sejam fotografados juntos. Não se trata de gerar um avatar, mas de obter medidas iguais (ou mais aproximadas possível), às do corpo que foi fotografado.

Este procedimento possibilita não somente que o usuário fique isento de inserir suas medidas no sistema, como tornará mais precisa a visualização de ajuste, de caimento e principalmente a recomendação de tamanhos, em vista de permitir a criação de um avatar com menor risco de ser feito com uma medida errada do usuário. É incoerente que já existam tecnologias tão avançadas a ponto de se criar avatares idênticos ao corpo humano, quando a fonte das medidas utilizadas não é confiável.

Dessa forma, o problema de pesquisa se estabelece da seguinte maneira: quais os requisitos necessários para se obter as medidas do corpo humano por meio de fotografia digital para a criação de avatares tridimensionais personalizados nos ambientes virtuais de prova para a recomendação de tamanho de roupas, sem que se exija a inserção de medidas? Os demais tópicos do relatório descrevem os procedimentos que possibilitaram a resolução deste problema.

## 1.2 PREMISSAS

Esta pesquisa está pautada nas seguintes premissas:

- as marcas vem enfrentando o desafio de lidar com os altos custos advindos do retorno de peças compradas no e-commerce de moda (KEDIA, MADAN E BORAR, 2019);

- o ajuste da peça ao corpo é o elemento mais importante para o consumidor na determinação de sua satisfação com as roupas (DI ET AL, 2014);
- havendo insatisfação com o tamanho ou ajuste, o consumidor normalmente devolve o artigo comprado (ABDULLA E BORAR, 2017);
- os últimos avanços tecnológicos permitiram a prova virtual personalizada, o que significa que o usuário já pode customizar o manequim de prova virtual a fim de representar o próprio corpo (KIM E FORSYTHE, 2008; GILL, 2015; ABDULLA E BORAR, 2017; XIE ET AL., 2019).
- a prova virtual ainda não é perfeita em função de medidas fornecidas incorretamente – mesmo que as plataformas orientem o consumidor sobre como tirar suas próprias medidas (ABDULLA E BORAR, 2017).
- estudos de construção de avatar 3D que partem de redes convolucionais apresentam resultados satisfatórios de reprodução a partir de somente uma ou duas imagens. Esse método permite maior controle e precisão sobre as reconstruções 3D do avatar (JI ET AL, 2018; XIE ET AL, 2019).
- se o sistema sabe a largura e a profundidade de um objeto, e sabe sua circunferência, assim como Li et al. (2009), Ji et al. (2018) e Xie et al. (2019) demonstraram nas vistas laterais e frontais, então, se o sistema também souber a largura e a profundidade do corpo, poderá encontrar a medida de sua circunferência.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é propor requisitos para a medição do corpo em sistemas de Ambiente Virtual de Prova no *e-commerce* de moda, utilizando fotografia digital e objeto-padrão.

Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

1. avaliar a viabilidade de utilização das funcionalidades das ferramentas de reconhecimento de imagens para uso no modelo de medição proposto;
2. verificar como novos modelos de reconhecimento podem ser personalizados pelas ferramentas de *machine learning* a fim de entender suas limitações para o reconhecimento de novos objetos, como regiões específicas do corpo;
3. determinar as medidas de largura e profundidade da região do busto da modelo a partir de medição por pixels e objeto-padrão, em fotografias digitais, seguindo o padrão de redes convolucionais;
4. determinar o perímetro do busto do corpo da modelo utilizando os dados de medição por pixel e cálculos específicos que envolvam Fator de Correção.

### 1.4 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Apesar da importância das lojas físicas para o cenário econômico mundial, tem havido, nos últimos anos, um desenvolvimento substancial do comércio eletrônico de produtos de moda (*fashion e-commerce*), de acordo com Guercini, Bernal e Prentice (2018) e Escobar-rodríguez e Bonsón-fernández (2017). O setor de *e-commerce* tem mostrado ser o de mais rápido crescimento no cenário econômico, com expectativa de alcançar quatro trilhões de dólares em 2020 (KEDIA, MADAN E BORAR, 2019).

Para Janssen e Paas (2014), o incremento da venda informatizada do vestuário é resultado dos avanços tecnológicos e da forma como o marketing de moda vem sendo feito, de maneira distinta do marketing *off-line* (de loja física).

Graças a essas mudanças, o *e-commerce* de moda deixou de ser uma tendência, e, ao criar novas oportunidades para marcas e consumidores, passou a fazer parte da realidade das pessoas.

Atualmente, a maioria dos grandes varejistas internacionais de moda tem suas próprias lojas *on-line* e possuem aplicativos próprios para facilitar as compras por meio de dispositivos móveis, aumentando a proporção entre busca *versus* compra, visto que mais de 20% dos usuários de *e-commerce* compram pelo celular (ESCOBAR-RODRÍGUEZ E BONSÓN-FERNÁNDEZ, 2017).

Em contrapartida, junto ao crescimento de vendas *on-line*, de acordo com Rizaldi et al (2018), o comércio eletrônico de moda enfrenta alta taxa de devolução dos artigos pelo usuário comprador devido à incompatibilidade do tamanho comprado com as medidas corporais e pelas políticas de troca facilitadoras para compras pela internet (KEDIA, MADAN E BORAR, 2019). As taxas podem variar de 30% a 70%, conforme o país. Nos Estados Unidos, uma em cada três peças compradas é devolvida (POOKULANDARA ET AL, 2019; DU, LIU E WAYNE, 2019.).

Esses números elevados de devolução geram custos de logística e, já que as políticas de troca são amigáveis, o consumidor chega a devolver os produtos mesmo após tê-los usado e, muitas vezes, danificados, impossibilitando a revenda (HARRIS, 2010; CHEN E BELL, 2009). Além disso, as devoluções impactam em outros segmentos como o gerenciamento da cadeia de suprimentos, a demanda pelo *call-center*, estoque e atendimento ao cliente, causando perda de lucro dos varejistas do comércio eletrônico de moda.

É por este motivo que as empresas de moda estão constantemente incrementando suas ferramentas e estratégias de vendas *on-line*, principalmente incluindo imagens tridimensionais (3D) das roupas e do corpo, de modo que o item à venda se torne mais atraente, buscando a redução do alto índice de devolução (YANG E XIONG, 2019; GALLINO E MORENO, 2018; RIZALDI ET AL., 2018; GUERCINI, BERNAL E PRENTICE, 2018).

Mas, partindo-se do fato de que exista um descontentamento por parte do consumidor a respeito do método de fabricação *ready to wear* em virtude dos já inúmeros problemas anteriormente listados por Gill (2015), Glasgow et al (2019), Abdulla e Borar (2017), Grogan et al. (2013) e Lagé e Ancutiené (2019),

tais como as variações de tabela entre países, as discrepâncias de medidas entre peças de mesma marca e as divergências de tamanho entre as peças do site e seus quadros de medidas, sabe-se que os ambientes virtuais de prova estão inseridos em um sistema complexo cuja dimensão ultrapassa os mecanismos de venda *on-line* disponíveis nas plataformas.

Porém, há entraves pontuais inerentes aos AVPs em si, como o fato de se exigir que o usuário insira suas medidas corporais, por meio de digitação ou preenchimento de tabelas e questionários. Portanto, o problema de devolução e descontentamento com o *ready to wear* de compras *on-line* não pode ser reduzido, simplesmente, a uma questão de prova virtual eficaz ou ineficaz devido ao amplo espectro em que se insere, mas, à medida em que as barreiras existentes nas plataformas *on-line* começam a ser eliminadas, o processo de compra virtual toma rumos, pelo menos, mais eficazes.

Assim, a motivação para esta pesquisa se fundamenta no fato de que já foi demonstrado, conforme citado anteriormente, o valor comercial da prova virtual por meio de manequins tridimensionais, mas ainda não se está conseguindo obter com sucesso as medidas do consumidor em sua integralidade. Além disto, acredita-se que, atingindo os objetivos propostos na pesquisa, a experiência de compra *on-line* de moda acarretará vantagens como ganho de tempo e precisão na escolha de modelos, sem que isso gere a oneração dos processos já consolidados no mercado.

Também não se pode ignorar que os últimos acontecimentos revelam que os fatores situacionais da pandemia de Covid-19 afetam positiva e significativamente a intenção dos consumidores de comprar produtos de moda online, segundo Sumarliah *et al* (2021). Globalmente, as lojas de roupa físicas estão entre os grupos mais atingidos pela pandemia de Covid-19 (SUMARLIAH, KHAN E KHAN, 2021). Muitas delas se viram obrigadas a fechar temporariamente durante o surto e muitas pessoas ainda estão relutantes em frequentar certos lugares fechados no intuito de preservar sua saúde (BRYDGES E HANLON, 2020). Portanto, há a necessidade iminente de que os negócios de moda melhorem e expandam o comércio eletrônico, e as atuais descobertas tecnológicas podem ajudar nesse processo.

## 1.5 ORIGINALIDADE, INEDITISMO E ADERÊNCIA AO PÓS-DESIGN UFSC

A pesquisa vai ao encontro da originalidade e do ineditismo à medida em que se percebe que diante dos estudos encontrados em âmbito mundial, ainda não se chegou à construção de avatares tridimensionais sem a premissa das medidas do corpo do usuário.

Muito se tem desenvolvido nesta área com o mesmo objetivo de tentar tornar as provas de roupa virtuais mais realistas e verdadeiras, e os avanços são notadamente técnicos, sobre um problema claro já conhecido, em busca tanto de ferramentas para a leitura e reconhecimento de imagens quanto de cálculos mais apurados.

Nesse novo cenário emergente, o impacto dessa pesquisa é contundente no campo do Design, especialmente no tocante à Mídia e Tecnologias de Interação por Imagem (TII), dado que o fator basilar é a experiência do usuário dentro de um mercado constantemente em ascensão: o *e-commerce* de moda.

A velocidade com que novos estudos na área vêm sendo feitos demonstra não somente a oportunidade de aprimoramento dos Ambiente Virtuais de Prova como sua relevância para o meio acadêmico, para a sociedade e para o mercado. Portanto, o ineditismo desta pesquisa consiste na oclusão de uma lacuna existente na criação de avatares do corpo humano, na qual se vislumbra a possibilidade de aprimorar as ferramentas atuais existentes, no sentido de que é possível coletar dados do corpo do usuário por meios mais precisos, mantendo os padrões de TII já adotados pelas plataformas presentes no *e-commerce* e sem a necessidade de usar dados anteriores de compra do usuário.

Para isto, são utilizadas tecnologias de Inteligência Artificial (IA) capazes de reconhecer objetos na mesma imagem e cálculos matemáticos capazes de fazer a associação paramétrica entre eles. Então, ainda que os métodos atuais e o novo método aqui proposto utilizem, ambos, dois parâmetros para a criação de avatares (as medidas do corpo e imagens 2D), a diferença primordial e inédita está no modo como as medidas do corpo são fornecidas – não por meio do

usuário, mas diretamente por meio de mídias tecnológicas. Isto altera a relação do usuário com as plataformas de venda *on-line* e culmina em menores taxas de devolução.

Cabe ressaltar que esta pesquisa foi submetida ao INPI para solicitação de Patente de Invenção, incluída na base de dados sob número de registro BR 10 2020 001792 6 e título “Sistema para obtenção de medidas corporais em ambientes virtuais de prova”. Esta solicitação de patente também reforça o caráter inédito do estudo apresentado.

Este panorama aqui apresentado pôde ser visualizado a partir da revisão sistemática da literatura realizada no período compreendido entre março de 2018 e dezembro de 2019. As buscas foram feitas na plataforma dos Periódicos CAPES<sup>1</sup>. Foram consultadas as bases de dados Scopus, Science Direct, Web of Science e ProQuest, e aplicados os seguintes filtros: artigos e teses em inglês, revisados por pares, publicados nos últimos dez anos e em revistas científicas. Não foi encontrada nenhuma tese, somente artigos científicos.

As palavras-chave e termos pesquisados, juntamente com os operadores booleanos, foram “virtual fitting room”, “fashion e-commerce”, “virtual try-on”, “virtual garment technology”, (fit recommendation) AND fashion, e (3D model reconstruction from 2D images) AND (human body), que estivessem contidos no título e no resumo. Foram encontrados os seguintes resultados, descritos na Figura 1.

---

<sup>1</sup> <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?>

Figura 1 – Resultado da busca



Fonte: elaborado pela autora.

A relevância de cada artigo foi analisada mediante o título e o resumo. O maior número de resultados foi obtido com os termos “virtual fitting room”, “virtual try-on” e “fashion e-commerce”, tendo sido estes os primeiros termos utilizados no início da revisão sistemática da literatura, destacando-se o artigo “The myth of standard size” (GILL E BROWNBIDGE, 2013) que forneceu dados precisos sobre o método *Female Figure Identification Technique* (FFIT) utilizado nas plataformas das tecnologias de Ambiente Virtual de Prova (AVP) para a construção dos avatares tridimensionais, e o artigo “A Skinned Multi-Person Linear Model” (LOPER ET AL, 2015), que trouxe contribuições sobre o modelo Skinned Multi-Person Linear (SMPL) que combina diferentes formas e poses do corpo humano a um modelo de esqueleto conhecido para compor um terceiro corpo, necessitando de parâmetros de fotografias e marcadores (*key points*). Em seguida foram acrescentadas as combinações “virtual garment technology” e “(fit recommendation) AND fashion”, na tentativa de restringir os resultados a uma abordagem mais técnica, trazendo as importantes contribuições sobre a criação de avatares por meio de imagens, com destaque para Li e Chen (2009). Por fim, foi inserido o termo “(3D model reconstruction from 2D images) AND (human body)”, para ampliar os dados sobre a medição de corpos por meio de imagens,

tendo trazido dois artigos relevantes, de Xie et al (2019) e Ji et al (2018), sendo estes os mais aderentes ao objetivo desta pesquisa. O Quadro 1 apresenta o resumo dos resultados e sua contribuição:

Quadro 1 – Principais resultados

<b>Título/autor</b>	<b>Local/data</b>	<b>Contribuições</b>
<i>The impact of customer returns on pricing and order decisions. European Journal of Operational Research / Jiyun Li e Jiayun Chen.</i>	China / 2009	Desenvolvem sistema que cria manequim personalizado com alta acurácia a partir dos segmentos de busto, cintura e quadril, e apenas duas fotos do corpo, frontal e lateral. Baseiam-se em banco de dados de 700 escaneamentos corporais.
<i>The myth of standard sizing. Simeon Gill e Kathryn Brownbridge.</i>	EUA / 2013	Explica a tecnologia de FFIT, capaz de criar avatares por meio de poucas medidas do usuário dentro das plataformas de AVP, em função da utilização de amplo banco de dados e correlações de proporcionalidade.
<i>A Skinned Multi-Person Linear Model. Matthew Loper, Naureen Mahmood, Javier Romero, Gerard Pons-Moll e Michael J. Black.</i>	EUA / 2015	Apresenta um modelo de reprodução 3D do corpo denominado SMPL, que unifica forma e postura simultaneamente, capaz de replicar inclusive as deformações musculares. Utiliza 1.708 escaneamentos e nenhuma medida antropométrica do usuário. Baseia-se em malha gráfica e esqueleto pré-definido em posição estática.
<i>Shape-from-Mask: A Deep Learning Based Human Body Shape Reconstruction from Binary Mask. Ji, Z.; Qi, X.; Wang, Y.; Xu, G.; Du, P. e Wu, Q.</i>	China / 2018	Utiliza duas vistas ortográficas 2D para a reconstrução 3D do corpo humano de forma mais rápida, por meio de inteligência artificial, <i>machine learn</i> e Rede Neural Convolutacional (CNN). Baseia-se em dados de 4.308 escaneamentos.
<i>Non-Parametric Anthropometric Graph Convolutional Network for Virtual Mannequin Reconstruction. Haoyang Xie, Yueqi Zhong, Zhicai Yu e Azmat Hussain.</i>	China / 2019	O estudo mostra que é possível gerar um manequim 3D com apenas uma máscara de imagem do corpo real e medidas antropométricas, utilizando Graph Convolutional Network (GCN). Este modelo gera todas as formas ajustando somente uma medida. Assemelha-se ao SMPL, mas faz uso de medidas antropométricas para uso em AVPs.

Fonte: elaborada pela autora

Diante desses estudos, notaram-se duas possibilidades para a construção de imagens tridimensionais do corpo: primeiro, a partir de banco de dados de escaneamento de corpos realizado previamente, cujos sistemas requerem a inserção das medidas do usuário a fim de que se faça a comparação; segundo por meio de imagens 2D, ou máscaras, as quais requerem medidas de segmentos e marcadores em pontos estratégicos, como as juntas.

Os AVPs atuais trabalham com o primeiro sistema, dado que é simples para o usuário. No entanto, o segundo sistema tem mostrado acurácia mais elevada, com representação quase idêntica de corpos 3D, mas sua complexidade inviabiliza o uso nos AVPs, porém, traz relevantes contribuições no tocante ao uso de imagens 2D.

Considera-se, por conseguinte, que essa revisão sistemática confirma a condição de ineditismo da tese, a qual encontra espaço ainda não explorado para a proposta de requisitos de medição por imagem em sistema de AVP que reproduza avatares 3D, sem a inserção de medidas do usuário. Este ineditismo debruça-se no uso de imagens 2D e um objeto-padrão como referência.

### **1.5.1 Aderência ao Pós-design UFSC**

De acordo com as diretrizes do Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a linha de pesquisa de Mídia abrange pesquisas que envolvam as diferentes mídias e suas inter-relações, com ênfase em tecnologia: “reúne pesquisas de Design com ênfase no uso de tecnologias de prototipagem, simulação e experimentação nos métodos, processos e serviços” (Pós-Design, 2017).

Nesta abordagem, a tese trata de métodos e ferramentas para o aprimoramento de sistemas de Ambientes Virtuais de Prova já existentes no mercado, mais especificamente dentro do comércio eletrônico de moda. Diante deste contexto, as contribuições da pesquisa na área do Design agem diretamente na experiência do usuário, cuja premissa é facilitar a tarefa e reduzir o trabalho despendido sobre determinado produto/sistema e elevar a satisfação após o uso ou compra. Assim, a pesquisa não tem como premissa o desenvolvimento de um sistema; seu foco está menos direcionado à criação de um produto tecnológico e mais voltado ao comportamento e no design centrado no ser humano. Enfatiza-se a melhoria de um tipo de sistema por meio de levantamento de requisitos, em busca daquilo que para o Design é primordial: sua relação com o homem. O braço tecnológico está presente, neste caso, no objeto de estudo em si, que pertence às Tecnologias de Interação por Imagem (TII), Inteligência Artificial (IA) e Realidade Aumentada (RA).

Portanto, adotou-se a experiência do usuário dentro do design de interação para relacionar a influência de aplicações tecnológicas em questões econômicas de mercado cujo usuário seja o protagonista, dentro de uma prática exponencialmente crescente das compras pela internet. Logo, os resultados obtidos nesta pesquisa poderão afetar a intenção de compra e diminuir, inclusive, as taxas de devolução de roupas compradas *on-line*.

## 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O tema desta pesquisa está delimitado na proposição de requisitos de medição do corpo para a otimização das provas virtuais de roupa no *e-commerce* de moda. Atualmente, existem os chamados Ambientes Virtuais de Prova, nos quais avatares 3D do corpo do usuário são criados a partir de medidas fornecidas e de banco de dados de corpos escaneados. Não se pretendeu aqui reformular os ambientes já existentes nem desenvolver avatares 3D, tampouco desenvolver um sistema novo em seu total teor, pelo contrário; diante das oportunidades de otimização já apresentadas no item 1.4, buscou-se definir requisitos que preenchessem as lacunas encontradas, unindo imagens do corpo a um objeto-padrão, com o uso de ferramentas de *machine learning*, de modo que o sistema de prova se torne autônomo e dispense a necessidade de inserir medidas do usuário por digitação.

