



EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS A PARTIR DE IMAGENS GERADAS POR DIGITALIZAÇÃO A LASER E CÂMERAS CCD

Flávia Cristine Hofstetter Pastura

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientador: José Luis Drummond Alves

Rio de Janeiro
Setembro de 2017

EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS A PARTIR DE
IMAGENS GERADAS POR DIGITALIZAÇÃO A LASER E CÂMERAS CCD

Flávia Cristine Hofstetter Pastura

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

Prof. José Luis Drummond Alves, D.Sc.

Dr. Gerson Cunha, D.Sc.

Profa. Aura Conci, D.Sc.

Prof. Antônio Carlos de Abreu Mól, D.Sc.

Dra. Marcia Gomes de Oliveira, D.Sc.

Prof. Luiz Landau, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
SETEMBRO DE 2017

Pastura, Flávia Cristine Hofstetter

Extração Automática de Medidas Antropométricas a partir de Imagens Geradas por Digitalização a Laser e Câmeras CCD/ Flávia Cristine Hofstetter Pastura. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

XI, 183 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: José Luis Drummond Alves

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 116 – 126.

1. Marcos anatômicos. 2. Antropometria 3D. 3. Digitalização a laser. I. Alves, José Luis Drummond. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

Agradecimentos

Aos meus orientadores José Luis Drummond Alves e Gerson Gomes Cunha pelos ensinamentos valiosos, pela oportunidade de crescimento intelectual e por acreditar nesse trabalho.

À Beth, ao Jairo e à Márcia pelo auxílio e compreensão durante todo o curso.

Ao INT pela oportunidade de crescimento profissional e de continuidade dos estudos.

Aos amigos da Divisão de Desenho Industrial do INT pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

À Maria Cristina Palmer Lima Zamberlan pela aprendizagem e exemplo de responsabilidade e compromisso com o trabalho. Esse trabalho não alcançaria os resultados que teve sem o seu apoio.

À Diva Maria Pires Ferreira e à Ana Maria Cuiabano por terem me ensinado o que é Antropometria e a sua importância.

À Profa. Aura Conci, à Dra. Marcia Gomes de Oliveira, ao Prof. Antônio Carlos de Abreu Mól e ao Prof. Luiz Landau por terem aceito o convite de serem membros da banca. Suas observações enriqueceram esse trabalho.

Aos voluntários que se disponibilizaram a participar dessa pesquisa unicamente em prol do conhecimento. O meu sincero obrigado a todos.

Ao Gabriel de Aguiar Mendonça, pela oportunidade de aprendizado e por ter participado de todas as fases desse trabalho, possibilitando a sua realização. Não há palavras para agradecer.

À Gabriela Caldas Jorge, pela edição das imagens desse trabalho. Também não há palavras para agradecer.

À Elfriede, pela compreensão, carinho e apoio incondicional.

Ao Guilherme, companheiro de todos os momentos

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS A PARTIR DE IMAGENS GERADAS POR DIGITALIZAÇÃO A LASER E CÂMERAS CCD

Flávia Cristine Hofstetter Pastura

Setembro/2017

Orientador: José Luis Drummond Alves

Programa: Engenharia Civil

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma metodologia de coleta de dados antropométricos, a partir da imagem digitalizada a laser do corpo humano. Com base nos métodos de localização, estimação e classificação de marcos anatômicos desenvolvidos foi possível extrair da imagem digitalizada as coordenadas xyz de 61 marcos anatômicos, 41 medidas 1D, medidas 2D (área) e 3D (volume). Esses métodos foram testados em 70 modelos humanos digitais, representantes de ambos os sexos, de diferentes biotipos e origem étnica. Os resultados indicaram que os métodos são eficientes tanto na identificação dos marcos anatômicos, com taxa de classificação correta acima de 94%, quanto na extração de medidas antropométricas; o que torna a pesquisa de dados antropométricos mais rápida e confiável, na medida em que erros inerentes aos métodos tradicionais de medição, como a variabilidade nos dados obtidos por medidores distintos é eliminada. A contribuição desse trabalho está na obtenção de medidas antropométricas de forma rápida, precisa e padronizada por meio da automação e dissociação da interpretação humana na coleta de dados antropométricos. Essa contribuição se traduziu na elaboração de um *software* nacional para extração automática de medidas antropométricas a partir de imagens digitalizadas da população brasileira.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS AUTOMATIC EXTRACTION FROM LASER
AND CCD CAMERAS IMAGES

Flávia Cristine Hofstetter Pastura

September/2017

Advisor: José Luis Drummond Alves

Department: Civil Engineering

This work presents the development of a methodology for anthropometric data collection from human body laser scans. Based on the landmark's localization, estimation and classification developed methods, it was possible to extract the xyz coordinates of 61 landmarks, 41 1-D measurements, 2-D measurements and 3-D measurements from the scanned image. These methods were tested in 70 digital human models, representatives of both sexes of different biotypes and ethnic origin. The results indicated that the methods are both efficient in the identification of landmarks, with a correct classification rate above 94%, and in the extraction of anthropometric measurements. This makes anthropometric data survey faster and more reliable, as errors inherent in traditional measurement methods such as data variability according to different measurers are eliminated. The contribution of this work is to collect anthropometric measurements quickly, accurately and in a standardized way through automation and dissociation of human interpretation in the collection of anthropometric data. This contribution resulted in a software for automated extraction of anthropometric measurements from Brazilian population scans.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO	2
1.2	MOTIVAÇÃO	3
1.3	HISTÓRICO DO INT EM PESQUISAS ANTROPOMÉTRICAS	3
1.4	ORGANIZAÇÃO DA TESE	6
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1	PROGRAMAS DE EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA E SEMI-AUTOMÁTICA UTILIZADOS EM PESQUISAS ANTROPOMÉTRICAS DA POPULAÇÃO CIVIL E DE ATLETAS	10
2.2	DADOS ANTROPOMÉTRICOS – HISTÓRICO	14
2.3	ANTROPOMETRIA 3D	17
2.4	POR QUE USAR ANTROPOMETRIA 3D?	18
2.5	EQUIPAMENTOS TRIDIMENSIONAIS (3D)	20
3	METODOLOGIA	25
3.1	MÉTODOS DE ANÁLISE 3D - TRATAMENTO DA NUVEM DE PONTOS	41
3.1.1	<i>Comparação entre os programas MeshLab e CloudCompare (CC) e o programa Rhinoceros - licença educacional</i>	41
3.2	TESTES PRELIMINARES - MARCADORES RGB, MODOS DE EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA COM OS PROGRAMAS CLOUDCOMPARE (CC) E R	47
3.3	COLETA DE DADOS	49
3.4	PÓS-TRATAMENTO DAS IMAGENS	53
3.4.1	<i>Transformando a malha em nuvem de pontos</i>	53
3.4.2	<i>Limpeza dos modelos humanos digitais</i>	55
3.4.3	<i>Seleção da imagem com melhor qualidade</i>	55

3.5	ESTUDO DA LOCALIZAÇÃO DOS MARCOS ANATÔMICOS E DAS CIRCUNFERÊNCIAS	59
3.5.1	<i>Separar os pontos que constituem os marcadores azuis dos demais pontos</i>	59
3.5.2	<i>Classificar um grupo de pontos azuis como um marcador</i>	60
3.5.2.1	Obter as coordenadas do centro de um marcador azul	62
3.5.3	<i>Separar os pontos que constituem os marcadores vermelhos dos demais pontos e obter as coordenadas desses marcadores</i>	64
3.5.4	<i>Separar os pontos que constituem os marcadores verdes dos demais pontos</i>	66
3.6	ESTUDO DA ESTIMAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DOS MARCOS ANATÔMICOS	68
3.6.1	<i>Variáveis de estudo da localização dos centros dos marcadores azuis e vermelhos (pontos marcados)</i>	68
3.6.1.1	Altura do ponto marcado relativa à estatura (HPs)	68
3.6.1.2	Ângulo do ponto marcado (AP)	75
3.6.2	<i>Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e de classificação automática dos marcos anatômicos</i>	83
3.7	ESTUDO DA ESTIMAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DAS CIRCUNFERÊNCIAS	84
3.7.1	<i>Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e de classificação automática das circunferências</i>	85
3.8	CÁLCULO DE MEDIDAS	86
3.8.1	<i>Diâmetro, comprimento e largura</i>	86
3.8.2	<i>Perímetro</i>	86
3.8.3	<i>Seção transversal, área de superfície e volume de segmentos corporais</i>	89
3.9	VALIDAÇÃO DA QUALIDADE DOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	90
3.9.1	<i>Diferença entre as medidas extraídas automaticamente e as medidas tradicionais</i>	90

3.9.2	<i>Varição das medidas extraídas automaticamente relativa às medidas tradicionais</i>	91
4	RESULTADOS	93
4.1	DADOS GERAIS	93
4.2	MARCOS ANATÔMICOS	96
4.2.1	<i>Avaliação da qualidade dos métodos de localização, estimação e classificação dos marcos anatômicos</i>	100
4.3	CIRCUNFERÊNCIAS	103
4.3.1	<i>Avaliação da qualidade dos métodos de localização, estimação e classificação das circunferências</i>	103
4.4	MEDIDAS	105
4.4.1	<i>Validação do método de medição a partir de marcadores</i>	105
4.4.2	<i>Validação do método de medição a partir de pontos e circunferências estimados</i>	108
5	DISCUSSÃO	110
6	CONCLUSÃO	114
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
Apêndice 1	Ficha de Coleta de Dados Homem	127
Apêndice 2	Ficha de Coleta de Dados Mulher	131
Apêndice 3	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	135
Apêndice 4	Listagem dos Marcos Anatômicos	137
Apêndice 5	Relação de Marcos Anatômicos - Direção do Vetor de Referência - Forma no Plano Transversal	139
Apêndice 6	Manual de Medição Antropométrica	141

Apêndice 7	Manual para Localização de Marcos Anatômicos	151
Apêndice 8	Tabela 01: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática dos marcos anatômicos dos homens	168
Apêndice 9	Tabela 02: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática dos marcos anatômicos das mulheres	169
Apêndice 10	Tabela 03: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática dos marcos anatômicos dos homens	170
Apêndice 11	Tabela 04: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática dos marcos anatômicos das mulheres	171
Apêndice 12	Tabela 05: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática das circunferências dos homens	172
Apêndice 13	Tabela 06: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática das circunferências das mulheres	172
Apêndice 14	Tabela 07: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática das circunferências dos homens	173
Apêndice 15	Tabela 08: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática das circunferências das mulheres	173
Apêndice 16	Tabela 09: Estatísticas descritivas das medidas dos homens obtidas de modo tradicional, a partir dos pontos marcados e a partir dos pontos estimados	174
Apêndice 17	Tabela 10: Estatísticas descritivas das medidas das mulheres obtidas de modo tradicional, a partir dos pontos marcados e a partir dos pontos estimados	175

Apêndice 18	Tabela 11: Diferença entre as medidas obtidas a partir de marcadores e as medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685	176
Apêndice 19	Tabela 12: Diferença entre as medidas obtidas a partir de marcadores e as medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685	177
Apêndice 20	Tabela 13: Variação das medidas obtidas a partir de marcadores relativas às medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média de 5%	178
Apêndice 21	Tabela 14: Variação das medidas obtidas a partir de marcadores relativas às medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média de 5%	179
Apêndice 22	Tabela 15: Diferença entre as medidas obtidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados e as medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685	180
Apêndice 23	Tabela 16: Diferença entre as medidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados e as medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685	181
Apêndice 24	Tabela 17: Variação das medidas obtidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados relativas às medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média de 5%	182
Apêndice 25	Tabela 18: Variação das medidas obtidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados relativas às medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média de 5%	183

1 Introdução

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma técnica de coleta de dados antropométricos, a partir da imagem digitalizada do corpo humano em três dimensões.

Com base na metodologia e nos algoritmos desenvolvidos foi possível extrair da imagem digitalizada, modelo humano digital, as coordenadas xyz de marcos anatômicos. A partir da localização e classificação automatizadas desses marcos, medidas antropométricas 1D, 2D e 3D foram calculadas, tornando a pesquisa de dados antropométricos mais rápida e confiável, na medida em que erros inerentes aos métodos tradicionais de medição, como a variabilidade nos valores obtidos por medidores distintos, é eliminada.

Tanto a informação da cor (RGB), quanto relações geométricas foram utilizadas para o desenvolvimento dos algoritmos de identificação dos marcos anatômicos.

A necessidade de promover a automação na coleta de dados antropométricos decorre do fato de que, nos métodos tradicionais, os protocolos de medição são extensos, laboriosos e demandam muito tempo na sua realização.

Os métodos propostos de identificação dos marcos foram testados em 70 modelos humanos digitais, representantes de ambos os sexos, de um universo bastante diverso em termos de biotipo e origem étnica. Os resultados indicaram que os métodos são eficientes tanto na identificação dos marcos anatômicos, quanto na extração de medidas antropométricas.

Comparando-se os dados obtidos a partir da técnica desenvolvida com aqueles obtidos pelo método de medição tradicional, a técnica é mais rápida, tendo reduzido o tempo de pesquisa de dados em 1/3 do tempo, é mais precisa e consistente.

A contribuição desse trabalho está na obtenção de medidas antropométricas de forma rápida, precisa e padronizada por meio da automação e dissociação da interpretação humana na coleta de dados antropométricos. Essa contribuição se traduziu na elaboração de um *software* nacional para extração automática de medidas antropométricas a partir de imagens digitalizadas da população brasileira.

1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de uma técnica para recuperar sessenta e um marcos anatômicos; quarenta e uma medidas antropométricas 1D; medidas 2D e medidas 3D, a partir de imagens digitalizadas do corpo humano.

A partir da localização e classificação automatizadas de marcos anatômicos de referência e circunferências previamente demarcados no corpo humano, por meio de etiquetas adesivas nas cores azul e vermelha e de elásticos na cor verde (figuras 1 e 2), larguras, comprimentos, circunferências, diâmetros, profundidades, áreas de seção transversal e volumes são automaticamente extraídos pelos algoritmos desenvolvidos.

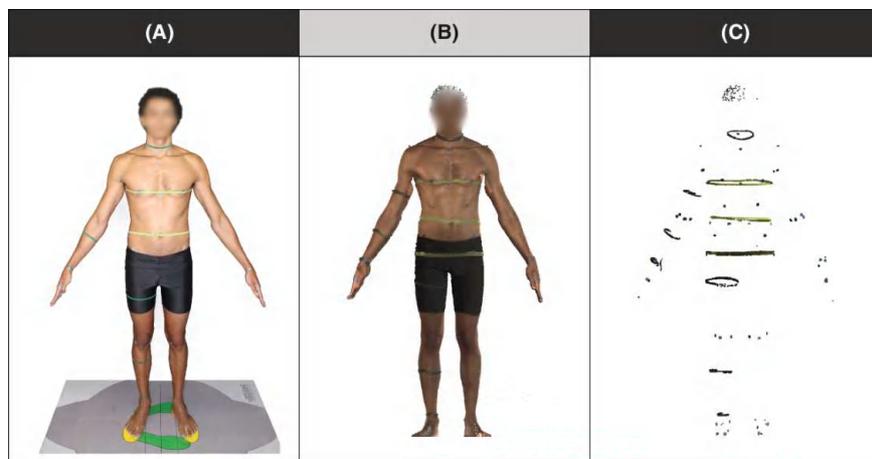


Figura 1: (A) demarcação de 61 marcos anatômicos e 9 circunferências no corpo da pessoa. (B) modelo humano digitalizado. (C) extração automática de marcos e circunferências.

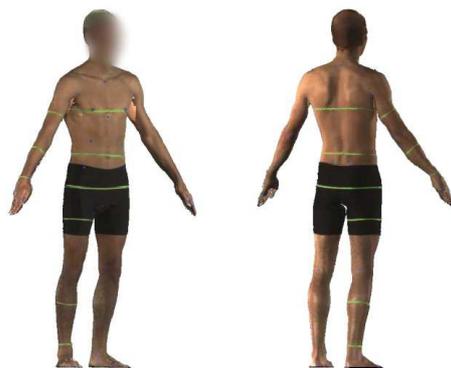


Figura 2: localização e classificação dos marcos anatômicos - extração automática das coordenadas dos marcos

1.2 Motivação

A principal motivação para o desenvolvimento dessa tese é o trabalho que vem sendo desenvolvido pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT), ao longo dos últimos quarenta anos, na área de ergonomia e antropometria.

Com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade do produto brasileiro, o INT vem se dedicando a realizar pesquisas antropométricas de segmentos representativos da nossa população, tendo realizado entre 1979 e 2001, utilizando técnicas tradicionais em antropometria, seis pesquisas antropométricas. Quatro dessas pesquisas estão à disposição do setor produtivo por meio de um banco de dados denominado ERGOKIT, com a finalidade de oferecer às empresas dados antropométricos 1D confiáveis e fidedignos da população brasileira (ERGOKIT, 1995).

Com base nos dados de 4.649 brasileiros, homens e mulheres de 18 a 65 anos, consolidados no ERGOKIT, o INT desenvolveu manequins virtuais 2D para aplicação em projetos industriais que utilizam sistemas CAD (*Computer Aided Design*). Esses manequins virtuais 2D vinham sendo utilizados em projetos de postos e ambientes de trabalho tanto para o setor industrial quanto o doméstico. Entretanto, com a evolução e a disseminação dos sistemas CAD 3D para projeto, principalmente nas grandes empresas, o desenvolvimento de modelos humanos digitais, que representem a conformação humana de forma mais realista, tornou-se uma necessidade. A geração de modelos humanos digitais da nossa população só pode se dar a partir da realização de pesquisa antropométrica 3D com uso da tecnologia de *scanner* 3D a laser, que permite capturar a superfície corporal humana com precisão. Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos específicos que auxiliem no tratamento da grande quantidade de dados gerada pela digitalização a laser é uma necessidade.

1.3 Histórico do INT em pesquisas antropométricas

A primeira pesquisa antropométrica conduzida pelo INT, denominada Medidas do Homem Brasileiro, foi realizada em 1979, em conjunto com a COPPE / UFRJ, durante a XXII Feira de Utilidades Domésticas, no Rio de Janeiro, tendo sido levantadas 32 variáveis antropométricas em 1477 pessoas. Devido à pouca precisão dos equipamentos utilizados na pesquisa, os dados tratados estatisticamente

apresentaram inconsistências que comprometiam a sua qualidade, o que levou o INT à decisão de não publicar os resultados dessa pesquisa.

Em razão da falta de recursos para realizar uma pesquisa antropométrica em âmbito nacional e a inexistência de dados antropométricos confiáveis para o desenvolvimento de projetos de produtos, dentre eles máquinas, postos de trabalho e vestuário, o INT realizou entre 1985 e 1986 a Pesquisa Antropométrica e Biomecânica dos Operários da Indústria de Transformação do Rio de Janeiro, na qual foram levantadas 46 variáveis antropométricas para o projeto de postos de trabalho e 24 medidas antropométricas de vestuário, tendo sido medidos 3100 homens em 26 empresas no Rio de Janeiro.

Em 1988, por demanda do SERPRO, foi realizada a Pesquisa Antropométrica dos Digitadores do SERPRO, na qual foram levantadas 35 variáveis antropométricas para o projeto de postos de trabalho para os digitadores, tendo sido medidas 405 pessoas (202 mulheres e 203 homens). A demanda do SERPRO por dados antropométricos confiáveis para o desenvolvimento de mobiliário ergonomicamente adequado marca o início do aumento significativo no Brasil dos Distúrbios Ósteomusculares Relacionados ao Trabalho – DORT, entre os trabalhadores que desenvolviam atividades repetitivas e de forma contínua em posturas inadequadas.

Na medida em que se percebia, cada vez mais, a importância e a necessidade de uma pesquisa antropométrica em âmbito nacional foi elaborado, por meio de acordo de Cooperação Técnico-Científica entre o Ministério do Exército e o INT, o projeto Dados Antropométricos da População Brasileira. O acordo de cooperação para execução do projeto foi firmado em agosto de 1986, com apoio da FINEP, e tratava da realização, em conjunto, da Pesquisa Antropométrica da População Militar e da Pesquisa Antropométrica da População Civil Economicamente Ativa - PEA. Estimou-se a amostra da população civil – PEA, em 8640 pessoas, das quais 4320 homens e 4320 mulheres, distribuída em 44 municípios brasileiros, situados em todas as regiões socioeconômicas brasileiras. A amostra da população militar seria constituída de 3456 militares, distribuída em 57 municípios, em todas as regiões militares brasileiras. Os objetivos desse projeto eram: a) levantar as medidas antropométricas da população brasileira - extratos militar e civil - tendo em vista a interação entre as pessoas e as máquinas, equipamentos e produtos; b) constituir uma base de dados antropométricos para consulta e utilização pelo sistema produtivo e por associações de defesa do consumidor; c) fornecer dados para montagem de um sistema computacional 3D para avaliação ergonômica de projetos de equipamentos, armamentos e automotivos militares, bem como para produtos de uso civil; d) subsidiar o estabelecimento de normas técnicas brasileiras.

No início do 2º semestre de 1989, teve início a primeira fase do projeto com a previsão de coleta de uma amostra de 1080 militares, representativa da população combatente do Comando Militar do Leste (RJ/MG), e uma amostra de 1440 civis – 720 homens e 720 mulheres - representativa da população ocupada no setor industrial, em estabelecimentos com 300 ou mais empregados, das regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Entretanto, por uma série de fatores de ordem econômica, ocasionados principalmente pela desvalorização dos recursos do projeto em um contexto inflacionário no Brasil da ordem de 80% ao mês, apenas a coleta de dados da população militar (1080 militares), prevista para a primeira fase do projeto, foi concluída em dezembro de 1989. Em função da inexistência de recursos para dar continuidade ao projeto, os dados levantados foram tratados e o projeto foi encerrado.

Em 1992, por demanda da companhia telefônica do Rio de Janeiro, à época a TELERJ, foi realizada a Pesquisa Antropométrica das Telefonistas de Auxílio à Lista da TELERJ, na qual foram levantadas 38 variáveis antropométricas para o projeto de novos postos de trabalho, tendo sido medidas 64 mulheres ocupadas no setor de auxílio à lista da companhia. A demanda da TELERJ também se deveu à necessidade de melhorar as condições de trabalho das telefonistas em decorrência do aumento de afastamentos do trabalho, em função dos DORT que acometiam as telefonistas desse setor.

Nos anos noventa, na medida em que os recursos públicos para a execução de pesquisas dessa natureza tornavam-se cada vez mais escassos, o INT deu continuidade às pesquisas teóricas em antropometria, buscando outros métodos de pesquisa que viabilizassem técnica, econômica e operacionalmente a pesquisa de dados antropométricos da nossa população, em âmbito nacional.

A última pesquisa antropométrica realizada pelo INT, denominada Pesquisa Antropométrica dos Empregados Ocupados nos Setores de Produção e Montagem da EMBRAER, foi executada em 2001 sob demanda da Universidade Federal de São Carlos, no âmbito de um projeto de adequação ergonômica dos postos de trabalho da EMBRAER, realizado pela UFSCar para aquela empresa. Foram levantadas 51 variáveis antropométricas para o projeto de postos de trabalho e ferramentas em 338 pessoas (231 homens e 107 mulheres) ocupadas nos setores acima citados.

1.4 Organização da Tese

O texto desta tese está assim organizado: no **capítulo 1** são apresentados os motivos que levaram a realização do trabalho e o seu objetivo.

No **capítulo 2** são apresentados os conceitos básicos que definem a antropometria tradicional e a antropometria 3D, as características da medição tradicional e da digitalização 3D e as vantagens do uso dessa tecnologia em pesquisas antropométricas. Também são apresentados o conceito de modelo humano digital 3D e a extração de medidas antropométricas a partir de marcos anatômicos identificados nesses modelos, os principais programas de extração automática e semi-automática já utilizados em pesquisas antropométricas 3D e um histórico sobre essa ciência. Nesse capítulo também é apresentado uma breve descrição dos tipos de equipamentos de medição antropométrica 3D.

No **capítulo 3** são apresentados os testes realizados que permitiram dar continuidade ao trabalho, bem como, testes comparativos entre programas de análise e tratamento de nuvem de pontos e de malhas poligonais 3D gratuitos e de licença educacional. Nesse capítulo também é apresentada a metodologia desenvolvida para a obtenção por extração automática de medidas antropométricas. São descritos os métodos de localização, estimação e classificação automática de marcos anatômicos e circunferências do corpo e os cálculos para se obter medidas antropométricas. Nesse capítulo também são apresentadas as ferramentas utilizadas para avaliar a metodologia desenvolvida.

No **capítulo 4** são apresentados os resultados alcançados.

No **capítulo 5** os resultados são discutidos, bem como aplicações futuras para essa metodologia.

Na **conclusão** do trabalho são feitas recomendações quanto à aplicação dos métodos desenvolvidos e apontados caminhos para o aperfeiçoamento desses métodos.

2 Fundamentação Teórica

Antropometria é o ramo das ciências humanas que lida com as medidas corporais – particularmente aquelas relacionadas ao tamanho, à conformação e à constituição física; ela trata da medição das características que definem a geometria física, propriedades de massa e capacidades em termos de força do corpo humano e da aplicação dos dados levantados nessa medição. (ROEBUCK Jr., 1995).

O nome deriva de *anthropos*, que significa humano, e *metrikos*, que significa relacionado ou pertencente à medição.

Segundo ROEBUCK Jr. (1995), os métodos antropométricos estão entre as ferramentas básicas de trabalho para a análise e o desenvolvimento de requisitos de projeto, nos quais são considerados as grandes variações em tamanhos, proporções, mobilidade, forças e outros fatores que definem os seres humanos fisicamente. A sensibilidade e a capacidade de desempenho humano estão, em parte, relacionadas a essas características físicas; assim, questões antropométricas também influenciam aspectos relacionados à fisiologia e à psicologia do conforto e da percepção.

Segundo WANG *et al.* (2007), tendo as dimensões do corpo como referência, produtos e equipamentos podem ser projetados para que se adequem perfeitamente aos usuários e para o incremento da usabilidade e da produtividade.

Tradicionalmente, dados antropométricos são obtidos utilizando-se instrumentos de medição direta, como compassos (antropômetro, compasso de correição grande, compasso de correição pequeno e compasso de ponta romba) e fita métrica. Entretanto, a precisão e a consistência da medição manual direta tendem a ser afetadas por erros humanos e variações na pessoa medida. Além disso, o procedimento de medição é demorado e cansativo, tanto para o medido, quanto para o medidor. Com o avanço das modernas tecnologias óticas, é possível coletar as medidas do corpo humano de modo eficiente, com métodos de medição sem contato, como a digitalização tridimensional (3D) a laser (WANG *et al.*, 2007).

Tecnologia relativamente nova, a digitalização 3D do corpo inteiro permite capturar uma imagem 3D da superfície do corpo a partir da qual inúmeras medidas digitais podem ser extraídas como, circunferências, comprimentos, larguras, áreas de superfície, áreas de seção transversal e volumes (DANIELL, 2008, SCHRANZ, *et al.*, 2012, OLDS e HONEY, 2006).