Para esta pesquisa, partiu-se do pressuposto de que as medidas de outro objeto pudessem servir de parâmetro para que o sistema encontre automaticamente as medidas do usuário. Em outras palavras, partiu-se do princípio adotado por Xie et al (2019) em que sabendo-se uma ou mais medidas de um objeto, outras medidas podem ser encontradas automaticamente por meio dos fundamentos das redes convolucionais. O objeto escolhido foi uma lata de alumínio de bebida, de volume equivalente a 350 mililitros (modelo tradicional de altura de 122 mm por 66 mm de diâmetro), podendo ser de cerveja ou refrigerante. A título de comprovação da eficácia do experimento apresentado, optou-se em delimitar as medições à região do busto feminino. A pesquisa consistiu em demonstrar e descrever o modelo de medição passível de ser

implementado nos sistemas de AVP, ora utilizando tecnologias acessíveis, ora utilizando instrumentos e cálculos manuais, levando ao resultado de que as medidas de busto conseguidas pelo experimento descrito são equivalentes às medidas reais da pessoa.

O escopo desta pesquisa não contempla a implementação de códigos novos de programação em algum sistema, mas esses códigos foram abordados de forma descritiva para o entendimento do problema e sua solução. Da mesma forma, não se contemplam requisitos de qualidade ou usabilidade da interface do sistema, considerando que as interfaces dos sistemas de AVP atuais já sejam amigáveis ao usuário, todavia enfatiza-se que a janela para a inserção de medidas apresentada pelos sistemas deva ser substituída à medida que o modelo apresentado na pesquisa seja posto em prática em aplicações futuras.

A respeito da delimitação temporal, esta pesquisa restringiu-se ao período de março de 2018 e dezembro de 2019 para a revisão sistemática da literatura. O período posterior, de 2020 a 2022, foi dedicado às etapas dos procedimentos metodológicos e redação da tese, mas os espaços utilizados não puderam ser as dependências do DesignLAB ao qual a pesquisadora está vinculada, em função das determinações de restrição e distanciamento impostos pela pandemia do Covid-19. No entanto, não houve comprometimento de nenhuma etapa da realização do trabalho, e as fotografias que não puderam ser feitas no laboratório de estrutura de *Chroma Key* (fundo infinito), foram tratadas no Photoshop.

Toda a pesquisa foi realizada na cidade de Florianópolis (SC), não demandando aporte financeiro ou recursos humanos para amostragem ampla.

## 1.7 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA

As pesquisas de natureza aplicada, segundo Lakatos e Marconi (2001) e Prodanov e Freitas (2013), tem o intuito de gerar conhecimentos aplicáveis - na prática - para a solução de problemas específicos. Neste escopo, o conhecimento a ser adquirido nesta pesquisa tem o objetivo de propor requisitos de medição do corpo humano para sistema de prova virtual em *e-commerce* do vestuário. Até o presente momento, as provas são feitas por meio virtual nos

chamados *Virtual Fitting Room* (VFR), traduzidos aqui como “ambientes virtuais de prova” (AVP). Por este motivo, a presente pesquisa é de natureza aplicada.

Com relação ao tipo de pesquisa, entende-se que pode ser classificada como exploratória. De acordo com Gil (2002) e Kahlmeyer-Mertens et al. (2007), essas pesquisas proporcionam maior familiaridade com o problema e o aprimoramento de ideias, a fim de que se chegue a intuições e, por fim, a hipóteses. Para os autores, as pesquisas exploratórias de natureza aplicada, por serem de caráter bastante flexível, costumam assumir a forma de pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de conteúdo já elaborado, constituído em sua maior parte por livros e artigos científicos. Isto possibilita a investigação dos dados de forma mais ampla e, por isso, compõe o lastro da presente pesquisa - visto que a solução do problema requer o conhecimento de dados “muito dispersos pelo espaço” (GIL, 1996, p.50). Para Souza et al (2007), a flexibilidade permite estudar o objeto sob diferentes aspectos. Assim, para o caso dos procedimentos técnicos desta pesquisa, as informações obtidas na revisão bibliográfica serão confrontadas com experimentos práticos de fotografia e medição, com vistas para a definição de requisitos de sistema para *e-commerce* de moda.

Com relação à abordagem do problema, a pesquisa demonstra-se qualitativa e não quantitativa, pois, segundo Souza et al. (2007), existe uma relação dinâmica para com o objeto de estudo que não pode ser traduzida em números e, assim, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticos no processo de análise dos dados coletados durante a investigação do problema de pesquisa, dado que o ponto central é a proposta de requisitos de medição que possam ser implementados em sistemas de AVP, e não a verificação da aplicação do experimento em amostra populacional.

Deste modo, conclui-se que o método de análise de dados da pesquisa seja indutivo (GIL, 2002; SOUZA et al., 2007). Para Lakatos e Marconi (2001, p. 86), o argumento indutivo baseia-se em premissas que inferem uma verdade universal, “não contida nas partes examinadas”, considerando três elementos para toda indução: 1) observação dos fenômenos; 2) descoberta da relação entre eles; 3) generalização da relação.

Portanto, como primeiro passo, observaram-se os fatos atrelados ao problema. Em seguida, agruparam-se os fatos (ou fenômenos) da mesma espécie e descobriu-se a relação notável entre eles. Por fim, chegou-se à “generalização da relação observada” (LAKATOS E MARCONI, 2001, p. 87), que culminou na resposta do problema de pesquisa.

As características da pesquisa, relatadas acima, são representadas no quadro 2 abaixo:

Quadro 2 - Caracterização da pesquisa

Características	Tipo de Pesquisa
Classificação da pesquisa	Pesquisa acadêmica
Natureza da pesquisa	Pesquisa aplicada
Técnica empregada	Documentação indireta
Objetivo da pesquisa	Pesquisa exploratória
Abordagem do problema	Pesquisa qualitativa
Fonte de informação	Pesquisa bibliográfica
Procedimentos técnicos	Pesquisa experimental

Fonte: elaborado pela autora

Nesta configuração da pesquisa, chegou-se aos requisitos de medição por imagem em sistema de AVP no *e-commerce* de moda, tendo como base a fonte de informação bibliográfica e os dados resultantes dos experimentos práticos.

## 1.8 ESTRUTURA DA TESE

Tendo sido encerrado este **primeiro capítulo** introdutório, a tese estrutura-se na seguinte sequência:

- **Capítulo 2:** o segundo capítulo deste documento trata do referencial teórico, o qual divide-se em 2 tópicos: Tecnologias de Interação por imagem e Construção de Corpos 3D por meio de imagens 2D.

- **Capítulo 3:** Neste capítulo estão descritos os procedimentos metodológicos, apresentando em detalhes o modo como cada uma das etapas deve ser desenvolvida. A **Etapa 1 – Medição**, descreve as técnicas e ferramentas necessárias para a medição do objeto-padrão e a medição da modelo escolhida para o experimento. A **Etapa 2 -- Fotografia e reconhecimento de atributos**, explica os procedimentos para fotografar a modelo e as ferramentas de *machine learning* para reconhecimento de imagem. Na **Etapa 3 – Cálculo**, são descritos os cálculos necessários para a obtenção da medida do busto da modelo e a **Etapa 4 – Requisitos do Sistema**, delimita os requisitos mediante os momentos em que o sistema solicita dados do usuário até o cálculo de medidas por fotografia.
- **Capítulo 4:** o objetivo deste capítulo é desenvolver cada uma das etapas de pesquisa propostas no capítulo 3, apresentando os resultados alcançados em cada uma das fases. Assim, tem-se o detalhamento dos experimentos realizados com fotografia e medição da modelo junto ao objeto-padrão, e a descrição completa dos cálculos que levaram à solução de medição por imagem. Por fim os requisitos do sistema são apresentados mediante análise e discussão.
- **Capítulo 5:** neste capítulo são explanadas as conclusões da tese, analisando a proposta inicial mediante os objetivos alcançados, os pontos positivos, os possíveis desdobramentos e as contribuições da pesquisa diante do panorama atual da temática abordada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A primeira parte do referencial teórico desta pesquisa debruça-se no estudo das Tecnologias de Interação por Imagem (TII), especificamente o Ambiente Virtual de Prova (AVP), termo traduzido do inglês *Virtual Fitting Room* (VFT), que diz respeito a sistemas (*plugins*) disponibilizados em sites de compras a fim de melhorar a experiência do usuário e fazer a recomendação de tamanhos e ajuste de peças. Esta etapa da fundamentação tem o propósito de conhecer o modo como esses sistemas funcionam dentro dos sites, quais são suas principais características e limitações. Também serviu de norteador para o entendimento das problemáticas dos modelos existentes e dos diferentes parâmetros encontrados. Desta forma, tornam-se mais claras as lacunas que o objetivo proposto nesta pesquisa pretende preencher, e elucidam-se possíveis soluções.

A segunda parte da fundamentação trata das tecnologias de construção 3D do corpo humano por meio de imagens 2D. Dado que o problema de pesquisa desta tese recai sobre requisitos de um sistema que consiga medir o corpo do usuário sem que seja necessária a inserção de suas medidas, foi preciso investigar o mecanismo das tecnologias que partem de imagens do corpo, buscando identificar até que ponto o uso de medidas corporais é indispensável, com ênfase nos recentes estudos encontrados na revisão sistemática sobre a reprodução tridimensional com o uso de técnicas específicas, tais como Rede Neural Convolucional, Rede Gráfica Convolucional e *Skinned Multi-Person Linear* (SMPL).

### 2.1 TECNOLOGIAS DE INTERAÇÃO POR IMAGEM

A experiência do usuário é, por definição, aquela centrada no ser humano com foco nas suas motivações, expectativas e ações, durante uma interação e seus resultados. Como tal, as tecnologias, especialmente as de interação por imagem, são transportadoras de experiências que aproximam o usuário da realidade (O'BRIEN, 2010).

Nesse sentido, a presença de um Ambiente Virtual de Prova (AVP) em um site de compra (plataforma *on-line*), caminha em duas frentes: tanto promovendo a compra quanto diminuindo a taxa de devolução. Para Gallino e Moreno (2018), o usuário pode ficar relutante ao comprar produtos os quais não se pode experimentar e, aquele que efetua a compra, devolve o produto quando este não veste conforme o esperado. Por meio do AVP o desejo pela roupa aumenta - dado que os usuários tendem a comprar mais peças quando lhes agrada o modo como vestem no manequim virtual – e, ao mesmo tempo, essa interação favorece a diminuição da devolução dos produtos, pois o usuário passa pela experiência virtual de prova.

Basicamente, o AVP é um ambiente de mídia implementado nas plataformas de venda on-line, ou seja, é um *plugin* que simula a prova de roupa num manequim virtual (avatar) que pode ter as mesmas medidas corporais do usuário ou similares (BECK E CRIÉ, 2018; KAUR, 2014). De modo geral, o usuário fornece seus dados corporais e, por meio de programação computacional, inteligência artificial e de cálculo euclidiano, os *plugins* avaliam as proporções entre as medidas, criam um avatar e associam os dados com as medidas das peças de roupa existentes no banco do sistema – fornecidas pelo fabricante.

Em seguida, pela tecnologia de realidade aumentada, o sistema emula no avatar a roupa virtual, bi ou tridimensionalmente (RIZALDI ET AL, 2018; GILL, 2015). Para Li e Chen (2009), trata-se de um sistema eletrônico **e-MTM** (do inglês *electronic made-to-measure*), cuja premissa é a geração rápida e fácil de manequim personalizado sempre com vistas para a alta acurácia.

As tecnologias de AVP fornecem informações sobre como um produto se adapta a um cliente em particular e prometem mitigar alguns dos atritos da lacuna de informações gerada nas cadeias de suprimentos dos varejistas (GALLINO E MORENO, 2018).

Para tanto, existem diferentes tecnologias e tipos de AVP, os quais devem ser suportados por um sistema de interface midiática, amigável ao usuário. Segundo Gill (2015) e Alemany et al (2008), dentre os principais sistemas estão: FITS.ME, METAIL, FIT ANALYTICS GMBH, MODEL MY OUTFIT e QVIT.

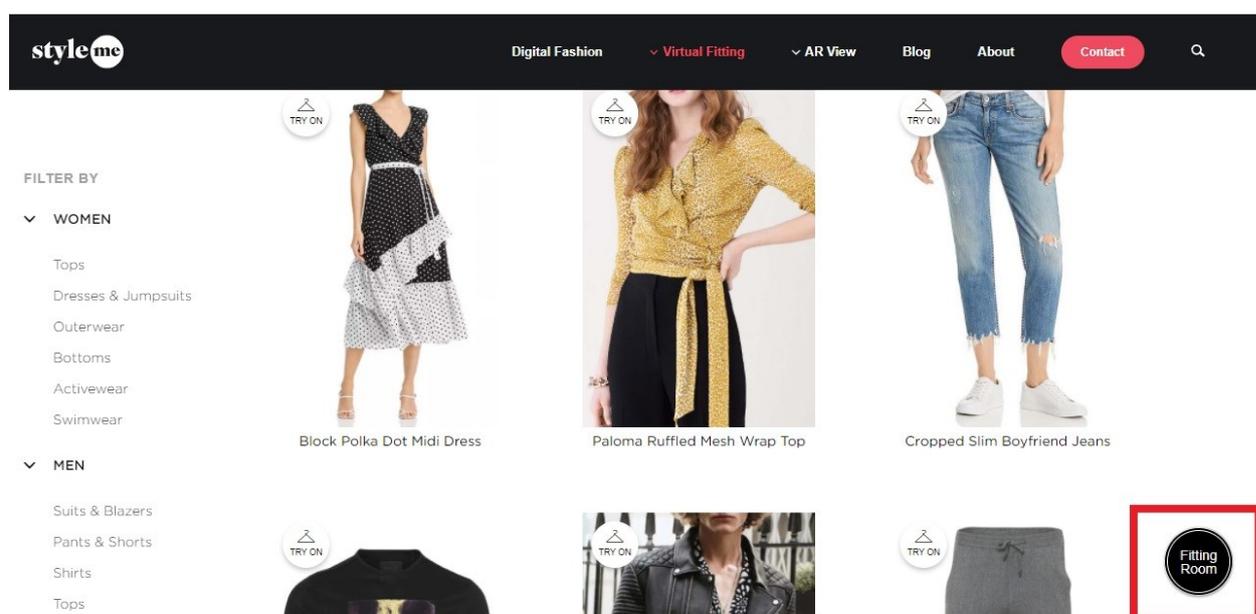
## 2.1.1 Características específicas

Esses sistemas oferecem:

- Algoritmos de Inteligência Artificial (IA)
- Renderização em resolução de 4K
- Visualização em 360 graus
- Simulação de caimento em 3D

Para sua utilização, o usuário entra em um site de vendas online de roupas, que contenha o *plugin* de AVP, e encontra o ícone de “*fitting room*” ou termo semelhante, como ilustra a Figura 2:

Figura 2: site Style.me com o ícone de “*fitting room*” no canto inferior.

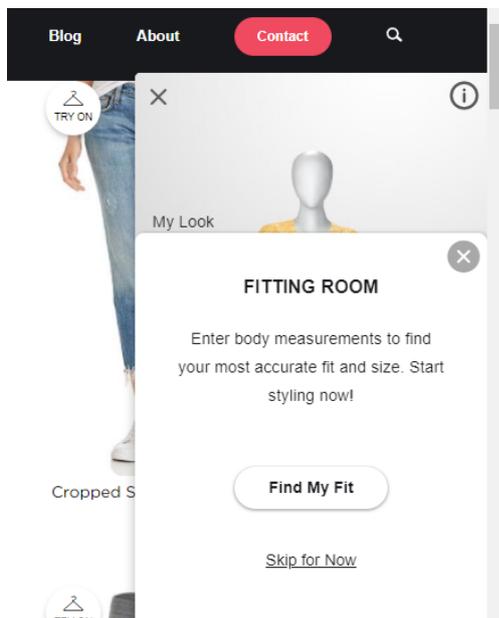


Fonte: Style.me<sup>2</sup>

Ao clicar no botão, abre-se um pop-up indicando que o sistema vai iniciar a busca pelo tamanho de roupa mais preciso (Figura 3).

<sup>2</sup> <https://style.me/virtual-fitting/>

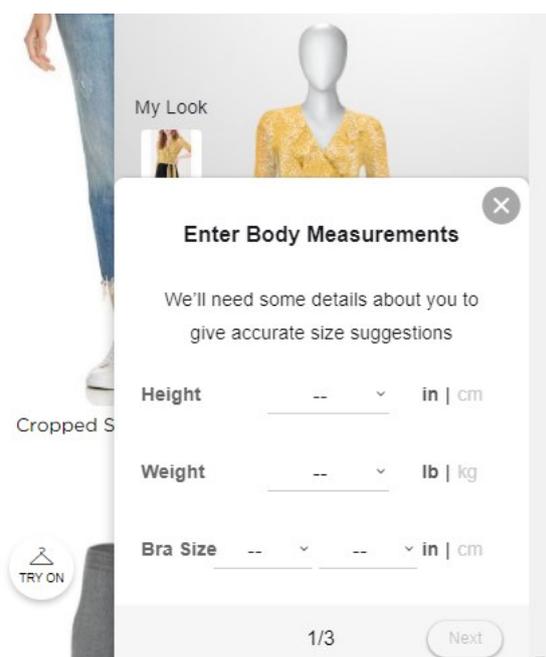
Figura 3: pop-up de inicialização.



Fonte: Style.me

Quando o usuário clica em “find my fit”, o sistema abre outra janela onde é preciso inserir as medidas de altura, peso e tamanho do sutiã (Figura 4).

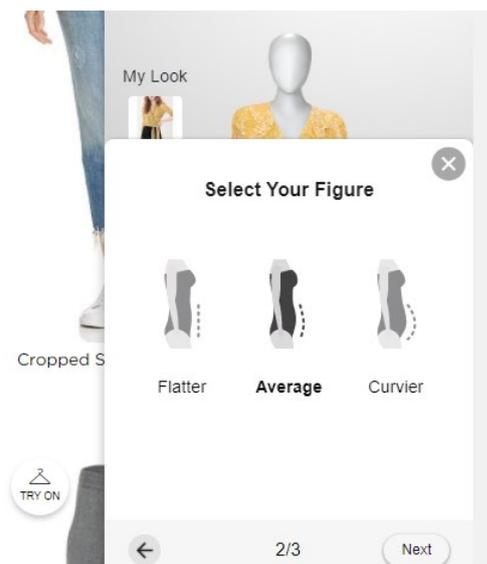
Figura 4 – Primeira janela para inserção de medidas



Fonte: Style.me

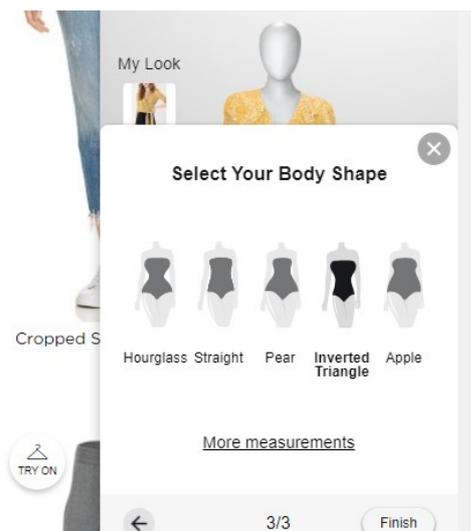
No caso deste sistema, chamado Style.me, conforme as medidas vão sendo inseridas pelo usuário, o manequim virtual 3D que consta atrás da janela vai mudando de tamanho automaticamente. Uma segunda e uma terceira janelas são abertas solicitando outros dados (Figuras 5 e 6).

Figura 5 – Segunda janela para seleção de silhueta



Fonte: Style.me

Figura 6 – Terceira janela para a seleção de biotipo



Fonte: Style.me

Existe ainda a opção “mais medidas”, onde o usuário pode inserir cintura, quadril e entrepernas. Ao clicar em “*finish*”, o usuário visualiza o manequim 3D usando a roupa que ele selecionou, nas medidas digitadas. A visualização é feita em 360 graus, bastando mover o cursor do mouse para esquerda e para direita (Figura 7).

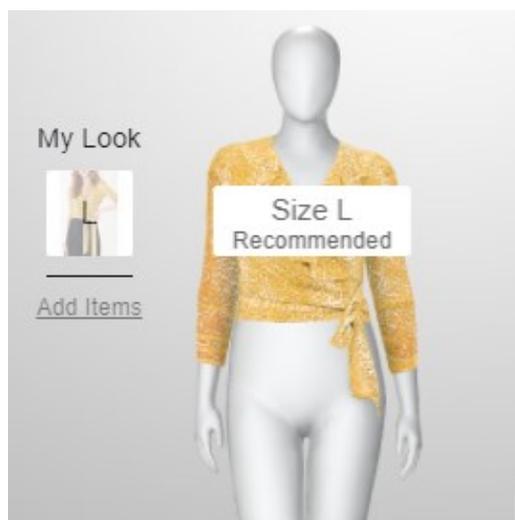
Figura 7 – Manequim virtual em diferentes ângulos



Fonte: Style.me

Automaticamente aparece um ícone na tela mostrando o tamanho recomendado (Figura 8). Assim, segundo Gallino e Moreno (2018), o usuário sente-se mais seguro para fazer sua compra.

Figura 8 – Tamanho recomendado



Fonte: Style.me.

### 2.1.2 Relação de ferramentas de AVP

No mercado mundial existem diferentes sistemas disponíveis para prova virtual. Cada um deles tem especificidades relacionadas à interação do usuário e às medidas solicitadas, de modo que as tecnologias e os algoritmos empregados variam para oferecer às plataformas o melhor resultado possível, tornando o mercado competitivo.

O **Fits.me** fornece estimativa de tamanho ou experiência em provador virtual para uma variedade de varejistas, em diferentes plataformas, desde computadores a dispositivos móveis. Por meio desta tecnologia, o usuário indica um modelo que já lhe sirva e fornece um número limitado de medidas corporais. O sistema compara os dados com os modelos de diversas marcas existentes no banco de dados e indica como sugestão de compra. Ao mesmo tempo, o usuário visualiza as peças de roupa em um avatar com as proporções indicadas de seu corpo (Figura 9).

Figura 9 – Interface de prova de roupa virtual do sistema *Fits.me*.



Fonte: Gill (2015)

O sistema fornece várias maneiras de interagir com os usuários durante a experiência de compra *on-line* com as diferentes interfaces que exigem variados níveis de detalhes para fornecer a estimativa de tamanho ou criar o avatar virtual. O sistema é limitado a algumas marcas e peças-chave. As medidas requisitadas para a geração do avatar são: altura, peso, busto, cintura, quadril e comprimento do braço. Para a seleção de modelos compatíveis, o usuário deve fornecer medidas de altura, peso, idade, busto, cintura, quadril e preferências de caimento. No entanto, em 27 de julho de 2018, a empresa que fabrica o sistema (Rakuten) anunciou que o mesmo deixou de estar disponível para varejistas<sup>3</sup>.

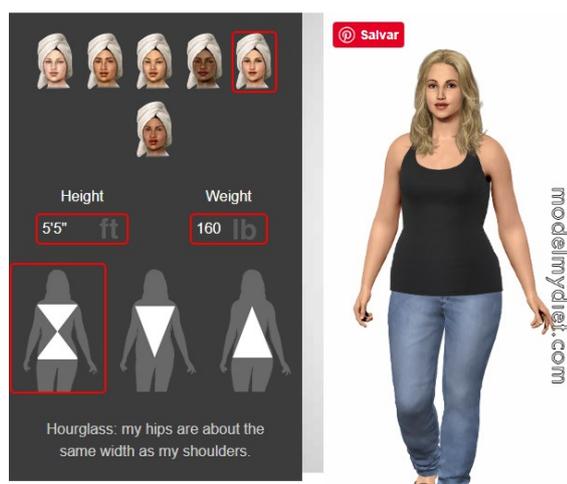
O **Metail** funciona de maneira semelhante ao Fits.me. Fornece uma interface de ajuste virtual que inclui a visualização *on-line* de um avatar pessoal a partir de dimensões limitadas do corpo real, por meio das quais é possível estabelecer recomendações de tamanho e ajuste virtual. O método propõe relações proporcionais entre as principais dimensões do corpo do usuário e as do avatar. As medidas solicitadas pelo sistema são: altura, peso, tamanho do sutiã, cintura e quadril.

<sup>3</sup> <https://fits.me/>. Acesso em 13/11/2019.

O **Fit Analytics** contém uma interface que fornece uma sugestão de tamanho com base em um número limitado de dimensões fornecidas pelo cliente, seguido de um cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC) e referências a um grande banco de dados de medidas corporais e, assim, guia a seleção apropriada de biotipos. A empresa reivindica o recorde de menor taxa de devolução das peças adquiridas<sup>4</sup>. As medidas requisitadas pela plataforma são: idade, altura, peso, cintura, quadril, tamanho do sutiã, formato da barriga (reta, padrão ou volumosa), formato do quadril (estreito, padrão, largo) e preferência de caimento. Após a seleção da peça pelo usuário, o sistema ainda mostra o ranque de vendas e a taxa de devolução da peça.

A tecnologia do sistema **Model My Outfit** permite a criação de um avatar on-line a partir de um número limitado de dimensões corporais reais. Inicialmente, usando apenas altura, peso e uma das três formas possíveis de corpo (Figura 10), sugere um avatar por meio do qual o usuário possa explorar o ajuste virtual. São possíveis refinamentos adicionais do avatar com base em medidas adicionais de busto, número do sutiã, tamanho do manequim em algarismo (por exemplo 38), tamanho da peça em letras (P, M ou G), circunferência do quadril, formato da cintura.

Figura 10 – Seleção de critérios para a criação do avatar personalizado.



Fonte: <http://modelmyoutfit.com/><sup>5</sup>

<sup>4</sup> <https://www.fitanalytics.com/>. Acesso em 10/10/2019.

<sup>5</sup> Acesso em 10/10/2019

Esse método, embora permita um avatar mais personalizado do que alguns dos outros sistemas, envolve muitas suposições amplas sobre uma população e normas proporcionais que podem descaracterizar os padrões da população, por meio dos quais são elaboradas as tabelas de medida do vestuário (GILL, 2015).

O **Qvit** é uma interface on-line que fornece ferramentas para o usuário se envolver com o avatar virtual com base na altura, peso e tamanho do sutiã. O usuário ainda tem a oportunidade de personalizar suas dimensões com base em critérios adicionais, incluindo medidas-chave (altura das costas, pescoço e entrepernas) e circunferências (incluindo bíceps, busto, cintura, quadril, coxa e joelho). Existem duas inovações importantes nessa interface: (1) visualizar mapas de tensão da peça, mostrando a proximidade proposta do ajuste (Figura 11); e (2) vista de cisalhamento, onde a roupa pode ser mostrada sobreposta ao corpo, evidenciando deformações. Isso ocorre porque o sistema é capaz de emular a elasticidade dos tecidos.

Figura 11 – Mapa de tensão do sistema Qvit.



Fonte: Gill (2015).

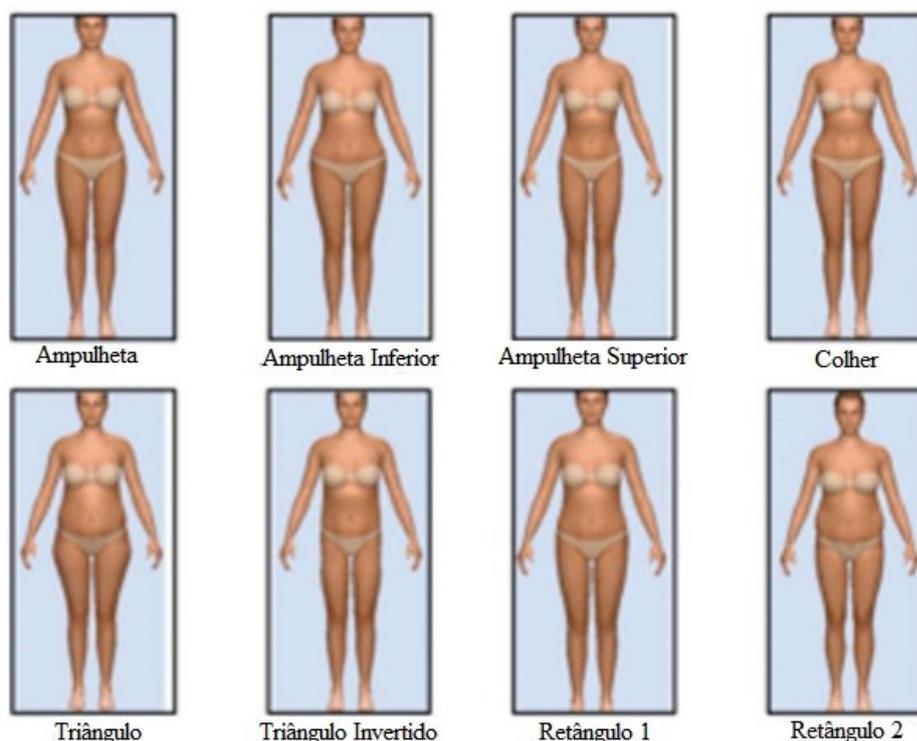
Com essas informações, Gill (2015) classifica as ferramentas de prova on-line de acordo com três principais funções, sendo que algumas combinam as três: (1) recomendação de tamanho, (2) recomendação de ajuste e (3) visualização de caimento.

A recomendação de tamanho e ajuste fornecem mais detalhes ao consumidor em termos de prova virtual da peça de roupa sobre o manequim, em contraste com a visualização de caimento. Para o autor, todas as interfaces, entretanto, requerem alguma familiaridade com métodos de prova, desde a classificação dos corpos até o envolvimento direto com ferramentas de visualização de caimento, que podem parecer bastante abstratas quando comparadas com as percepções da prova de roupa física.

No entanto, Merle, Senecal e St-onge (2012) apontam que todos os métodos provêm formas de posicionar o usuário mais intimamente com o processo de seleção de roupas on-line. Além disso, conforme os usuários se familiarizam cada vez mais com as interfaces, esses métodos podem oferecer oportunidades claras para orientar o ajuste da peça antes da compra, e podem ter o potencial de melhorar positivamente a resposta dos consumidores a sites de vestuário.

Os estudos de Devarajan e Istook (2004) e Lee et al. (2007) mostram que os ambientes virtuais de prova funcionam por métodos que partem de proporcionalidade, de acordo com a técnica *Female Figure Identification Technique* (FFIT). Este é um sistema desenvolvido nos EUA para classificar a forma do corpo com base em dados fornecidos por escâner corporal, e que determina diferentes biotipos para mulheres conforme medidas de busto, cintura e quadril (Figura 12).

Figura 12 – os biotipos definidos pela técnica FFIT



Fonte: Gill e Brownbridge (2013)

Este é o motivo pelo qual as plataformas de AVP solicitam poucas medidas do consumidor, como busto, cintura e quadril, e algumas medidas complementares, mesmo que para produzir o vestuário seja necessário um número bem maior de medidas. Acontece que os sistemas trabalham por meio de escala e proporção. Eles relacionam as medidas principais de cintura, busto e quadril para enquadrar o corpo do usuário em algum dos biotipos, e quanto maior o número de medidas, mais difícil se torna enquadrar o usuário em algum dos biotipos. E a razão do uso generalizado de regras proporcionais também foi atribuída por Hulme (1946) e Kunick (1984) às dificuldades em extrair medições reais usando as ferramentas de medição disponíveis na época, que só foram sanadas com o advento e uso extensivo dos escâneres corporais nas últimas décadas.

Como pode ser visto, todos os sistemas listados anteriormente que oferecem a visualização do caimento requerem um número limitado de medidas do usuário e/ou os chamados *key criteria* - critérios-chave (GILL, 2015), tais como medida do sutiã, busto, cintura, idade, altura, etc, tanto para definir as

primeiras formas do avatar quanto para fazer as recomendações de ajuste - e todos com base na proporção dos indivíduos em relação a conjuntos de dados de referência maiores.

O Quadro 3 sumariza as características, potencialidades e limitações dos sistemas para Ambientes Virtuais de Prova.

Quadro 3 – Síntese das tecnologias para ambientes virtuais de prova

<b>Sistema</b>	<b>Método</b>	<b>Inserção de medidas corporais (<i>key criteria</i>)</b>	<b>Avatar</b>
1. Fits.me	Visualização on-line do caimento da peça em manequim predefinido e recomendação de tamanho.	Altura, peso, busto, cintura, quadril e comprimento do braço. Para a seleção de modelos compatíveis, o usuário deve fornecer ainda a idade e preferências de caimento.	Utiliza avatar, porém não personalizado. Utiliza base de dados de biotipos.
2. Metail	Visualização on-line do caimento da peça em modelo predefinido e recomendação de tamanho.	Altura, peso, tamanho do sutiã, cintura e quadril.	Utiliza avatar, porém não personalizado. Utiliza base de dados de biotipos.
3. Fit Analytics	Determinação do número do vestuário do consumidor pela escolha de biotipo.	Idade, altura, peso, cintura, quadril, tamanho do sutiã, formato da barriga (reta, padrão ou volumosa), formato do quadril (estreito, padrão, largo) e preferência de caimento.	Não utiliza nenhum tipo de avatar, mas seleção de biotipo.
4. Model My Outfit	Visualização on-line de caimento da peça em avatar personalizado.	Altura, peso, silhueta, busto e número do sutiã, número do manequim e tamanho da peça.	Cria avatar personalizado
5. Qvit	Visualização on-line do caimento da peça em avatar personalizado e mapa de tensão.	Altura, peso e tamanho do sutiã. Para personalizar o avatar, deve incluir altura das costas, pescoço, entrepernas e circunferências como bíceps, busto, cintura, quadril, coxa e joelho.	Cria avatar personalizado

Fonte: elaborado pela autora

Em síntese, encontra-se em aberto um AVP que isente o usuário de inserir suas medidas corporais, ao mesmo tempo em que reproduza avatares realistas. Todos os sistemas relatados exigem a inserção de medidas corporais pelo usuário. Entende-se, então, que as tecnologias de AVP partem da teoria da proporção e escala de corpos, e utilizam um banco de dados de escaneamento corporal para associar as medidas do corpo e as medidas da peça.

E com vistas nessas pesquisas entende-se o porquê das interfaces de AVP exigirem os dados do corpo do usuário. A esse respeito, também assumem que o usuário tenha entendimento suficiente para classificar seu próprio corpo sem parâmetros pré-estabelecidos. O próprio usuário deve dizer se seu torso é longo, ou a proporção entre a sua cintura e quadril - avaliações que, para ele, são subjetivas e não são comuns nas compras de roupa em loja física (GILL, 2015).

### 2.1.3 Interfaces de Realidade aumentada

Como alternativa à necessidade do usuário inserir suas medidas em todos os sistemas, estão sendo desenvolvidas interfaces para AVP que não utilizam medidas corporais. A True Fit® é uma interface que utiliza a tecnologia chamada “Fashion Genome”, patenteada em 2018<sup>6</sup>. Trata-se de outra interface multiplataforma que oferece recomendações de peças que sirvam no usuário, porém neste caso, não em medidas corporais, mas nas informações contidas em peças de roupa compradas anteriormente, utilizando detalhes do produto que o algoritmo do sistema considere adequado.

Acessando um extenso banco de dados de produtos de marcas diversas, o TrueFit apresenta recomendações ao cliente conforme seu histórico de compras e preferências. Isso representa uma abordagem orientada por *big data* e mineração de dados, que analisa mídias sociais. Por isso, o sistema não trabalha com medidas corporais, mas com as preferências e comportamento do consumidor.

Trata-se menos de vestir e mais da predição daquilo que o usuário vai gostar e comprar. Há alguma indicação dos tipos de entrada esperados pelo consumidor e uma presunção aparente na capacidade dos atuais varejistas e fabricantes de fornecerem detalhes adequados ao vínculo entre consumidores e produtos.

O *Skip-gram* é uma tecnologia semelhante ao *Fashion Genome*, que utiliza dados anteriores de compra. A diferença é que o skip-gram utiliza ambos, recursos observáveis e recursos latentes, pois juntos apresentam melhor

---

<sup>6</sup> <https://www.truefit.com/en/About-Us/What-We-Do#What-We-Do>. Acesso em 13/11/2019.

desempenho do que os sistemas que utilizam apenas um deles. Desta forma, também é possível fazer uma correlação entre os tipos de corpos e as taxas de devolução.

Os estudos de Abdulla e Borar (2017) e de Kedia, Madan e Borar (2019) a respeito do *skip-gram* demonstram que as informações geradas podem ser utilizadas por marcas para criar tamanhos de vestuário segmentados para a população local. Isto porque, considerando usuários que compraram pelo menos dois produtos de uma categoria, os algoritmos do sistema conseguem recomendar o tamanho de roupa para essa categoria sempre que o consumidor for efetuar novas compras.

Para trabalhos futuros, os autores pretendem expandir a utilização de um vetor latente combinado em todas as categorias, o que possivelmente aumentará a confiança do usuário em fazer compras em novas categorias. No entanto, há desvantagens a serem consideradas no uso desses dois métodos.

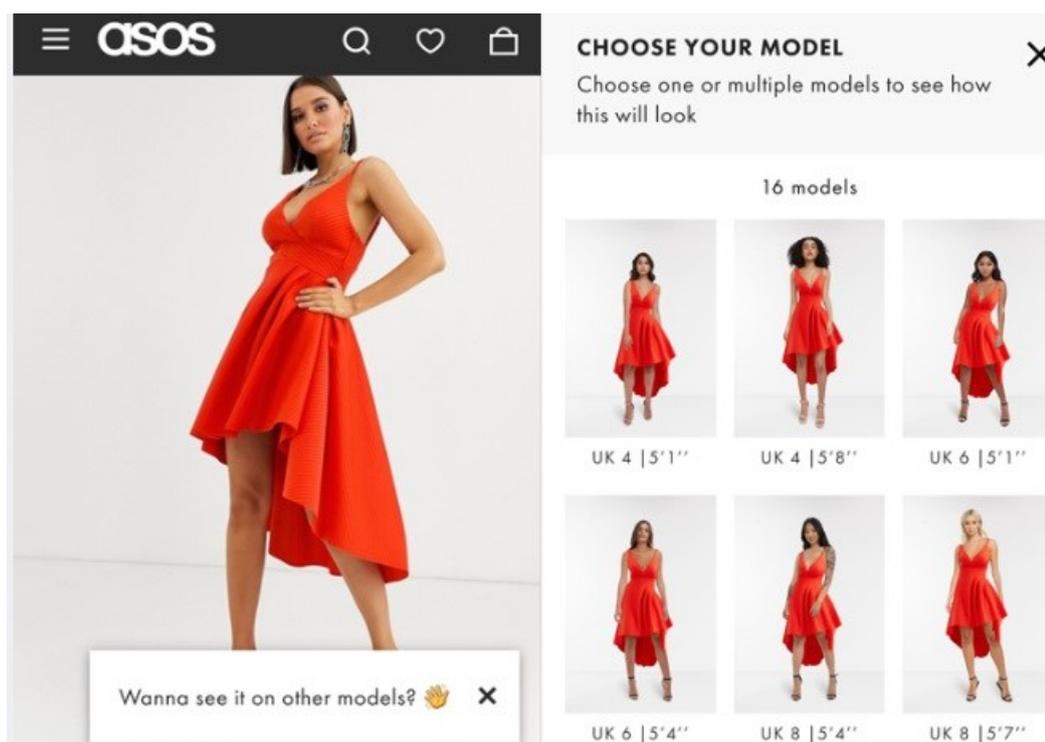
A primeira é que o consumidor perde o apelo estético de ver a roupa selecionada vestida num corpo virtual que contemple suas próprias medidas (considerando-se a importância comercial deste apelo), visto que os algoritmos se baseiam em compras anteriores, e não na prova virtual em avatar realista. Além disso, os estudos mostraram que os usuários compram roupas para pessoas diferentes usando a mesma conta e que, para um novo usuário, que não tenha efetuado compras anteriores, o sistema apresenta-se inválido.

Também é importante mencionar que algumas empresas oferecem ferramentas baseadas em realidade aumentada para interagir com roupas virtuais. Usando a própria webcam, o usuário tem a imagem de seu corpo capturada e a imagem das roupas contidas no banco de dados do sistema se adaptam ao corpo virtual.