A digitalização 3D do corpo inteiro utiliza luz laser, ou luz branca (luz estruturada), projetada sobre o corpo com a reflexão captada por câmeras como uma

série de pontos (normalmente entre 500 mil e um milhão) com coordenadas xyz. A partir daí, as medidas podem ser extraídas dos arquivos obtidos utilizando programas de extração de medidas (SCHRANZ *et al.*, 2010).

Nas últimas décadas, várias pesquisas foram dedicadas à construção de bancos de dados antropométricos utilizando tecnologias de digitalização ótica 3D. Nesse sentido, as pesquisas mais conhecidas são o projeto *CAESAR* (*Civilian American and European Surface Anthropometry Resource / 1998-2002*) e o projeto *SizeUK* (2001-2002) nos quais grandes bancos de dados de modelos humanos digitais foram construídos utilizando *scanners* 3D de corpo inteiro (WANG *et al.*, 2007).

Além das pesquisas acima mencionadas, as pesquisas *Size Korea* (2003-2004), *SizeChina* (2006-2007) (figura 3), *Anthropometric Survey of the Spanish Female Population* (2006) e *Campagne Nationale de Mensuration* (2003-2005) são exemplos onde foi utilizada a digitalização ótica 3D. Nessas pesquisas a tecnologia utilizada foi a digitalização a laser.



Figura 3: posicionamento da pessoa para realizar a digitalização na pesquisa *SizeChina*. *scanner* Cyberware 3030 (BALL, 2011)

Segundo WANG *et al.* (2007), o *scanner* 3D a laser de corpo inteiro é o estado da arte do sistema de medição ótica. O sistema envolve uma fonte de luz, sensores e um controlador. Por meio da varredura do corpo humano, uma nuvem de pontos tridimensionais da superfície do corpo pode ser capturada, uma malha triangular construída e um modelo humano digital tridimensional elaborado. A partir daí, a extração de dados antropométricos e a animação de modelos humanos digitais podem

ser realizadas. As vantagens de se coletar dados antropométricos, a partir de modelos humanos digitais, são: os dados podem ser recuperados repetidas vezes e um número imenso de medidas do corpo, incluindo dados unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais podem ser extraídos para várias necessidades de aplicação.

Ainda segundo WANG *et al.* (2007), na extração de dados antropométricos, a partir de modelos humanos digitais, existem duas questões importantes a serem abordadas: a identificação dos marcos anatômicos (pontos anatômicos de referência no corpo humano) e a medição dos dados antropométricos. Para extrair dados antropométricos de modo eficaz, primeiramente, alguns marcos anatômicos devem ser identificados. Para isso, deve ser dada formação aos pesquisadores para que localizem corretamente os pontos anatômicos, especialmente, quanto à identificação de saliências ósseas. A identificação desses pontos em um modelo humano digital tridimensional é ainda mais difícil, no caso da tentativa de extrair medidas antropométricas manualmente, a partir de imagens tridimensionais. Desse modo, atenção tem sido dada para o desenvolvimento de métodos que facilitem a correta identificação dos marcos anatômicos. Esses métodos de identificação, de modo geral, podem ser classificados como: (1) pré-marcação; (2) mapeamento do corpo humano; (3) análise da geometria; e (4) determinação da localização aproximada da altura.

PARGAS (1998) desenvolveu algoritmos para identificação de marcos anatômicos com base na localização aproximada da altura e encontrou taxas de sucesso variando entre 100% para a linha do busto/peito e 61% para a altura do entre pernas. Segundo WANG *et al.* (2007) o método de determinação da localização aproximada da altura tem menor desempenho, enquanto o método de pré-marcação parece apresentar uma abordagem mais eficaz, com uma taxa de reconhecimento relativamente mais elevada. DAANEN e WATER (1998) sugeriram que o uso da informação da cor na imagem tridimensional do modelo humano digital pode aumentar a eficácia do reconhecimento do marco anatômico.

2.1 Programas de extração automática e semi-automática utilizados em pesquisas antropométricas da população civil e de atletas

Segundo WANG *et al.* (2007), para *scanners* de corpo inteiro específicos, sistemas personalizados de identificação de marcos anatômicos e de medição de dados precisam ser desenvolvidos para facilitar o processo de coleta de dados e subsequentes aplicações. Esse é o caso do *scanner* de corpo Cyberware WBX (Cyberware Inc.) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) que foi utilizado no desenvolvimento desse trabalho. O *scanner* WBX emprega o programa dedicado de extração automática e semi-automática DigiSize para a obtenção de medidas antropométricas (figura 4). Esse programa não toma como base marcos anatômicos previamente identificados no corpo para executar a extração automática de medidas antropométricas.



Figura 4: DigiSize programa proprietário de extração automática e semi-automática do *scanner* Cyberware WBX

Sistemas computacionais já desenvolvidos como o Shape Analysis (Beecher Research Company), o Integrate (USA Force Research Lab – USAFRL) e o Techmath-Vitus operam de modo que as medidas antropométricas são extraídas manualmente das imagens digitalizadas e previamente demarcadas. Outros sistemas como os programas DLA-ARN (Defense Logistics Agency-Apparel Research Network), Body Line Scanner (University College London) e Body Measurement System (ITC² - Textile Clothing Technology Corporation) incorporam a extração automática como a principal capacidade funcional (PAQUETTE *et al.*, 2000).

O programa *Integrate* de extração semi-automática de marcos e medidas foi desenvolvido pelo laboratório *CARD - USAFRL (Computerized Anthropometric Research and Design Laboratory - USA Force Research Lab)* em parceria com a empresa *Advanced Information Engineering Services da General Dynamics* para o projeto *CAESAR* (figura 5). O sistema foi desenvolvido como protótipo para testar as funcionalidades necessárias para visualização, análise e manipulação de dados antropométricos 3D. Originalmente, o *Integrate* foi desenvolvido em estações *Silicon Graphics 4D*, mas a versão mais recente do programa, versão 2.8, está disponibilizada nos sistemas operacionais *IRIX, Linux e WIN32*. Por ter sido projetado como um sistema protótipo, ter uma interface amigável não foi uma das prioridades para os desenvolvedores.

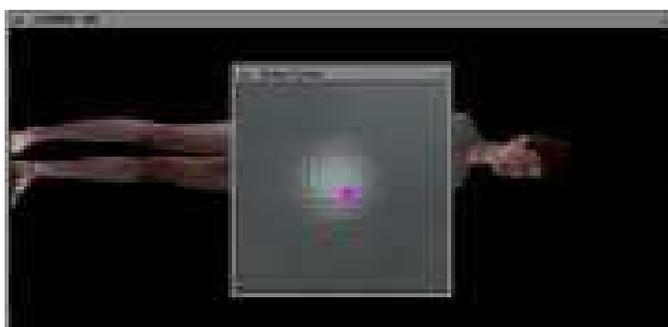


Figura 5: método semi-automático - programa *Integrate* utilizado na pesquisa *CAESAR*

Na pesquisa *Size Korea* foi utilizado o programa de extração semi-automática *3DM*, desenvolvido pelo centro de pesquisa *CAR (Clemson Apparel Research)* da Universidade de Clemson. Em desenvolvimento desde 1991, o sistema faz uso de arquivos de imagem 3D do corpo em formato de texto e apresenta funções para exibir, manipular, segmentar, analisar e medir a imagem. O programa foi desenvolvido em *C++*, utiliza as bibliotecas *OpenGL* e *X-Windows* e opera tanto em estações *Silicon Graphics* com sistema *Unix*, quanto em PC's com sistema *Windows NT* (PARGAS, 1998). O *3DM* abre arquivos de imagem de qualquer *scanner* que gere pontos no formato *xyz*, onde *x*, *y* e *z* são as coordenadas do ponto em 3D. Caso a informação de cor do ponto seja fornecida pelo *scanner*, o *3DM* apresenta um segundo conjunto de dados - *RGB* - que representa as coordenadas da cor vermelha, verde e azul do ponto. O *3DM* é independente do equipamento e tem sido utilizado com dados gerados por *scanners* de corpo inteiro da *Cyberware* e da *[TC]²*. Nesse programa, o usuário pode selecionar manualmente qualquer ponto, marco anatômico ou série de pontos na imagem (como o acrômio, cotovelo, umbigo etc.) e pode retirar medidas lineares da superfície, medidas em linha reta e circunferências. Medidas lineares da superfície seguem o contorno do corpo, medidas em linha reta fornecem distâncias

Euclidianas entre pontos e medidas de circunferência podem seguir o contorno do corpo ou traçar o envoltório convexo dos pontos (*convex hull*).

Na pesquisa *Anthropometric Survey of the Spanish Female Population* foi utilizado o programa de extração automática *Anthroscan* (Human Solutions) para extrair noventa e cinco medidas antropométricas de cada malha poligonal 3D. Apesar do programa extrair os dados automaticamente, algumas medidas que são afetadas pela postura de digitalização e por áreas com acúmulo de gordura foram extraídas manualmente. Os pontos axilares, por exemplo, foram automaticamente detectados abaixo da localização correta desses pontos em indivíduos com excesso de peso e tiveram de ser reposicionados manualmente. Nessa pesquisa, essa metodologia semi-automática combinando medidas automáticas (figura 6 - A) com revisão manual (figura 6 - B) foi aplicada durante a fase de extração de medidas para garantir a qualidade da medição (GARCIA, 2011).

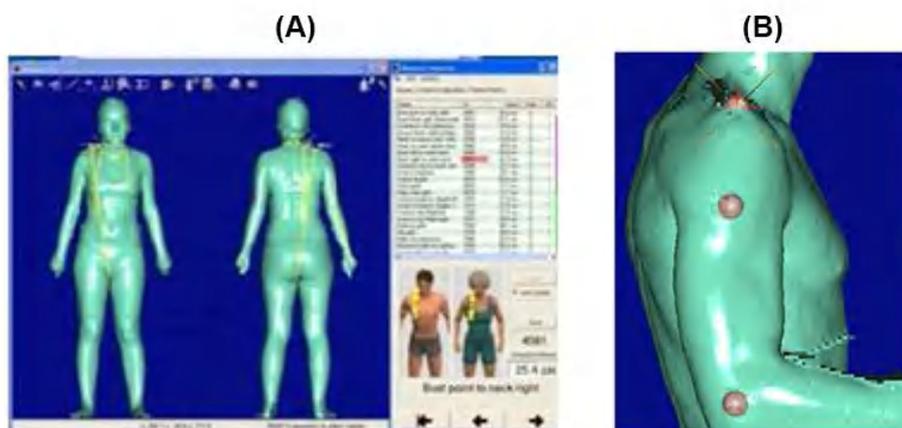


Figura 6: (A) medidas extraídas automaticamente e (B) detecção semi-automática de marcadores utilizando o programa *Anthroscan*

Na pesquisa antropométrica 3D de remadores australianos, conduzida por SCHRANZ *et al.* (2010), os programas Digisize v2.3 (Cyberware Inc.) e CySlice v3.4 (Headus 3D) foram utilizados para extrair automaticamente trinta e seis medidas antropométricas, que incluíram comprimentos, larguras, circunferências, áreas de seção transversal e de superfície e volumes. Cada arquivo foi avaliado em termos de qualidade por um técnico em digitalização e exportados do programa nativo ScanWorx Editor (Human Solutions) para um formato legível para o programa CySlice v. 3.4. A função CySlice foi utilizada para unir os pontos adjacentes da malha poligonal e preencher as falhas da digitalização fornecendo uma representação suavizada da superfície do corpo para a extração das medidas (figura 7) (OLDS *et al.*, 2013).

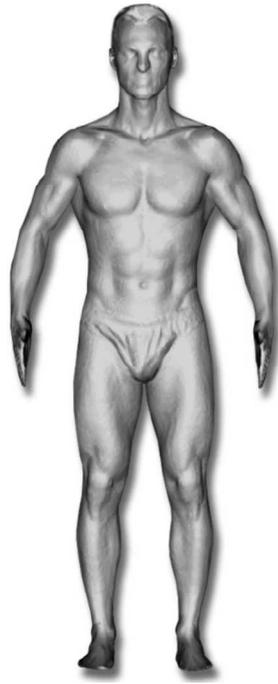


Figura 7: imagem digitalizada e renderizada de um participante da pesquisa antropométrica 3D de remadores australianos após a digitalização 3D na postura padrão. Imagem pronta para extração dos dados (SCHRANZ *et al.* (2010))

Todos esses programas são proprietários ou dedicados aos *scanners* não estando disponíveis para uso. Uma alternativa para a extração de medidas antropométricas são programas de modelagem 3D comerciais de custo elevado tais como, *Geomagic* e *Polyworks*, de custo relativamente baixo, como o *Rhinoceros*, e programas gratuitos tais como, *Meshlab* e *CloudCompare*. Esses programas possibilitam a extração manual de medidas a partir do modelo humano digital, mas tornam-se inviáveis quando se trata de pesquisas antropométricas, mesmo que a amostra a ser pesquisada seja pequena. A extração manual é lenta e passível de erros, considerando que cada operador do programa poderá decidir onde será retirada a medida antropométrica no modelo humano digital.

Especificamente em relação aos programas de extração automática dedicados aos *scanners*, a questão que se coloca é que tais programas são dependentes de informações como direção, tamanho ou variação nos contornos da superfície do corpo e não tomam como base referências anatômicas fundamentais em antropometria, os denominados pontos ou marcos anatômicos. Marcos anatômicos são ferramentas que auxiliam na caracterização tanto do tamanho quanto da forma das populações humanas (BURNSIDES *et al.*, 2001).

Daí a importância de se desenvolver programas de extração automática com atributos para a localização e a classificação dos marcos anatômicos, pois é a partir destes que o cálculo de medidas antropométricas poderá ser realizado com precisão e

confiabilidade. Segundo ROBINETTE e DAANEN (2006), a menos que marcadores colocados sobre marcos anatômicos localizados por palpação sejam efetivamente identificados no modelo humano digital, as medidas resultantes podem ser bastante imprecisas.

2.2 Dados Antropométricos – Histórico

A antropometria é um ramo da antropologia física cujas origens podem ser remetidas às viagens de Marco Polo (1273-1295), que revelaram uma grande variedade de etnias que se diferenciavam quanto ao tamanho e à constituição corporal. Linné (1707-1778), Buffon (1707-1788) e White (1728-1813) lançaram as bases dessa ciência demonstrando que existiam diferenças nas proporções corporais das várias raças humanas (ROEBUCK, *et al.*, 1975).

A antropometria era utilizada na tentativa de se distinguir entre etnias e grupos étnicos humanos, para identificar criminosos e para auxiliar em diagnósticos médicos (ROEBUCK, Jr., 1995).

Blumenbach (1752-1840) relatou, pela primeira vez, os dados antropométricos disponíveis na época em seu tratado, *On the Natural Differences in Mankind*. Credita-se ao estatístico Quetelet (1796-1874) a fundação dessa ciência e a idealização do termo “antropometria”. Ele conduziu a primeira pesquisa de somatometria em larga escala (ROEBUCK, *et al.*, 1975).

Em 1838, Humphrey calculou índices a partir da medição do comprimento de úmeros, raios, fêmures e tíbias de 25 esqueletos de homens brancos e negros, divididos pelas respectivas estaturas. O passo seguinte foi a conclusão de que muitos dos comprimentos ósseos poderiam ser medidos nos próprios indivíduos, a partir das terminações encontradas por palpação. Outras demarcações, como mamilos e umbigo, foram verificadas como sendo importantes para o estudo das proporções. Broca (1824-1880), fundador da *École d'Anthropologie* em Paris, influenciou o surgimento da antropologia por sua pesquisa teórica e também pela idealização de técnicas e meios de medição. Em 1914, *Lehrbuch der Anthropologie* foi publicado por Martin, permanecendo como livro texto dessa ciência por várias décadas (ROEBUCK *et al.*, 1975).

Entre o final do século XIX e o início do século XX houve um crescimento no interesse do estudo detalhado dos seres humanos e dos esqueletos dos homens primitivos. Nessa época, nos Estados Unidos, as atividades em antropometria estavam dirigidas à comparação entre as muitas relíquias do homem antigo em relação às

dimensões corporais do homem moderno e em relação às diferenças antropométricas observadas entre os cidadãos americanos de diversas origens étnicas (ROEBUCK *et al.*, 1975).

Estudos antropológicos relacionando medidas corporais e ocupação (antropologia ocupacional) foram realizados nos Estados Unidos durante a Guerra Civil e as Primeira e Segunda Guerras Mundiais (Gould, 1869, Baxter, 1875, Davenport e Love, 1921, Serviço de Alistamento dos Estados Unidos, 1943, Hooton *et al.*, 1948, Hooton, 1949, Randall, 1947-1949, e Randall e Baer, 1951, *apud* Roebuck, *et al.*, 1975). Em 1882, Bertillon idealizou um sistema de 11 medidas corporais para o estabelecimento da identidade visual de criminosos (ROEBUCK, *et al.*, 1975).

No início do século XX a antropometria tinha se tornado um ramo importante da antropologia. Entretanto, não havia uma padronização quanto ao método de medição e às variáveis antropométricas propriamente ditas. Dessa forma, as comparações entre os resultados tornavam-se difíceis. Em abril de 1906, no Congresso Internacional de Antropólogos, realizado em Mônaco, foram padronizadas as 38 variáveis antropométricas do crânio e as 19 variáveis antropométricas da cabeça e da face. Em 1912, no mesmo Congresso, ocorrido em Genebra, foi estabelecida uma segunda padronização, dessa vez relativa a medidas do corpo, principalmente do esqueleto, excluindo-se as da cabeça. O *Lehrbuch der Anthropologie*, publicado por Martin, estabeleceu uma unificação das técnicas de medição em um nível bastante abrangente (ROEBUCK, *et al.*, 1975).

O estudo sistemático das medidas corporais humanas teve início ao final de 1800 e início de 1900, voltado para produtos comerciais, registros médicos e seleção militar (Baxter, 1875, Gould, 1869, Davenport e Love, 1921, *apud* ROEBUCK, *et al.*, 1975). Muitas pesquisas antropológicas militares foram dedicadas ao estabelecimento dos efeitos das medidas e da constituição corporal no projeto e uso de equipamentos militares (Randall, 1948, *apud* ROEBUCK *et al.*, 1975). A ênfase pela busca por uma integração das ciências biológicas com as necessidades de projeto foi evidenciada na Segunda Guerra Mundial, com o surgimento de toda uma nova série de problemas relacionando o homem, a máquina e o seu em torno. Somados a problemas tais como a definição de medidas de vestuário para tropas do Exército, um grande número de acidentes em aeronaves de treinamento e operação apontaram para a necessidade dos estudos ergonômicos.

Os psicólogos, que estudaram as ações dos homens sob o estresse do voo, descobriram que a complexidade dos equipamentos militares ultrapassava a capacidade humana para operá-los (Damon e Randall, 1944, *apud* ROEBUCK, *et al.*, 1975). Mesmo com operadores altamente treinados, alguns equipamentos não

poderiam ser operados em sua eficiência máxima, devido a uma relação inadequada entre as características humanas e as demandas da máquina, da forma como esta havia sido projetada (ROEBUCK, *et al.*, 1975).

Dentre outros problemas, descobriu-se que os *cockpits*, com frequência, eram muito pequenos para a maior parte dos pilotos, assim dificultando ou mesmo impedindo certos movimentos dos mesmos. O interesse pelo estudo das medidas do corpo foi enfatizado quando se concluiu que havia falta de dados confiáveis sobre as dimensões antropométricas dos pilotos militares. Foram então realizadas pesquisas antropométricas de modo a levantar as dimensões de pilotos e da tripulação de voo de modo a definir critérios para o projeto de futuras aeronaves, bem como para estabelecer critérios dimensionais para o projeto de máquinas mais adequadas. Um marco nesse trabalho foi a publicação *Human Body Size in Military Aircraft and Personal Equipment*, de Randall, Damon, Benton e Patt (1946) (*apud* ROEBUCK, *et al.*, 1975).

Após a Segunda Guerra Mundial, empresas comerciais e as forças armadas prosseguiram seus estudos sobre as medidas do corpo humano e sobre os requisitos para o projeto de espaços de trabalho, bem como sobre os fatores fisiológicos e psicológicos nele envolvidos. Hooton pesquisou 3867 homens e mulheres em estações de trem de Boston e Chicago para obter medidas para o assento dos trens. Estudos similares foram realizados na Harvard School of Public Health, no final da década de 1940, de modo a melhorar a segurança no uso de equipamentos. Pesquisas antropométricas foram realizadas também com motoristas de caminhões, de ônibus e de automóveis. Nessas pesquisas mais de 300 motoristas de ônibus e de caminhões foram medidos de modo a estabelecer relações entre medidas como altura do assento, altura do nível dos olhos, alcance do braço e comprimento da perna e as dimensões internas dos veículos (Hooton, 1945, Damon e McFarland, 1953, Damon, Stoudt e McFarland, 1966, *apud* ROEBUCK, *et al.*, 1975).

A partir do início da década de 40, os laboratórios de ergonomia da Força Aérea dos Estados Unidos produziram uma grande quantidade de dados antropométricos que foram utilizados pela indústria de estruturas de aeronaves e de transporte. Um estudo de larga escala, contendo 132 dimensões do pessoal da Força Aérea, foi conduzido durante 1950 (Hertzberg, Daniels e Churchill, 1954, *apud* ROEBUCK, *et al.*, 1975). R. W. Newman e R. M. White contribuíram para o projeto de vestimentas por meio de estudos antropométricos do exército americano. Na Inglaterra, Morant (1945, 1947) publicou importantes estudos antropométricos sobre o pessoal da Força Aérea Britânica (RAF). Os dados dos estudos antropométricos vêm,

desde então, sendo aplicados a outros campos além dos originalmente pretendidos, como, por exemplo em campos da engenharia e no design de produtos.

Segundo ROEBUCK Jr. (1995), a antropometria é uma ciência em desenvolvimento e certos aspectos do seu objeto de estudo a qualificam como uma ciência histórica. Pesquisas antropométricas, em grande ou pequena escala, são eventos históricos e nunca podem ser repetidas exatamente da mesma forma, com as mesmas pessoas, pois essas pessoas terão se modificado ao longo do tempo.

Essas mudanças são causadas pelas variações fisiológicas que ocorrem ao longo do dia ou por processos de envelhecimento. Além disso, é provável que alguns dos indivíduos medidos não estejam mais disponíveis para a medição. Essa é a razão pela qual nas pesquisas antropométricas as populações são frequentemente identificadas por ano de medição e também por ocupação e por grupo étnico.

Segundo ROEBUCK Jr. (1995), os registros das pesquisas antropométricas já realizadas podem ser comparados aos dados de novas pesquisas. Em certo sentido esses registros são fósseis técnicos que podem nos auxiliar a traçar e prever a micro-evolução de grupos humanos, fornecendo, desse modo, a base para previsões da evolução de determinada população, evolução essa que pode ser considerada no estabelecimento de critérios para projeto.

2.3 Antropometria 3D

Ainda que em antropometria se utilizem técnicas de medição estabelecidas pelos primeiros antropologistas, mudanças quanto ao tipo de dado levantado, quanto à metodologia e quanto aos instrumentos de medição ocorreram.

A evolução de novas técnicas de modelagem por computador tem sido acompanhada por um desenvolvimento paralelo de novas tecnologias de medição utilizando, por exemplo, sistemas de raio laser e de luz estruturada, estereoscopia por vídeo, imagem por ressonância magnética (MRI), tomografia assistida por computador (CAT), tomografia por emissão de pósitrons (PET) e visualização por ultrassom (ROEBUCK Jr., 1995, BATISTA, 2014). Muitos desses novos métodos reúnem computadores e sensores para fornecer dados digitalizados e pontos localizados num espaço tridimensional. Esses dados fornecem informações bastante diferentes das anteriores, unidimensionais ou bidimensionais (ROEBUCK Jr., 1995).

A antropometria de superfície ou antropometria 3D é a medição detalhada da superfície externa do corpo humano, por meio da qual são pesquisados milhares de pontos em três dimensões localizados na superfície do corpo humano, em poucos

segundos, o que naturalmente oferece muitas vantagens em relação aos métodos tradicionais de medição usando fita métrica, antropômetro, compassos e outros equipamentos.

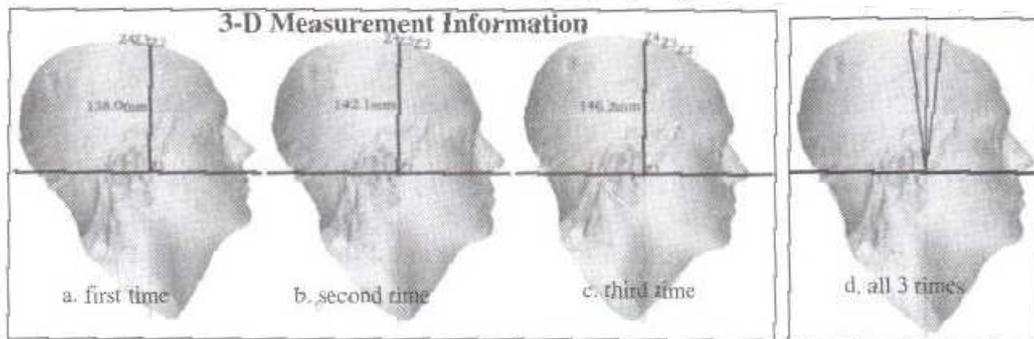
Esse método: 1) reduz a necessidade de aproximações estatísticas para determinação da variável, o que facilita o uso dos dados em CAD e em sistemas de prototipagem rápida; 2) reduz a necessidade de realizar novas pesquisas para a coleta de medidas antropométricas não previstas inicialmente: isso significa que a partir da digitalização em três dimensões da superfície do corpo humano é possível levantar um grande número de dimensões antropométricas independente da presença física do indivíduo; 3) possibilita a pesquisa dos dados antropométricos em posturas reais, utilizando equipamentos, vestimenta e postos de trabalho reais; 4) na medida em que esse sistema independe do contato entre o equipamento e a pessoa a ser medida, é possível eliminar as diferenças que tradicionalmente existem entre métodos de medição e medidores, tornando os dados coletados comparáveis entre si de um modo mais preciso.

2.4 Por que usar antropometria 3D?

Segundo JONES e RIOUX (1997) existem muitas aplicações para as quais a antropometria 3D é vantajosa. Para a postura e o movimento, que são dependentes de informação sobre a localização e a forma, a antropometria 3D é essencial. Segundo ROBINETTE (2004) um dos maiores benefícios da antropometria 3D para estudos de postura e movimento é a habilidade para determinar e rastrear a localização relativa de pontos homólogos, denominados pontos anatômicos ou marcos anatômicos.

Ainda segundo ROBINETTE (2004), muitas medidas tradicionais, por sua definição, transmitem a impressão que a localização dos pontos anatômicos ou a forma da medida está sendo identificada, quando, na verdade, essa informação não está contida na medida. Ela cita que medidas ao “topo da cabeça” dão a impressão de que a localização do topo da cabeça está incluída na informação da medida, quando na verdade não está. Nesse exemplo (figura 8), a mesma pessoa foi medida três vezes para a medida denominada “tragion ao topo da cabeça” e a informação contida na medida tridimensional (parte superior da figura 8) foi comparada à informação da medida tradicional (parte inferior da figura 8). Cada vez que a pessoa foi medida, de modo tradicional, a localização do ponto no topo da cabeça estava em um local diferente e o tamanho da medida foi diferente. A primeira vez a distância medida foi 138 mm, a segunda 142.3 mm, e a terceira 146.2 mm.