Os varejistas pagam quando o usuário utiliza essa função para avaliar o caimento da peça. Segundo McLean e Wilson (2019), existem várias plataformas oferecendo essa funcionalidade de realidade aumentada, a exemplo disso, a FitYour, que pode ser acessada por meio de múltiplas interfaces e inclui a capacidade de compartilhar looks pelas mídias sociais, e a See My Fit, que mostra o produto em diferentes tamanhos e diferentes biotipos (Figura 13).

Os aplicativos mostram uma sobreposição 2D da peça de roupa no usuário para ajudar na seleção do produto e, embora não exista informação detalhada sobre o ajuste, eles contribuem para a experiência virtual de prova do produto.

Figura 13 – a ferramenta See My Fit disponível no site Asos.



Fonte: <https://ecommercenews.eu/asos-trials-ar-tool-see-my-fit/><sup>7</sup>

Outro exemplo é a Zugara, que também oferece soluções de varejo de realidade aumentada. O sistema mostra representações da peça para ajudar na compra do usuário e na seleção do produto. A solução permite que os usuários compartilhem imagens pré-compradas para aumentar a interação social das compras de roupas.

Uma aplicação final usando realidade aumentada é o Fitnect, que também incorpora oportunidades de feedback social e usa uma interface controlada por gestos. As roupas podem ser vistas vestidas no corpo como uma sobreposição em tempo real, permitindo alguma interação e visualização dinâmica para ajudar na seleção do produto.

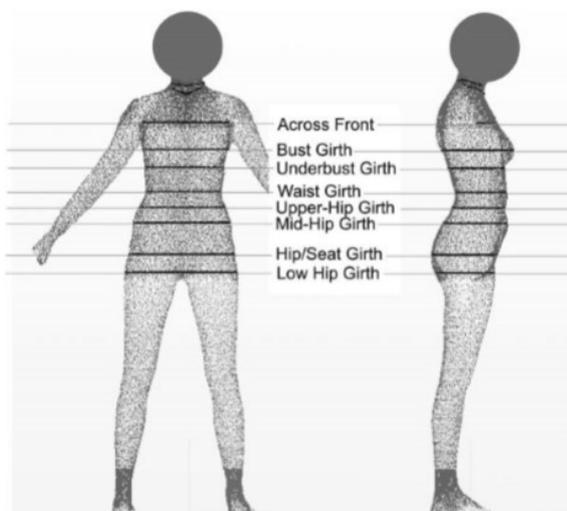
<sup>7</sup> Acesso em 20/01/2020.

Atualmente, nenhuma dessas interfaces de realidade aumentada possui uma tecnologia de ajuste, mas mostram as possibilidades de uso da ferramenta para aprimorar a compra do produto virtual e proporcionar ao consumidor uma experiência mais imersiva na pré-compra. Essa experiência aprimorada também tem o objetivo de reduzir o retorno de peças compradas pelo cliente.

## 2.2 A CONSTRUÇÃO DE CORPOS 3D POR MEIO DE IMAGENS 2D

Os primeiros estudos de Li e Chen (2009) e Meunier e Yin (2000) descrevem alguns dos desenvolvimentos necessários ao utilizar imagens 2D para criar dados de tronco 3D, a partir de imagens da frente e da lateral do corpo (Figura 14), e vem sendo usados até hoje como base para o aprimoramento tecnológico neste campo. Os autores mostraram que as larguras e profundidades principais do torso podem ser usadas para criar parâmetros em torno dos quais a réplica de um manequim tridimensional pode ser feita com alta acurácia.

Figura 14 – imagens 2D do corpo em vista frontal e lateral para criar torso 3D.



Fonte: Li e Chen (2009)

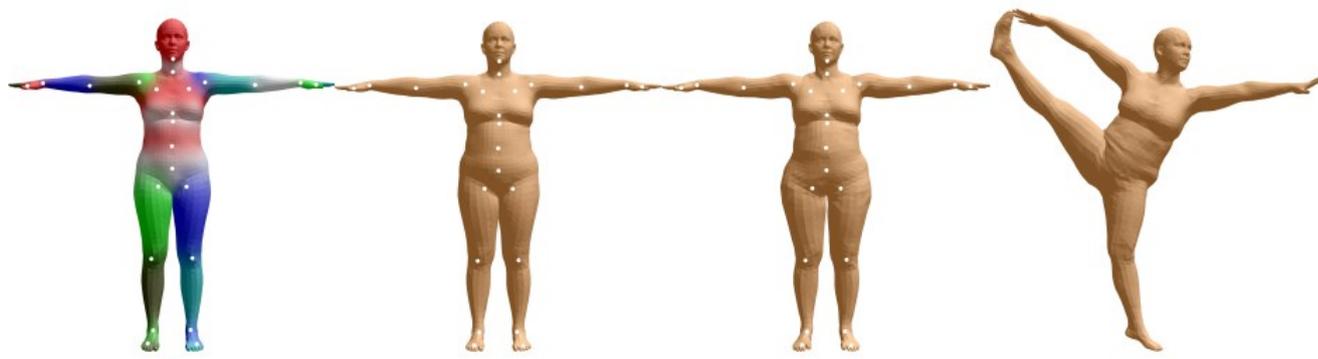
Para tal, utilizaram um método de segmentação do torso em cortes transversais e parâmetros de um conjunto de dados de 700 escâneres, assim como as interfaces existentes mencionadas, as quais fornecem tecnologia de

prova *on-line* suportadas pela associação com dados de escaneamento corporal, a fim de determinar as regras de proporção que definem os avatares usados.

Este sistema foi um precursor da tecnologia de FFIT, tendo surgido para agilizar e trazer mais acurácia aos sistemas de e-MTM existentes até então, pois eliminava a necessidade do uso de escâner 3D individual, considerado de alto custo.

Um modelo chamado SMPL (*Skinned Multi-Person Linear*), de Loper et al (2015), unifica forma e postura simultaneamente, e é capaz de replicar inclusive as deformações musculares, pois cria avatares animados. A fim de aumentar a precisão da imagem 3D e possibilitar a reprodução dos corpos em diferentes poses, o SMPL utiliza uma base de dados de 1.786 escaneamentos numa ampla variedade de poses e requer posicionamento de marcadores (*markersets*) nas juntas a fim de evitar deformações durante a animação. A Figura 15 ilustra o esquema de malha sobreposta a um esqueleto estático e a importância dos marcadores para determinar os movimentos.

Figura 15 - corpo realista em movimento pelo SMPL.



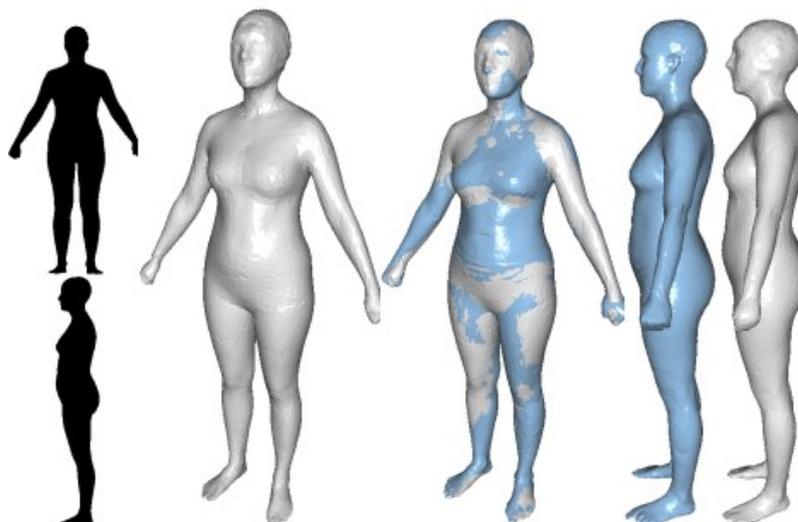
Fonte: Loper et al (2015)

Desta forma, o SMPL não utiliza medidas corporais, mas a junção da superfície de uma malha gráfica a um esqueleto pré-existente em posição de repouso, a fim de formar um corpo tridimensional. Ou seja, apesar de seu avanço tecnológico, não é premissa desse sistema reproduzir as medidas antropométricas de um determinado corpo, mas de fazer corpos animados em alta precisão.

Mas uma pesquisa de Ji et al. (2018), aplicável a Ambientes Virtuais de Prova, propõe a reconstrução 3D do corpo humano a partir de vistas ortográficas 2D. No contexto de inteligência artificial e *machine learning* uma nova rede de regressão baseada em Rede Neural Convolutiva (do inglês *Convolutional Neural Network* – CNN), que utiliza duas máscaras de imagem de vista frontal e lateral (imagens 2D), foi projetada para estimar a forma do corpo humano 3D. Este método de rede convolutiva lê as imagens com extratos distintos de cores, e faz também a leitura da largura e da altura por meio de pixels; leva esse nome por se tratar de uma operação linear matemática entre matrizes, chamada convolução, que fornece os chamados *kernels*, ou máscaras, os quais mantêm a relação de vizinhança entre os pixels da imagem ao longo do processamento da rede. Como *output*, as redes convolucionais são capazes de fornecer dados profundos de imagem (ALBAWI, MOHAMMED E AL-ZAWI, 2017). As camadas do topo são consideradas mais gerais e guardam informações de forma, textura e cor, enquanto as camadas localizadas ao final da rede são mais específicas. Segundo Vogado (2019), esta é uma técnica que requer alto nível de recrutamento computacional, cujos processamentos precisam ser ensinados à ferramenta por meio de parâmetros de banco de dados, dependendo da camada utilizada, e são capazes de processar grande quantidade de dados.

No estudo de Ji et al (2018), as redes neurais foram configuradas separadamente e fundidas para estimar uma forma precisa do corpo humano, numa base de dados de 4.308 formatos de corpos oriundos da digitalização de indivíduos americanos e europeus em posição ortostática (Figura 23). Isto aponta para a simplificação da fotogrametria no sentido de utilizar menos ângulos fotográficos, menos câmeras e menos dados de *input*. Os resultados demonstraram reconstruções visualmente realistas e precisas pelo uso da rede, conforme Figura 16.

Figura 16 – Reconstrução do corpo baseada em Rede Neural Convolutacional.



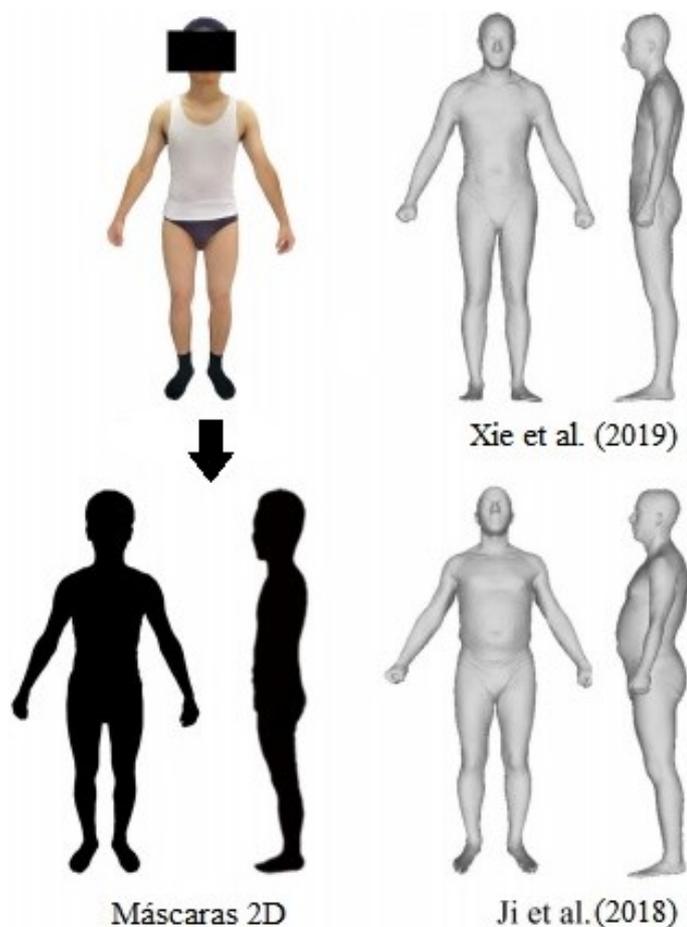
Fonte: Ji et al (2018)

Este exemplo também implica que o método pode ser usado para gerar manequins sem nenhum dado de marcador ou de medidas, mas requer habilidade técnica manual para edição das máscaras no âmbito 2D, assim como requer os parâmetros da câmera para a obtenção das imagens em RGB, os quais não foram descritos no artigo.

De todo modo, por meio deste método os autores dizem poder ajudar os usuários a criar seus próprios avatares digitais rapidamente, além de facilitar a criação de corpo humano digital para jogos em 3D, realidade virtual e compras de moda online (JI ET AL, 2018).

Outra pesquisa, mais recente, de Xie et al. (2019) aponta para uma tecnologia considerada mais eficaz do que a de Ji et al. (2018) pois utiliza uma rede convolutacional chamada de *Graph Convolutional Network* (GCN), em vez de CNN, capaz de gerar protótipos 3D com apenas uma máscara de imagem do corpo real – vestido ou não. Este modelo resolveu o problema da correlação de medidas do corpo por meio de *deep learning*, capaz de gerar todas as formas ajustando somente uma medida. Igualmente, as GCN requerem métodos determinados que sejam ensinados à ferramenta por meio de algoritmos. A Figura 17 resume o método e ilustra as diferenças entre os resultados dos pesquisadores.

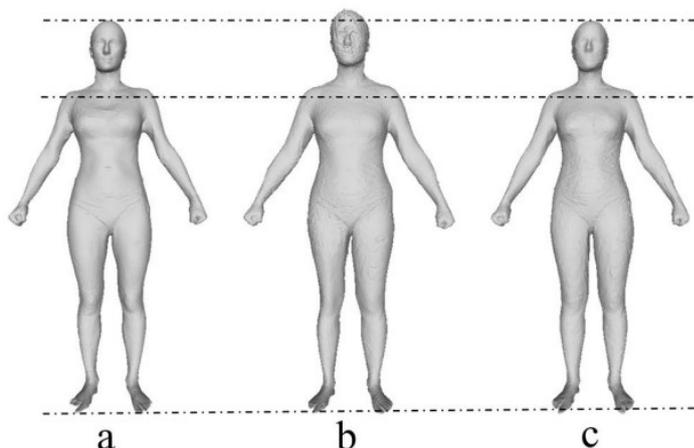
Figura 17 – Reconstrução 3D a partir de máscaras 2D



Fonte: Xie et al. (2019)

Os resultados mostram que os algoritmos usados por Xie et al. (2019) conseguem reproduzir o corpo de maneira mais fidedigna ao corpo real, usando os mesmos parâmetros de máscara 2D e um conjunto de dados de formatos de corpos, e, para validar a eficácia do método, os autores testaram seus algoritmos tanto fornecendo previamente as medidas corporais de um modelo 3D padrão, quanto utilizando somente a máscara 2D. As medidas fornecidas pelo modelo inicial são cinco: estatura, peso, busto, cintura e quadril. A figura 8 mostra os resultados:

Figura 18 - comparação entre o modelos.



Fonte: Xie et al (2019)

Para os autores, comparando os modelos (a) e (b) nota-se que as principais diferenças estão na estatura, na simetria e na largura do quadril. O modelo (c) apresentou margem de erro menor, tendo se equiparado ao modelo-padrão (a). Para verificar ainda mais a eficácia quando incorporadas as medidas, os autores calcularam os erros antropométricos das cinco medidas. O resultado estatístico é demonstrado na Tabela 1, onde *WA* denota os resultados com medidas antropométricas e *WOA* denota as reconstruções sem medidas. Os erros são expressos na tabela como (média)  $\pm$  (desvio padrão) e os valores são dados em centímetros.

Tabela 1: comparação numérica com e sem medidas antropométricas.

<i>Measurements</i>	<i>Female</i>	
	<i>WA</i>	<i>WOA</i>
<i>Stature</i>	<b><i>0.54±0.11</i></b>	<i>3.27±1.10</i>
<i>Weight (kg)</i>	<b><i>0.98±0.57</i></b>	<i>3.89±2.93</i>
<i>Chest</i>	<b><i>0.76±0.42</i></b>	<i>2.12±2.03</i>
<i>Waist</i>	<b><i>0.85±0.49</i></b>	<i>2.35±1.87</i>
<i>Hip</i>	<b><i>0.68±0.51</i></b>	<i>3.59±2.71</i>

Fonte: Xie et al (2019)

O resultado com o uso das medidas supera a reconstrução sem o uso das medidas em todos os segmentos do corpo, o que indica que é útil integrar medidas antropométricas neste método de Rede Convolutacional Gráfica.

Desde 2011, Daanem e Byvoet (2011) também diziam já haver clara evidência de que as limitadas medidas com que são construídos os avatares funcionam muito bem para a recomendação de tamanhos. Porém, na época do estudo, essas evidências foram baseadas em um pequeno estudo populacional e no uso de apenas um tipo de vestuário.

Atualmente, as categorias de roupas estão consideravelmente mais diversificadas (vestidos, saias, paletós etc.) e os novos algoritmos desenvolvidos demonstram atender a essa demanda. Essas ferramentas permitem o ajuste das principais dimensões dos avatares criados com base em medidas do usuário e numa base de inúmeros formatos de corpos, as quais ajudam a renderizar um avatar mais realista no processo de ajuste virtual.

Portanto, cada um dos métodos descritos demonstra ser uma forma eficaz de reprodução do corpo 3D, com ou sem as medidas corporais. Mas quando não há medidas, é preciso tratar das máscaras 2D ou aceitar que a acurácia será menor (XIE ET AL, 2019). Quando há medidas prévias, a acurácia é visivelmente maior – o corpo é reproduzido tal qual seu modelo original, com margem mínima de erro.

Assim, no tocante às tecnologias e avanços na construção de corpos 3D, encontram-se trabalhos satisfatórios, mas valores das medidas ainda são um fator importante a ser considerado, especialmente quando o corpo 3D será usado como manequim de prova nos AVPs, pois sabe-se que aquilo que aparenta ser uma pequena divergência de medidas pode acarretar numa indicação de tamanho errada.

### 2.3 SÍNTESE GERAL DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conhecer sobre as características e limitações dos Ambientes Virtuais de Prova foi importante para (1) o entendimento do problema da alta taxa de devolução do vestuário comprado *on-line*, de até 70% e (2) para a compreensão da interação usuário-sistema. Por outro lado, entendeu-se que esta é uma preocupação global que move as empresas a buscar por tecnologias que possam melhorar a experiência do usuário tanto na pré-venda quanto no pós-venda – o momento em que a roupa é de fato provada no corpo.

Como já é sabido que as tecnologias de interação por imagem oferecem a oportunidade do usuário ver-se vestido, nota-se também uma lacuna entre a construção de avatares realistas no sentido simplesmente estético e anatômico do corpo, e a construção de avatares que reproduzam de fato as medidas do usuários com mais fidelidade, pois ainda que se deseje ampliar a confiança e a motivação de compra nas plataformas virtuais, o mesmo peso tem o desejo de indicar tamanhos que sirvam.

Dentre os variados sistemas de prova virtual, aqueles que criam avatares personalizados são os que mais se aproximam da prova perfeita que vem a reduzir a insatisfação do usuário, porém são também os que encontram maiores desafios tecnológicos. Por isso, pesquisas relevantes vem sendo feitas especialmente por cientistas americanos e chineses, no tocante à desenvolver tecnologias de reconstrução de corpos 3D cada vez mais realistas. O avanço dos estudos leva ao caminho da simplificação, da acurácia e da velocidade; enquanto métodos de dez anos atrás utilizam número elevado de seções do corpo e máscaras 2D em maior quantidade (LI E CHEN, 2009), os mais recentes já conseguem criar avatares a partir de uma única imagem, sem parâmetros de medidas (XIE ET AL, 2019).

Cada nova ferramenta criada vem simplificar a anterior. Portanto, avatares realistas não são mais um problema a ser enfrentado nos AVPs; o que tem espaço agora para aprimoramento é como transmitir as medidas exatas do usuário para dentro dos AVPs, porque Xi et al (2019) já demonstraram que parâmetros antropométricos ainda são importantes, mas não ajudam quando o usuário insere suas medidas erradas ao preencher tabelas no sistema.

O método de obtenção das medidas precisa ser otimizado. É diante deste cenário que o próximo capítulo do documento descreve os procedimentos metodológicos que levam ao alcance do objetivo desta pesquisa.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são descritos os procedimentos metodológicos que conduzem a pesquisa para o alcance de seu objetivo geral, que consiste em propor requisitos para medição do corpo em sistemas de Ambiente Virtual de Prova no *e-commerce* de moda, utilizando fotografia digital e objeto-padrão. Para tanto, os procedimentos baseiam-se no reconhecimento de imagens proposto por Li e Chen (2009) e Xie et al (2019), combinados com a proposição do uso de um objeto, que serve como parâmetro de medida. Por meio deste objeto, pressupôs-se chegar à medida do perímetro do busto do corpo humano. Este pode ser considerado um recorte inicial de um estudo mais amplo que futuramente possa abranger cintura e quadril, mediante testes.

Autores como Lu e Wang (2008), Simmons (2001) e Tomkinson e Shaw (2013) afirmam que a medição manual é demorada e não há muita precisão quando se deseja tomar as medidas dos volumes e da silhueta do corpo, especialmente quando o usuário está sozinho e precisa medir a si próprio. Portanto, o uso de objeto-padrão tem potencial de ser um método mais exato do que os descritos nos AVPs do referencial teórico, no sentido de associar as medidas do corpo às medidas de um objeto já conhecido, por meio de duas fotografias – frontal e perfil.

Assim, a pesquisa foi dividida em 4 etapas: 1) Medição; 2) Reconhecimento de atributos e fotografia; 3) Cálculo; 4) Requisitos do sistema. A Figura 19 ilustra cada uma das etapas.

Figura 19 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora.

Nos tópicos a seguir as etapas serão detalhadas, explanando seus objetivos, os procedimentos e ferramentas adotados, bem como cada uma de suas fases.

### 3.1 ETAPA 1: MEDIÇÃO

A medição consiste em medir o objeto-padrão, assim como medir o corpo da modelo que será fotografada com o objeto, para que na etapa de cálculo essas medidas possam ser usadas, dentro do experimento. O experimento propõe que para se chegar na medida estimada do busto é necessário conhecer as medidas do objeto-padrão, por isso a lata deve ser medida. Ao final do experimento, chega-se a uma medida de busto que deve ser comparada com a medida do busto real da modelo. Portanto, a Etapa 1 está subdividida em duas fases, conforme Figura 20:

Figura 20 - Fases da Etapa 1



Fonte: elaborado pela autora.

Nos tópicos a seguir cada uma das fases é descrita.

#### 3.1.1 Fase 1: Medição do objeto-padrão

Conforme foi descrito no capítulo anterior, os Ambientes Virtuais de Prova utilizam dois parâmetros para a reconstrução do corpo 3D: um banco de dados de biotipos gerados pela tecnologia de FFIT, e as medidas do corpo do usuário (além de outras medidas como número do manequim e tamanho da peça).

No caso do estudo dos autores, o objeto era um modelo padrão de corpo humano 3D escolhido arbitrariamente, cujo cálculo matemático foi feito por algoritmos de Rede Convolutiva Gráfica em função de se tratar de uma figura tridimensional virtual, já desenhada na interface do computador.

Nesta pesquisa o objeto escolhido é real; um objeto que pode ser encontrado facilmente na residência do usuário a fim de que ele possa utilizá-lo como parâmetro em uma tomada de fotografia. Portanto, optou-se pela lata de refrigerante (ou cerveja).

As medidas da lata devem ser inseridas no sistema que, ao receber as fotografias do usuário, fará o reconhecimento dos objetos e a comparação imediata, e poderá prever as medidas do usuário. Se o sistema souber calcular a largura e a profundidade do corpo pela fotografia, por meio da lata, poderá encontrar a medida de seu perímetro.

Assim, é possível manter os padrões necessários para que os sistemas de AVP gerem avatares, alterando apenas o tipo de *input* fornecido pelo usuário. As medidas calculadas é que servirão para a construção do avatar personalizado tridimensional, e não mais as medidas fornecidas pelo usuário, eliminando, assim, a interferência de instrumentos de medição utilizados por ele, bem como a digitação de dados.

O usuário passará a fotografar o corpo e o objeto juntos, no mesmo contexto. Este objeto passa a ser denominado **objeto-padrão**. Esta fase está diretamente ligada ao objetivo específico da pesquisa de determinar as medidas de largura e profundidade da região do busto da modelo a partir de medição por pixels e objeto-padrão, em fotografias digitais.

Neste experimento, a medição precisa do objeto-padrão é fundamental, dado que ele mesmo serve de parâmetro para se encontrar as medidas do usuário. Por esta razão, a latinha escolhida como objeto-padrão deve ter suas medidas tomadas pelo menos duas vezes com o uso do paquímetro como instrumento de medição de precisão, comumente utilizado na engenharia (Figura 21).

Figura 21 - Paquímetro



Fonte: Tecnoferramentas<sup>8</sup>

Uma vez que o modelo de medição seja implementado em algum sistema de prova virtual, ele precisa armazenar os dados das medidas da latinha, ou seja, não compete ao usuário fazer qualquer tipo de medição do objeto.

### 3.1.2 Fase 2: Medição do corpo da modelo

Nesta fase é preciso selecionar uma pessoa (modelo) que possa fazer as vezes de uma usuária de plataformas de Ambiente Virtual de Prova e ser fotografada junto ao objeto-padrão para os procedimentos da etapa de reconhecimento de imagem e cumprimento dos objetivos específicos da pesquisa.

Segundo o protocolo de medição do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, de O'Brien e Shelton (1941), são necessárias 59 medidas para a construção de todo tipo de molde do vestuário, exceto sapatos, chapéus e luvas. Porém, como esta pesquisa não visa desenvolver moldes, foram tomadas apenas as medidas necessárias para os procedimentos: altura, busto, cintura e quadril, visto que são as medidas principais e mais recorrentes dentre os sistemas de AVP e dos estudos de Li et al (2018) e Xie et al (2019) do referencial teórico.

O mesmo protocolo recomenda fazer marcações no corpo da modelo (*landmarks*) sobre pontos do esqueleto, sempre que possível (Figura 9). No caso das medidas de cintura, busto e quadril, são considerados os pontos de maior

---

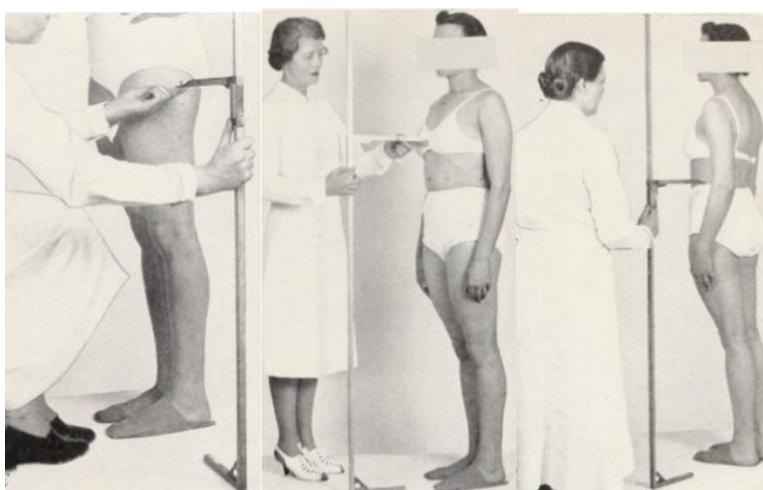
<sup>8</sup> Disponível em: <https://www.tecnoferramentas.com.br/paquimetro-universal-150-mm-digimess-100001a/p>

protuberância do tecido mole, e os autores esclarecem sobre o nível (a altura) dos perímetros a serem medidos: para o nível da cintura, a altura ideal corresponde à borda mais baixa da última costela, que pode ser encontrada quando o medidor senta-se em frente à modelo apalpando simultaneamente as laterais de seu corpo, esquerda e direita, na região axilar média, usando os dedos indicadores. Neste local o marcador deve fazer uma marcação em X.

Como a altura da cintura difere entre os dois lados do corpo, a média da distância entre o chão e a marcação encontrada em cada lado deve ser então a altura correta. Para isso, faz-se necessário o uso de um antropômetro (Figura 22). Para guiar a medição do perímetro do busto, o medidor deve fazer uma marcação no ponto onde o busto é mais saliente visto de perfil. Sob outro ponto de vista, deve ser feita outra marcação, e a média da altura entre as duas deve ser considerada a altura correta, por onde o medidor passa a fita métrica de modo a envolver todo o perímetro.

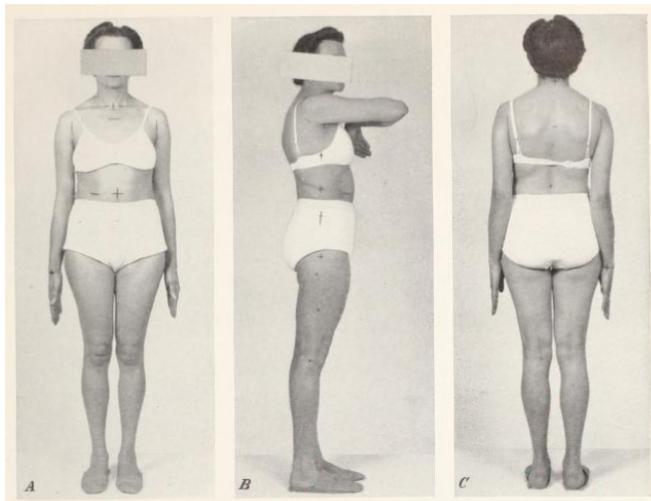
A respeito do quadril, sua altura é determinada pelo ponto mais acentuado do trocanter (cabeça do fêmur), em cada um dos dois lados do corpo, e, assim como acontece nos demais perímetros, a média de altura entre esses pontos determina a altura correta.

Figura 22 - Alturas sendo tomadas com o uso de antropômetro.



Fonte: O'Brien e Shelton (1941)

Figura 23 – vistas da modelo em posição ortostática.



Fonte: O'Brien e Shelton (1941).

Depois de medir cada um dos perímetros da modelo, segue-se para a etapa 2, onde as fotografias são tiradas e é feito tanto o reconhecimento dos objetos nas imagens quanto a medição por meio de inteligência artificial.

### 3.2 ETAPA 2: FOTOGRAFIA E RECONHECIMENTO DE ATRIBUTOS

Esta etapa está dividida em duas fases, ilustradas na Figura 24.

Figura 24 – fases da Etapa 2.



Fonte: elaborada pela autora.

Essas fases destinam-se a alcançar os seguintes objetivos específicos da pesquisa: 1) Determinar as configurações de fotografia para uso em ferramentas de *machine learning*; 2) Reconhecer os segmentos do corpo (atributos) dentro das imagens por meio de ferramentas de *machine learning*.

Assim, seguem-se as duas fases desta etapa.

### **3.2.1 Fase 1: Fotografia**

Para a fase de Fotografia antes é preciso conhecer os requisitos das ferramentas de IA, os quais serão levadas em consideração no momento das capturas. Para o reconhecimento de objetos neste tipo de sistema de *machine learning*, não existem restrições para o tipo de imagem, sendo que os objetos podem estar nas mais variadas posições, cores, formatos e tamanhos. O único requisito é que a extensão da imagem seja compatível com as extensões aceitas pelos sistemas, sendo as mais comuns JPG, PNG, GIF e BMP. No entanto, como pretende-se medir uma região do corpo, funcionalidade que vai além do reconhecimento, julga-se importante que a pessoa fotografada esteja em posição ortostática.

Uma vez que já se conhece o tipo de fotografia aceita para uso nos sistemas de IA, nesta fase é necessário, então, fazer a captura de duas fotos da modelo com o objeto-padrão: a de vista frontal e a de vista lateral. A fim de que nenhuma parte da porção do busto, do quadril e da cintura fique encoberta, a modelo deve postar-se em posição ortostática, conforme O'Brien e Shelton (1941): postura ereta com pernas semi-abertas na largura do quadril e braços relaxados ao lado do corpo. (Figura 10 A).

O objeto-padrão (lata) deve ser posto sobre uma superfície plana ao lado da modelo. Em princípio não é discutido nenhum requisito sobre a altura e a posição da lata, mas adota-se nesta pesquisa o nível da cintura como referência para a tomada das fotos, dado que coincide com a região central do corpo da modelo.

A título de reprodução do método, a câmera é colocada sobre tripé de chão, também ao nível da cintura, de modo que a modelo e a lata sejam capturadas pela região central. Para tanto, mede-se a distância entre o chão e a

cintura da modelo com o antropômetro e usa-se a medida encontrada para ajustar a posição vertical da câmera.

A distância entre a modelo e a câmera deve ser suficiente para enquadrar o corpo inteiro da modelo junto com o objeto, e a distância entre lata e câmera deve ser a mesma da modelo, pois o dado importante é que o sistema reconheça os objetos por pixels, e se as distâncias são diferentes, o cálculo vai levar a um resultado diferente do real.

A distância entre o objeto-padrão e a modelo não precisa ser prescrita, em princípio, para o êxito do procedimento, então adota-se o valor aproximado de 30 centímetros de distância do corpo.

#### *3.2.1.1 Síntese do procedimento de fotografia*

Este é o resumo das configurações adotadas nesta pesquisa para a captura de imagens da modelo com o objeto-padrão:

- 1) modelo em posição ortostática com roupas justas;
- 2) objeto-padrão sobre superfície plana ao lado da modelo, numa distância de 30cm;
- 3) altura do objeto-padrão próxima à altura da cintura da modelo;
- 4) câmera posicionada em tripé de chão na mesma altura da cintura da modelo, medida por antropômetro;
- 5) distância entre modelo e câmera: suficiente para enquadrar a modelo dos pés à cabeça, junto do objeto-padrão;
- 6) distância entre objeto-padrão e câmera igual à distância modelo/câmera.
- 7) captura de foto de frente e de perfil.

#### **3.2.2 Fase 2: Reconhecimento de atributos**

Para a execução desta fase da pesquisa, primeiro foi preciso selecionar uma ferramenta de inteligência artificial (IA) já existente, inserida no grupo das chamadas API (*Application Programming Interface*) para auxiliar na leitura de

imagens, dado que esta pesquisa propõe o cálculo de medidas sem a interferência do usuário, então entende-se que as ferramentas de *machine learning* dispõem das funcionalidades necessárias. Aqui também definem-se os requisitos para o reconhecimento tanto do objeto-padrão quanto da região do busto, que é um atributo do corpo da modelo.

Existem diversas ferramentas de IA capazes de fazer a análise de imagens e vídeos utilizando *machine learning*, retornando informações categorizadas e classificadas, ou seja, atributos contidos nos objetos, tais como o Vision API (da Google) e o AWS Rekognition (da Amazon), além de outros sistemas *open source* disponíveis, por exemplo, na GitHub<sup>9</sup>. Assim, as fotos da modelo serão inseridas no sistema de reconhecimento a fim de que se consiga verificar quais objetos são reconhecidos.

Para a execução desta fase, verificou-se a necessidade de entender a arquitetura desse tipo de ferramenta, por isso abre-se aqui um subtópico com detalhamento mais técnico.

### 3.2.2.1 Detalhamento das ferramentas de reconhecimento de imagem

As ferramentas de *machine learning* são tecnologias de leitura de dados, que são utilizadas em diversos sistemas, dentro de softwares ou aplicativos para *mobile*, bem como eletroeletrônicos e *gadgets* portáteis. Suas principais funções são fazer o reconhecimento facial, identificar e categorizar objetos dentro de imagens e vídeos, e fazer a associação de imagens, podendo reconhecer celebridades ou mesmo cidadãos comuns.

A ferramenta funciona por meio de associações com um amplo banco de dados na nuvem. Quando o sistema de *machine learning* se depara com uma fotografia, ele imediatamente acessa o banco de dados e reconhece que os objetos da imagem são semelhantes aos objetos do banco, retornando a informação por voz ou texto (Figura 25).

---

<sup>9</sup> <https://github.com/>

Figura 25 – Mecanismo de reconhecimento de *machine learning*.



Fonte: Google Cloud Tech<sup>10</sup>.

Por meio de indexação e amostragem o sistema de API também é capaz de “aprender” a identificar aquilo que lhe seja imposto, criando novos reconhecimentos que estejam de acordo com uma necessidade específica do usuário, de uma empresa, de alguma instituição, etc. Assim, a leitura de imagens pode ser personalizada.

A Figura 26 ilustra a ferramenta AWS fazendo o reconhecimento de imagem, listando todos os atributos do rosto da pessoa, já aprendidos pelo sistema, tais como sua expressão, gênero, idade, chapéu, barba e bigode.

Figura 26 – Sistema AWS fazendo o reconhecimento facial

looks like a face	100 %
appears to be male	99 %
age range	35 - 52 years old
not smiling	80.5 %
not wearing glasses	99.9 %
not wearing sunglasses	99.9 %
eyes are open	99.9 %

Fonte: AWS <sup>11</sup>

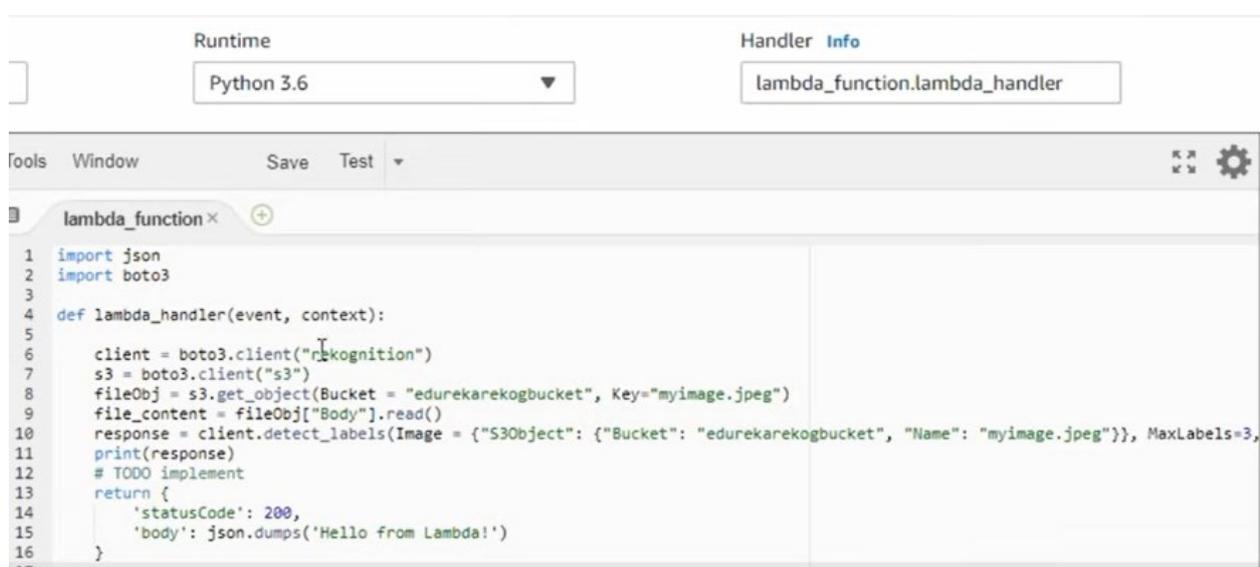
<sup>10</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=eve8DkkVdhI>

<sup>11</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=volwEl8iCOE&t=655s>

O reconhecimento de imagens em *machine learning* se dá por meio de linguagem de programação orientada a objetos. A linguagem utilizada pelo VisionAPI e pelo AWS é a Python, multiplataforma, e o código é aberto. Qualquer atributo que se queira ler, numa imagem, prescreve um código de programação ou métodos específicos de reconhecimento para *machine learning*, cuja implementação é feita por profissionais da área.

A Figura 27 ilustra um exemplo de código de programação no AWS desenvolvido para reconhecer uma pessoa na foto.