Informação da medida tridimensional (3D)



Informação da medida tradicional

1a medição	2a medição	3a medição
138 mm	142,3 mm	146,2 mm

Figura 8: medida tração ao topo da cabeça. Informação contida na medida tridimensional (parte superior da figura) comparada à informação da medida tradicional (parte inferior da figura) (ROBINETTE, 2004)

A partir da descrição da medida o que nem sempre é claro é que depois que a pessoa foi embora, com a medida tradicional fica-se apenas com um número. Com medidas tridimensionais a localização dos pontos no espaço e em relação uns aos outros é inerente à medida (ROBINETTE, 2004).

A digitalização 3D ou medição da superfície também é capaz de capturar outros tipos de medidas que as ferramentas tradicionais não possibilitam, tais como, o volume de um segmento corporal e a área de uma superfície. Diversos pesquisadores encontraram que o cálculo da área de superfície e as diferenças da área de superfície podem ser realizados com bastante precisão a partir de arquivos de digitalização tridimensional (*scans*) (TIKUISIS *et al.* 2001).

Comparações de arquivos digitalizados do corpo com intervalos de tempo mais longos entre si podem fornecer informações sobre mudanças na forma humana como, na gravidez (PERKINS, 1999, *apud* ROBINETTE, 2004), no envelhecimento, nas doenças, nos locais onde há aumento ou diminuição de gordura corporal durante mudanças no peso do corpo (ROBINETTE *et al.*, 1997). A figura 9 ilustra o método utilizado por PERKINS (1999, *apud* ROBINETTE, 2004) para comparar mulheres em diferentes momentos durante a gravidez. São apresentadas seções nos planos mediano sagital e transversal de arquivos digitalizados de uma mulher realizados em cinco intervalos durante a gravidez.

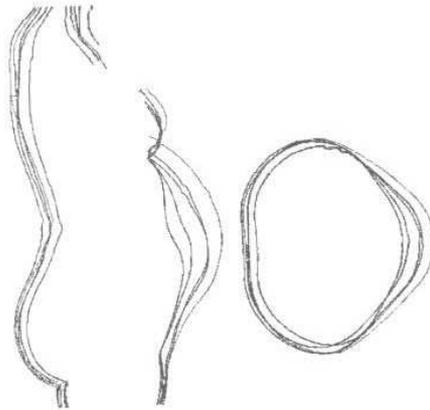


Figura 9: planos mediano sagital e transversal de arquivos digitalizados de uma mulher realizados em cinco diferentes momentos durante a gravidez. (ROBINETTE, 2004)

As diferenças entre os arquivos digitalizados de duas pessoas mostram as áreas do corpo onde as similaridades e as diferenças são mais proeminentes. A figura 10 apresenta o mapa de diferença radial de frente e de costas de duas pessoas com alturas de tronco similares, mas de formas diferentes. As duas pessoas foram centralizadas pelo pescoço e pelas pernas para alinhá-las (ROBINETTE, 2004)

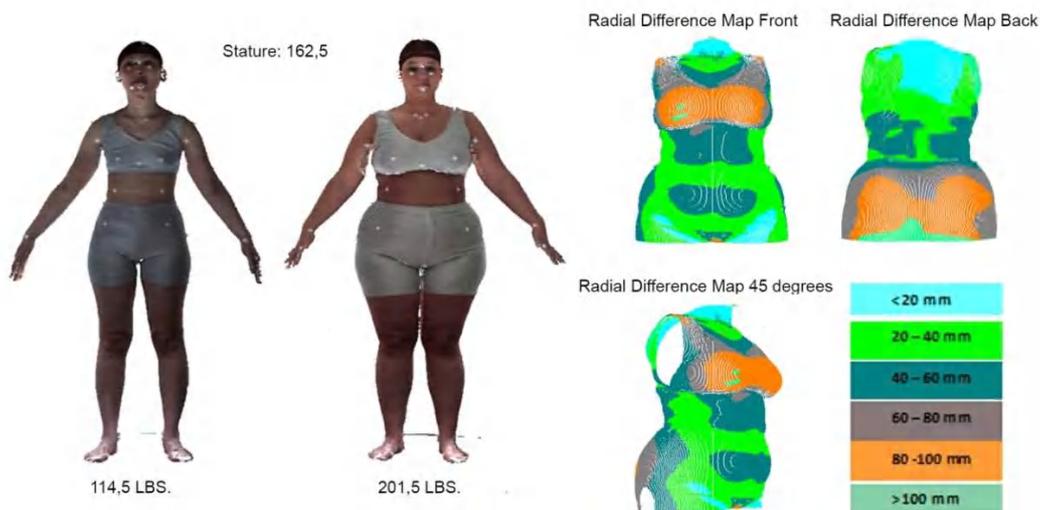


Figura 10: mapa de diferença radial de frente e de costas de duas pessoas com alturas de tronco similares, mas de formas diferentes (ROBINETTE, 2004). O arquivo da digitalização 3D permite a visualização e medição das diferenças na forma corporal.

2.5 Equipamentos tridimensionais (3D)

RIOUX e BRUCKART (1997) *apud* ROBINETTE *et al.* (2004) forneceram uma revisão dos diferentes tipos de equipamentos utilizados para medição antropométrica 3D. Esses equipamentos serão abaixo apresentados de modo resumido:

(1) Equipamentos de contato podem ser descritos como apontadores que são movimentados até que toquem a superfície ou o ponto de interesse e esse ponto é registrado. Um equipamento comumente utilizado é o *Faro Arm*. Uma vantagem desses equipamentos é que os pontos podem ser digitalizados em áreas difíceis de visualizar, tais como, na parte interna de um *cockpit* de aeronave. Uma desvantagem é que cada ponto requer vários segundos para ser digitalizado e os indivíduos podem se mover entre os pontos, enquanto são digitalizados, sem qualquer dispositivo que mantenha o indivíduo no lugar, o que introduz erros na medição

(2) Rastreadores de alvo são dispositivos que gravam e seguem um pequeno número de pontos ao longo do tempo. Os pontos são fisicamente marcados e rastreados por sensores posicionados ao redor do corpo. Esses rastreadores podem utilizar sensores de câmera estéreo, de rastreamento magnético, de rastreamento ótico ou sensores de sonar. A capacidade de rastrear mudanças ou movimentos é a grande vantagem desses dispositivos. Uma desvantagem é que usualmente o conjunto de pontos que pode ser independentemente rastreado, com alguma confiabilidade, é relativamente pequeno. Um conjunto de pontos típico deve incluir de 16 a 30 pontos. Além disso, a resolução dos pontos é limitada pelo tamanho dos marcadores e pela necessidade de que estes estejam suficientemente espaçados, de modo que a todo momento seja possível visualizá-los por ao menos dois sensores, mantendo a separação de um marcador para outro marcador.

(3) Estereofotogrametria é o uso de fotografias tiradas simultaneamente de dois ou mais pontos de vista. As fotografias são depois analisadas para extrair pontos. Os primeiros sistemas de fotogrametria utilizavam filme ou imagens de chapas de vidro que, posteriormente, eram vistas em um visor estéreo especial ou estereoscópio para gravação. HERRON (1972), *apud* ROBINETTE *et. al.* (2004), descreve um desses sistemas. Mais recentemente, técnicas tem sido desenvolvidas para extrair informação 3D das imagens utilizando computadores e fotografia digital e o vídeo também foi adicionado. Isso incluiu imagens fotográficas simples da superfície externa do corpo, bem como, pares de imagens de raio-x para informação sobre as estruturas internas e superfícies. Uma vantagem no uso da fotogrametria é que as imagens são coletadas quase instantaneamente, então o indivíduo tem pouco tempo para se movimentar. Uma desvantagem é que o processo para converter a imagem para dado 3D pode ser lento e não confiável. Além disso, se mais de duas câmeras são utilizadas, como no caso em que se deseja uma visão maior que 180°, pode ser difícil combinar as múltiplas vistas com acuidade.

(4) Scanners óticos são dispositivos que capturam pontos densos diretamente na superfície do corpo utilizando algum tipo de dispositivo de gravação ótica, como uma câmera CCD (figura 11).

O princípio dos sistemas de digitalização 3D do corpo tem como base a triangulação ótica por método de medição indireto (sem contato) e utilizam sistemas de projeção de laser ou de luz estruturada. O *scanner* de corpo digitaliza a superfície de um objeto tridimensional, através da projeção de raio laser ou de luz, e por meio de dispositivos de visão captura a forma do objeto. Os dados da digitalização são extraídos por programas de computador (HWANG, 2001).

Nos *scanners* a laser, uma linha laser é projetada sobre o corpo por diferentes lados e vista por câmeras em ângulos fixos. Enquanto nos sistemas a laser a varredura é feita por uma única linha laser sobre a superfície, um sistema de luz estruturada projeta um padrão inteiro. A vantagem de uma única linha é que o sensor facilmente a detecta e com muita precisão calcula como a linha 2D projetada é deformada na superfície 3D. As linhas 2D sequenciais formam a imagem 3D completa. Na verdade, a linha laser em um sistema a laser também pode ser considerada um padrão de luz estruturada, mas por ter um forte componente de tempo devido à varredura é considerada como uma classe diferente de sistema (DAANEN e HAAR, 2013).

Um sistema de luz estruturada projeta um padrão de luz estruturada na superfície e a partir da detecção do padrão deformado uma imagem 3D é calculada. Esse padrão pode consistir em pontos, barras ou qualquer outro padrão de luz. A vantagem do *scanner* de luz estruturada é a sua velocidade. Caracteristicamente, *scanners* de luz estruturada produzem imagens 3D de 10 a 30 quadros por segundo. Como o padrão de luz detectada é mais difícil de converter em uma imagem 3D precisa comparado à linha laser, a precisão e a resolução desses *scanners* são menores. O *scanner* de luz estruturada consiste em um projetor de padrão (*pattern*), uma câmera com um filtro para detectar o padrão e, muitas vezes, uma câmera extra para gravar a cor da cena ou do objeto. O padrão de luz projetada pode compreender várias cores, mas o branco brilhante, o vermelho ou o infravermelho são os mais comumente utilizados (DAANEN e HAAR, 2013).

Dois dos primeiros *scanners* de corpo inteiro desenvolvidos foram os de JONES *et al.* (1989) e RIOUX *et al.* (1987). O primeiro *scanner* realmente eficaz projetado para mensurar seres humanos foi construído pela empresa *Cyberware Inc.* para a Força Aérea Americana (BRUNSMAN *et al.* 1997, DAANEN *et al.* 1997). Esse *scanner* foi utilizado na pesquisa antropométrica de populações civis de países da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), denominada pesquisa CAESAR

(Blackwell *et al.* 2002, Robinette *et al.* 2002). Esse *scanner* também foi o primeiro projetado com a capacidade de gravar as localizações de pontos anatômicos pré-marcados, como também ter a capacidade de medir tanto pessoas em pé quanto pessoas sentadas. Essas são duas características importantes para estudos posturais. Esse *scanner*, diferentemente de outros sistemas de digitalização a laser, gera valores de cor RGB, um método de identificação de marcos anatômicos codificados por cor para extração de dados após a digitalização (HWANG, 2001).

Scanners óticos coletam milhares ou centenas de milhares de pontos de modo razoavelmente rápido, usualmente em alguns segundos. Uma desvantagem é que só podem digitalizar o que efetivamente veem. Por isso, regiões do corpo como axilas e entrepernas podem não ser visualizadas e determinadas posturas devem ser adotadas para eliminar ou reduzir o problema de oclusão.

(5) *Scanners de volume* são dispositivos que estão focados na mensuração de órgãos e estruturas internas do corpo mais do que a superfície externa do corpo, embora alguns façam ambos.

Mais recentemente, *scanners* 3D de corpo com tecnologias baseadas em ondas de radiofrequência (ondas milimétricas) e infravermelho estão sendo comercializados. Em relação à tecnologia de radiofrequência, *scanners* ativos e passivos de ondas milimétricas estão disponíveis. Os *scanners* ativos utilizam padrões de reflexão de ondas milimétricas projetadas sobre o corpo, enquanto os *scanners* passivos processam as ondas milimétricas emitidas pela pele humana. As ondas milimétricas tem a vantagem de atravessar a maioria das roupas e não a pele. Assim, a forma do corpo pode ser capturada sem que a pessoa precise se despir ou trocar de roupa. Essa é uma vantagem em termos de tempo e esforço, mas coloca uma questão ética porque as partes íntimas podem ser visualizadas. Atualmente, *scanners* de ondas milimétricas são empregados em aeroportos para a detecção de peças metálicas sob as roupas e são uma alternativa para *scanners* de raios-x de baixa radiação (DAANEN e HAAR, 2013, BRAGANÇA e AREZES, 2016).

Em relação ao infravermelho, a introdução da câmera *Kinect™* promoveu um novo impulso aos *scanners* 3D. O *Kinect™* é um *scanner* de luz estruturada que utiliza um padrão de infravermelho invisível para o olho humano, mas não para o sensor. O sistema possui uma câmera de RGB adicional para gravar a cor que pode ser mapeada na imagem 3D. A principal desvantagem do sistema *Kinect* é a resolução do mapa de profundidade de apenas 640 x 480 pixels, mas as principais vantagens são o preço e o funcionamento sob condições difíceis de luz. As empresas *[TC]²* e *Sizestream* empregam os sensores de infravermelho em seus *scanners* de corpo que operam com boa precisão e são de baixo custo. Em estudo conduzido por WANG *et*

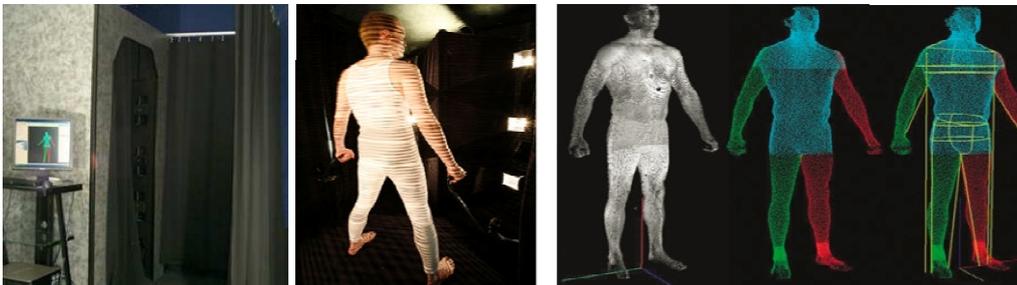
al., 2012, apud DAANEN et al., 2013, onde quatro sistemas *Kinect™* foram empregados como *scanner* 3D de corpo, a resolução alcançada foi de cerca de 5 mm (DAANEN e HAAR, 2013).



Infravermelha TC2 -19B



Laser Hamamatsu BLS 9036



Luz branca estruturada TC2 IMAGE TWIN – NX 16

Figura 11: scanners óticos

3 Metodologia

Inicialmente, esse trabalho objetivava a investigação das características morfológicas - antropometria 1D e 3D - de atletas da modalidade esportiva de Jiu-Jitsu (*Brazilian Jiu-Jitsu*), que fossem indicadoras de desempenho no esporte. A pesquisa direcionava-se à coleta de medidas tradicionais, à extração manual de medidas antropométricas 1D, a partir dos modelos humanos digitais dos atletas, e à comparação dos mapas de profundidade desses modelos, por meio do uso de programas de processamento de nuvens de pontos e de modelagem 3D, gratuitos e de baixo custo, comumente utilizados.

Essa pesquisa era parte integrante de um projeto denominado "Aplicação das tecnologias de modelagem humana digital 3D e simulação no treinamento de atletas de modalidades esportivas de combate" aprovado no Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Inovações no Esporte no Estado do Rio de Janeiro - Edital FAPERJ No 22/2012, que se encontrava em curso no Laboratório de Ergonomia do INT. Um dos objetivos desse projeto era a digitalização de atletas de Jiu-Jítsu para constituir um banco de dados de imagens 3D que pudesse ser utilizado para análise antropométrica e para desenvolvimento de modelos humanos digitais 3D para simulação de movimentos básicos do Jiu-Jitsu, previamente capturados por sensores inerciais.

Como a pesquisa envolvia a digitalização 3D a laser do corpo humano para a extração de medidas, tomou-se, a princípio, como referência, a metodologia estabelecida no projeto *CAESAR*. Esse projeto foi utilizado como referência por se tratar da primeira pesquisa antropométrica realizada em mais de um país com o uso de *scanner* 3D a laser. O objetivo do projeto *CAESAR* era representar a variabilidade antropométrica de homens e mulheres, com idades entre 18 e 65 anos, da população civil de três países membros da OTAN: EUA, Holanda e Itália. O Canadá participou da pesquisa como integrante da amostra norte-americana. O planejamento da pesquisa teve início em 1992 e a estimativa era levantar dados antropométricos 1D e 3D de 8.000 pessoas. A coleta foi realizada entre 1998 e 2002 totalizando uma amostra de 4.431 pessoas, tendo sido medidas 2.375 pessoas nos EUA e no Canadá, 1.255 pessoas na Holanda e 801 pessoas na Itália.

No projeto *CAESAR* foi empregado tecnologia de varredura a laser, tendo sido utilizados os *scanners 3D Tecmath Vitronic VitusPro* (figura 12) e *WB4* (figura 13), tecnologia tradicional de medição e extração semi-automática de medidas 1D, a partir

de 72 marcos anatômicos dos modelos humanos digitalizados em três posturas (uma de pé e duas sentada).



Figura 12: scanner a laser de corpo inteiro *Tecmath Vitronic Vitus Pro* e detalhe das cabeças a laser



Figura 13: scanner a laser de corpo inteiro *WB4* (à esquerda). Posicionamento da pessoa no scanner *WB4*. Pesquisa *CAESAR* (ROBINETTE, 2005).

A pesquisa foi conduzida pela Força Aérea Americana com auxílio da instituição holandesa *TNO (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research)*, da empresa italiana *D'Appolonia* e de um consórcio de empresas sob a coordenação da *SAE (Society of Automotive Engineering)*.

Tomando como base as quarenta medidas antropométricas 1D levantadas de modo tradicional na pesquisa *CAESAR*, estabeleceu-se, inicialmente, um conjunto de quarenta e seis medidas antropométricas 1D a serem coletadas nos atletas de Jiu-Jitsu. Das quarenta medidas originais do *CAESAR*, cinco medidas de cabeça foram suprimidas, por se tratarem de medidas específicas para o projeto de capacetes e

máscaras, e as seguintes medidas foram incluídas na ficha de coleta de dados: *envergadura, dobra cutânea suprailíaca, dobra cutânea abdominal, dobra cutânea coxa, dobra cutânea panturrilha, diâmetro do úmero, diâmetro do fêmur, circunferência do braço, circunferência do braço contraído, circunferência do antebraço e circunferência da panturrilha*, (tabela 1). Com exceção da envergadura, todas essas medidas foram acrescentadas à ficha de coleta de dados antropométricos 1D por se tratarem de medidas consideradas requisitos para alto desempenho em competições de Judô (FRANCHINI *et al.*, 2005). Esse esporte foi utilizado como referência por se tratar de modalidade similar ao *Brazilian Jiu-Jitsu* e pela escassez de pesquisas conduzidas com atletas de Jiu-Jitsu.

Salienta-se que, além das medidas acima descritas, outras medidas também consideradas requisitos para o Judô já constavam da ficha de coleta de dados, a saber: dobra cutânea subescapular, dobra cutânea tricipital, circunferência do peito, circunferência máxima da coxa e circunferência do tornozelo. Posteriormente, observou-se que uma medida importante para o Judô - circunferência do punho - não constava da ficha de coleta.

TABELA 1: 46 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS 1D ESTABELECIDAS PARA COLETA

	Medidas de Antropometria Tradicional	Equipamento	Postura	Unidade
1	Peso	Balança	Em Pé	kg
2	Estatuta	Antropômetro	Pé	cm
3	Altura do Gancho	Antropômetro	Em Pé	cm
4	Alcance Polegar-Indicador	Antropômetro	Em Pé	cm
5	Envergadura	Antropômetro	Em Pé	cm
6	Dobra Cutânea Subescapular	Plicômetro	Em Pé	mm
7	Dobra Cutânea Tricipital	Plicômetro	Em Pé	mm
8	Dobra Cutânea Suprailíaca	Plicômetro	Em Pé	mm
9	Dobra Cutânea Abdominal	Plicômetro	Em Pé	mm
10	Dobra Cutânea Côxa	Plicômetro	Em Pé	mm
11	Dobra Cutânea Panturilha	Plicômetro	Em Pé	mm
12	Diâmetro do Úmero	Compasso de Corrediça Pequeno	Em Pé	cm
13	Diâmetro do Fêmur	Compasso de Corrediça Pequeno	Em Pé	cm
14	Comprimento do Braço (Ombro-Cotovelo)	Trena	Em Pé	cm
15	Comprimento do Braço (Ombro-Punho)	Trena	Em Pé	cm
16	Comprimento do Braço (Espinha - Punho)	Trena	Em Pé	cm
17	Circunferência do Braço sobre o Acrômio	Trena	Em Pé	cm
18	Circunferência do Braço	Trena	Em Pé	cm
19	Circunferência do Braço Contraído	Trena	Em Pé	cm
20	Circunferência do Antebraço	Trena	Em Pé	cm
21	Circunferência do Peito nas Axilas	Trena	Em Pé	cm
22	Circunferência do Busto/Peito	Trena	Em Pé	Cm
23	Circunferência do Busto/Peito sob Axilas	Trena	Em Pé	Cm
24	Circunferência da Cintura, Preferida	Trena	Em Pé	cm
25	Altura da Cintura, Preferida	Antropômetro	Em Pé	cm
26	Comprimento da Cintura Frente	Trena	Em Pé	cm
27	Comprimento Total do Gancho	Trena	Em Pé	cm
28	Circunferência do Tronco na Vertical	Trena	Em Pé	cm
29	Circunferência Máxima do Quadril	Trena	Em Pé	cm
30	Altura da Circunferência Máxima do Quadril	Antropômetro	Em Pé	cm
31	Circunferência Máxima da Coxa	Trena	Em Pé	cm
32	Circunferência da Panturrilha	Compasso de Corrediça Pequeno	Em Pé	cm
33	Circunferência do Tornozelo	Trena	Em Pé	cm
34	Comprimento do Pé (Direito)	Antropômetro	Em Pé	cm
35	Largura dos Ombros - Bideltóide	Antropômetro	Em Pé	cm
36	Altura Sentado	Antropômetro	Sentado Banco Alto	cm
37	Altura do Nivel dos Olhos - Sentado (Direito)	Antropômetro	Sentado Banco Alto	cm
38	Altura do Acrômio – Sentado (Direito)	Antropômetro	Sentado Banco Alto	cm
39	Altura do Cotovelo – Sentado (Direito)	Antropômetro	Sentado Banco Alto	cm
40	Altura do Joelho, Sentado (Direito)	Antropômetro	Sentado Banco Regulável	cm
41	Circunferência Máxima da Coxa – Sentado (Direito)	Trena	Sentado Banco Regulável	cm
42	Largura do Quadril - Sentado	Antropômetro	Sentado Banco Regulável Pés Juntos	cm
43	Comprimento Nádegas-Joelho (Direito)	Antropômetro	Sentado Banco Regulável Pés Paralelos	cm
44	Comprimento da Mão (Direito)	Compasso de Corrediça Pequeno	Sentado Banco Regulável	cm
45	Circunferência da Mão (Direito)	Trena	Sentado Banco Regulável	cm
46	Circunferência da Base do Pescoço	Trena	Sentado Banco Regulável	cm

Ainda tomando como base a pesquisa *CAESAR*, cada atleta foi submetido à digitalização 3D a laser em três posturas padronizadas - uma de pé e duas sentadas (figura 14).



Figura 14: digitalização 3D na postura de pé (esquerda), digitalização 3D na postura sentada com as mãos apoiadas sobre as coxas (centro), e digitalização 3D na postura sentada com extensão de pescoço e braços elevados a 90° (direita)

Para a digitalização na postura de pé, era solicitado ao atleta que posicionasse os pés em marcas amarelas no formato de palmilhas (figura 15), alinhando-os pelo calcanhar das mesmas e posicionando o segundo dedo sobre a linha pontilhada. Essas marcas foram impressas em lona plástica que foi colada à plataforma-base do *scanner*.

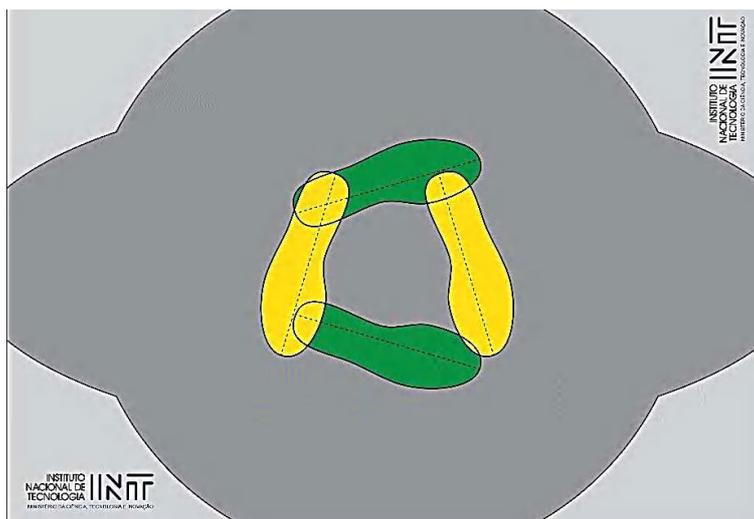


Figura 15: lona plástica com a impressão das palmilhas para o posicionamento dos pés do atleta

De acordo com a metodologia do CAESAR, as palmilhas foram desenhadas formando um ângulo de 30° entre si, conforme as especificações abaixo, (figura 16).

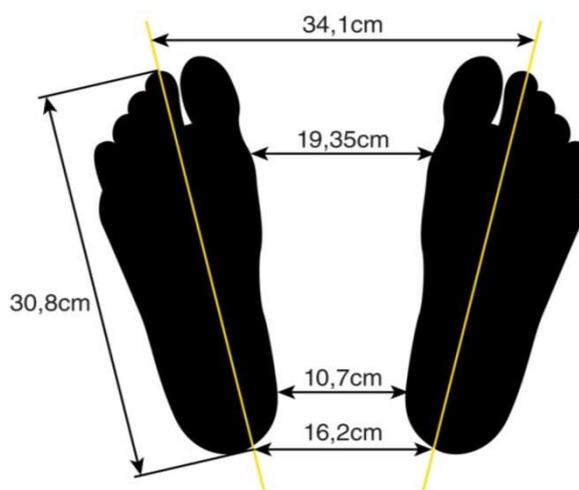


Figura 16: especificações da pesquisa CAESAR utilizadas para a impressão das palmilhas na lona plástica

Para a digitalização na postura de pé também era solicitado ao atleta que se mantivesse em postura ereta com a cabeça direcionada à frente, que afastasse os braços do corpo mantendo-os estendidos com as palmas das mãos voltadas para o corpo e os dedos unidos (figura 17)¹. Dois tubos cilíndricos de PVC (espaçadores) com 20cm de comprimento e 1 polegada de diâmetro foram utilizados para delimitar o

¹ No protocolo de digitalização na postura de pé da pesquisa CAESAR, os dedos das mãos eram mantidos separados. Nesta pesquisa, os dedos das mãos foram mantidos unidos para que o comprimento da mão do dedo médio ao punho e a largura da mão no metacarpo pudessem ser extraídos a partir do arquivo digitalizado.

afastamento dos braços em relação ao corpo (figura 18). Esses tubos eram posicionados à altura dos punhos do atleta.