Figura 27 - código de programação no AWS, em linguagem Python 3.6.



```

Runtime: Python 3.6
Handler: lambda_function.lambda_handler

lambda_function x
1 import json
2 import boto3
3
4 def lambda_handler(event, context):
5
6     client = boto3.client("rekognition")
7     s3 = boto3.client("s3")
8     fileObj = s3.get_object(Bucket = "edurekarekogbucket", Key="myimage.jpeg")
9     file_content = fileObj["Body"].read()
10    response = client.detect_labels(Image = {"S3Object": {"Bucket": "edurekarekogbucket", "Name": "myimage.jpeg"}}, MaxLabels=3,
11    print(response)
12    # TODO implement
13    return {
14        'statusCode': 200,
15        'body': json.dumps('Hello from Lambda!')}
16    }
17

```

Fonte: AWS Rekognition<sup>12</sup>

Os algoritmos utilizados demandam o desenvolvimento de “métodos”. O conjunto de métodos compõem um algoritmo. Silva (2020) descreve um exemplo de como o algoritmo segue a análise de uma imagem dentro do VisionAPI, para reconhecimento na nuvem, conforme Figura 28.

<sup>12</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SZa2HfR-9Xc>

Figura 28 –funcionalidade de algoritmo para reconhecimento de imagem.

O método `callCloudVision` listado no Quadro 4 é responsável por solicitar a análise do conteúdo da imagem. Ele altera o texto exibido na tela informando que a imagem está sendo processada, executa uma instrução por voz através do método `playInstruction` informando o início da análise e solicitando que o usuário aguarde. Na sequência executa o método `prepareAnnotationRequest` que configura o composição da requisição que será enviada à API do Cloud Vision e é listado no Quadro 5, a requisição para a API do Cloud Vision é efetuada com o parâmetro `LABEL_DETECTION`, que determina qual análise será aplicada a imagem, no caso deste trabalho a identificação de objetos e categorias. Por fim executa o método `LabelDetectionTask` para realizar a análise da imagem. As chamadas das APIs do Cloud Vision são efetuadas através da biblioteca `google-api-services-vision`, disponível para a plataforma Android, esta biblioteca simplifica as chamadas para as API do Cloud Vision.

Fonte: Franco (2018)

Abaixo, a Figura 29 ilustra uma parte do código desenvolvido por Franco (2018) do método “`callCloudVision`”, citado por ele na Figura 28.

Figura 29 – código do método `callCloudVision`

```

4      mImageDetails.setText(R.string.loading_message);
5
6      playInstruction(INSTRUCAO_ANALISE_EM_PROCESSAMENTO);
7
8      // Executa a tarefa de analise da imagem em background
9      try {
10         AsyncTask<Object, Void, String> labelDetectionTask = new LableDetectionTask(this,
11         prepareAnnotationRequest(bitmap));
12         labelDetectionTask.execute();
13     } catch (IOException e) {
14         Log.d(TAG, "failed to make API request because of other IOException " +
15             e.getMessage());
16     }
17 }

```

Fonte: Franco (2018).

Assim, qualquer sistema ou aplicativo destinado ao reconhecimento de imagens deve seguir esta lógica; para cada uma das imagens é feita uma requisição ao API referente a um objeto específico.

Nesta fase da pesquisa, a título de ilustração, as fotos da modelo com a lata devem ser inseridas em um dos sistemas de reconhecimento que, por meio

de linguagem de programação, vai identificar automaticamente os objetos contidos na imagem.

Uma vez reconhecidos esses atributos desejados no corpo, eles precisam, então, ser medidos por meio de cálculos específicos capazes de dimensionar objetos contidos numa fotografia. Isto é feito na etapa seguinte (Etapa 3).

### 3.3 ETAPA 3: CÁLCULO

A etapa de cálculo consiste em descrever a lógica matemática incutida no sistema que leve ao objetivo específico de determinar os perímetros da modelo por meio de objeto-padrão, além de determinar o erro percentual do resultado obtido em comparação com as medidas reais da modelo. Essa etapa é dividida em duas fases, conforme ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Fases da Etapa 3.



Fonte: elaborada pela autora

#### 3.3.1 Fase 1: Cálculo de medidas

Nesta fase determinam-se os valores conhecidos e as variáveis a serem determinadas. A medição a ser adotada pela ferramenta de IA, no caso de haver dois objetos relacionados, é a regra de três simples. Pode ser definida como o cálculo de dimensões, tomando uma delas como base. De modo simples, trata-

se de descobrir um quarto valor a partir de outros três conhecidos (por isso o nome da regra).

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow a \cdot d = b \cdot c$$

Esse cálculo será feito mediante dados em pixels fornecidos por software de edição de imagem. Assim, tem-se que **a** corresponde ao valor **conhecido** dos pixels da largura do objeto-padrão; **b** é o valor também **conhecido** dos pixels da largura da região do busto da modelo; **c** é o valor em centímetros, já **conhecido**, da largura da lata e **d** é o valor que se deseja encontrar – a largura da região do busto da modelo em centímetros, ou seja, sua medida real, que deve ser utilizada então pelos AVPs.

Assim, nesta fase é demonstrado manualmente os procedimentos para se encontrar as medidas da largura e da profundidade do busto, por meio de pixels nas imagens de frente e de perfil, utilizando a regra de três, e depois usar os valores encontrados para se chegar ao perímetro do busto.

### 3.3.2 Fase 2: Cálculo do Erro Percentual

Segundo Silva Neto (2015), as medições não estão isentas de imperfeições, portanto, acabam estando sujeitas a erros, dado que muitos fatores podem interferir nos resultados. Mas é possível delimitar a natureza do erro, obtendo-se informações sobre a confiabilidade de uma determinada medição. O cálculo do erro percentual, como o nome já indica, determina a porcentagem de proximidade à medida real. No caso do experimento desta pesquisa, esse dado é importante para dizer quão próxima da medida do corpo da modelo está a medida encontrada pela ferramenta de IA.

O resultado pode ser um indicativo da precisão do experimento, pois não se pode considerar que uma medida esteja totalmente correta ou incorreta, mas diante de uma margem de erro percentual ela pode ser considerada válida ou inválida mediante o objetivo do experimento. Para verificar a margem de erro dos cálculos da fase 3.3.1, determina-se o erro percentual. A equação utilizada é:

$$\frac{\text{valor aproximado} - \text{valor exato}}{\text{valor exato}} \times 100.$$

O valor aproximado representa, nesta pesquisa, a estimativa (valor encontrado nos cálculos que se deseja atribuir ao sistema), enquanto o valor exato corresponde ao número real encontrado na medição da modelo na Etapa 1. Uma vez determinado o erro percentual, tem-se o valor da imprecisão da medida calculada. Já o erro absoluto, dado em centímetros, é obtido subtraindo-se um valor pelo outro:

$$\text{valor aproximado} - \text{valor exato}$$

Dependendo deste dado de imprecisão, se for muito alto, em torno de centímetros, também a recomendação de tamanhos pelo AVP será imprecisa, visto que numa tabela de medidas convencional a diferença de um tamanho para outro é de 4 centímetros.

### 3.4 ETAPA 4: REQUISITOS DO SISTEMA

A partir do desenvolvimento da **Etapa 1 - medição** e do desenvolvimento da **Etapa 2 – Reconhecimento de atributos e fotografia**, procura-se identificar os requisitos necessários que caracterizem um modelo de medição por meio de fotografia e objeto-padrão que seja capaz de calcular o perímetro das medidas do corpo humano, tomando o busto como exemplo, sem a intervenção do usuário. Portanto, considerando o passo-a-passo dos AVPs atuais, serão determinados os requisitos nos momentos em que:

- a) o usuário toma as medidas do seu corpo
- b) o usuário insere seus dados no sistema
- c) o sistema reconhece os dados fornecidos
- d) o sistema calcula as medidas

Nessa etapa devem ser consideradas também as informações contidas no referencial teórico no que diga respeito ao funcionamento dos AVPs e às tecnologias de criação de avatar 3D, entendendo que esses métodos já funcionam satisfatoriamente, mas propondo melhorias no tocante ao fornecimento de medidas corporais.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são desenvolvidas cada uma das etapas, e suas respectivas fases, descritas no capítulo de procedimentos metodológicos.

### 4.1 ETAPA 1: MEDIÇÃO

#### 4.1.1 Medição do objeto-padrão

O objeto-padrão selecionado foi uma latinha de cerveja, ainda cheia. Para a medição, foi utilizado o paquímetro, sendo que as medidas verificadas foram o comprimento e a largura da lata (Figuras 31 e 32). Cada uma das medidas foi tomada duas vezes. A média aritmética das medidas é o valor adotado, que é igual ao quociente entre a soma dos valores pelo número de elementos.

Figura 31 - medição da largura (diâmetro) da lata



Fonte: elaborada pela autora

As medidas encontradas foram 66,05 mm e 66,02 mm, cuja média aritmética é **66 ,03** mm.

Figura 32 – medição do comprimento da lata.



Fonte: elaborada pela autora

As medidas encontradas foram 122,75 mm e 122,75 mm, resultando na média aritmética de **122,75** mm. Nesta fase definiu-se então a largura, ou diâmetro, e a altura da lata.

#### 4.1.2 Medição da modelo

A fim de que possa ser feita a comparação entre a medida estimada pelos cálculos com as medidas reais da modelo, foi preciso tirar as medidas do busto da modelo. A modelo escolhida é do sexo feminino e veste tamanho 38 de manequim, considerado “padrão” na indústria do vestuário (DUARTE E SAGGESE, 2010), e tem estatura mediana de 1,64 m. Antes da tomada de fotografias, foi preciso tomar as medidas da modelo que foram imprescindíveis para a pesquisa. Assim como o procedimento da lata, o busto foi medido duas vezes, com fita métrica, conforme protocolo de O’Brien e Shelton (1941) e considerou-se também a média aritmética. Os valores encontrados constam na Tabela 2:

Tabela 2 - medidas de busto.

Região	M1	M2	Média
Busto	90,8	91,2	91,0

Fonte: elaborada pela autora.

Essas medidas serão utilizadas adiante, na Etapa 3 e servirão de parâmetro de avaliação do método.

## 4.2 ETAPA 2: FOTOGRAFIA E RECONHECIMENTO DE ATRIBUTOS

### 4.2.1 Fase 1: fotografia

Conforme os procedimentos de fotografia já descritos no capítulo 3, as fotos foram tiradas com a modelo em posição ortostática, a 30 centímetros de distância da lata, com a câmera posicionada na altura de sua cintura, a 2 metros de distância. A lata estava numa altura aproximada da cintura da modelo, também a 2 metros da câmera. O dispositivo utilizado foi um iPhone 11, sobre um tripé de chão (Figuras 33 e 34).

Figura 33 – fotografia frontal



Fonte: elaborada pela autora

Figura 34 – fotografia lateral



Fonte: elaborada pela autora

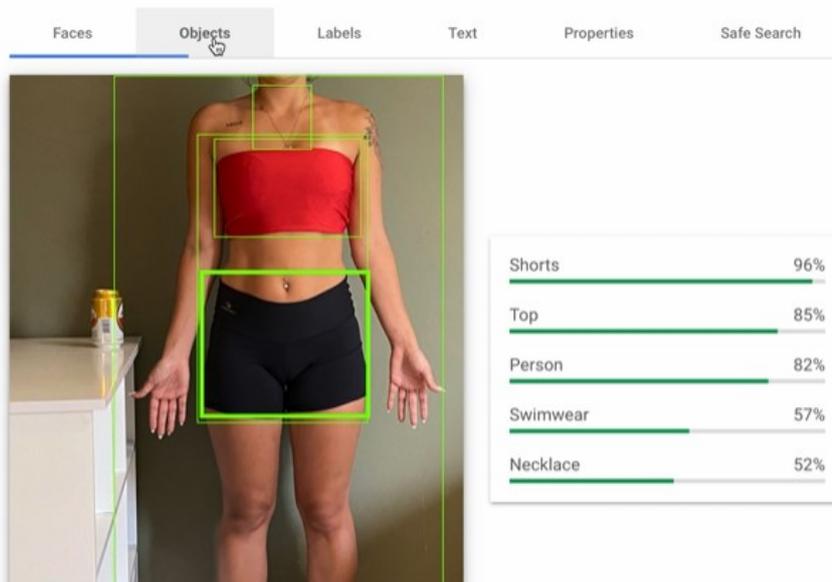
As fotos simulam o usuário sendo fotografado para inserir as imagens em alguma plataforma de vendas que disponibilize um sistema de *fitting room*.

#### 4.2.2 Fase 2: Reconhecimentos de atributos

Como a pesquisa visa usar imagens em vez da inserção de medidas pelo usuário, é preciso adotar uma ferramenta de IA que reconheça objetos. Optou-se pela utilização do sistema de *machine learning* chamado Vision API, da Google, devido à facilidade de acesso e uso. Seu plano gratuito oferece a execução de mil operações de reconhecimento de atributos por mês; a partir disto, a empresa cobra uma taxa para cada milhar extra. O objetivo desta fase é submeter as fotografias ao reconhecimento de imagem por *machine learning* para verificar o desempenho da ferramenta, o que é especialmente importante para a determinação dos requisitos do sistema desta pesquisa.

Tomando como exemplo o VisionAPI, essa fase demonstrou suas funcionalidades em uso. Ao inserir no sistema Vision API a imagem da modelo junto da lata, automaticamente foram identificados, na aba *Objects*, os seguintes objetos: shorts, top, pessoa, roupa de banho e colar (Figura 35). A porcentagem descrita à direita da tela indica a probabilidade de existir mesmo na imagem o objeto reconhecido pelo sistema.

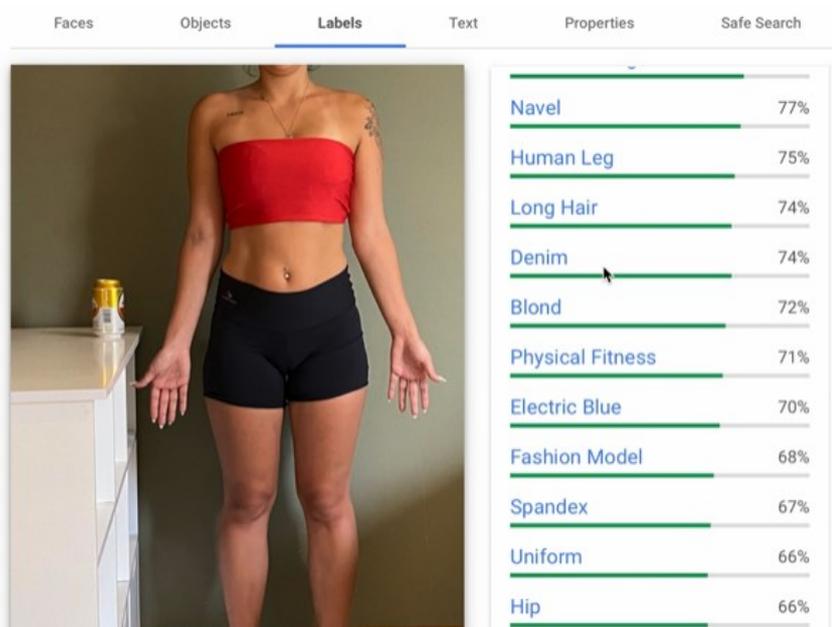
Figura 35 – Reconhecimento de objetos pelo VisionAPI.



Fonte: elaborada pela autora

Cada uma das abas da interface mostra características diferentes sendo reconhecidas. A aba *labels* mostra a lista de correlações possíveis dentro do banco de dados para os objetos reconhecidos, conforme (Figura 36), e a aba *text* mostra se há palavras ou textos reconhecíveis dentro da imagem.

Figura 36 – Lista de correlações possíveis



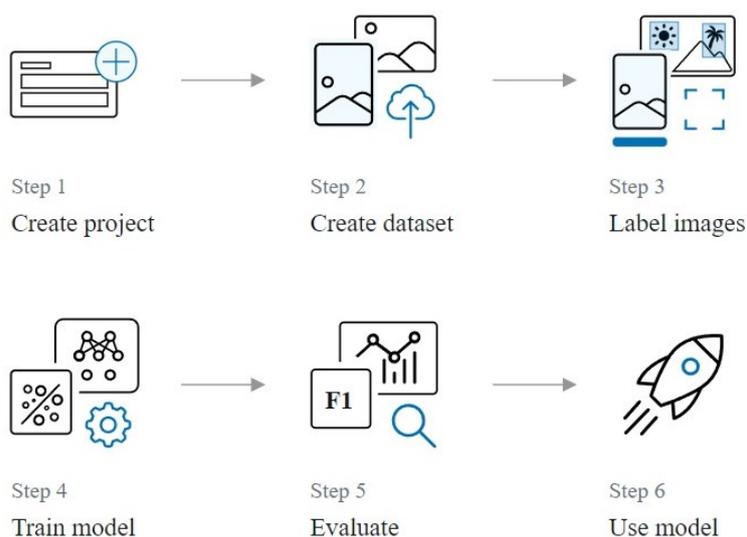
Fonte: elaborada pela autora

Em linguagem de programação, esses dados fornecidos sobre cada um dos atributos encontrados nas imagens 35 e 36 são descritos por meio de códigos, dentro do próprio VisionAPI.

No caso da modelo com a lata, o VisionAPI não reconheceu a região do busto nem a lata, então isto significa que em seu banco de dados não existe correspondência. Ou seja, o algoritmo da ferramenta solicitou a análise, mas não obteve dados de *output*. Os novos atributos de busto e de lata devem ser então elaborados com novos códigos e banco de dados de imagens relacionadas, a fim de que a ferramenta possa reconhecê-los. No entanto, foi encontrada uma *label* de quadril (*hip*) correspondente (Figura 36), atribuindo 66% de possibilidade de haver um quadril na imagem, porém o “objeto quadril” não consta na aba *Objects*.

O AWS Recognition também não reconheceu a lata ou a região do busto. Mas a ferramenta é capaz de fazer um modelo customizável de reconhecimento, segundo o próprio site (Figura 37), que possibilita detectar objetos únicos, específicos para determinado uso. As ferramentas de *machine learning* aprendem por meio de múltiplas imagens que repitam a mesma informação.

Figura 37 – passos para execução de modelo customizável da AWS.



Fonte: site AWS

Os passos consistem em:

- 1) Criar novo projeto

- 2) Criar um banco de dados da nuvem com imagens iguais ao objeto que se deseja reconhecer (aproximadamente 3.000 imagens)
- 3) Classificar as imagens
- 4) Treinar o modelo – isso é feito automaticamente pelo sistema;
- 5) Avaliação da acurácia
- 6) Modelo pronto para uso

Portanto, é preciso “ensinar” a ferramenta e reconhecer partes do corpo específicas, como o busto, bem como ensinar a reconhecer objetos variados como a lata.

### 4.3 ETAPA 3: CÁLCULO

#### 4.3.1 Fase 1: Cálculo das medidas

Além do reconhecimento de imagem, um sistema de medição do corpo destinado ao AVP, deve ser capaz de medir os objetos da imagem. Para representar essa funcionalidade, nesta fase as fotos da modelo foram inseridas em um software de edição de imagem para que fosse possível determinar, em pixels, a largura e a profundidade do busto, bem como a largura da lata em pixels (Figuras 38 e 39).

Figura 38 – Largura do busto e da lata em pixels



Fonte: elaborada pela autora

A informação foi de que o busto tem largura de 500 pixels e a lata tem a largura de 115 pixels. Conforme explicado nos procedimentos metodológicos, para se chegar às medidas reais, em centímetros, da largura busto, utiliza-se a regra de três. Como já se conhece a medida real da lata (6,6 cm) e utilizando os valores em pixels recém encontrados, calculou-se:

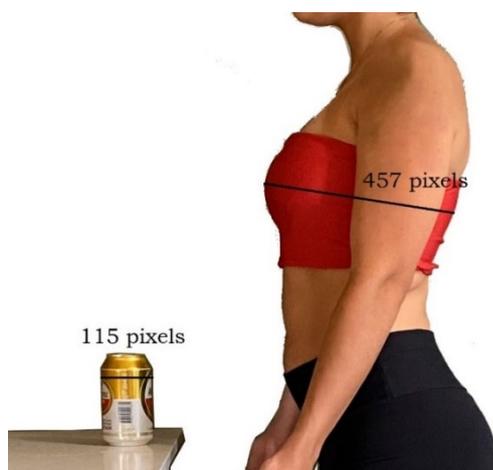
$$\frac{115_{\text{px}}}{500_{\text{px}}} = \frac{6,6_{\text{cm}}}{L_b}$$

$$L_b \cdot 115 = 500 \cdot 6,6$$

$$L_b = 28,75_{\text{cm}}$$

Logo, a largura real do busto em vista frontal é de **28,75** centímetros. Para a medida da lateral, ou profundidade do busto, o procedimento foi o mesmo:

Figura 39 – Profundidade do busto em pixels



Fonte: elaborada pela autora

Neste caso, a profundidade do busto corresponde a 457 pixels. Então calculou-se sua medida real pela mesma regra de 3:

$$\frac{115_{\text{px}}}{457_{\text{px}}} = \frac{6,6_{\text{cm}}}{P_b}$$

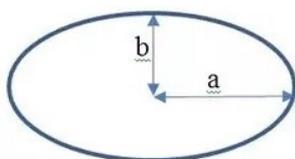
$$P_b \cdot 115 = 457 \cdot 6,6$$

$$P_b = 26,25_{\text{cm}}$$

Tendo essas medidas, de largura e profundidade do corpo na linha do busto, calculou-se então o perímetro do busto pela equação do perímetro da elipse, dada na forma simplificada por

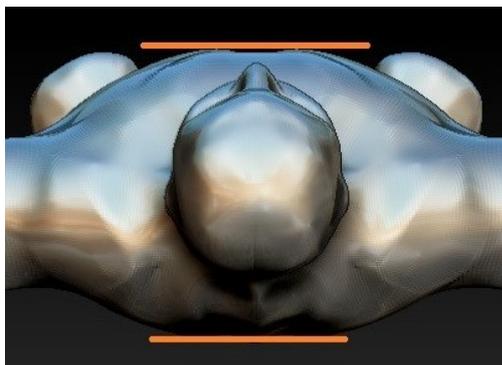
$$C = \left[ \pi ( 3(a + b) - \sqrt{(3a + b)(a + 3b)} ) \right]$$

em que  $a$  e  $b$  correspondem aos semieixos da elipse:



Porém, o valor do perímetro do busto obtido foi igual a 80,6 centímetros, ao passo que o busto real da modelo mede 91,0. Essa diferença se dá porque a circunferência do busto tem uma face central plana na frente e nas costas, como mostra a Figura 40, e a fita métrica obedece a essas faces, sem considerar as concavidades entre os seios e peitorais, nem as concavidades entre as escápulas. Ou seja, esse desenho não pode ser considerado o mesmo de uma elipse.

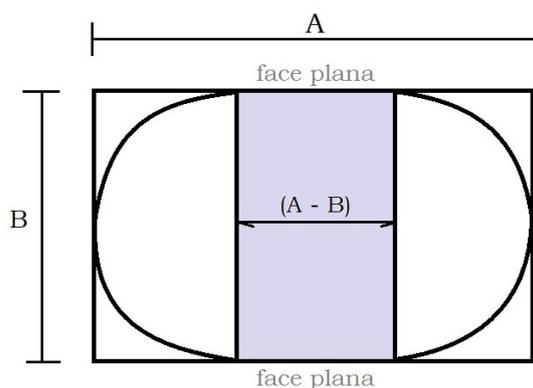
Figura 40 – faces planas frontal e posterior



Fonte: elaborada pela autora

Essas faces planas mudam, proporcionalmente, de uma pessoa para outra, assim como diversas outras medidas do corpo (por exemplo, a largura do pescoço é proporcional à largura das costas), portanto, não se pode estabelecer uma medida fixa para a porção plana em todos os corpos para se chegar ao **perímetro do busto**, por isso foi preciso aplicar o Fator de Correção (FC), conforme apresentado na Figura 41.

Figura 41: diagrama e equação do Fator de Correção.



Onde  $A = L_b$ , e  $B = P_b$

$$FC = \frac{\text{Perímetro Busto}}{(A + B) \cdot 2}$$

Fonte: elaborada pela autora

Nota-se na equação que  $(A + B) \times 2$  representa o perímetro do retângulo onde o perímetro do busto está inscrito, e o fator de correção nada mais é do que a relação entre essas duas medidas. No caso das medidas de A e B da modelo (28,75 e 26,25), o **fator de correção** encontrado foi de **0,82727**.

$$FC = \frac{91,0}{55 \cdot 2} = 0,82727$$

A título de conferência, o fator de correção foi inserido na equação inversa para verificar se os valores correspondem ao busto real, como segue:

$$\text{Busto} = (A + B) \cdot 2 \cdot FC$$

O resultado obtido está apresentado na Tabela 4:

Tabela 4 - resultado do busto estimado

Busto Real	Busto Estimado (FC)
91,0	90,9997

Fonte: elaborada pela autora

Para chegar com exatidão ao erro gerado pelo método aqui proposto para o cálculo de busto, na próxima fase consta os cálculos em centímetros e percentagem.

#### Fase 4.3.2 Cálculo do erro percentual

Conforme demonstrado na Tabela 4, os resultados obtidos pelo método são muito próximos do real, mas é necessário ter o conhecimento da percentagem de erro desses dados, bem como do erro absoluto. Para tal, os valores da tabela foram inseridos na seguinte equação do erro percentual (EP):

$$\frac{\text{valor aproximado} - \text{valor exato}}{\text{valor exato}} \times 100$$

Em seguida, calculou-se o erro absoluto em centímetros pela equação

$$\text{valor aproximado} - \text{valor exato}$$

Os resultados encontrados estão demonstrados na Tabela 5:

Tabela 5 – Resultado do erro absoluto

EP (%)	Erro Absoluto (cm)
0,000329	0,0003

Fonte: elaborada pela autora

A diferença apresentada é menor do que um centésimo de milímetro. Esses cálculos devem ser inseridos no sistema de medição do AVP por meio de códigos específicos de programação.

## 4.4 ETAPA 4: REQUISITOS DO SISTEMA

A partir do que pôde ser observado nas Etapas 3 e 4, bem como no referencial teórico que descreve as funções dos sistemas de AVP atuais, foram identificados os momentos-chave em que o usuário interage com o sistema, desde a inserção de suas medidas até o resultado do tamanho recomendado pelo sistema. Em cada um deles foram descritos os requisitos de funcionalidades necessárias que permitam chegar às medidas do usuário, especificamente à do busto, portanto, as próximas seções contemplam a **análise e discussão** das características e funcionalidades que o modelo de medição precisa possuir para direcionar sua implementação em sistemas de AVP. Não se trata aqui de descrever requisitos de modelagem de software em sua total estrutura nem da qualidade da interface do sistema, mas de elencar os requisitos de funcionalidades desejáveis em um sistema (*plugin*) de prova virtual dentro de um *site* de vendas, que seja capaz de medir o corpo do usuário por meio de imagens e objeto-padrão.

Os critérios selecionados para a determinação dos requisitos foram os da *Unified Modeling Language*<sup>13</sup> (UML):

- a) Necessidade
- b) Consistência
- c) Viabilidade

O critério de necessidade deve julgar se o requisito está em consonância com o objetivo da pesquisa, que, neste caso, visa medir o corpo humano por meio de imagens para o uso em AVPs. Por meio do critério de consistência é possível avaliar se algum requisito é contraditório ou se inviabiliza outro requisito, ao passo que o critério de viabilidade avalia se o requisito é passível de ser implementado no sistema a ser desenvolvido.

### 4.4.1 Requisitos para tomada de medidas do corpo

---

<sup>13</sup> [UML 2.4.1 Infrastructure](#). Omg.org. 5 de agosto de 2011. Consultado em 10 de outubro de 2021.

Como foi descrito ao longo da pesquisa, o método apresentado propõe uma forma de medição que o usuário não precise saber e/ou digitar suas medidas. Então neste caso, onde o usuário deveria tirar suas próprias medidas ou conhecê-las de antemão, o que o sistema precisa é que ele fotografe seu corpo junto ao objeto-padrão determinado – uma lata de cerveja ou de refrigerante. O protocolo sugerido ao usuário pelo sistema deve ser o seguinte:

- Usar blusa justa ou sutiã ou top;
- Prender os cabelos;
- Posicionar a lata sobre uma mesa ou bancada;
- Posicionar-se ao lado do objeto, alinhando com os seios;
- Adotar a posição ortostática, com os braços relaxados ao lado do corpo, levemente afastados;
- A fotografia pode ser acionada por temporizador e tripé, ou por outra pessoa, desde que a câmera esteja na altura da lata;
- Virar de perfil para a segunda foto.

Em princípio o usuário deve seguir este protocolo definido pelo método da pesquisa, mas espera-se que esse experimento se desenvolva ao ponto de tornar possível maiores variâncias entre as distâncias e posições entre usuário e objeto, tornando o procedimento o mais simples possível. Por ora, é especialmente indispensável que usuário e lata estejam equidistantes à câmera, pois como a medição é feita por pixel, caso a lata esteja em posição mais afastada que a linha do busto, ou mais à frente, o resultado da medição terá margem de erro maior do que a que foi apresentada nos cálculos.

O estudo propõe que a câmera esteja posicionada na altura da lata, mas não é imprescindível que a foto seja tomada de corpo inteiro, apenas para a eventualidade de outras medições, mas para a tomada de medida somente do busto, a fotografia tirada pode ser somente do torso.

#### **4.4.2 Requisitos para o usuário inserir os dados no sistema**

Pelos sistemas de AVP atuais, o usuário insere suas medidas nas tabelas e acrescenta outros dados como biotipo e formato do corpo, diretamente

na tela do *site*, conforme demonstrado no referencial teórico. Para o experimento proposto, em vez do preenchimento de tabelas, o usuário precisa inserir as fotografias tiradas, portanto sugere-se uma janela com os botões de *upload* da imagem frontal e *upload* da imagem de perfil. É importante que o sistema reconheça tipos variados de extensão de imagem, como JPEG, GIF, BMP, PNG.

#### **4.4.3 Requisitos para o sistema reconhecer os dados fornecidos**

Neste momento, o sistema de AVP deve ser capaz de ler as imagens enviadas pelo usuário. A leitura visa fazer o reconhecimento do objeto-padrão e do corpo. Além disso, o sistema deve saber identificar a região do corpo em questão – neste caso, a região do busto. Portanto, dois requisitos são necessários nesta seção (1) é preciso que as ferramentas do sistema já tenham “aprendido” a reconhecer partes do corpo específicas, como o busto, e também aprendido a reconhecer uma lata; (2) fazer o reconhecimento propriamente dito.

O primeiro requisito diz respeito a treinar o sistema por meio de milhares de imagens – tanto do busto quanto da lata --, conforme detalhado no item 4.2.2. Este trabalho requer acesso e alimentação de um banco de imagens *open source*, tais como os utilizados pela VisionAPI e pelo AWS Rekognition, em que as imagens acessadas pelas ferramentas para reconhecimento ficam armazenadas na nuvem.

Uma vez alimentado o banco de imagens e treinado a ferramenta, o segundo requisito diz respeito a fazer a associação entre os objetos da imagem que está sendo lida com as imagens já cadastradas no banco, então é preciso que o sistema disponha de códigos de *machine learning*, ou seja, algoritmos específicos, tais como os ilustrados na seção 3.2.2.1.

Dado que o sistema seja capaz de reconhecer os objetos necessários neste método, o próximo passo é medi-los.

#### **4.4.4 Requisitos para o sistema medir os objetos reconhecidos**

Além da implementação de ferramenta de *machine learning* para reconhecimento, outro tipo de ML poderia ser implementado no sistema, o qual seja capaz de medir os objetos por pixels, tais como as redes convolucionais. As

CNN têm usos variados na medicina, engenharia, design, robótica, e como visto nas pesquisas de Ji et al (2018) essas redes fazem o processamento de dados visuais transformando-os em *kernel* ou máscara, podendo extrair informações de alto nível de imagens e vídeos digitais, uma vez que a ferramenta seja treinada por meio de inúmeros parâmetros. Diversos métodos aprofundados de CNN já demonstraram seu alto desempenho em representações por imagem (QIAN ET AL, 2016).

Mas para este experimento o mais importante é o dado de que a CNN seja capaz de manter a relação entre pixels da imagem ao longo do processamento da rede e criar filtros com medida de largura, altura e profundidade, ou seja, a rede precisa ser treinada para fazer automaticamente a medição por pixels, sendo necessária para determinar tanto a largura do busto na fotografia do usuário -- de frente e de perfil -- quanto os pixels da largura da lata. Quanto mais complexo for o tipo de tratamento de dados, maior deve ser o número de camadas, portanto, essa complexidade deve ser considerada para a implementação no sistema de AVP, visto que as redes convolucionais são um tipo de tratamento fino (*fine-tuning*) que recruta alta capacidade computacional, porque é nas camadas de base, as mais específicas, que reside o processamento de cálculos específicos (VOGADO ET AL, 2019).

Com todos esses dados de pixels obtidos, algoritmos matemáticos fazem a “chamada” das equações definidas na Etapa 3, que devem ser implementadas no sistema previamente. Assim, o sistema de AVP fará as relações entre pixels do corpo e pixels da lata<sup>14</sup>. A partir dessas relações, os resultados obtidos de largura e profundidade do corpo serão inseridos na equação final do perímetro, que determinará a medida do busto.

---

<sup>14</sup> É imprescindível que junto dessas ferramentas de ML e das equações matemáticas, o sistema receba também os dados com as medidas da lata. É preciso que seja implementado o valor da largura e da altura da lata, e então quando a ferramenta de reconhecimento de ML identificar a lata, uma resposta imediata deve ser enviada dizendo que este objeto tem 6,6 cm de largura.

#### 4.4.5 SÍNTESE DOS REQUISITOS DO SISTEMA

Abaixo são apresentados cada um dos requisitos definidos após os procedimentos desenvolvidos neste estudo:

Figura 42 – Síntese dos requisitos



Fonte: elaborada pela autora.

Como visto no referencial teórico sobre as tecnologias de interação por imagem, os sistemas avaliam as proporções entre as medidas obtidas, criam um avatar e buscam referências de peças de roupas existentes no banco de dados que tenham medidas relacionadas, a fim de que a prova virtual possa ser feita. Ou seja, este é o encaminhamento das etapas logo após o sistema ter efetuado os cálculos, e deve ser implementado em qualquer sistema para que a prova virtual seja completada. Mas dentro do recorte proposto neste estudo, a problemática do avatar 3D perfeito se enquadra em outro problema de pesquisa,

que aparentemente já foi solucionado no referencial teórico, e que fugiria do objetivo central de elencar requisitos do sistema para a medição por imagens, portanto não se apresentam requisitos para a criação do manequim 3D na Figura 42, mas entende-se que para criar um manequim o sistema precisa agrupar todos os dados enviados pelo usuário (cada sistema solicita dados diferentes) e utilizá-los das mais variadas formas, seja dentro das padronizações de biotipo utilizadas pela ferramenta de FFIT, seja para uso em redes convolucionais para a criação de máscaras que sejam transformadas em manequins. Idealmente a segunda opção tende a criar avatares 3D mais fidedignos ao corpo do usuário, mas esta escolha deve ser balizada mediante outros critérios técnicos, tais como a própria licença de uso das tecnologias. Portanto, os requisitos listados são resultado da solução do problema de pesquisa em si, e a ele tem direta associação, cumprindo com o objetivo do trabalho.

Também precisa ser enfatizado que os resultados obtidos dizem respeito a somente uma parte dos dados fornecidos pelo usuário, ou seja, além das medidas do corpo, os sistemas podem solicitar o tipo de biotipo, tamanho do sutiã, altura, peso, dentre outros parâmetros. A proposta do estudo trouxe soluções para a questão da inserção de medidas corporais incorretas, mas isto não implica que os outros dados não possam ser utilizados no sistema para a criação do avatar 3D, dados estes que também precisam de respaldo técnico no desenvolvimento do sistema para a decisão pelo seu uso ou não.

## 5 CONCLUSÃO

A prova virtual de roupa dentro dos chamados ambientes virtuais de prova demonstra ser objeto de interesse para múltiplos estudos que objetivam a eficácia da recomendação de tamanho dentro das plataformas de *e-commerce* de moda. A prova perfeita ainda é um ideal a ser alcançado em função de fatores diversos que permeiam os processos, dentre eles o fato do vestuário ser tabelado industrialmente, a construção do avatar 3D otimizado ainda ser uma realidade recente pouco aplicada -- face à utilização da tecnologia FFIT --, e pelo fato do usuário não saber suas medidas com precisão ou digitá-las errado dentro dos sistemas, mesmo que as plataformas orientem o usuário a tirar suas próprias medidas. Portanto, o trabalho desta pesquisa esteve em debruçar-se em um modelo de medição que permitisse a obtenção das medidas do corpo, partindo de tecnologias de interação por imagem, a citar *machine learning* para reconhecimento de objetos e redes convolucionais, visando diminuir as lacunas de ordem prática nos AVP para a geração de avatares e recomendação de tamanho nas plataformas de venda *on-line*.

Neste trabalho adotou-se como referência as redes convolucionais pela sua ampla utilização em áreas diversas, especialmente no uso de criação de avatares 3D por meio de imagens 2D, o que demonstra a estreita correlação com o problema de pesquisa de fazer medições por meio de imagem. E a fim de que fosse atingido o objetivo geral de listar requisitos para medição do corpo por imagem em sistema de AVP nas plataformas de *e-commerce* de moda, foi necessário compreender as funcionalidades das ferramentas de *machine learning* para reconhecimento de imagens, e de que forma seria possível personalizar um modelo de reconhecimento de objetos específicos, ou de regiões específicas, tais como a do busto e a própria lata que, apesar de ser um objeto comum do cotidiano, não foi reconhecida. Observou-se que existem diversas ferramentas de *machine learning* que podem cumprir este papel e ser implementadas no sistema proposto. Uma análise pormenorizada de cada uma delas deve ser feita a fim de que se possa selecionar a mais adequada tecnicamente, que seja compatível com os demais requisitos do sistema. Aqui foram apresentadas e testadas a AWS Rekognition, da Amazon, e a Vision API,

do Google. Partiu-se do pressuposto de que se a ferramenta de *machine learning* reconhece a lata e reconhece as partes do busto, e considerando que o sistema conheça as medidas reais da lata, encontra-se o perímetro do corpo desejado por meio de identificação por pixel, tal qual a rede convolucional de Ji et al (2018). Esta afirmação pôde ser comprovada por meio de cálculos específicos e do ajuste da equação da elipse por meio de Fator de Correção. Os resultados na modelo demonstraram alta acurácia no perímetro calculado do busto em comparação às medidas reais. O erro absoluto máximo encontrado, utilizando-se um Fator de Correção comum, foi de 0,000329%, ou seja, de 0,0003 centímetros. Em termos práticos, na modelagem do vestuário esta diferença é insignificante, pois não se consideram números além da casa decimal para o desenho dos moldes. Portanto, a título de recomendação de tamanho dentro de um sistema de AVP, essa diferença também é irrelevante, dado que os sistemas utilizam tabelas de medidas industriais cujos tamanhos variam de 4 em 4 centímetros no perímetro total de busto (assim como cintura, quadril, tórax). Mas, acima de tudo, o experimento mostrou que é possível obter medidas do corpo humano por meio de duas fotografias e um objeto-padrão, o que vem ao encontro da simplificação da fotogrametria, sendo uma ferramenta potencial para implementação em diversos sistemas de AVP, desde que seguidos os requisitos definidos. Mais do que verificar o erro percentual da medição ou seus resultados em ampla amostra de indivíduos com biotipos variados, a pesquisa enfatiza que sim, há meios simples de se obter medidas do corpo partindo de tecnologias de IA e ML já existentes.

Isso indica não apenas a eficácia do método, mas que a pesquisa pode ser um *start* também para o aperfeiçoamento da venda *on-line* de roupa sob medida. Diante de dados confiáveis dos perímetros do corpo, que considerem também as casas decimais na medição, as taxas do número de protótipos, das provas e de devolução podem ser substancialmente diminuídas neste segmento. É evidente que para tanto outros estudos a respeito das medições de quadril e cintura por meio de imagens devam ser feitos, otimizando o sistema de modo mais abrangente.