Figura 17: arquivo gerado da digitalização 3D do atleta na postura de pé



Figura 18: posicionamento dos espaçadores à altura dos punhos para delimitar o afastamento dos braços em relação ao corpo

Para a digitalização na postura sentada com as mãos apoiadas sobre as coxas, solicitava-se ao atleta que se sentasse em um banco regulável na altura, posicionado de modo centralizado na lona plástica atrás das palmilhas amarelas (figura 19)².

² No protocolo de digitalização na postura sentada com as mãos apoiadas sobre as coxas da pesquisa CAESAR, a altura do banco era ajustada para uma posição de trabalho sentado considerada confortável pela pessoa e não formando um ângulo de 90° entre a coxa e a perna da mesma.



Figura 19: digitalização 3D na postura sentada com as mãos apoiadas sobre as coxas

Para adotar essa postura, solicitava-se ao atleta que se sentasse com os pés afastados, alinhados pela largura do quadril, com as pernas formando um ângulo de 90° entre as coxas e as panturrilhas. A altura do banco era, então, gradativamente ajustada até que atingisse a altura da cavidade popliteal do joelho esquerdo do atleta (figura 20). Também era solicitado ao atleta que mantivesse o tronco em postura ereta. Um pequeno bloco de poliuretano com uma marca de referência no centro era posicionado atrás do atleta sobre o banco. Esse bloco era encostado ao corpo do atleta e centralizado pelas nádegas (figura 21).



Figura 20: ajuste da altura do banco pela altura da cavidade popliteal do joelho esquerdo do atleta formando um ângulo de 90° entre a coxa e a panturrilha



Figura 21: posicionamento do bloco de poliuretando encostado ao corpo do atleta e centralizado pelas nádegas

O objetivo da digitalização 3D nessa postura era a extração manual de medidas lineares do modelo humano digital, tais como, a altura do nível dos olhos ao assento, a altura do ombro (acrômio) ao assento e a altura do joelho ao chão, dentre outras (figura 22).

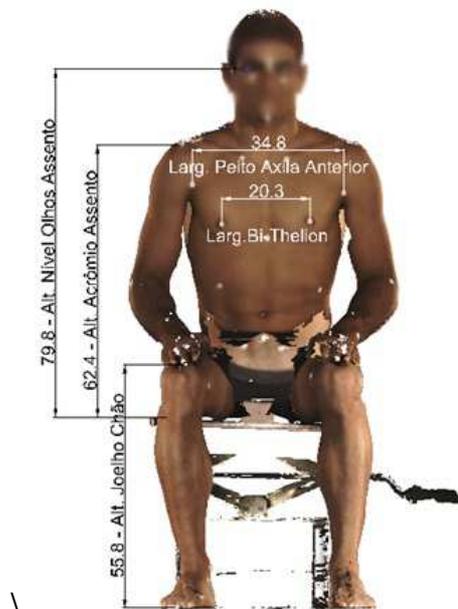


Figura 22: medidas lineares (1D) extraídas do arquivo digitalizado do atleta na postura sentada com as mãos apoiadas sobre as coxas

Para a digitalização na postura sentada com extensão de pescoço e braços elevados a 90°, solicitava-se ao atleta que se mantivesse sentado enquanto a altura

do banco era gradativamente alterada até que o ângulo do joelho ultrapassasse ligeiramente os 90°. Também era solicitado ao atleta que elevasse os braços lateralmente ao tronco, à altura dos ombros, mantendo-os fletidos a 90° no plano coronal (frontal) e que inclinasse a cabeça para trás, levemente, até que o ângulo do pescoço fosse maior que 90° e expusesse a área embaixo do queixo (figura 23)³. O tronco era mantido ereto, a mão esquerda era mantida com os dedos abertos e na mão direita o atleta segurava um dos espaçadores. Do mesmo modo que na postura sentada anterior, o bloco de poliuretano era posicionado sobre o banco, encostado ao corpo do atleta e centralizado pelas nádegas.

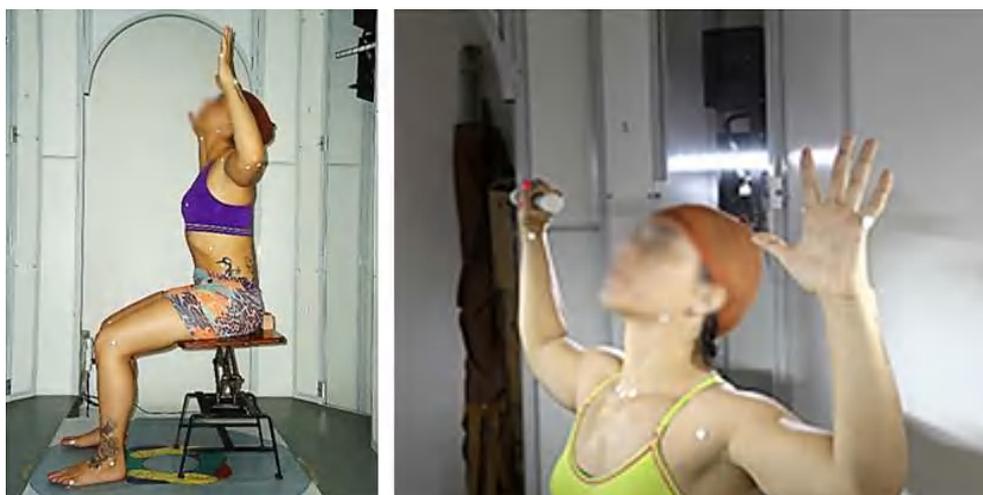


Figura 23: digitalização 3D na postura sentada com extensão de pescoço e braços elevados a 90°. Detalhe do espaçador e mão com dedos abertos.

O objetivo dessa postura era tanto expor áreas de sombra, localizadas fora do alcance da varredura do raio laser - embaixo do queixo, parte interna dos braços e parte anterior das coxas – quanto digitalizar a pega de uma das mãos (direita) e a forma da outra mão espalmada (esquerda).

O tempo de digitalização foi cerca de 20 segundos para cada uma das três posturas com o deslocamento vertical do laser (passo) calibrado em 3 mm.

Nesse estudo, dezoito atletas de competição de Jiu-Jitsu, sendo treze do sexo masculino e cinco do sexo feminino, foram medidos e digitalizados.

Para cada atleta foi apresentado o objetivo da pesquisa - investigação das características morfológicas de atletas daquela modalidade esportiva - e o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” (Apêndice 3), onde o atleta era convidado a

³ No protocolo de digitalização na postura sentada com extensão de pescoço e braços elevados a 90° da pesquisa *CAESAR*, a pessoa posicionava seus pés sobre uma impressão no formato de ambos os pés localizada na plataforma-base do scanner à frente do banco regulável (figura 21). O objetivo desse posicionamento era minimizar a área de sombra na parte interna das coxas.

participar voluntariamente da pesquisa e onde constavam: o título e o objetivo da pesquisa; os equipamentos a serem utilizados na medição antropométrica 1D e na digitalização 3D; os possíveis desconfortos da pesquisa, tais como, as perguntas da entrevista e o tempo dispensado para a troca de roupa, a colocação das marcas anatômicas e a medição tradicional. Também constava do termo que o atleta tinha o direito de não participar da pesquisa ou desistir da sua participação em qualquer momento, que não seria permitido acesso a terceiros garantindo sigilo, que os resultados da pesquisa só seriam revelados ao atleta, mas que poderiam ser utilizados para fins científicos com divulgação em congressos, seminários e revistas científicas, desde que respeitando a privacidade e o anonimato do mesmo, que não haveria despesas e nem compensação financeira relacionada à sua participação e que, em qualquer etapa da pesquisa, o atleta teria acesso à responsável por esta.

Por fim, o atleta assinava o termo afirmando ter lido as informações constantes daquele e que autorizava a execução da pesquisa e a divulgação dos dados que fossem obtidos. Além da assinatura do atleta, assinavam o termo a responsável pela pesquisa e uma testemunha.

Com o termo assinado, dava-se início a entrevista. Após a entrevista, sessenta e três marcos anatômicos eram localizados no corpo do atleta, por palpação, e identificados por meio de marcadores na cor branca - adesivos de papel no formato de círculo (\varnothing 12mm) e adesivos de borracha no formato de tronco de pirâmide de base quadrada (6mm x 12mm x 12mm) (figura 24).

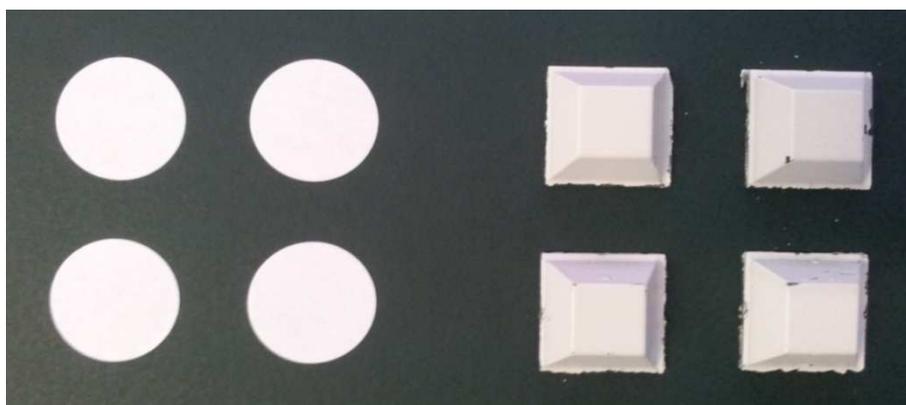


Figura 24: adesivos no formato de círculo e de tronco de pirâmide utilizados na identificação dos 63 marcos anatômicos no corpo dos atletas

Dos sessenta e três marcos anatômicos, doze eram identificados pelos adesivos de borracha - acrômio (direito e esquerdo); crista ilíaca (direita e esquerda); trocanter (direito e esquerdo); maléolo medial (direito e esquerdo); sphirion (direito e

esquerdo) e articulação metatarso falangeana do dedo 1 (direita e esquerda) - devido à localização crítica quanto à formação de falhas (buracos) no modelo humano digital. Pelo próprio posicionamento desses marcos no corpo, falhas na superfície do modelo por obstrução ou pela direção da varredura do laser em relação ao corpo poderiam ocorrer, caso fossem utilizados os marcadores de papel. Esse procedimento foi adotado em acordo com a metodologia da pesquisa CAESAR.

Com os marcos identificados (Apêndice 4), dava-se início a coleta das quarenta e seis medidas antropométricas 1D (Apêndice 4) utilizando-se equipamentos tradicionais de medição - balança mecânica de plataforma (150kg/Filizola), antropômetro (2100mm/GPM), compasso de corredeira pequeno (200mm/GPM), fita antropométrica (2mx13,5m/Wiso), trena metálica (7,5mx25mm/Dtools) e plicômetro científico (Cescorf). Vide figura 25 dos equipamentos abaixo.



Figura 25: equipamentos tradicionais de medição utilizados na coleta das 46 medidas antropométricas 1D dos atletas de *Jiu-Jitsu*

Após a medição tradicional, o atleta era conduzido ao *scanner*, posicionado e digitalizado nas três posturas já descritas.

É importante colocar que, nessa pesquisa, não houve a necessidade de troca de roupas para a medição e digitalização dos atletas. Isso se deu por dois motivos: o

primeiro porque, previamente informados, os atletas compareceram ao local de pesquisa - Laboratório de Ergonomia do INT - vestidos com roupas aderentes ao corpo (bermuda e *top* de lycra) adequadas para a medição e digitalização; e o segundo porque a cor das roupas (RGB / textura) não era um fator que interferiria na identificação dos marcos anatômicos; isso porque essa identificação seria feita manualmente, a partir da visualização dos marcos nos modelos humanos digitais.

Para a extração manual das medidas dois programas foram estudados: o programa de modelagem 3D *Rhinoceros* (licença educacional) e o programa *CloudCompare* (CC) de processamento de nuvem de pontos 3D e de malha poligonal triangular 3D. O *Rhinoceros* é um programa de custo relativamente baixo, quando comparado a outros programas de modelagem 3D e o CC é um programa gratuito disponível para *download*.

No programa *Rhinoceros*, no modo de visualização texturizado, a região da imagem onde se localizava cada um dos marcos era ampliada (*zoom*) e o centro dessa região identificada. Então, o modo de visualização transparente (*ghosted*) era acionado para que a malha poligonal pudesse ser visualizada e o vértice da malha, localizado mais próximo ao centro do marco, identificado. Por meio da função aderência ao vértice um ponto virtual era colocado. Essa função era, então, substituída pela função aderência ao ponto para que a precisão da tomada manual da medida fosse otimizada. Com os pontos determinados, a medida era realizada (figura 26).



Figura 26: identificação de marcos anatômicos (epicôndilos medial e lateral do fêmur), a partir da visualização dos marcos no modelo humano digital (malha poligonal) no programa *Rhinoceros*. A imagem da esquerda apresenta o modo de visualização texturizado e a da direita o transparente (*ghosted*)

Com esse processo, das 46 medidas tradicionais coletadas, nove puderam ser extraídas manualmente dos modelos digitalizados dos atletas: altura do gancho; diâmetro do úmero; diâmetro do fêmur; comprimento do pé (direito); largura dos ombros (bideltóide); altura do joelho, sentado (direito); largura do quadril, sentado; comprimento nádegas-joelho (direito) e comprimento da mão (direito).

Entretanto, considerando que as posturas de digitalização foram as mesmas estabelecidas na pesquisa CAESAR, 30 medidas poderiam ser extraídas manualmente dos modelos (exemplos de medidas na figura 27). A tabela 2 abaixo apresenta a relação dessas medidas.

TABELA 2: MEDIDAS EXTRAÍDAS DOS MODELOS HUMANOS DIGITAIS NA PESQUISA CAESAR

Postura de pé	Postura sentada com as mãos apoiadas sobre as coxas
1-altura do acrômio ao chão (d/e)*	1-altura do acrômio ao assento (d/e)*
2-comprimento acrômio-epicôndilo lateral do úmero (d/e)*	2-largura bi-epicôndilo lateral do fêmur
3-comprimento axila-estilóide do rádio (d/e)*	3-largura bi-epicôndilo lateral do úmero
4-altura da axila ao chão (d/e)*	4-largura bi-trocanter, sentado
5-largura biacromial	5-altura do epicôndilo lateral do úmero ao assento (d/e)
6-largura bi-crista ilíaca	6-comprimento interarticular epicôndilo lateral do fêmur-maléolo lateral (d/e)
7-largura bi-espinha ilíaca	7-comprimento interarticular trocanter- epicôndilo lateral do fêmur (d/e)
8-largura bi-trocanter	8-altura do trocanter-assento (d/e)
9-largura bi-thelion	
10-altura da 7ª vértebra cervical ao chão	
11-altura do thelion ao chão (d/e)*	
12-altura do cotovelo ao chão	
13-largura do pé (d/e)*	
14-largura bi-axilas posterior	
15-altura da linha articular posterior do joelho ao chão (d/e)*	
16-altura do maléolo lateral ao chão (d/e)*	
17-altura do maléolo medial ao chão (d/e)*	
18-comprimento interarticular rádio-ulna (d/e)*	
19-comprimento interarticular acrômio-ulna (d/e)*	
20-altura do sphyrion ao chão (d/e)*	
21-altura do supraesternal ao chão	
22-altura do trocanter ao chão (d/e)*	

**(d/e) = lado direito e lado esquerdo do corpo*

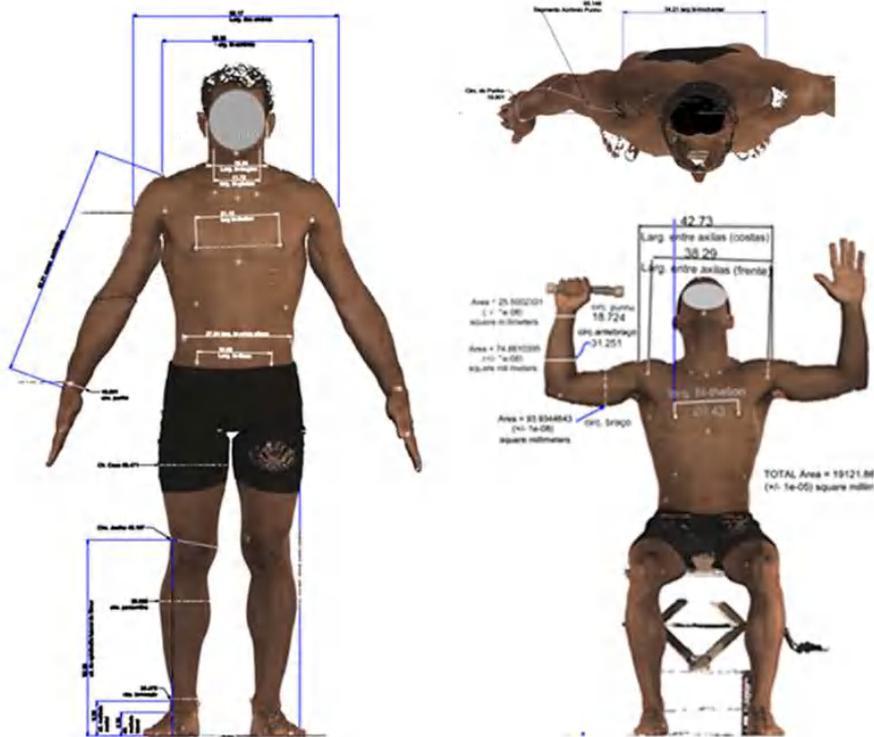


Figura 27: extração manual de medidas antropométricas 1D a partir dos marcos anatômicos visualizados no modelo humano digital do atleta. Exemplos de medidas extraídas na pesquisa CAESAR (largura biacromial; largura bi-crista ilíaca; largura bi-espinha ilíaca; largura bi-trocanter; largura bi-thelion; altura do maléolo lateral ao chão; comprimento interarticular acrômio-ulna e altura do trocanter ao chão)

Do mesmo modo que o *Rhinoceros*, o programa CC foi utilizado para extrair manualmente medidas antropométricas lineares, a partir da visualização dos marcos nos modelos digitalizados dos atletas.

A figura 28 exemplifica a extração manual de três medidas antropométricas com o CC: distância bi-thelion (esquerda), profundidade do tórax (centro) e comprimento máximo da mão (direita).

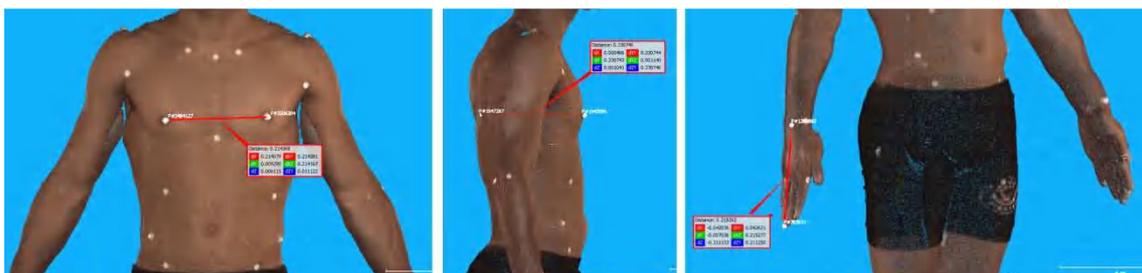


Figura 28: Extração manual da largura bi-thelion, da profundidade do tórax e do comprimento máximo da mão

Nove medidas antropométricas lineares foram extraídas manualmente dos arquivos digitais e organizados em tabelas: profundidade do peito, larguras do peito nas axilas anterior e posterior, largura bi-crista ilíaca, largura bi-espinha ilíaca, diâmetro do fêmur, diâmetro do úmero e comprimentos do pé e da mão. Essas

mesmas medidas antropométricas foram retiradas de modo tradicional por ocasião da digitalização a laser do corpo do atleta.

Para essas medidas foram calculadas, tanto para as tradicionais quanto para as obtidas utilizando o CC, as estatísticas descritivas: média aritmética, desvio-padrão, variância, valores mínimo e máximo (tabela 3).

TABELA 3: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS TRADICIONAIS E OBTIDAS POR EXTRAÇÃO MANUAL DA IMAGEM 3D

Medidas (cm)	Média		Desvio padrão		Variância		Mínimo		Máximo	
	Trd ¹	CC ²	Trd	CC	Trd	CC	Trd	CC	Trd	CC
Profundidade do Peito	22,7	22,2	0,7	1,3	0,5	1,7	21,9	19,6	23,6	23,9
Largura do Peito nas Axilas - Anterior	33,3	34,8	2,4	1,7	6,0	2,8	29,8	31,1	35,5	37,0
Largura do Peito nas Axilas - Posterior	35,7	35,5	1,2	2,5	1,3	6,5	34,5	31,0	37,4	39,7
Largura Bi-Crista Iliaca	29,1	28,7	0,3	1,7	0,1	3,1	28,8	24,8	29,3	32,0
Largura Bi-Espinha Iliaca	23,6	21,5	0,2	2,2	0,0	5,0	23,4	15,8	23,8	24,1
Diâmetro do Fêmur	9,7	9,8	0,8	0,7	0,6	0,4	8,5	9,0	10,7	10,9
Diâmetro do Úmero	7,3	7,0	0,6	0,7	0,3	0,5	6,2	5,9	8,3	8,3
Comprimento do Pé	26,6	26,3	1,1	1,1	1,2	1,1	24,7	24,6	28,1	27,7
Comprimento da Mão	19,2	20,2	0,9	1,3	0,8	1,6	17,2	17,0	20,4	22,1

¹Tradicional

²CloudCompare

Ainda que se tenha analisado um pequeno número de atletas, os resultados obtidos na tomada de medidas de modo tradicional e por imagem digitalizada se mostraram bastante próximos. Entretanto, apesar das estatísticas descritivas terem sido realizadas, o número reduzido de atletas impossibilitou maiores análises dos dados.

Com esse estudo foi possível concluir que a obtenção manual do marco anatômico por meio da imagem digital é possível. No entanto, o processo é laborioso, demanda muito tempo para ser realizado e corre-se o risco de identificar o marco erroneamente.

Os resultados dessa avaliação demonstraram a necessidade da elaboração de algoritmos que retornem automaticamente medidas do corpo humano, a partir das coordenadas de marcos anatômicos obtidas de modo automatizado.

3.1 Métodos de Análise 3D - Tratamento da Nuvem de Pontos

3.1.1 Comparação entre os programas *MeshLab* e *CloudCompare (CC)* e o programa *Rhinoceros - licença educacional*

A partir da nuvem de pontos gerada pela digitalização a laser do corpo humano é possível extrair, manualmente, um grande número de medidas antropométricas, sejam essas lineares, bidimensionais ou tridimensionais.

Nesse tópico, os programas gratuitos *MeshLab* e *CC* e o programa *Rhinoceros* foram utilizados na análise de dados antropométricos 3D obtidos a partir de imagens digitalizadas do corpo humano. Os dados foram tabulados e tratados em termos de áreas e volumes de segmentos e de partes do corpo. A análise da variação em 3D de medidas lineares e da superfície corporal por meio de mapas de profundidade também foi realizada.

O programa *CC* foi utilizado para a visualização e o tratamento dos dados gerados na digitalização 3D a laser, como redução do número de pontos da nuvem, segmentação da malha poligonal e para extração manual de medidas antropométricas das imagens 3D a laser de três atletas de *Jiu-Jitsu* (perímetros e áreas de seções transversais); o programa *MeshLab* de processamento de malhas poligonais 3D foi utilizado para a obtenção do volume de partes do corpo desses atletas.

Estudos comparativos também foram realizados entre o perímetro do tórax obtido pelo método tradicional, utilizando fita métrica, e o perímetro do tórax obtido a partir de extração manual, utilizando o *CC*, de três atletas de *Jiu-Jitsu* do sexo masculino categoria médio-pesado.

Nas tabelas 4 e 5 abaixo são apresentados os resultados para o dado obtido de modo tradicional e a partir da digitalização a laser do atleta, tanto para a malha poligonal aberta - malha com falhas ou buracos, quanto para a malha poligonal fechada. Os valores encontrados para a área da superfície do tronco também são apresentados.

TABELA 4: COMPARAÇÃO ENTRE O PERÍMETRO DO TÓRAX OBTIDO PELO MÉTODO TRADICIONAL E PELA EXTRAÇÃO MANUAL MALHA POLIGONAL ABERTA

Atletas <i>Jiu-Jitsu</i> (sexo masculino)	Perímetro do tórax tradicional (cm)	Perímetro do tórax extração manual (cm) malha poligonal aberta	Diferença tradicional x extração manual	Área (cm ²)
H05	101	105	- 4	45
H06	96,2	99	- 2,8	42
H07	104,7	103	1,7	47

TABELA 5: COMPARAÇÃO ENTRE O PERÍMETRO DO TÓRAX OBTIDO PELO MÉTODO TRADICIONAL E PELA EXTRAÇÃO MANUAL MALHA POLIGONAL FECHADA

Atletas <i>Jiu-Jitsu</i> (sexo masculino)	Perímetro do tórax tradicional (cm)	Perímetro do tórax extração manual (cm) malha poligonal fechada	Diferença tradicional x extração manual	Área (cm ²)
H05	101	106	- 5	58
H06	96,2	101	- 4,8	57
H07	104,7	106	- 1,3	63

TABELA 6: COMPARAÇÃO DAS DIFERENÇAS DE PERÍMETRO DO TÓRAX E DE ÁREA ENTRE AS MALHAS ABERTA E FECHADA

Atletas <i>Jiu-Jitsu</i> (sexo masculino)	Perímetro do tórax extração manual (cm) malha poligonal aberta	Perímetro do tórax extração manual (cm) malha poligonal fechada	Diferença malha aberta x malha fechada	Diferença área (cm ²) malha aberta x malha fechada
H05	105	106	- 1	- 13
H06	99	101	- 2	- 15
H07	103	106	- 3	- 16

Os resultados demonstraram que áreas obtidas a partir de malhas poligonais abertas e fechadas são distintas. Isso se deve pela execução do algoritmo de fechamento da malha que aumenta o número de facetas triangulares nas partes onde não se tem informação da superfície (falhas ou buracos). No cálculo da área da malha poligonal as facetas triangulares são agrupadas ou divididas de modo a ficarem com a mesma área e, então, a partir do somatório de todas as áreas dessas facetas, se tem a área total da superfície. A figura 29 representa exemplos de malhas abertas e fechadas, respectivamente.