A presente pesquisa deve contribuir com avanços teóricos e práticos para o campo da Tecnologia de Interação por Imagem (TII), dialogando com as

áreas de Moda e Design, no contexto abrangente de mídia e metaverso, em que a simulação e ampliação do espaço real unidos à experiência do usuário e à tecnologia, culminam em interação e comunicação.

Como demonstrado no referencial teórico, o tema levantado é de repercussão mundial na atualidade, com constantes pesquisas para o aprimoramento dos Ambientes Virtuais de Prova (AVP). Desta forma, dentre as contribuições possíveis, pode ser apontado o aperfeiçoamento do método de prova virtual para que não se exija do usuário a inserção de suas medidas. Este é o ponto principal da pesquisa que, além de gerar maior facilidade para o usuário obter suas medidas corporais, deverá contribuir para que os sistemas trabalhem com menor margem de erro na recomendação de tamanhos, que sejam mais condizentes com as medidas reais do usuário. Isto porque o aumento da precisão na correspondência entre as medidas corporais do indivíduo com os avatares criados nos AVP está diretamente relacionado com as medidas inseridas nos sistemas. Dado que as plataformas utilizam bancos de dados de biotipos, uma alteração de medida resultará em alteração no avatar. E, se o modelo de medição aqui criado for associado a métodos avançados de criação de avatar personalizado, como o método de Xie et al (2019), as diferenças de correspondência no avatar poderão ser ainda maiores. Mas ainda que se tenha comprovado a eficácia da estratégia adotada para a medição do busto por meio de imagens, recomenda-se coletar dados de uma amostra ampliada de mulheres que sejam fotografadas junto ao objeto-padrão, e que tenham também suas medidas tomadas por fita métrica, reproduzindo o mesmo método disposto na pesquisa a fim de se obter dados padronizados, e uma possível categorização do Fator de Correção. Isto porque à medida em que se alteram as relações de proporção entre largura e profundidade do busto (A e B), altera-se também o fator de correção, e conforme as relações sejam parecidas entre dois ou mais corpos, o fator tende a ser parecido. Assim, para que o sistema de AVP encontre a medida do busto, ele precisa ter parâmetros de FC para diferentes corpos. Isso demonstra que corpos semelhantes na relação AB podem ser agrupados e para cada grupo pode ser usado o mesmo fator.

Além disso, diante da abrangência do campo do Design, é válido apontar para estratégias diferentes que tenham potencial de ser utilizadas, vislumbrando

outro tipo de desdobramento para o aperfeiçoamento de detecção e medição de objetos por fotografia, como a utilização do chamado *Human Pose Estimation*<sup>15</sup>, baseado em *deep learning* e da fotogrametria. O importante a ser considerado neste método, numa situação ideal para sistema pra AVP, é que ele deva ser capaz de identificar tanto a lata quanto a região do busto. Para demais métodos e aplicação de ferramentas diferentes outros experimentos devem ser postos em prática. Neste ensejo, cabe dizer que objetos diferentes da lata também podem ser cadastrados no sistema e ser utilizados no momento da fotografia do usuário, basta que sejam reconhecidos pela ferramenta de ML e que suas medidas sejam previamente cadastradas no sistema, compondo uma espécie de banco de dados de objeto-padrão.

Em termos técnicos, o tipo de linguagem de programação, o banco de dados específico a ser utilizado pelo sistema, os algoritmos da arquitetura do sistema ou o tipo de ferramenta para reconhecimento e medição de objetos são características do sistema a serem determinadas no momento de seu desenvolvimento. Este é, inclusive, um estudo futuro que pode ser posto em prática em trabalhos acadêmicos de áreas afins ao tema da pesquisa ou mesmo por profissionais programadores. Mas deve-se declarar que o detalhamento técnico das ferramentas usadas na pesquisa, sobre a questão dos códigos de programação, foi importante para determinar a viabilidade de uso para o reconhecimento de busto e objeto-padrão. Também foi útil para entender, ainda que não em profundidade, o funcionamento básico de sistemas computacionais de modo que os requisitos fossem elencados com maior segurança.

Não se pretendeu neste trabalho verificar o impacto na taxa de devolução dos vestuários comprados *on-line*, mas identifica-se o potencial de contribuir para a diminuição desses índices futuramente, uma vez que o mecanismo das plataformas de prova virtual segue uma sequência lógica de passos que partem sempre das medidas do corpo humano. Havendo mais eficácia na tomada de medidas, os demais passos também serão mais eficazes.

---

<sup>15</sup> <https://medium.com/nerd-for-tech/deep-learning-based-human-pose-estimation-using-opencv-and-mediapipe-d0bc7a834076>.

## Referências

ABDULLA, G.M.; BORAR, S. Size recommendation system for fashion e-commerce. In: KDD Workshop on Machine Learning Meets Fashion, 2017.

AFLATOONY, Lida; ROMINE, Abby Christina. Alternative Pattern-making 3D Design Software, 2018.

ALBAWI, Saad; MOHAMMED, Tareq Abed; AL-ZAWI, Saad. Understanding of a convolutional neural network. In: 2017 international conference on engineering and technology (ICET). IEEE, 2017. p. 1-6.

ALDRICH, W. Metric Pattern Cutting for Women's Wear, 5th ed., Blackwell, Oxford, 2008.

ALEMANY, S.; BALLESTER, A.; PARRILLA, E.; URIEL, J.; GONZÁLEZ, J.; NÁCHER, B.; PAGE, A. Exploitation of 3D body databases to improve size selection on the apparel industry. In: 4th International Conference on 3D Body Scanning Technologies. 2008. p. 456-466.

ALEXANDER, Marina; CONNELL, Lenda Jo; PRESLEY, Ann Beth. Clothing fit preferences of young female adult consumers. International Journal of Clothing Science and Technology, 2005.

APEAGYEI, Phoebe R. Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing fit. International Journal of Digital Content Technology and its Applications, v. 4, n. 7, p. 58-68, 2010.

ARAKI, Hideo. Fotogrametria. Departamento de Geomática. UFPR. Curitiba-PR, 2004.

ASHDOWN, S.P; O'CONNELL, E.K. Comparison of test protocols for judging the fit of mature women's apparel. **Clothing and Textiles Research Journal**. 2006. Mar;24(2):137-46.

BECK, Marie; CRIÉ, Dominique. I virtually try it... I want it! Virtual Fitting Room: A tool to increase on-line and off-line exploratory behavior, patronage and purchase intentions. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 40, p. 279-286, 2018.

BRANDÃO, Gil. Aprenda a costurar. Rio de Janeiro: Edições Jornal do Brasil, 1967.

BRANSON, D.H; NAM, J. Materials and sizing. Sizing in clothing: Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing. 2007 Jan 1:264-76.

BROWNBIDGE, Kathryn et al. Fashion misfit: women's dissatisfaction and its implications. **Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal**, v. 22, n. 3, p. 438-452, 2018.

BROWNBIDGE, Kathryn et al. Fashion misfit: women's dissatisfaction and its implications. **Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal**, v. 22, n. 3, p. 438-452, 2018.

BRYDGES, T.; HANLON, M. (2020). Garment worker rights and the fashion industry's response to COVID-19. *Dialogues in Human geography*, 10(2), 195–198.

CHEN, Jing; BELL, Peter C. The impact of customer returns on pricing and order decisions. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 1, p. 280-295, 2009.

COTTLE, Frederick S.; ULRICH, Pamela V.; TEEL, Karla P. Framework of understanding somatological constructs relative to the fit of apparel. 2014.

COUTO, L.; RODRIGUES, J.R.; PEDRO, E. 2014. A ROUPA SOB MEDIDA NO E-COMMERCE DE MODA. 2º CONTEXMOD, 1(2), p.14.

DAANEN, H. A.; BYVOET, M. B. Blouse sizing using self-reported body dimensions. **International Journal of Clothing Science and Technology**. 2011 Oct 4;23(5):341-50.

DE LIRA, F. A. Metrologia Dimensional: Técnicas de Medição e Instrumentos para Controle e Fabricação Industrial. Saraiva Educação SA, 2015.

DEVARIAN, P; ISTOOK, C. L. Validation of female figure identification technique (FFIT) for apparel software. **Journal of Textile and Apparel, Technology and Management**. 2004;4(1):1-23.

DI, W.; BHARDWAJ, A.; JAGADEESH, V.; PIRAMUTHU, R.; CHURCHILL, E. When relevance is not enough: Promoting visual attractiveness for fashion e-commerce. arXiv preprint arXiv:1406.3561, 2014.

DU, Eddie; LIU, Chang; WAYNE, David H. Automated Fashion Size Normalization. arXiv preprint arXiv:1908.09980, 2019.

DUARTE, Sônia; SAGGESE, Sylvia. Modelagem industrial brasileira-saias. Rio de Janeiro, 5ª. ed. Editora Guarda Roupas, 2010.

DWORZAK, J.; LAMECKER, H.; VON BERG, J.; KLINDER, T.; LORENZ, C.; KAINMÜLLER, D.; SEIM H.; HEGE, H.C.; ZACHOW, S. 3D reconstruction of the human rib cage from 2D projection images using a statistical shape model. **International journal of computer assisted radiology and surgery**. 2010 Mar 1;5(2):111-24.

ESCOBAR-RODRÍGUEZ, Tomás; BONSON-FERNÁNDEZ, Rocío. Analysing online purchase intention in Spain: fashion e-commerce. *Information Systems and e-Business Management*, v. 15, n. 3, p. 599-622, 2017.

FRANCO, J. C. Aplicativo para o reconhecimento de objetos em imagens utilizando a API Cloud Vision destinado a pessoas portadoras de deficiência visual. 2018. Monografia. Graduação em Sistemas de Informação. Blumenau, 2018.

GALLINO, Santiago; MORENO, Antonio. The value of fit information in online retail: Evidence from a randomized field experiment. **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 20, n. 4, p. 767-787, 2018.

GILL, S.; BROWNBIDGE, K. The myth of standard size. In *Beauty 3rd Global Conference*. Oxford: Harris Manchester College, 2013.

GILL, Simeon. A review of research and innovation in garment sizing, prototyping and fitting. **Textile Progress**, v. 47, n. 1, p. 1-85, 2015.

GILL, Simeon; PARKER, Christopher J. Scan posture definition and hip girth measurement: the impact on clothing design and body scanning. **Ergonomics**, v. 60, n. 8, p. 1123-1136, 2017.

GLASGOW, D.; RAMADGE, D.; MACLAURIN, M.B.; SHERMAN, C.E.; CARLSON, T.; SELHORST, B.; inventors; eBay Inc, assignee. Body measurement garment for optimal garment fit. United States patent US 10,172,403. 2019 Jan 8.

GRIBBIN, E. A. Body shape and its influence on apparel size and consumer choices. In: *Designing apparel for consumers*. Woodhead Publishing, 2014. p. 3-16.

GROGAN, Sarah et al. Dress fit and body image: A thematic analysis of women's accounts during and after trying on dresses. **Body Image**, v. 10, n. 3, p. 380-388, 2013.

GUERCINI, S.; BERNAL, Pedro Mir; PRENTICE, Catherine. New marketing in fashion e-commerce. **Journal of global fashion marketing**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2018.

GUPTA, V. (29 de Maio de 2018). Deep Learning based Human Pose Estimation using OpenCV. Disponível em: [https://www.learnopencv.com/deep-learning-based-human-pose-estimation-using-opencv-cpp-python/?fbclid=IwAR2iz8w70hJIN5ajZ2Ug\\_Nuiekd6SvvY-6bb6vQBP8QdF8q7Y365DnoWAIQ](https://www.learnopencv.com/deep-learning-based-human-pose-estimation-using-opencv-cpp-python/?fbclid=IwAR2iz8w70hJIN5ajZ2Ug_Nuiekd6SvvY-6bb6vQBP8QdF8q7Y365DnoWAIQ).

HARRIS, Lloyd C. Fraudulent consumer returns: exploiting retailers' return policies. **European Journal of Marketing**, v. 44, n. 6, p. 730-747, 2010.

ISTOOK, C.L. Three-dimensional body scanning to improve fit. *Advances in apparel production*. 2008 Jan 1:94-116.

HLAING, Ei Chaw; KRZYWINSKI, Sybille; ROEDEL, Hartmut. Garment prototyping based on scalable virtual female bodies. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2013.

HULME, W. H. *The Theory of Garment-Pattern Making*, 2nd ed., The National Trade Press, London, 1946.

JANSSEN, Denise M.; PAAS, Leonard J. Moderately thin advertising models are optimal, most of the time: Moderating the quadratic effect of model body size on ad attitude by fashion leadership. **Marketing Letters**, v. 25, n. 2, p. 167-177, 2014.

JI, Z.; QI, X.; WANG, Y.; XU, G.; DU, P.; WU, Q. Shape-from-Mask: A Deep Learning Based Human Body Shape Reconstruction from Binary Mask Images. arXiv preprint arXiv:1806.08485. 2018 Jun 22.

JIANG, N.; BAO, Q.; YANG, S. 3D Reconstruction technique for tomographic PIV. *Transactions of Tianjin University*. 2015 Dec 1;21(6):533-40.

KART, Ozge et al. Web Based Digital Image Processing Tool for Body Shape Detection. *ICT Innovations 2011, Web Proceedings ISSN 1857-7288*, p. 139, 2012.

KAUR, R. Virtual Fitting Room. U.S. Patent Application 13/918,942, filed December 18, 2014.

KEDIA, Sajan; MADAN, Manjit; BORAR, Sumit. Early Bird Catches the Worm: Predicting Returns Even Before Purchase in Fashion E-commerce. arXiv preprint arXiv:1906.12128, 2019.

KEDRA, K., BARBEITO, I.; DASSOT, M.; VALLET, P.; GAZDA, A. Single-image photogrammetry for deriving tree architectural traits in mature forest stands: a comparison with terrestrial laser scanning. *Annals of forest science*, 76(1), p.5, 2019.

KEMSLEY, W. F. F. *Women's measurements and sizes*. Joint Clothing Council Ltd, HMS O, London, 1957.

KIM, J.; FORSYTHE, S. Adoption of virtual try-on technology for online apparel shopping. **Journal of Interactive Marketing**. 2008 Jan 1;22(2):45-59..

KUNICK, P. *Modern Sizing and Pattern Making for Womens, Mens and Childrens Garments*, London, 1984.

LAGÉ, A.; ANCUTIENÉ, K. Virtual try-on technologies in the clothing industry: basic block pattern modification. **International Journal of Clothing Science and Technology**. 2019 Jun 6.

LEE, J. Y.; ISTOOK, C. L.; NAM, Y. J.; PARK, S. M. Comparison of body shape between USA and Korean women. **International Journal of Clothing Science and Technology**. 2007 Oct 9.

LEMOINE, J. F.; NOTEBAERT, J. F. Agent virtuel et confiance des internautes vis-à-vis d'un site Web. *Décisions marketing*. 2011(61):47.

LI, J.; CHEN, J. A mannequin modeling method based on section templates and silhouette control. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2009 Oct 2;21(5):300-10.

LU, Jun-Ming; WANG, Mao-Jiun J. Automated anthropometric data collection using 3D whole body scanners. *Expert Systems with Applications*, v. 35, n. 1-2, p. 407-414, 2008.

LUNET, N.; SEVERO, M.; BARROS, H. Desvio padrão ou erro padrão. *Arquivos de Medicina*. 2006 Feb;20(1-2):55-9.

MCLEAN, G.; WILSON, A. Shopping in the digital world: Examining customer engagement through augmented reality mobile applications. *Computers in Human Behavior*, 101, pp.210-224. 2019.

MERLE, Aurélie; SENECAI, Sylvain; ST-ONGE, Anik. Whether and how virtual try-on influences consumer responses to an apparel web site. **International Journal of Electronic Commerce**, v. 16, n. 3, p. 41-64, 2012.

MEUNIER, P.; YIN, S. Performance of a 2D image-based anthropometric measurement and clothing sizing system. **Applied Ergonomics**. 2000 Oct 2;31(5):445-51.

NAM, Jin-Hee et al. Analysis of cross sectional ease values for fit analysis from 3D body scan data taken in working positions. **International Journal of Human Ecology**, v. 12, n. 1, p. 87-99, 2011.

O'BRIEN, Ruth; SHELTON, William Chastain. Women's measurements for garment and pattern construction. US Department of Agriculture, 1941.

O'BRIEN, Heather Lynn. The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: The case of online shopping experiences. **Interacting with computers**, v. 22, n. 5, p. 344-352, 2010.

OLIVEIRA, Cassius Gomes et al. Desvio padrão e imprecisão de leitura: Paquímetro. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE*, v. 5, n. 3, p. 27-27, 2019.

PERCOCO, Gianluca. Digital close range photogrammetry for 3D body scanning for custom-made garments. *The Photogrammetric Record*, v. 26, n. 133, p. 73-90, 2011.

PETROVA, A.; ASHDOWN, S.P. Comparison of garment sizing systems. ***Clothing and Textiles Research Journal***. 2012 Oct;30(4):267-84.

QIAN, R. Q., YUE, Y., COENEN, F., & ZHANG, B. L. (2016, July). Traffic sign recognition using visual attribute learning and convolutional neural network. In *2016 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)* (Vol. 1, pp. 386-391). IEEE.

REBELO, Francisco dos Santos. Sistema Digita–Aquisição de Dados Antropométricos Baseada em Técnicas Fotogramétricas para Aplicações em Ergonomia. Manual Técnico. Lisboa, Portugal, 2002.

RIZALDI, R.; KURNIAWATI, A; ANGKOSO, C.V. Implementasi Metode Euclidean Distance untuk Rekomendasi Ukuran Pakaian pada Aplikasi Ruang Ganti Virtual. ***Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer***, 5(2), pp.129-138, 2018.

SAYEM, Abu Sadat Muhammad; KENNON, Richard; CLARKE, Nick. Resizable trouser template for virtual design and pattern flattening. ***International Journal of Fashion Design, Technology and Education***, v. 5, n. 1, p. 55-65, 2012.

SILVA NETO, João Cirilo da. Estudo do erro sistemático ou tendência e repetitividade de um instrumento de medição. 2015.

SIMMONS, Karla Peavy. Body measurement techniques: a comparison of three-dimensional body scanning and physical anthropometric methods. Unpublished A1 paper, North Carolina State University, Raleigh, v. 23, 2001.

SUMARLIAH, E., Khan, S. U., Khan, I. U. (2021a). Online hijab purchase intention: The influence of the coronavirus outbreak. ***Journal of Islamic Marketing***, 12(3), 598–621. doi:10.1108/JIMA-09-2020-0302.

SUMARLIAH, ELI; USMANOVA, KAMILA; MOUSA, KAWTHAR; INDRIYA, INDRIYA (2021). E-commerce in the fashion business: the roles of the COVID-19 situational factors, hedonic and utilitarian motives on consumers' intention to purchase online, ***International Journal of Fashion Design, Technology and Education***.

TOMKINSON, Grant R.; SHAW, Linda G. Quantification of the postural and technical errors in asymptomatic adults using direct 3D whole body scan measurements of standing posture. *Gait & posture*, v. 37, n. 2, p. 172-177, 2013.

VARGAS, A. C. G.; PAES, A.; VASCONCELOS, C. N. Um estudo sobre redes neurais convolucionais e sua aplicação em detecção de pedestres. In: Proceedings of the xxix conference on graphics, patterns and images. sn, 2016.

VINUÉ, Guillermo et al. Looking for representative fit models for apparel sizing. *Decision Support Systems*, v. 57, p. 22-33, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.07.007>. Acesso em: 19 set. 2018.

VOGADO, Luis HS et al. Rede neural convolucional para o diagnóstico de leucemia. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde. SBC, 2019. p. 46-57.

XIE, H.; ZHONG, Y.; YU, Z; HUSSAIN, A. Non-Parametric Anthropometric Graph Convolutional Network for Virtual Mannequin Reconstruction. *IEEE Access*. 2019 Dec 30.

YANG, Shuai; XIONG, Guiyang. Try It On! Contingency Effects of Virtual Fitting Rooms. ***Journal of Management Information Systems***, v. 36, n. 3, p. 789-822, 2019.

YU, A.; YICK, K.L.; NG, S.P.; YIP, J. 2D and 3D anatomical analyses of hand dimensions for custom-made gloves. *Applied ergonomics*. 2013 May 1;44(3):381-92.