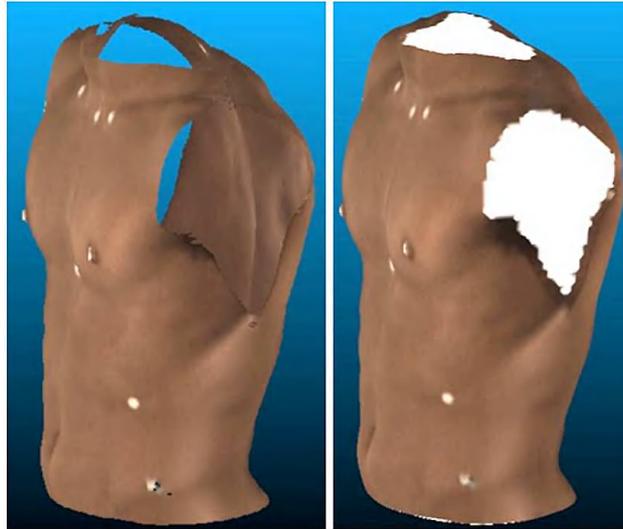


Figura 29: atleta H05 - Malha poligonal aberta (imagem à esquerda) / Malha poligonal fechada (imagem à direita). programa *MeshLab*

Comparando-se os perímetros obtidos em ambas as malhas (aberta e fechada), observa-se que os resultados da malha aberta ficaram mais próximos aos valores da medida tradicional, porém, o resultado do perímetro obtido com o programa CC não é confiável, pois o programa utiliza o algoritmo de fechamento do tipo “ponte”, ou seja, executa o fechamento da falha da superfície por meio de uma linha reta que não acompanha as curvas do corpo humano. A Figura 30 apresenta o fechamento do tipo "ponte" do programa CC.

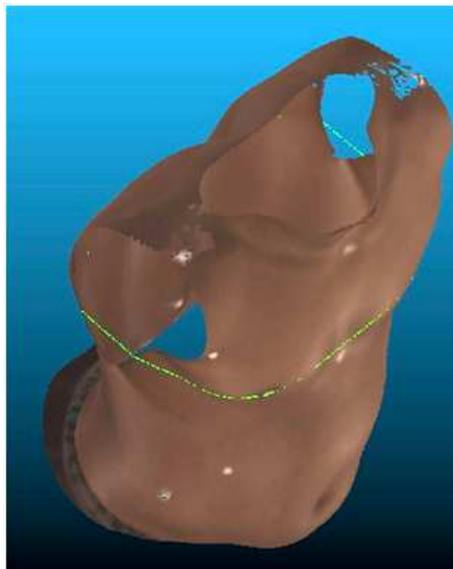


Figura 30: Perímetro do tórax do Atleta H07 (malha poligonal aberta)

Embora os testes tenham sido preliminares os resultados indicaram que a extração manual de perímetros deve ser feita em superfícies que não apresentam falhas ou buracos, ou seja, cujos modelos digitais representem de modo mais

completo possível a parte ou o segmento do corpo digitalizado. Outra análise é que esses resultados se mantiveram na mesma categoria de atletas.

Ainda em relação à extração manual, foram realizados testes com um indivíduo não atleta para a extração de perímetros de outros segmentos do corpo - braço contraído e antebraço. Os resultados são apresentados nas tabelas 7 e 8 abaixo.

TABELA 7: COMPARAÇÃO ENTRE OS PERÍMETROS OBTIDOS PELO MÉTODO TRADICIONAL E PELA EXTRAÇÃO MANUAL MALHA POLIGONAL ABERTA

	Tradicional (cm)	Extração manual (cm) malha poligonal aberta	Diferença tradicional x extração manual
Perímetro do tórax	93	98	- 5
Perímetro do braço contraído	30,9	29,5	1,4
Perímetro do antebraço	26,4	27,7	- 1,3

TABELA 8: COMPARAÇÃO ENTRE OS PERÍMETROS OBTIDOS PELO MÉTODO TRADICIONAL E PELA EXTRAÇÃO MANUAL MALHA POLIGONAL FECHADA

	Tradicional (cm)	Extração manual (cm) malha poligonal fechada	Diferença tradicional x extração manual
Perímetro do tórax	93	98,6	- 5,6
Perímetro do braço contraído	30,9	29,2	1,7
Perímetro do antebraço	26,4	25,7	0,7

Na Tabela 7, os perímetros do braço contraído e do antebraço extraídos da malha aberta apresentam-se próximos ao valor da medida tradicional, tal como ocorrido anteriormente no perímetro do tórax. Entretanto, especificamente no caso do perímetro do antebraço extraído da malha fechada, o resultado ficou mais próximo do valor da medida tradicional do que os valores encontrados para a malha aberta (Tabela 8). Nesse caso, não se tem o mesmo padrão dos resultados anteriores porque a superfície analisada apresenta uma falha muito grande. Além do fechamento do algoritmo do programa CC ser por meio de um segmento de reta, esse fechamento também se dá de modo paralelo ao chão, como apresentado na figura 31 abaixo:



Figura 31: Perímetro do antebraço (malha poligonal aberta)

Outros estudos comparando-se a forma do tronco de duas atletas de *Jiu-Jitsu* da mesma categoria (médio) também foram realizados (figura 32). Essa comparação foi feita entre uma atleta pentacampeã mundial e uma atleta campeã pan-americana. A área em vermelho apresenta as maiores diferenças em termos lineares. A atleta pentacampeã apresenta a musculatura mais definida em relação à outra atleta na região do abdômen em vermelho.

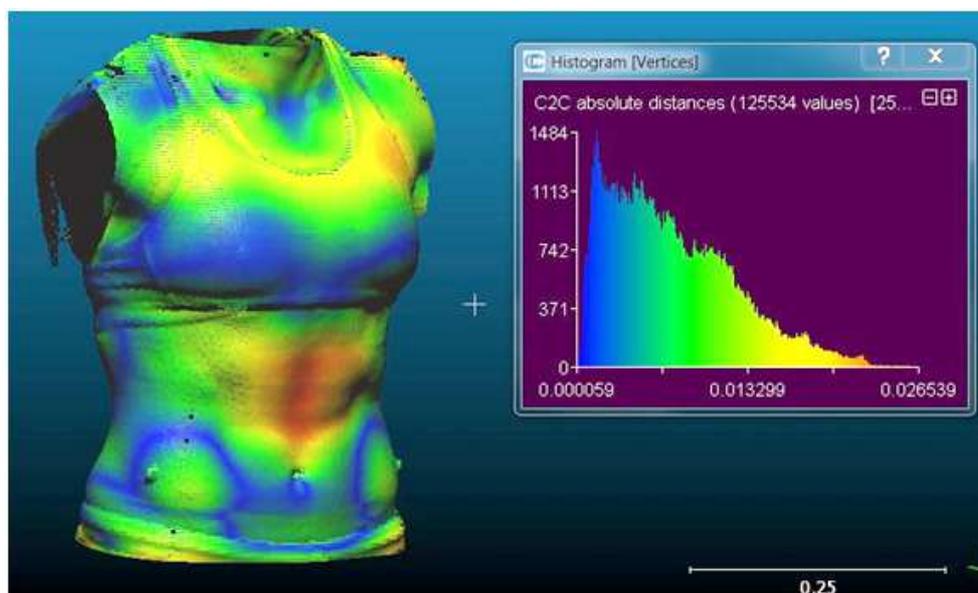


Figura 32: mapa de profundidade das nuvens de pontos de duas atletas de *Jiu-Jitsu* da mesma categoria. Em vermelho a área de maior variação entre as duas formas de tronco (2,6 cm) programa *CloudCompare*

Com os programas de modelagem 3D *CloudCompare* e *MeshLab* é possível trabalhar com nuvens de pontos e malhas poligonais 3D e, a partir daí, obter medidas como áreas, perímetros e volumes, essenciais na área de antropometria. Os estudos realizados, no entanto, demonstraram que existe a necessidade de desenvolver métodos que possibilitem a extração de medidas antropométricas a partir de imagens digitalizadas com resultados mais confiáveis. O programa *Rhinoceros* também foi utilizado na extração manual de medidas e na análise dimensional das imagens digitalizadas do tronco das duas atletas de *Jiu-Jitsu* (figuras 33 e 34).

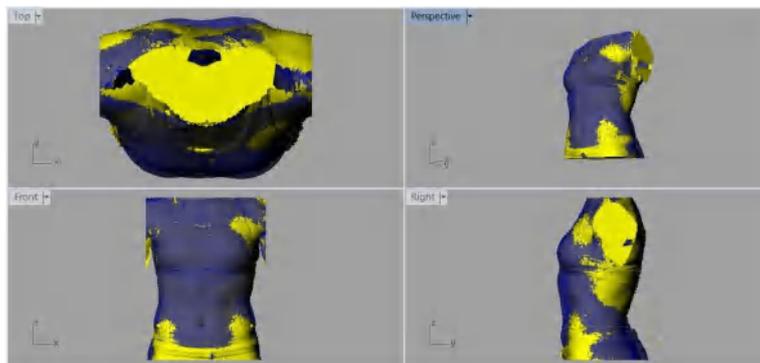


Figura 33: análise dimensional entre duas malhas poligonais reduzidas e alinhadas pelos ombros de duas atletas de *Jiu-Jitsu* (programa *Rhinoceros*)

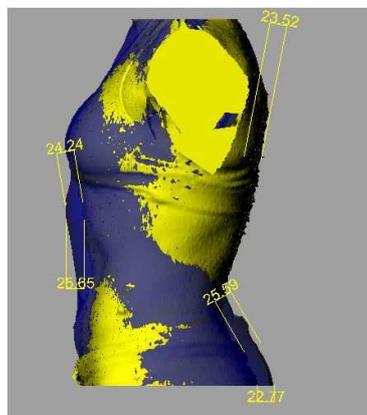


Figura 34: análise dimensional entre duas malhas poligonais reduzidas de duas atletas de *Jiu-Jitsu* (programa *Rhinoceros*)

3.2 Testes preliminares - marcadores RGB, modos de extração automática com os programas *CloudCompare (CC)* e *R*

A partir da necessidade de desenvolver métodos mais precisos e confiáveis de extração de medidas antropométricas de imagens digitalizadas e considerando que o *scanner WBX* captura textura, a possibilidade do uso de marcadores *RGB* como substitutos dos marcadores brancos foi investigada. Testes preliminares com marcadores adesivos (figura 35) e elásticos, de diferentes tamanhos e matizes, e de roupas de medição, de diferentes cores e composições de tecido, foram realizados.

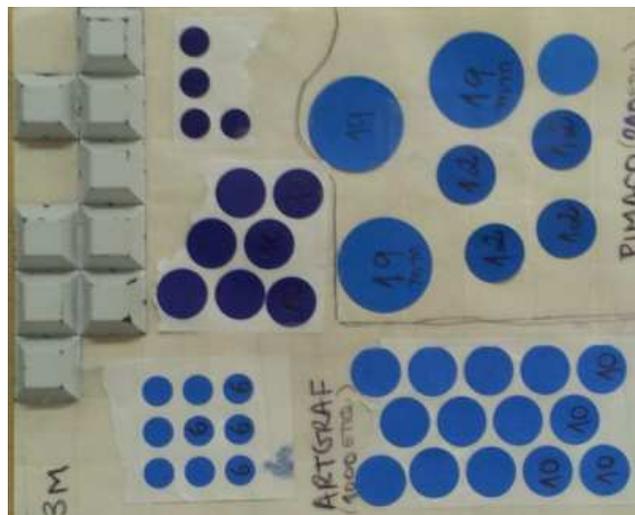


Figura 35: marcadores adesivos azuis utilizados nos testes preliminares

Esse estudo foi realizado com os programas *CC* e *R*, com as imagens digitalizadas dos atletas e com dois indivíduos - um do sexo masculino e um do sexo feminino, além de um manequim (figura 36), que foram digitalizados para testes.

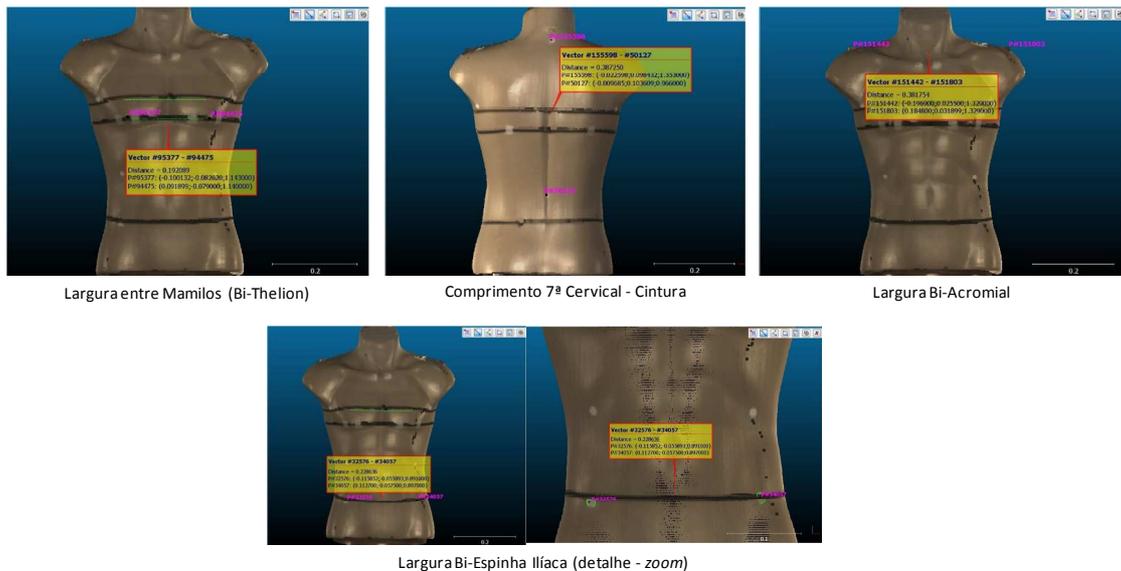


Figura 36: manequim digitalizado para testes

Os resultados iniciais dos testes foram animadores não só pela velocidade da extração, mas, sobretudo, porque as coordenadas de um ponto (xyz) obtidas de modo automático são mais precisas, já que não sofrem influência de quem define o que seria o “centro do ponto”, como é feito na extração manual. Deve-se considerar também que na extração automática as medidas apresentam maior número de casas decimais.

Como dito anteriormente, o objetivo inicial desse trabalho era caracterizar atletas da modalidade de *Brazilian Jiu-Jitsu*; no entanto, a partir da observação das coordenadas dos marcos anatômicos para a extração manual das medidas dos modelos humanos digitais dos atletas, foi possível avançar no estudo em direção à automatização da extração dos marcos (pontos no espaço).

A partir daí houve mudança do escopo da pesquisa que inicialmente tratava da investigação das características morfológicas de atletas de *Brazilian Jiu-Jitsu* para extração automática de medidas antropométricas 1D, 2D e 3D, a partir de imagens digitalizadas do corpo humano. Essa evolução ampliou a abrangência do trabalho que não mais se restringiu a um grupo específico de pessoas, caso dos atletas.

Outra questão que levou a mudança do escopo foi a dificuldade em encontrar atletas que se interessassem em participar da pesquisa. Apesar das tentativas realizadas junto a academias de *Jiu-Jitsu* e em competições nacionais, houve bastante dificuldade pelos seguintes motivos: o atleta estava em período de treinamento de competição, o atleta estava participando de competições (campeonatos estaduais, nacionais e internacionais) e o tempo despendido na coleta de dados (cerca de duas horas em todo o processo - troca de roupa, entrevista, colocação dos marcos

anatômicos, medição tradicional e digitalização em três posturas). Por esses motivos não foi possível ampliar a amostra de atletas.

A partir daí buscou-se expandir a abrangência da pesquisa com a participação voluntária de pessoas que não fossem atletas.

Para o melhor entendimento da técnica, ao final do capítulo 3, após a descrição de todas as etapas a seguir, será apresentado um fluxograma geral com os procedimentos estabelecidos (figura 88).

3.3 Coleta de dados

Tomando como base 61 marcos anatômicos definidos para a obtenção, por extração automática, de medidas antropométricas, cinco posturas (quatro em pé e uma sentada) foram estabelecidas para a digitalização 3D da amostra de 70 voluntários.

55 medidas antropométricas foram coletadas de modo tradicional para posterior verificação de diferenças estatisticamente significativas entre 41 dessas medidas tradicionais com as mesmas medidas extraídas automaticamente.

As cinco posturas definidas tinham como objetivo a visualização de 59 marcadores azuis e dois vermelhos que identificavam os marcos anatômicos nos modelos humanos digitais dos participantes da pesquisa.

Dentre as 41 medidas tradicionais, nove circunferências foram demarcadas no corpo dos participantes por elásticos verdes. Foram confeccionados sessenta e seis círculos de elásticos entre 12cm e 77cm (de 1 em 1cm), dezessete entre 78cm e 110cm (de 2 em 2cm) e oito de 115cm a 150cm (de 5 em 5cm) (figura 37).



Figura 37: elásticos verdes para demarcação das nove circunferências do corpo

Para a digitalização 3D dos participantes foi utilizado o *scanner* a laser de corpo inteiro *WBX* (figura 38) e, para a coleta das medidas tradicionais, foram utilizados: um antropômetro (2100mm/GPM), um compasso de corredeira pequeno (200mm/GPM), uma balança mecânica de plataforma (150kg/Filizola), uma fita antropométrica (2mx13,5m/Wiso) e uma trena metálica (7,5mx25mm/Dtools).



Figura 38: *scanner* 3D a laser de corpo - *Cyberware WBX* - e *scan* 3D gerado

Nesse *scanner*, quatro cabeças de digitalização a laser, instaladas em torres verticais, percorrem a superfície do corpo humano de cima para baixo, de modo que os detalhes dessa superfície sejam capturados. Com a pessoa posicionada sobre a plataforma, as cabeças a laser são acionadas e o processo de digitalização se inicia acima da altura da cabeça em direção aos pés, de modo a digitalizar todo o corpo, permitindo a captura em 3D de toda a superfície corporal da pessoa.

Antes de dar início à coleta de dados, tanto o objetivo da pesquisa – extração automática de medidas antropométricas a partir de imagens geradas por digitalização a laser – quanto o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” (Apêndice 3) foram apresentados aos voluntários. A partir da concordância em participar da pesquisa e pela assinatura do termo pelo participante, pela responsável pela pesquisa e por uma testemunha, a coleta de dados era iniciada.

Primeiramente, uma entrevista foi realizada onde foram levantados dados referentes à naturalidade, cor/raça autorreferida, nível de escolaridade, atividade física, lateralidade, autopercepção de saúde e tabagismo (Apêndice 1 e 2).

Após a entrevista, a pessoa vestia a roupa de medição composta, no caso dos homens, por bermuda e touca de lycra e, no caso das mulheres, por bermuda, *top* e touca de lycra. Tanto a bermuda quanto o *top* eram da cor preta e a touca era da cor bege. A finalidade da touca era possibilitar que a conformação da cabeça fosse rastreada pelo raio laser. Desse modo, buracos ou falhas devido à espessura dos fios de cabelo não foram formados nessa região do modelo humano digitalizado.

Após a troca de roupa, o participante era pesado na balança, a envergadura medida com a trena metálica e a estatura e a altura do assento medidas com o antropômetro (figura 39).



Figura 39: estatura e altura do assento medidas com um antropômetro

Após a retirada dessas medidas, pontos anatômicos de referência - 61 marcos anatômicos - eram localizados no corpo da pessoa por palpação e demarcados por meio de etiquetas adesivas azuis (59) e vermelhas (2) no formato de círculo com 12 mm de diâmetro (figura 40).



Figura 40: colocação de etiqueta azul na Articulação Metatarso-Falangeana do 5º dedo - direito (AMF5D)

Com os marcos anatômicos identificados pelas etiquetas (marcadores), trinta e sete medidas eram tomadas com o antropômetro e com o compasso de corrediça pequeno (figura 41) e, em seguida, quinze perímetros eram retirados com a fita antropométrica (Apêndice 6). Esses perímetros foram utilizados para selecionar os elásticos a serem colocados no corpo de modo que não houvesse demasiada pressão na pele, mas que mantivessem os elásticos na região do corpo onde os perímetros foram medidos. Nos casos em que os elásticos ficaram sobrepostos aos marcadores adesivos, outros marcadores foram colocados sobre os elásticos. Esse procedimento foi adotado para que os adesivos ficassem completamente visíveis, uma vez que os elásticos utilizados tinham largura de 7 mm.



Figura 41: colocação de marcadores azuis e medição tradicional utilizando antropômetro, compasso de corrediça pequeno e fita métrica

O objetivo de utilizar etiquetas azuis e vermelhas e elásticos verdes é a obtenção, por meio da cor, da localização das coordenadas desses marcadores na

nuvem de pontos gerada a partir da digitalização da superfície do corpo e, posteriormente, a extração automática dos marcos anatômicos e das medidas antropométricas.

Após a colocação dos elásticos, a pessoa era digitalizada nas cinco posturas (figura 42) definidas com o deslocamento vertical do laser (passo) calibrado em 2 mm. O tempo de digitalização foi em torno de 36 segundos para cada uma das cinco posturas. O tempo de digitalização somado ao tempo para salvar o arquivo gerado foi cerca de 1 minuto para cada imagem.



Figura 42: cinco posturas definidas para a digitalização

3.4 Pós-tratamento das imagens

3.4.1 Transformando a malha em nuvem de pontos

A partir da digitalização, do alinhamento e da fusão da nuvem de pontos do corpo da pessoa (arquivos de extensão .iv), foram geradas malhas poligonais triangulares (arquivo de extensão .ply). Esse processo foi realizado automaticamente pelo programa *Cyscan* dedicado ao *scanner WBX*.

O arquivo .ply gerado foi, então, aberto no programa *CloudCompare (CC)*. No *CC*, por meio do comando *Octree*⁴, os vértices da malha foram identificados e salvos como um banco de dados em que os elementos são os pontos no espaço e as variáveis são as coordenadas x, y e z e os valores de R, G, e B (figura 43).

⁴ *Octree* - É uma estrutura projetada para acelerar o processamento de dados espaciais. É uma divisão recursiva e hierárquica do espaço, decompondo-o em cubos. No *CC*, em muitos casos, uma dessas estruturas é construída sobre uma nuvem de pontos para acelerar as funções do software (*CloudCompare User's Manual for version 2.1*).

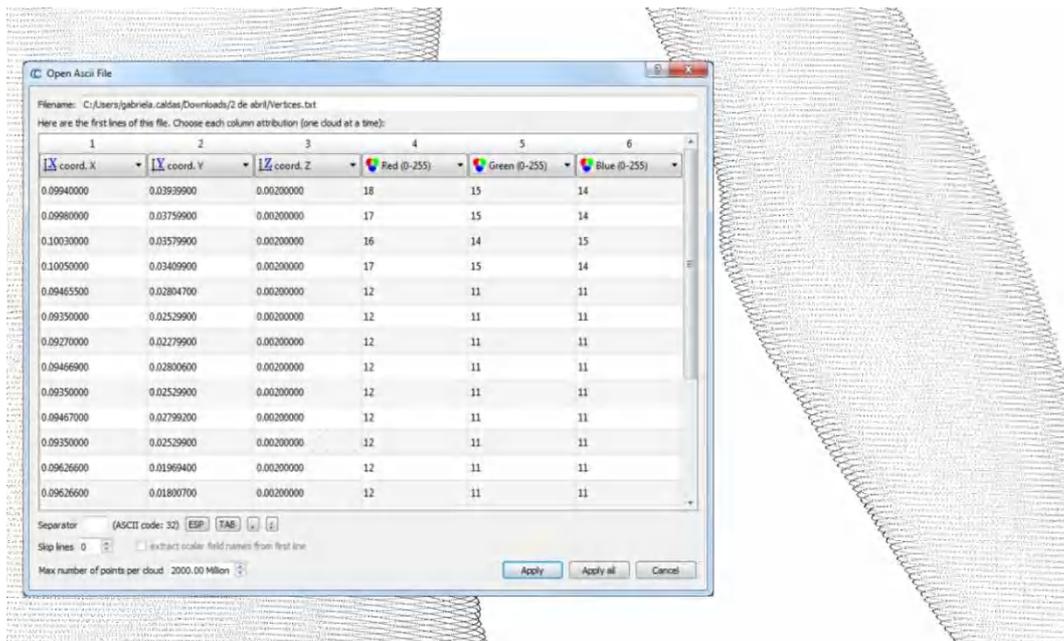


Figura 43: banco de dados de coordenadas x, y e z e valores de R, G e B correspondentes aos vértices da malha poligonal

No CC, o plano xz corresponde à vista frontal e o plano yz corresponde à vista sagital dos modelos humanos digitais gerados (figura 44).

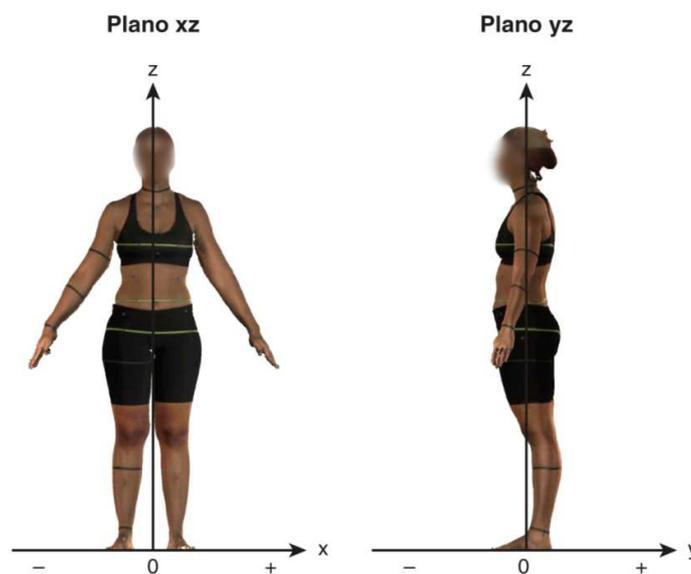


Figura 44: modelo humano digital na vista frontal (plano xz) e na vista sagital (plano yz)

Considerando que o marcador tinha formato de círculo com 12 mm de diâmetro e o passo do laser do *scanner* foi definido em 2 mm, na imagem de cada marcador foram identificadas, aproximadamente, seis fileiras de pontos (figura 45).

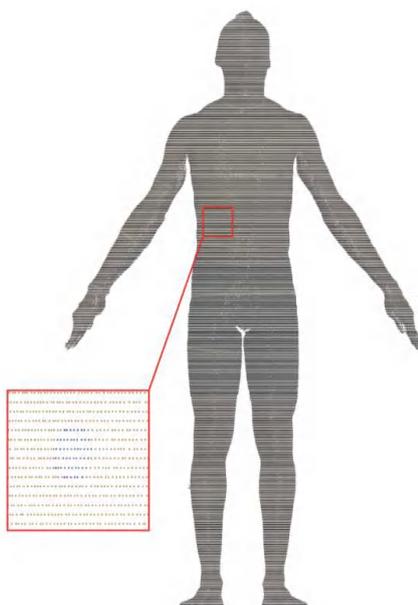


Figura 45: nuvem de pontos obtida com o comando *Octree* de uma malha poligonal digitalizada ao passo de 2mm. No detalhe, seis fileiras de pontos formam um marcador azul

3.4.2 *Limpeza dos modelos humanos digitais*

Antes de executar os algoritmos, procedimentos de limpeza na nuvem de pontos gerada a partir do comando *Octree* foram realizados. Isso foi feito visualizando-se os modelos humanos digitais no programa CC e removendo-se, manualmente, os pontos externos (ruídos) aos modelos.

3.4.3 *Seleção da imagem com melhor qualidade*

Segundo LU e WANG (2007), a fim de assegurar a qualidade das imagens e a precisão das medidas, procedimentos de pré-medição tais como, a calibração do sistema, o controle da iluminação, a padronização das posturas de digitalização e a não movimentação do corpo durante a digitalização devem ser observados.

Assim sendo, com o objetivo de controlar a qualidade das imagens obtidas, cada participante foi digitalizado 15 vezes nas cinco posturas distintas de modo intercalado, isto é, da primeira à quinta postura, três vezes seguidas.

Partindo-se do critério de visualização do maior número de marcos anatômicos nos modelos digitalizados, estabeleceu-se para o desenvolvimento dos algoritmos de extração automática a postura 1 (figura 46), pois, nessa postura, as falhas na superfície dos modelos eram reduzidas. Considerou-se, também, que essa postura de

pé havia sido definida na pesquisa *CAESAR* para a extração semi-automática de 72 marcos anatômicos utilizando o *programa Integrate*.

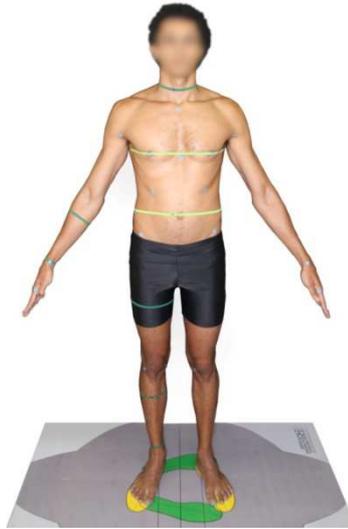


Figura 46: postura de pé com os braços afastados em relação ao tronco e pés posicionados a 34° entre si. Dois tubos cilíndricos de PVC com 20cm de comprimento e 1 polegada de diâmetro foram posicionados à altura dos punhos da pessoa para delimitar o afastamento dos braços

Com o objetivo de selecionar a melhor imagem de cada participante, dentre as três imagens digitalizadas na postura 1, os seguintes critérios de qualidade foram definidos:

1º) Imagem não sinuosa (figura 47)

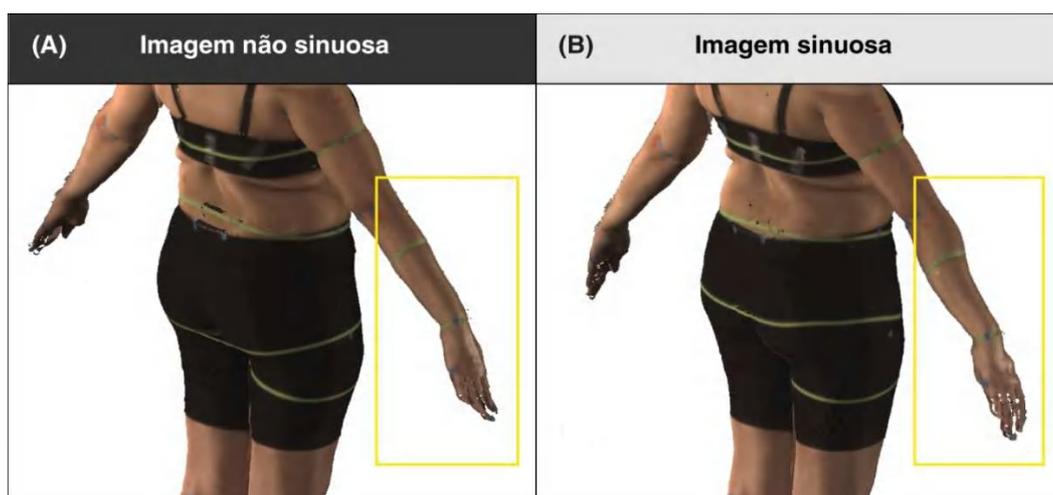


Figura 47: duas imagens do mesmo participante na postura 1. A imagem da esquerda (A) foi selecionada por não apresentar sinuosidade.

2º) Visualização dos cinco marcos anatômicos considerados fundamentais (figura 48)

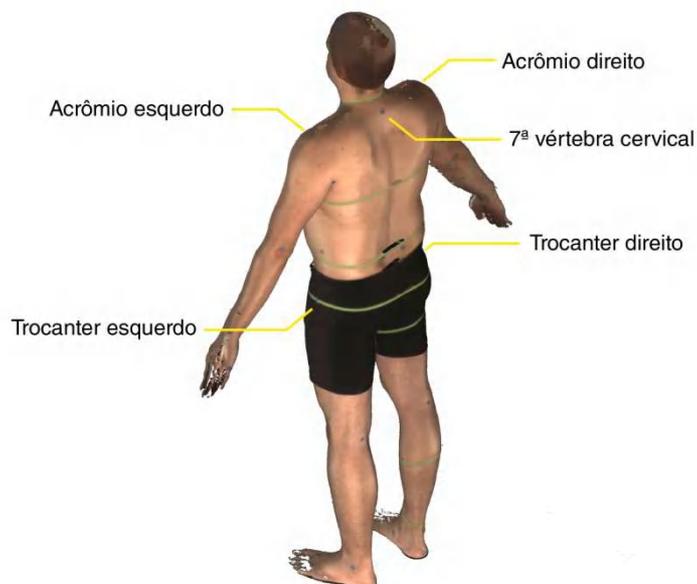


Figura 48: visualização dos marcos anatômicos: 7ª vértebra cervical (C7); acrómio direito (AD); acrómio esquerdo (AE); trocanter direito (TRD) e trocanter esquerdo (TRE)

3º) Não rotação do tronco no plano transversal superior (figura 49)

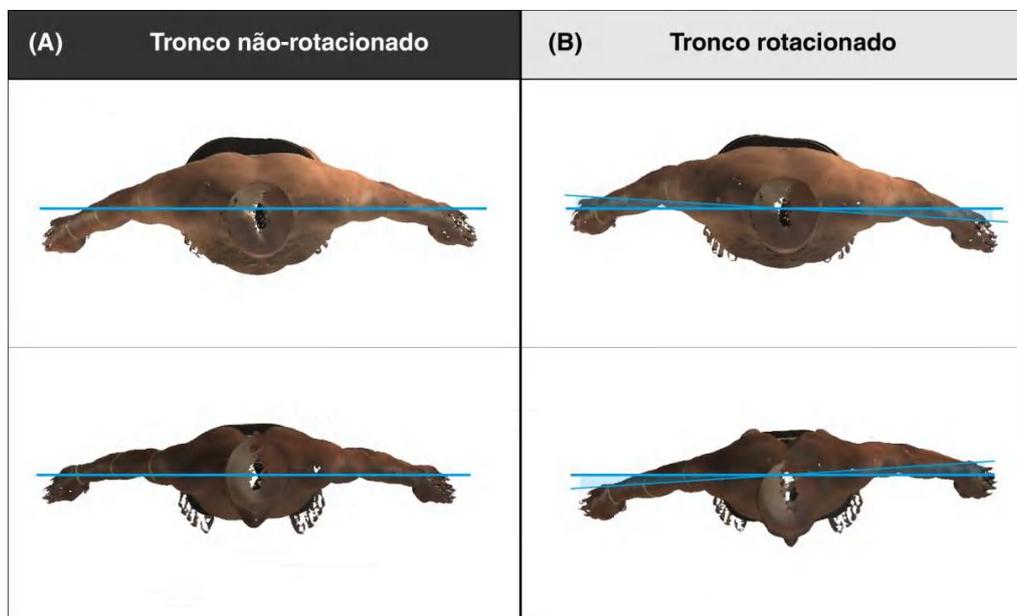


Figura 49: plano transversal superior da postura 1 de dois participantes. No lado esquerdo as imagens selecionadas por não apresentarem rotação de tronco

4º) Elásticos posicionados no corpo paralelos ao chão (figura 50)

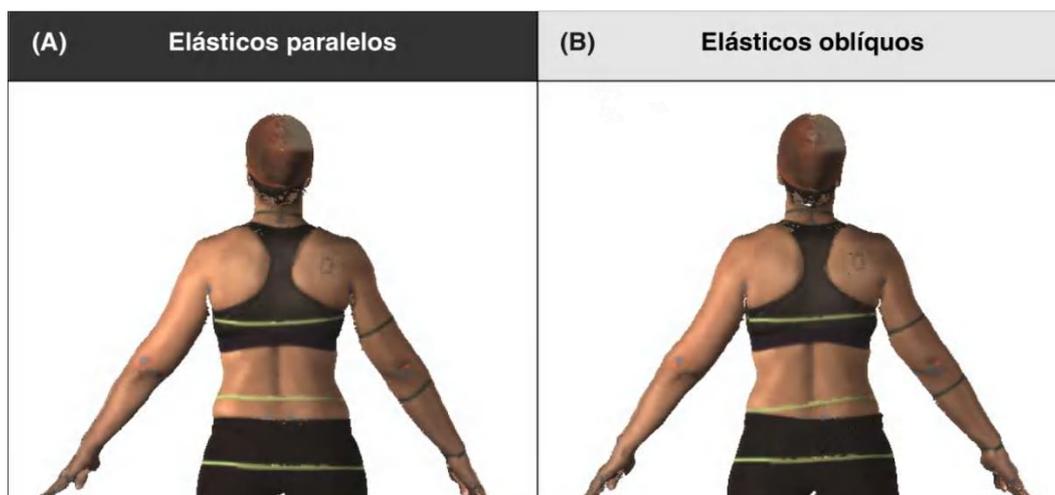


Figura 50: duas imagens do mesmo participante na postura 1. A imagem da esquerda (A) foi selecionada pelo posicionamento dos elásticos paralelos ao chão

5º) Marcadores adesivos não oclusos por elásticos (figura 51)

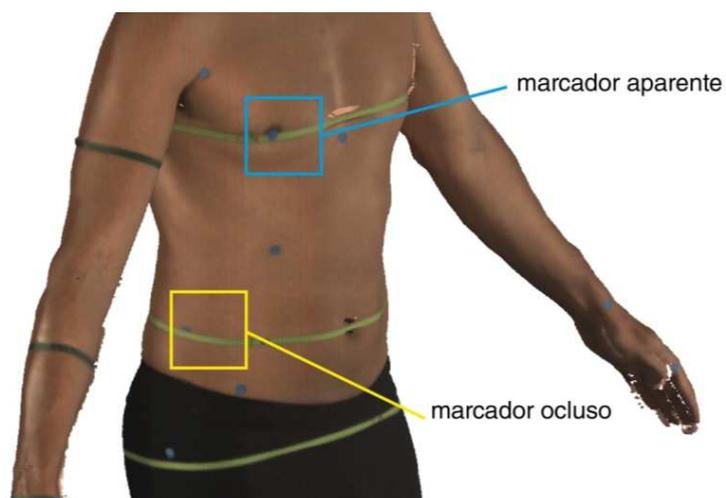


Figura 51: sinalizado em amarelo, o marcador da crista-ílica direita (CID) está coberto pelo elástico da circunferência da cicatriz umbilical (C_CUBSD)

6º) Elásticos não oclusos pela dobra da bermuda (figura 52)

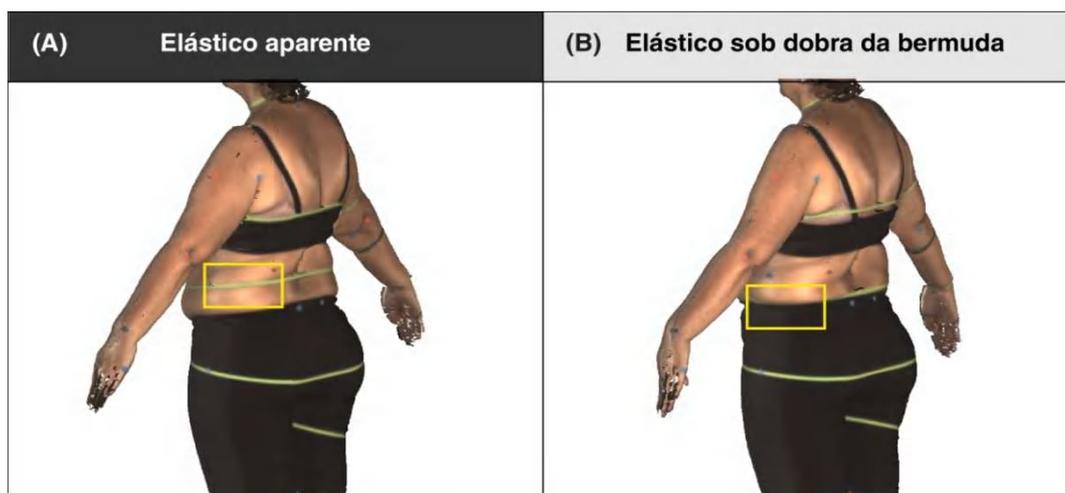


Figura 52: na imagem da esquerda (A), o elástico que demarca a circunferência umbilical está corretamente posicionado e visível. Na imagem da direita (B) o elástico ficou posicionado sob as dobras da bermuda

3.5 Estudo da localização dos marcos anatômicos e das circunferências

3.5.1 Separar os pontos que constituem os marcadores azuis dos demais pontos

Inicialmente, o banco de dados contendo as seis variáveis que identificam a localização (X, Y, Z) e a cor (R, G, B) de cada um dos cerca de 700 mil pontos da nuvem que representa um modelo humano digital (figura 53 - A) é aberto no pacote estatístico *R* com o comando *read.csv*. As variáveis X, Y e Z correspondem à largura, à profundidade e à altura dos pontos da nuvem e as variáveis R, G e B , às cores vermelha, verde e azul.

Para separar os pontos que formam os marcadores azuis dos demais pontos da imagem digitalizada, um banco de dados foi gerado com os pontos em que o valor da variável B era maior que o valor da variável R e maior que o valor da variável G .

O novo banco gerado apresenta cerca de 1500 pontos. Alguns desses pontos não se encontram nas áreas demarcadas pela cor azul, ou seja, não estão localizados na região dos marcos anatômicos. Esses são os casos de tons de cinza, encontrados quando R, G e B apresentam valores próximos entre si. Isso foi observado na região das roupas, dos olhos e dos cabelos (figura 53 - B).

Para contornar essa situação, uma nova variável denominada DIF_B foi formulada:

$$DIF_B = (B-R)+(B-G) \quad (1)$$

Como nesse banco a variável B é sempre maior que R e G , DIF_B só apresenta valores inteiros e positivos. Observou-se que os pontos de tons de cinza apresentam DIF_B menor ou igual a 5. Com esse critério é feita uma nova seleção de pontos, descartando todos os pontos com DIF_B menor ou igual a 5 (valor de corte), gerando uma nova nuvem de pontos azuis que, de fato, são os marcadores azuis digitalizados (figura 53 - C).

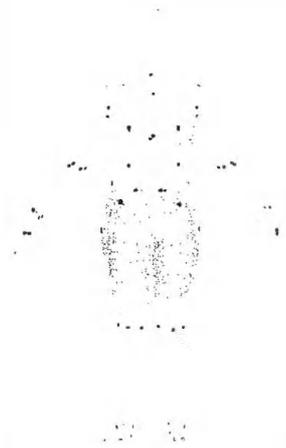
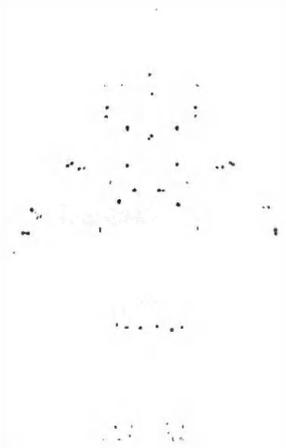
(A)	(B)	(C)
		
<p>Nuvem com cerca de 700 mil pontos obtida na digitalização da postura 1.</p>	<p>Nuvem com cerca de 1500 pontos obtida após a seleção dos pontos onde o valor de B é maior que o valor de R e maior que o valor de G.</p> <p>Observa-se pontos na região da bermuda que não representam marcos anatômicos.</p>	<p>Nuvem de pontos obtida após a filtragem de pontos pelo critério DIF_B menor ou igual a 5. Essa nuvem representa, de fato, os marcadores azuis digitalizados.</p>

Figura 53: seqüência do processamento para a seleção dos marcadores azuis

3.5.2 **Classificar um grupo de pontos azuis como um marcador**

Os pontos que constituem os marcadores devem ser organizados em grupos de pontos próximos entre si, de maneira que cada grupo corresponda a um marcador. Cada marcador tem cerca de 50 pontos.

Para isso, inicialmente, foi aplicada a técnica estatística *Análise de Cluster* ou *Análise de Agrupamento* que separa o conjunto de dados em grupos homogêneos. O

objetivo era que a técnica classificasse os pontos azuis corretamente em 59 grupos distintos de marcadores azuis.

No entanto, essa técnica não resultou no agrupamento esperado, pois existem marcadores que estão localizados praticamente à mesma altura e à mesma distância em relação ao eixo longitudinal (eixo crânio-caudal) do corpo (figura 54), como os marcadores anterior e posterior das axilas.

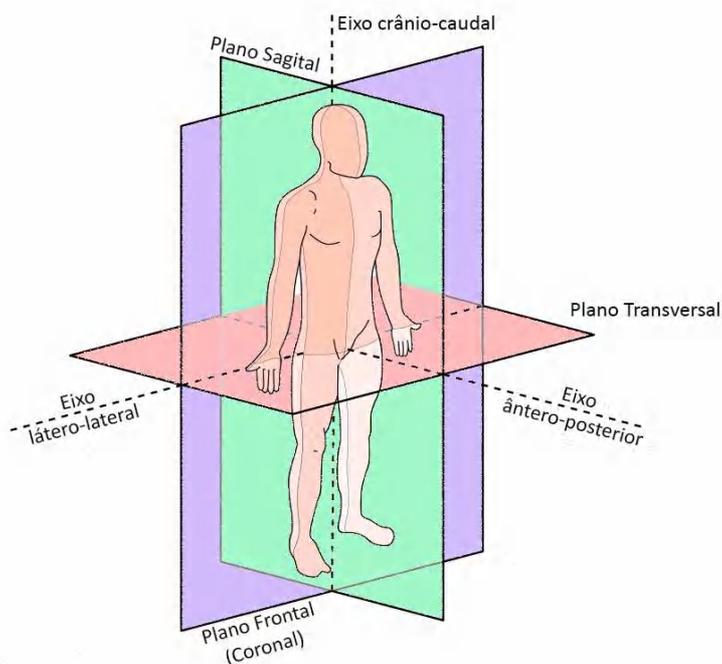


Figura 54: planos e eixos do corpo humano (Fonte: <https://personallplus.wordpress.com/2015/11/03/planos-e-eixos-do-corpo-humano/>)

Os pontos que formavam os marcadores anterior e posterior da axila direita (superfície anterior e posterior do corpo) apresentaram valores muito próximos em duas das três variáveis que identificavam as suas posições no espaço, a saber: Z (altura) e X (largura). Assim, a técnica classificou os pontos que compunham esses dois marcadores como homogêneos e os agrupou, já que a diferenciação só ocorreu em relação a Y (profundidade) (figura 55).

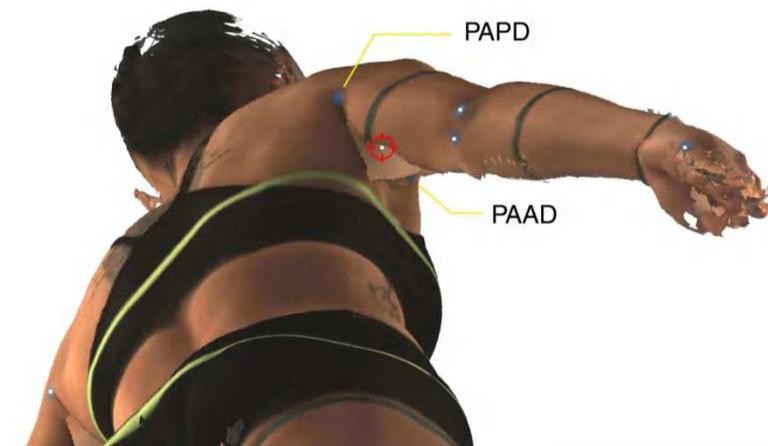


Figura 55: erro resultante (centro do círculo vermelho) do agrupamento dos pontos dos marcadores anterior (PAAD) e posterior (PAPD) da axila direita

Para contornar esse problema, uma estrutura de repetição foi desenvolvida onde cada elemento (ponto) recebesse uma classificação, que definisse o grupo de pontos ao qual esse elemento pertence. Assim, o banco de dados de cada participante foi organizado, primeiramente, pela variável Z (altura) na ordem decrescente e o primeiro elemento foi classificado como pertencente ao primeiro grupo. A partir do segundo elemento, as distâncias euclidianas foram calculadas entre cada ponto e seus antecessores em altura, a fim de encontrar pontos próximos que já tivessem sido classificados. Caso nenhum ponto fosse encontrado a uma distância inferior a 10 mm, um novo grupo era formado para receber esse ponto. Isso foi feito para que todos os pontos de um mesmo grupo estivessem a uma distância, entre si, menor que o diâmetro do marcador azul, ou seja, 12 mm.

3.5.2.1 Obter as coordenadas do centro de um marcador azul

Cada marcador é um conjunto de cerca de 50 pontos que foi identificado como um único vetor de coordenadas (x,y,z) e que determina a localização desse marcador no espaço. Os valores das três coordenadas de cada marcador foram obtidos pelas médias aritméticas das variáveis de localização desses pontos, ou seja, as médias de X , de Y e de Z .

Observou-se que os pontos localizados mais ao centro dos marcadores apresentavam cor azul mais intensa devido aos valores de B serem bem maiores que os de R e os de G nessa região. Conseqüentemente, a variável DIF_B apresentou valores mais altos nos pontos localizados mais ao centro do marcador. Da mesma

forma, valores de DIF_B mais baixos estavam associados aos pontos localizados mais próximos do perímetro do marcador.

Assim, constatou-se que o centro do marcador era melhor determinado pela média aritmética ponderada das variáveis X , Y e Z com a variável DIF_B sendo o peso (fórmula 1).

$$\text{centro do marcador} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i DIF_{B i}}{\sum_{i=1}^n DIF_{B i}}, \frac{\sum_{i=1}^n Y_i DIF_{B i}}{\sum_{i=1}^n DIF_{B i}}, \frac{\sum_{i=1}^n Z_i DIF_{B i}}{\sum_{i=1}^n DIF_{B i}} \right) \quad (1)$$

É importante observar que mesmo nos casos em que a imagem digitalizada dos marcadores apresentava falhas, o centro do marcador era identificado (figura 56).

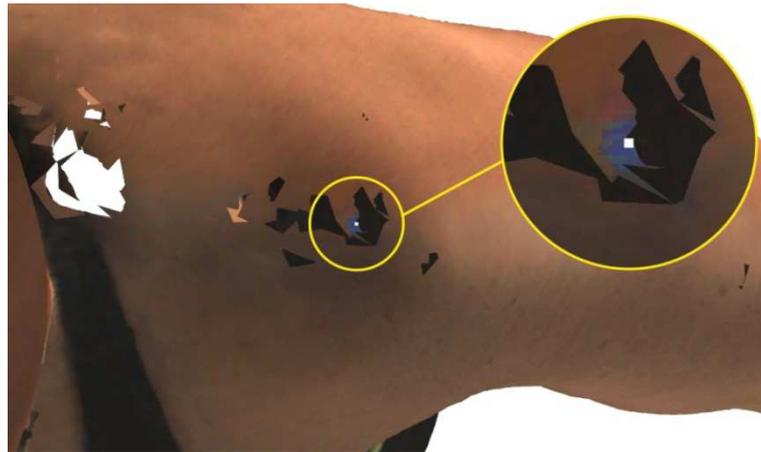


Figura 56: centro do marcador determinado pelas médias aritméticas das variáveis X , Y e Z ponderadas pela variável DIF_B

O método de localização de marcadores azuis foi avaliado por inspeção visual, verificando se os pontos obtidos estavam posicionados nos centros desses marcadores. Esse método retorna as coordenadas de localização (x,y,z) de marcadores azuis na superfície do corpo em qualquer postura digitalizada.

3.5.3 Separar os pontos que constituem os marcadores vermelhos dos demais pontos e obter as coordenadas desses marcadores

Para selecionar os pontos que compõem os marcadores vermelhos - cabeça do rádio dos braços direito (CRD) e esquerdo (CRE) - o método de seleção descrito no item 4.3.1 foi testado, mas, nesse caso, os pontos considerados foram aqueles em que o valor da variável R era maior que o valor da variável G e maior que o valor da variável B . O objetivo de se identificar os marcos anatômicos CRD e CRE com marcadores vermelhos foi eliminar o erro de agrupamento que ocorreu pela proximidade, desses marcos, com o epicôndilo lateral do úmero direito (ELUD) e do úmero esquerdo (ELUE) identificados por marcadores azuis (figura 57).

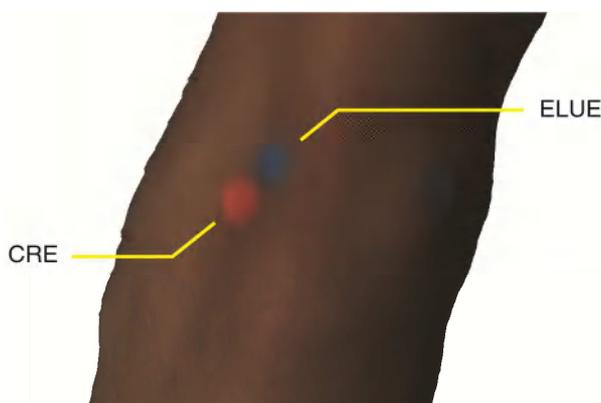


Figura 57: proximidade entre os marcadores vermelho (CRE) e azul (ELUE) no braço esquerdo de um modelo humano digital

O método, no entanto, não obteve bons resultados para os marcadores vermelhos, pois os pontos em que a variável R era maior que as variáveis G e B compunham tanto os marcadores vermelhos quanto regiões da superfície da pele do corpo dos participantes. A pele apresentou diferentes tons avermelhados de acordo com a etnia, impossibilitando a determinação de um único valor que separasse os marcadores vermelhos de todos os participantes.

Assim sendo, para obter as coordenadas dos marcadores vermelhos, uma amostra de 10 milhões de pontos foi gerada a partir da malha poligonal, por meio do comando *Sample Points* no *CC*, e selecionado, manualmente, o ponto mais ao centro de cada mancha circular vermelha que representava esses marcadores.

Esse tamanho de amostra foi determinado a partir da visualização dos marcadores como círculos bem definidos, o que possibilitou a identificação manual do centro dos marcadores (figura 58).

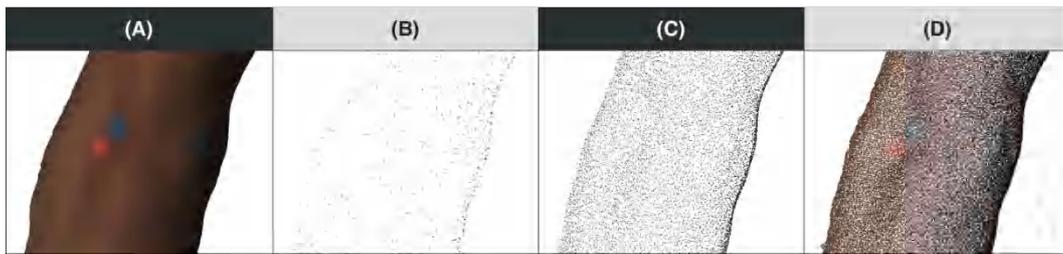


Figura 58: cabeça do rádio do braço esquerdo identificado pelo marcador vermelho na malha poligonal (A) e três tamanhos de amostra da nuvem de pontos: (B) amostra com 100 mil pontos; (C) amostra com 1 milhão de pontos e (D) amostra com 10 milhões de pontos

O conjunto de todos os pontos que representam os centros dos marcadores (azuis e vermelhos) são os marcos anatômicos localizados, mas não classificados. Para classificar esses pontos como marcos anatômicos, os pontos foram visualizados sobre a malha poligonal no CC (figura 59) e classificados manualmente, preenchendo-se um banco de dados com as variáveis X , Y e Z de cada um dos 61 marcos dos 70 voluntários da pesquisa. A elaboração desse banco de dados foi um processo demorado, mas fundamental para estudar a melhor forma de estimar as coordenadas dos marcos anatômicos e para verificar se o método de classificação automática retorna as mesmas coordenadas obtidas pela classificação manual.

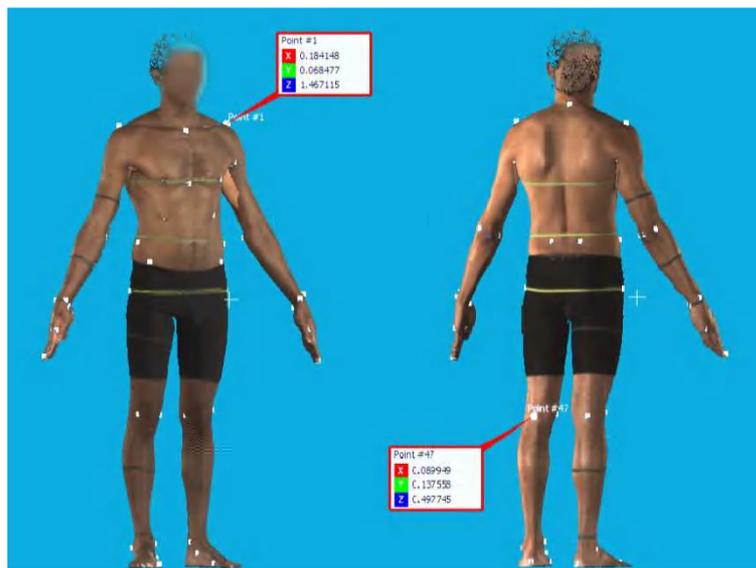


Figura 59: pontos (centro dos marcadores) visualizados sobre a malha poligonal no CC. Ao selecionar um ponto, as coordenadas do mesmo são exibidas

Por fim, os marcos não localizados foram categorizados de acordo com oito erros apresentados, listados a seguir:

- 1) O algoritmo não identificou os pontos da região do marco anatômico como azuis, apesar do marcador azul ser visualizado na imagem digitalizada;

- 2) Existência de falhas (buracos) na malha poligonal e, conseqüentemente, na nuvem de pontos gerada a partir da malha pelo programa CC;
- 3) Marcador azul ocluído por elástico verde;
- 4) Marcador azul ocluído por dobra da bermuda;
- 5) Marco anatômico não demarcado (falta do marcador azul ou vermelho);
- 6) Marcador azul ocluído por prega cutânea abdominal (barriga);
- 7) Falha na captura da textura (RGB) na região do marco anatômico;
- 8) Agrupamento de dois marcadores.

3.5.4 Separar os pontos que constituem os marcadores verdes dos demais pontos

O procedimento utilizado para selecionar os pontos que formam os marcadores azuis (4.3.1) também foi adotado para selecionar os pontos que formam os elásticos verdes (figura 60). Nesse caso, os pontos considerados foram aqueles em que o valor da variável G era maior que o valor da variável R e maior que o valor da variável B . Do mesmo modo que na seleção dos pontos azuis, uma variável denominada DIF_G foi definida para descartar os pontos com valor menor ou igual a 5:

$$DIF_G = (G-R)+(G-B) \quad (2)$$

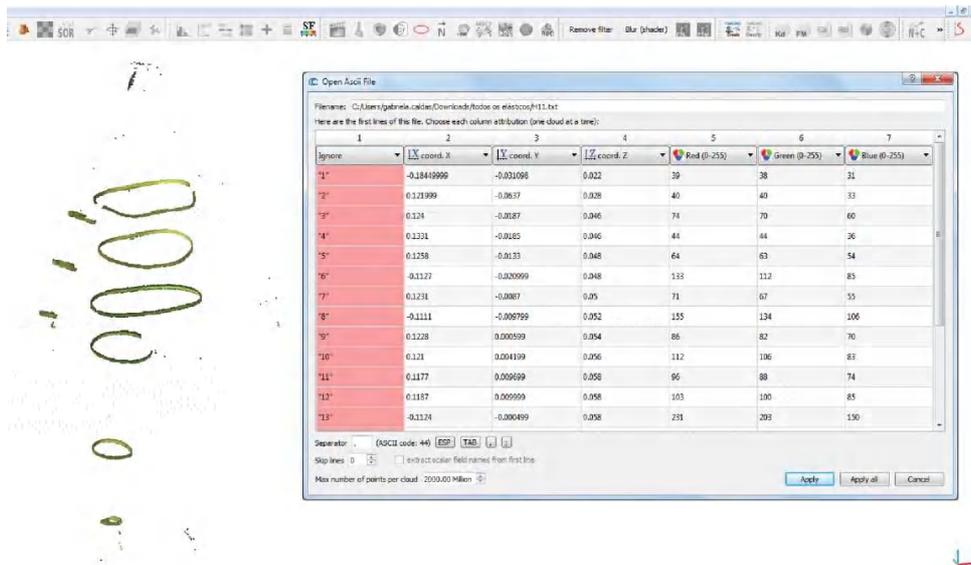


Figura 60: visualização dos pontos que constituem os elásticos verdes no CC

A partir da seleção dos pontos verdes da imagem, o conjunto de pontos que forma cada um dos nove elásticos verdes, que identificam cada uma das nove circunferências do corpo, foi separado manualmente e salvo como bancos de dados distintos (figura 61).

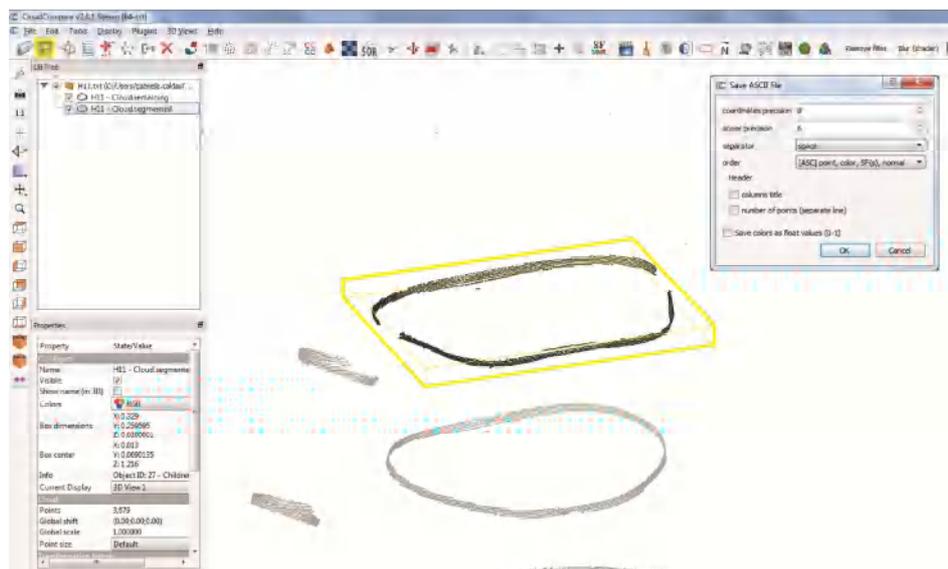


Figura 61: separação manual do conjunto de pontos que identifica a circunferência do busto/peito e armazenagem dos dados

O método de localização de circunferências também foi avaliado por inspeção visual, verificando se os pontos selecionados correspondiam aos elásticos e esse conjunto de pontos representava bem a circunferência de interesse. Foram analisadas

se as circunferências demarcadas estavam sem falhas, paralelas ao chão e se o método retornou pontos que não compunham os elásticos. Assim como o método de localização dos marcadores azuis, o método de localização de circunferências pode ser aplicado em imagens digitalizadas em qualquer postura.

3.6 Estudo da estimação e classificação automática dos marcos anatômicos

3.6.1 Variáveis de estudo da localização dos centros dos marcadores azuis e vermelhos (pontos marcados)

Nessa etapa, buscou-se formular variáveis que identificassem os marcos anatômicos classificados manualmente. Considerando-se que todo marco anatômico está localizado a uma determinada altura do corpo e, nessa altura, a uma determinada direção, as variáveis altura relativa do ponto marcado e ângulo do ponto marcado foram definidas para cada marco anatômico.

3.6.1.1 Altura do ponto marcado relativa à estatura (HPs)

A proporcionalidade corporal procura reunir elementos sobre as proporções ou as relações que se estabelecem entre as medidas antropométricas dos distintos segmentos do corpo humano. Nesse sentido, o cálculo de índices corporais é definido como a relação matemática estabelecida entre duas medidas antropométricas, observadas no mesmo indivíduo, e ajustadas em valores de porcentagem da menor sobre a maior medida (GUEDES e GUEDES, 2006).

Considerando que medidas antropométricas são tipicamente dependentes do tamanho, medidas proporcionais são utilizadas para eliminar o efeito do tamanho total do corpo (SCHRANZ *et al.*, 2010). HAN e NAM (2011) utilizaram a razão da altura de marcos anatômicos pela estatura de medidas corporais digitalizadas da pesquisa Size Korea. LEONG *et al.* (2007) utilizou a proporção do comprimento da cabeça em relação à estatura para buscar pontos da geometria do corpo humano (figura 62).

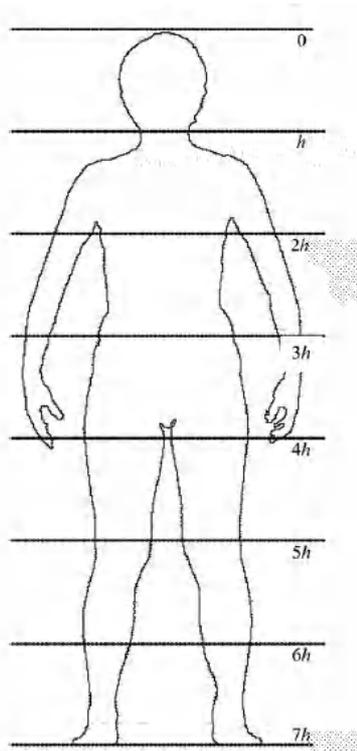


Figura 62: contorno frontal e razão comprimento da cabeça-estatura empregada para reduzir o tempo do processo de busca de pontos característicos da geometria do corpo de mulheres asiáticas (LEONG, *et al.*, 2007)

Neste estudo, a variável HPs_i foi definida como a razão da altura do ponto marcado correspondente ao marco anatômico i pela estatura (altura relativa do ponto marcado). O vetor aleatório HPs é composto por 61 variáveis aleatórias, que correspondem a todos os marcos anatômicos definidos. Todas as alturas relativas (hps_{ij}) assumem valores entre 0 e 1 (figura 63).

$$hps_{ij} = \frac{\text{altura do ponto marcado correspondente ao marco anatômico } i \text{ do indivíduo } j}{\text{estatura do indivíduo } j} \quad (3)$$

$i = C7, AD, AE, \dots, FDE$

$j = 1, 2, 3, \dots, 35$

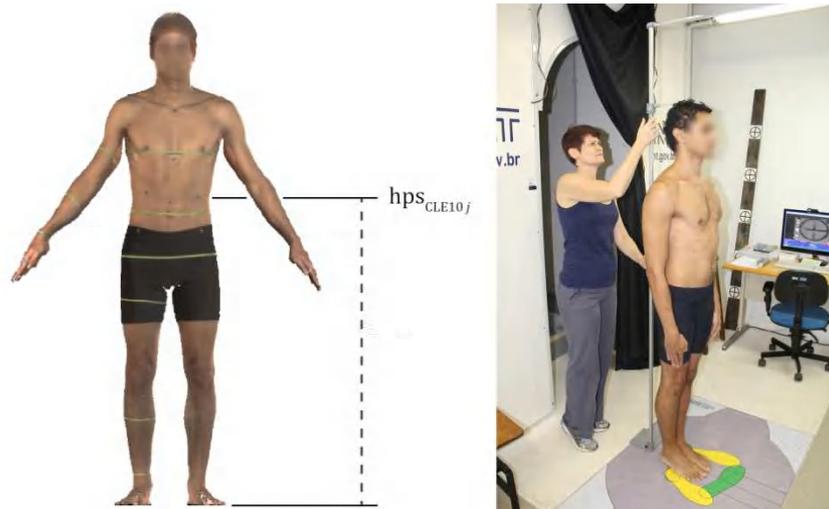


Figura 63: obtenção da altura do marco anatômico CLE10 e da estatura para cálculo de hps_{CLE10j}

A altura de um ponto marcado é obtida com o valor de sua coordenada z - distância do ponto marcado à base do *scanner*. Para os pontos marcados no tronco e nos membros inferiores, essas alturas foram obtidas apenas com os valores da variável Z. Para os pontos dos membros superiores, entretanto, foi necessário deslocar e rotar esses pontos no espaço de acordo com os ângulos de elevação dos ombros.

3.6.1.1.1 Cálculo do ângulo de elevação dos ombros

Considerando-se que na postura 1 os braços estão afastados em relação ao tronco, para se obter a altura dos pontos marcados nos membros superiores foi necessário realizar uma rotação desses pontos, pois estes não se encontram na mesma direção do eixo z, como no caso dos pontos no tronco e nos membros inferiores.

Para se obter o ângulo de elevação do ombro direito de um modelo humano digital, seleções da nuvem de pontos original em intervalos de 1% da estatura do modelo foram realizadas à partir da altura estimada da axila direita desse modelo, dado pela fórmula:

$$\text{altura estimada da axila direita do indivíduo } j = \frac{(HPsPAAD + HPsPAPD)}{2} * \text{estatura do indivíduo } j \quad (4)$$

Onde:

HPs_{PAAD} é a média amostral da altura do ponto axilar anterior direito relativa à estatura;
 HPs_{PAPD} é a média amostral da altura do ponto axilar posterior direito relativa à estatura.

Em cada grupo de pontos selecionados, o ponto com menor valor em x, denominado ponto de extremo mínimo, foi armazenado desconsiderando y (figura 64).

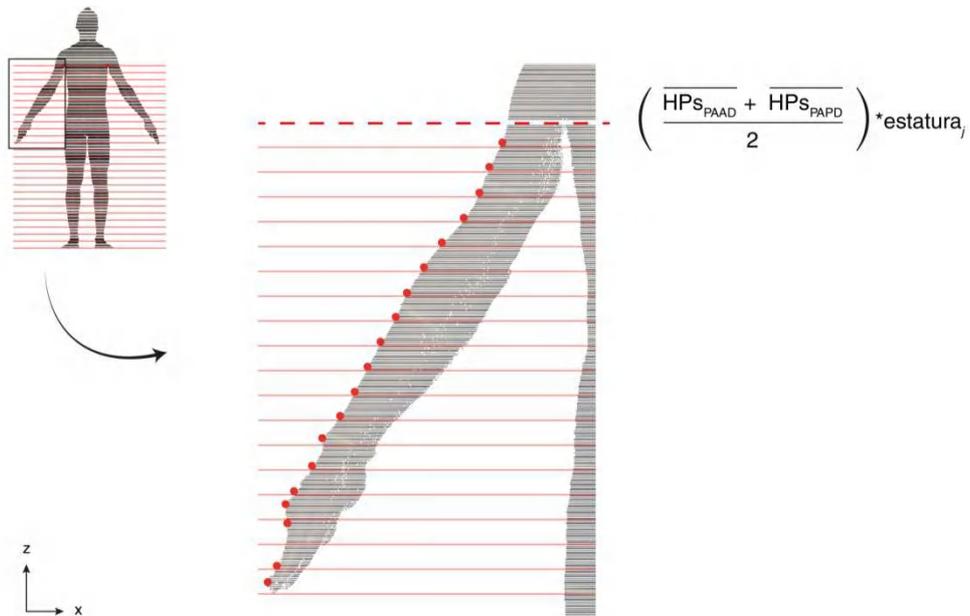


Figura 64: pontos com menor valor em x de cada grupo de pontos selecionados a intervalos de 1% da estatura do modelo (pontos de extremo mínimo), a partir da altura estimada da axila direita

No plano xz, a cada dois pontos de extremo mínimo um triângulo retângulo é formado, no qual o tamanho da hipotenusa é a distância entre esses pontos e o tamanho do cateto adjacente é a diferença absoluta entre os valores de z desses pontos. O ângulo formado por esses dois lados do triângulo é o arco cosseno do tamanho do cateto adjacente sobre o tamanho da hipotenusa (figura 65).

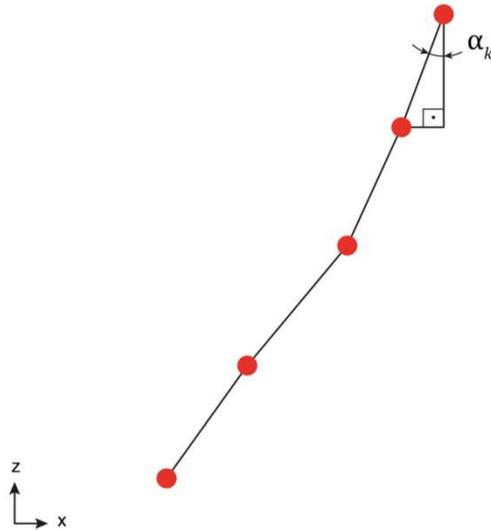


Figura 65: o ângulo α_k é o arco cosseno do tamanho do cateto adjacente (diferença absoluta entre os valores de z de dois pontos de extremo mínimo) sobre o tamanho da hipotenusa (distância entre esses dois pontos extremos mínimos)

O número de ângulos calculados é a combinatória do número de pontos extremos mínimos obtidos, tomados de dois em dois. Por fim, o ângulo de elevação do ombro direito é a média dos vários ângulos calculados ponderados pelos tamanhos das hipotenusas (figura 66); isso porque esse ângulo é melhor representado por ângulos calculados a partir de pontos mais afastados entre si.

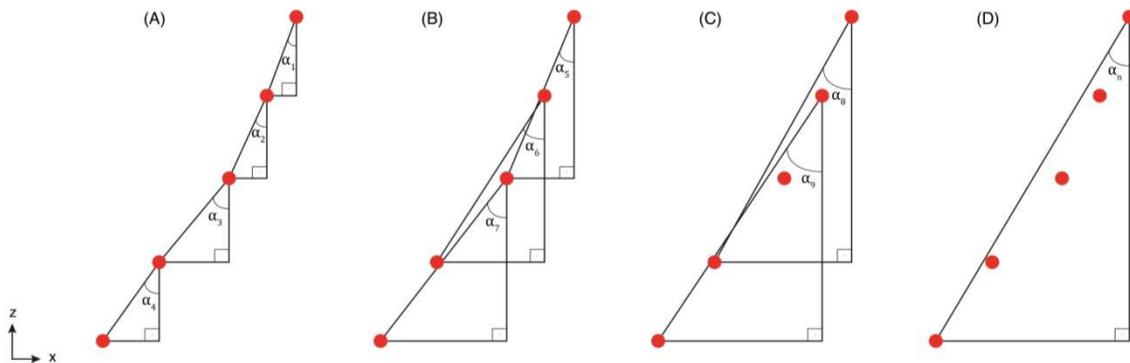


Figura 66: exemplo de combinatória de cinco pontos de extremo mínimo tomados de dois em dois. Dos dez triângulos retângulos formados, os que têm menores hipotenusas são construídos a partir de pontos sequenciados, como em (A). Triângulos retângulos com maiores hipotenusas são formados à medida que pontos de extremo mínimo contíguos são desconsiderados, como em (B) e (C). Por fim, em (D), temos o triângulo retângulo de maior hipotenusa construído a partir do primeiro e do último ponto de extremo mínimo, cujo ângulo (α_n) terá o maior peso no cálculo do ângulo de elevação do ombro direito

No cálculo do ângulo de elevação do ombro direito, são apenas considerados os pontos de extremo mínimo entre a altura estimada da axila direita e a extremidade do dedo médio da mão direita. O ponto da extremidade do dedo médio é obtido quando a variação (Δ) do valor de x de um ponto de extremo mínimo é muito grande em relação ao valor de x do ponto de extremo mínimo anterior (figura 67).

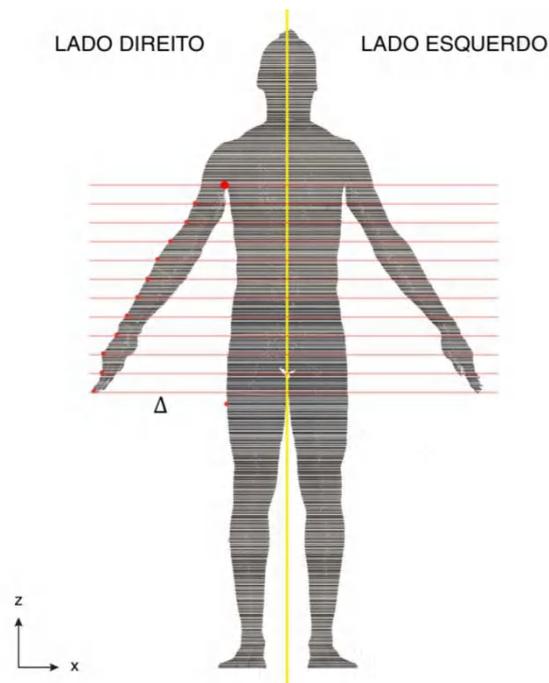


Figura 67: o ponto da extremidade do dedo médio é obtido quando há grande variação (Δ) do valor de x de um ponto de extremo mínimo em relação ao valor de X do ponto de extremo mínimo anterior

O mesmo procedimento foi utilizado para calcular o ângulo de elevação do ombro esquerdo, porém, em cada grupo de pontos subselecionados, os pontos com maior valor em x (pontos de extremo máximo) foram armazenados desconsiderando y .

3.6.1.1.2 Deslocamento e rotação dos pontos marcados nos membros superiores

Antes de realizar a rotação dos pontos marcados dos membros superiores, os pontos são deslocados no plano xz , subtraindo-se as coordenadas x e z desses pontos das coordenadas x e z da ponta do dedo médio da mão (figura 68).

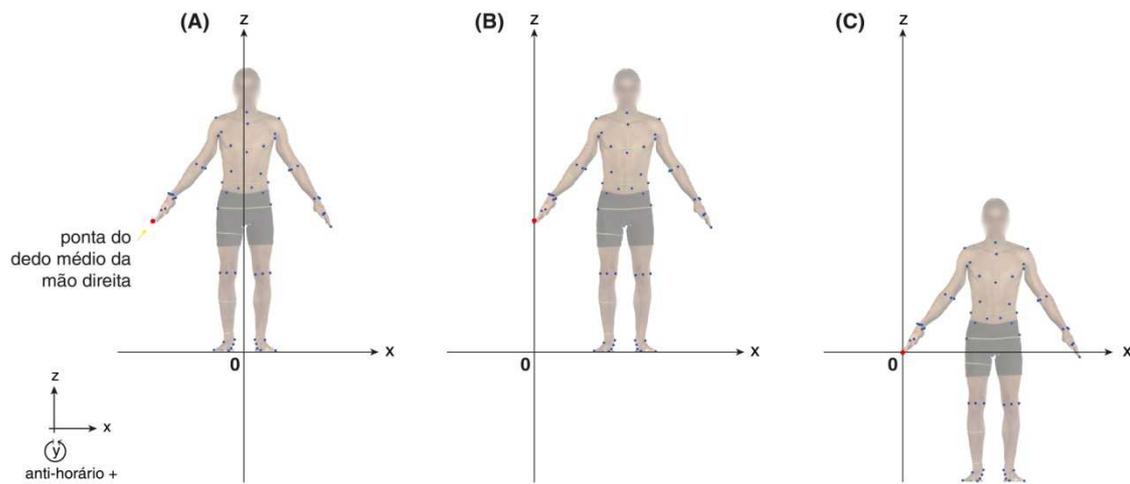


Figura 68: deslocamento no plano xz dos pontos marcados no membro superior direito; a partir da subtração das coordenadas x e z desses pontos pelos valores de x e z da ponta do dedo médio da mão direita

Após o deslocamento dos pontos marcados no plano xz, a rotação desses pontos é feita em torno do eixo y de modo que os ângulos de elevação de cada ombro sejam aplicados e os pontos marcados reposicionados a partir da origem (figura 69).

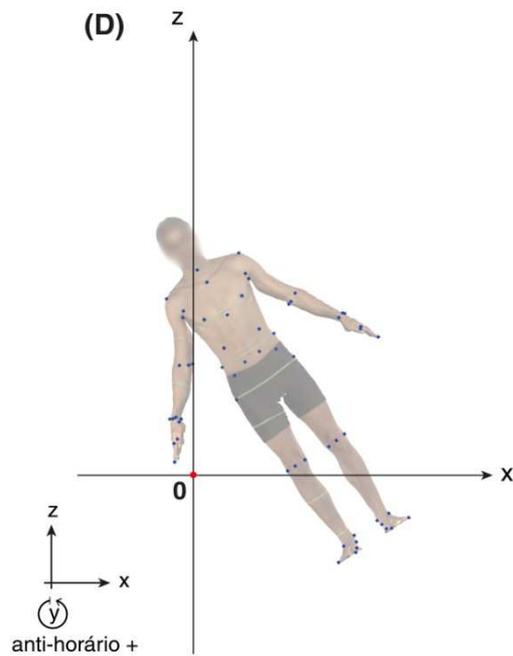


Figura 69: rotação dos pontos marcados no membro superior direito em torno do eixo y

A matriz de rotação dos pontos em torno do eixo y por um ângulo α é dada por:

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Todo esse procedimento é realizado para que os pontos marcados nos membros superiores sejam realocados no espaço e os valores de suas coordenadas z representem as alturas dos pontos em relação às extremidades dos dedos. Desse modo, as alturas dos pontos marcados nos membros superiores relativas às estaturas foram calculadas.

3.6.1.2 Ângulo do ponto marcado (AP)

O procedimento para o cálculo do ângulo do ponto marcado consistiu em uma seleção dos pontos da nuvem do modelo que estão contidos em um intervalo entre mais e menos seis milímetros da altura (coordenada z) de cada ponto marcado⁵ e no estudo da localização desse ponto na forma obtida.

3.6.1.2.1 Separação dos pontos que compõem segmentos corporais distintos

O conjunto de pontos selecionados, desconsiderando a variável Z, apresenta formas próximas de círculos no plano cartesiano xy (figura 70). Esses pontos foram ordenados pela variável X e, quando a diferença da coordenada x de dois pontos consecutivos era maior que 1 cm, as formas foram separadas.

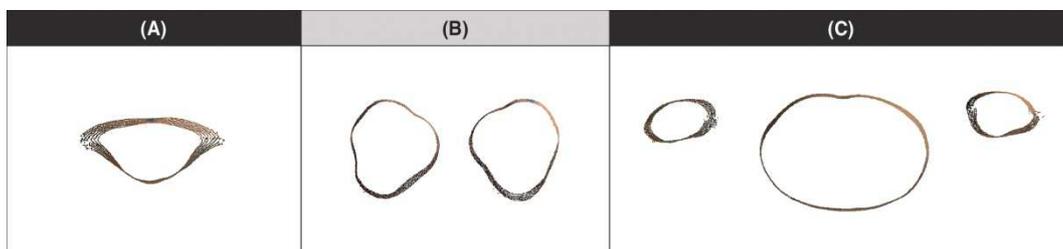


Figura 70: seleção dos pontos da nuvem em mais e menos 6 mm da altura da C7 (A), da altura da ELFD (B) e da altura da CLD10 (C)

⁵ esse intervalo foi definido para que a altura da faixa de pontos selecionados seja do tamanho do diâmetro dos marcadores azuis e vermelhos utilizados (12 mm).

O conjunto de pontos selecionados para os marcos THD e THE, entre mais e menos 6 mm da altura dos mesmos, apresentou uma forma cujas distâncias entre pontos consecutivos foram menores que 1 cm em x. Para fazer a separação dos pontos que constituem o tronco, os pontos tiveram de ser ordenados de outro modo. Primeiramente, se determinou o centro da forma, depois calculou-se os ângulos de todos os pontos dessa forma (figura 71) e, a partir desses ângulos, ordenou-se os pontos como vizinhos.

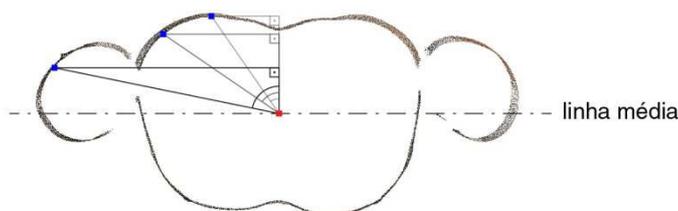


Figura 71: cálculo dos ângulos dos pontos da forma

Em seguida, foi calculada a distância euclidiana entre pontos vizinhos a partir de pontos da forma centrados em x, nos sentidos horário e anti-horário. Quando a distância calculada era superior a 1 cm, indicando que o ponto não pertencia à circunferência do tórax, e sim dos braços, o ponto era desconsiderado (figura 72).

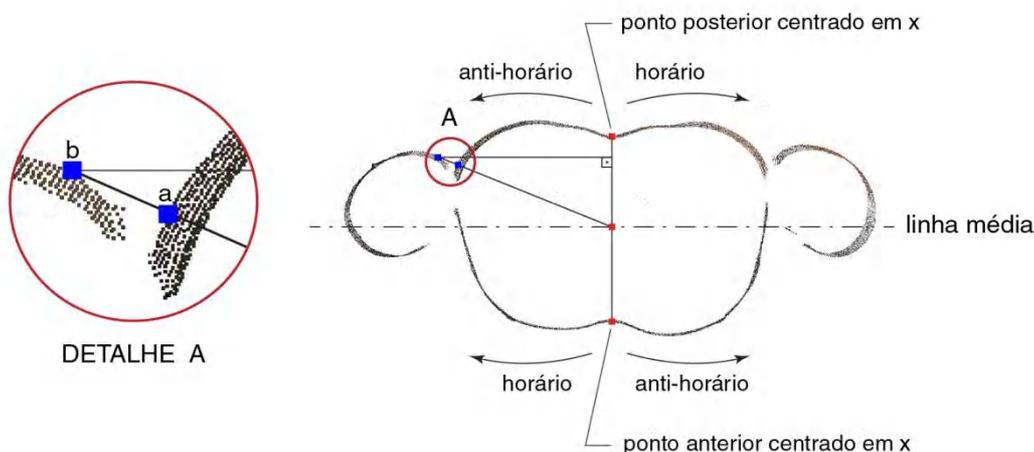


Figura 72: separação dos pontos que constituem o tronco dos pontos que constituem os braços. Os pontos vizinhos a e b estão a uma distância maior que 1 centímetro um do outro

3.6.1.2.2 Cálculo do ângulo do ponto marcado (ap_{ij})

Com os pontos selecionados, investigou-se o ângulo de localização do ponto marcado, determinado a partir de três pontos de coordenadas x e y: o próprio ponto marcado, o centro da forma e um ponto de referência (figura 73).

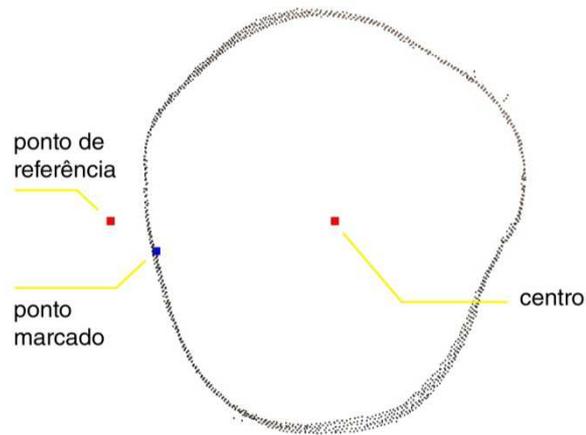


Figura 73: os três pontos de coordenadas x e y utilizados para calcular o ângulo do epicôndilo lateral do fêmur - direito (ELFD) de um indivíduo do sexo masculino: o próprio ponto marcado, o centro da forma e um ponto de referência

O centro da forma é definido pelo ponto médio entre os valores mínimo e máximo de X e Y dos pontos da forma, dado pela fórmula:

$$center = \left(\frac{\min(X) + \max(X)}{2}, \frac{\min(Y) + \max(Y)}{2} \right) \quad (6)$$

O ponto de referência está localizado a 1 cm de afastamento da forma e, dependendo do marco anatômico, localiza-se à direita (*right*) ou à esquerda (*left*) do plano sagital e à frente (*front*) ou atrás (*back*) do plano frontal do modelo humano digital. As coordenadas do ponto de referência também são obtidas a partir das coordenadas dos pontos da forma, como a seguir:

$$reference_right = \left(\min(X) - 0.01, \frac{\min(Y) + \max(Y)}{2} \right) \quad (7)$$

$$reference_left = \left(\max(X) + 0.01, \frac{\min(Y) + \max(Y)}{2} \right) \quad (8)$$

$$reference_front = \left(\frac{\min(X) + \max(X)}{2}, \min(Y) - 0.01 \right) \quad (9)$$

$$reference_back = \left(\frac{\min(X) + \max(X)}{2}, \max(Y) + 0.01 \right) \quad (10)$$

O ângulo do ponto marcado i no indivíduo j (ap_{ij}) (figura 74) foi calculado, em radianos, de acordo com a fórmula:

$$ap_{ij} = \arccos (\langle v_{ij}, u_{ij} \rangle / |v_{ij}| |u_{ij}|) \quad (11)$$

$i = C7, AD, AE, \dots, FDE$

$j = 1, 2, 3, \dots, 35$

Onde:

v_{ij} : vetor de referência do marco anatômico i cuja origem é o centro da forma e a extremidade é o ponto de referência do indivíduo j ;

u_{ij} : vetor do marco anatômico i cuja origem é o centro da forma e a extremidade é o ponto marcado no indivíduo j ;

$|v_{ij}|$ e $|u_{ij}|$ são os tamanhos dos vetores;

$\langle v_{ij}, u_{ij} \rangle$ é o produto interno.

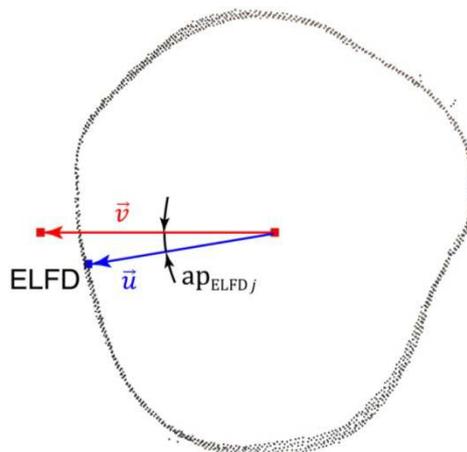


Figura 74: vetor de referência v_{ELFD_j} (referência direita), vetor do marco u_{ELFD_j} e ângulo ap_{ELFD_j} utilizados para identificação do ELFD (epicôndilo lateral do fêmur - direito) de um indivíduo do sexo masculino

Os pontos da nuvem do modelo contidos no intervalo entre mais e menos seis milímetros da altura (coordenada z) do ponto marcado, nem sempre resultaram em uma forma próxima de círculo, mas em uma forma oblonga ou elíptica. Quando os pontos contidos no intervalo apresentaram forma oblonga, essas foram divididas ao meio, considerando o ponto médio entre o valor mínimo e máximo da coordenada x .

Em seguida, aplicando-se as fórmulas acima descritas, os centros de cada uma das metades da forma, os pontos de referência e, conseqüentemente, os ângulos dos pontos marcados (ap_{ij}) foram calculados (figura 75).

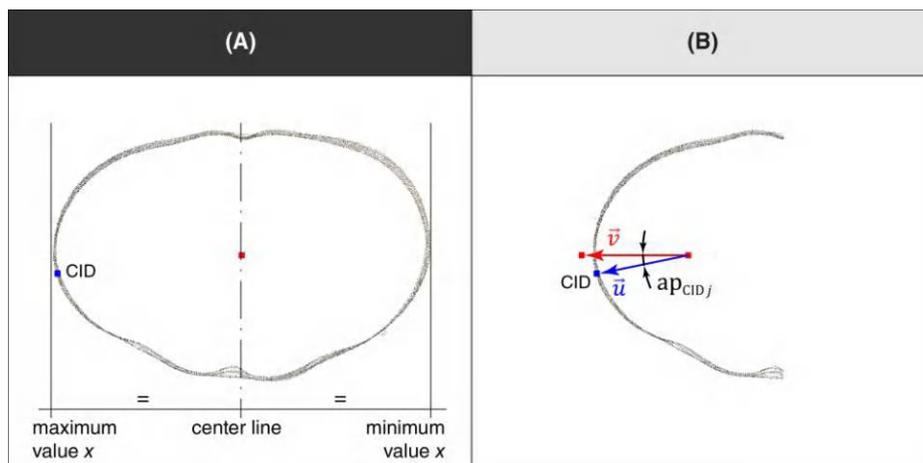


Figura 75: pontos contidos entre mais e menos seis milímetros da altura do marco anatômico CID (crista ilíaca - direita). (A) separação da nuvem no ponto médio entre os valores mínimo e máximo da coordenada x. (B) cálculo de ap_{CID_j} considerando a metade da forma oblonga para maior controle da variabilidade de AP_{CID}

Os pontos selecionados do modelo referentes aos marcos anatômicos SPE, SBE, EIPD e EIPE resultaram em formas oblongas. No entanto, essas formas não foram divididas pela metade por esses marcos estarem localizados próximos ao eixo central do corpo (figura 76).

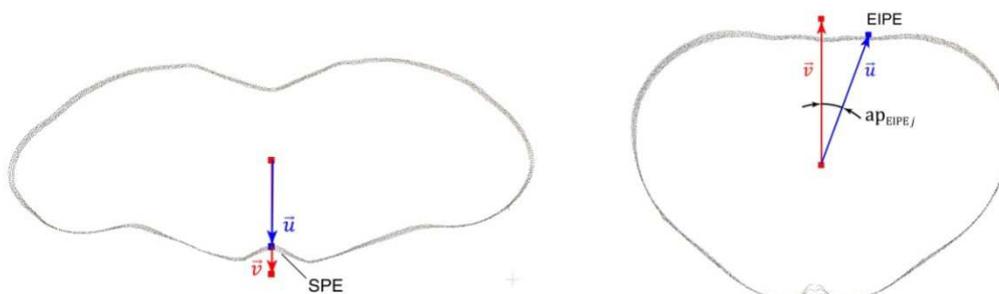


Figura 76: cálculo dos ângulos ap_{SPE_j} e ap_{EIPE_j} dos pontos SPE (supraesternal) e EIPE (espinha ilíaca posterior - esquerda) próximos ao eixo central do corpo

Para realizar o cálculo dos ângulos dos pontos marcados nos pés, todos os pontos contidos no intervalo de 0 a 2 cm de altura (coordenada z) do modelo foram selecionados (figura 77).

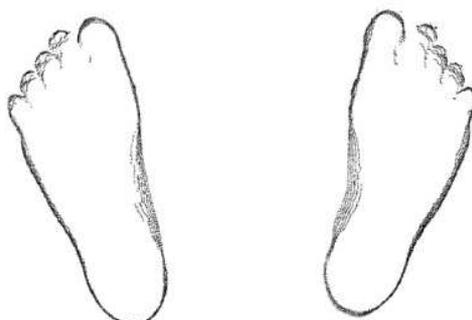


Figura 77: seleção dos pontos da nuvem do modelo contidos entre 0 e 2 cm no eixo z

Na postura 1, os pés encontram-se posicionados em rotação lateral (abdução) formando um ângulo de 34° entre si. A rotação da forma dos pés em sentidos convergentes, em torno do eixo z, reposicionou as nuvens de pontos, de modo que estas fiquem paralelas entre si (figura 78 – A e B).

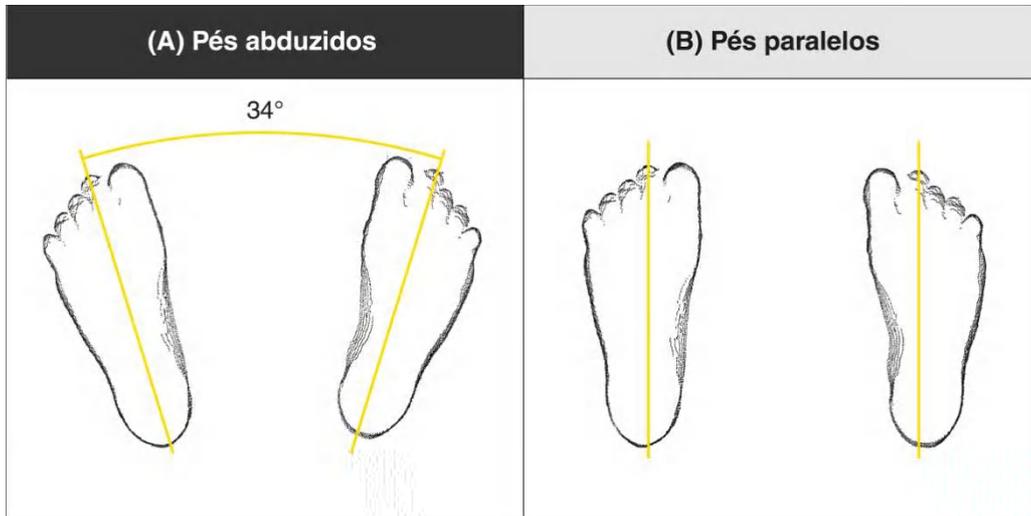


Figura 78: rotação da forma dos pés em torno do eixo z, de modo que estas fiquem paralelas entre si

A matriz de rotação dos pontos em torno do eixo z por um ângulo α é dada por:

$$\begin{bmatrix} \cos \alpha & -\text{sen } \alpha & 0 & 0 \\ \text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

As formas das nuvens de pontos obtidas também são oblongas e precisaram ser separadas na metade. Neste caso, diferentemente das formas oblongas do tronco, a separação foi feita no eixo y, considerando o ponto médio entre o valor mínimo e máximo da coordenada y.

Em seguida, aplicando-se as fórmulas, as coordenadas do centro de cada metade e dos pontos de referência foram obtidas, assim como, os ângulos dos pontos marcados (ap_{ij}) (figura 79).

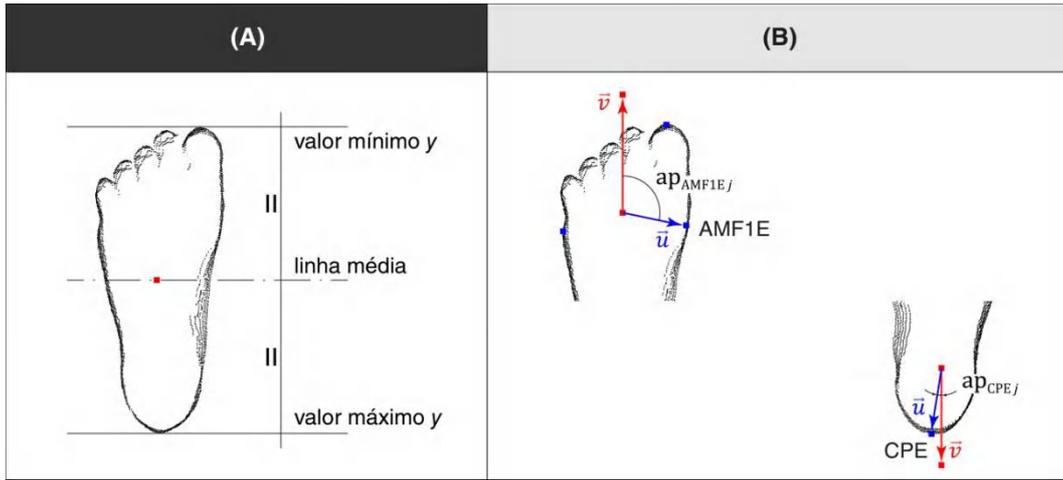


Figura 79: pontos contidos entre 0 e 2 cm de altura do pé esquerdo após a rotação em torno do eixo z. (A) separação no ponto médio entre os valores mínimo e máximo da coordenada y. (B) realização do cálculo do ângulo do ponto marcado referente aos marcos anatômicos AMF1E e CPE

Com as variáveis de estudo HPs_i (altura relativa do ponto marcado i) e AP_i (ângulo do ponto marcado i) definidas, foram criados intervalos com alta probabilidade de conter os valores das médias populacionais. Para cada variável HPs_i e AP_i , as suposições de normalidade foram avaliadas utilizando o teste de hipóteses de *Shapiro-Wilk*, adequado para pequenas amostras (RAZALI e WAH, 2011). Quando a suposição de normalidade, ao nível de significância de 5%, foi aceita, intervalos de 95% de confiança (CI) foram definidos para as médias populacionais μ_{HPs_i} e μ_{AP_i} dados por:

$$CI(\mu_{HPs_i}; 0.95) = (\overline{HPs_i} - t_{0.025}^*(s_{HPs_i}/\sqrt{n_i}) ; \overline{HPs_i} + t_{0.025}^*(s_{HPs_i}/\sqrt{n_i})) \quad (13)$$

$$CI(\mu_{AP_i}; 0.95) = (\overline{AP_i} - t_{0.025}^*(s_{AP_i}/\sqrt{n_i}) ; \overline{AP_i} + t_{0.025}^*(s_{AP_i}/\sqrt{n_i})) \quad (14)$$

Onde:

$\overline{HPs_i}$ é a média amostral da altura do marco anatômico i relativa à estatura;

$\overline{AP_i}$ é a média amostral do ângulo do marco anatômico i ;

s_{HPs_i} é o desvio padrão amostral da altura relativa do marco anatômico i

s_{AP_i} é o desvio padrão amostral do ângulo do marco anatômico i ;

$t_{0.025}$ é um ponto da distribuição t-student com $(n_i - 1)$ graus de liberdade tal que a probabilidade de se obter um ponto mais extremo que este seja 2,5%;

n_i é o número de pontos marcados encontrados referentes ao marco anatômico i .

Para as variáveis HPs_i e AP_i em que as suposições de normalidade não foram atendidas, intervalos interquartis (IQR) cujos limites são os primeiros e terceiros quartis foram definidos. Esse tipo de intervalo tem alta probabilidade de conter a tendência central por possuir 50% dos dados centrais:

$$IQR(HPs_i) = (Q_1(HPs_i) ; Q_3(HPs_i)) \quad (15)$$

$$IQR(AP_i) = (Q_1(AP_i) ; Q_3(AP_i)) \quad (16)$$

Onde:

$Q_1(HPs_i)$ é o primeiro quartil da variável HPs_i ;

$Q_3(HPs_i)$ é o terceiro quartil da variável HPs_i ;

$Q_1(AP_i)$ é o primeiro quartil da variável AP_i ;

$Q_3(AP_i)$ é o terceiro quartil da variável AP_i .

Para determinar um conjunto de pontos que será utilizado para estimar as coordenadas de um marco anatômico, inicialmente, o intervalo de altura relativa desse marco anatômico é convertido em um intervalo de altura em metros, multiplicando-se os limites inferior e superior, desse intervalo, pela estatura do indivíduo. Após isso, os pontos contidos entre os limites do intervalo em metros e os pontos contidos entre os limites do intervalo do ângulo do ponto marcado são selecionados. Finalmente, as coordenadas do marco anatômico estimado (ponto estimado) foram obtidas pelo cálculo da média aritmética simples dos valores de X, Y e Z dos pontos contidos entre esses limites (figura 80).



Figura 80: nuvem de pontos (brancos) contidos entre os limites superior e inferior dos intervalos das variáveis dos vetores aleatórios HPs e AP na região do torso. Os pontos estimados (vermelhos) foram obtidos a partir das médias aritméticas simples das coordenadas dos pontos brancos

Após obter as coordenadas dos pontos estimados de um modelo humano, a classificação automática dos pontos marcados, como marcos anatômicos, é feita por proximidade. O método de classificação consiste em estimar um marco anatômico, calcular as distâncias euclidianas entre o ponto estimado desse marco e todos os pontos marcados do modelo, e classificar como marco anatômico o ponto marcado que estiver à menor distância euclidiana do ponto estimado. Caso essa distância seja maior que 10 cm, o marco anatômico é considerado não localizado.

Esse método de estimação e de classificação considera os marcos anatômicos independentes entre si. Cada marco anatômico é estimado considerando apenas as informações esperadas daquele marco, possibilitando ajustes na estimação de um determinado marco sem que haja interferência nas estimativas de outros. A classificação a partir de estimativas faz com que apenas um único ponto marcado seja classificado como um determinado marco anatômico.

3.6.2 Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e de classificação automática dos marcos anatômicos

Por serem dependentes, os métodos propostos de estimação e de classificação automática dos marcos anatômicos foram avaliados simultaneamente. Na avaliação da qualidade do método de estimação, foi considerada a distância euclidiana entre os pontos estimados e os pontos marcados classificados manualmente na visualização do modelo humano no *CloudCompare*. As medidas de posição média e mediana dessas distâncias foram levantadas para verificar o erro da estimativa de cada marco anatômico, por segmento corporal e de todos os marcos anatômicos. Para avaliar a qualidade do método de classificação, foram calculados os percentuais de pontos marcados corretamente classificados pelo método, ou seja, os que resultaram nos mesmos pontos que foram marcados e classificados manualmente como marcos anatômicos.

O percentual⁶ obtido de pontos classificados corretamente é influenciado pelas estimativas de localização do marco anatômico, uma vez que um ponto bem estimado estará mais próximo do ponto marcado correspondente.

⁶ Nesse cálculo, os marcos anatômicos identificados por marcadores vermelhos (CRD e CRE) foram desconsiderados pois os centros destes foram obtidos manualmente, e não por seleção automática.

3.7 Estudo da estimação e classificação automática das circunferências

A localização dos pontos verdes que compõem uma circunferência i foi estudada apenas com a variável altura do elástico relativa à estatura (HCs_i), onde a altura do elástico foi obtida pela média das alturas dos pontos verdes dessa circunferência. HAN e NAM (2011), que também estabeleceram variáveis a partir de alturas relativas, definiram intervalos cujos limites consistiam na média amostral com menos e mais três vezes o desvio padrão amostral para buscar pontos que estivessem dentro desses intervalos e classificá-los. Esse tipo de intervalo é normalmente utilizado para eliminar valores que sejam discrepantes (*outliers*)⁷.

Neste estudo, as circunferências podem ser classificadas e estimadas de modo independente. Para classificar a circunferência i do indivíduo j , um intervalo equivalente ao obtido por Han e Nam foi utilizado para selecionar pontos verdes localizados próximos à altura esperada para aquela circunferência (média de HCs_i multiplicada pela estatura do indivíduo j); e descartar os pontos verdes que, provavelmente, pertencem a outras circunferências. Para obter uma circunferência por estimação, foi considerado um intervalo de 14 mm⁸ centrado na altura esperada dessa circunferência (figura 81). Assim, a classificação não depende da circunferência estimada, como no caso dos marcos anatômicos.

⁷ Han e Nam (2011) empregaram um intervalo para cada marco anatômico onde os dados para o cálculo incluíram as medidas extraídas da digitalização do corpo de adultos (homens e mulheres) da pesquisa *Size Korea*. Essas medidas foram obtidas utilizando o *software 3DM*, programa de medição corporal semiautomático utilizado no desenvolvimento do banco de dados daquela pesquisa. Mais de 99% dos marcos anatômicos dos indivíduos encontravam-se dentro desse intervalo, que foi utilizado como o intervalo de busca para detectar marcos anatômicos.

⁸ Definido por ser a largura da fita antropométrica utilizada.

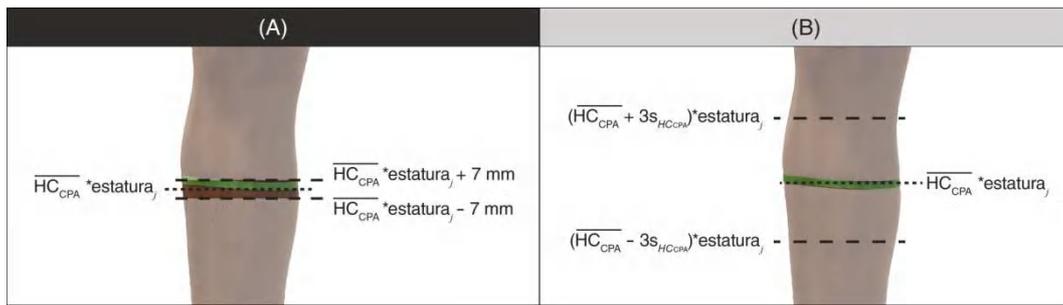


Figura 81: (A) seleção de pontos da nuvem original do modelo com um intervalo de mais e menos 7 mm centrado na altura esperada para a circunferência da panturrilha. (B) seleção dos pontos verdes contidos entre os limites inferior e superior multiplicados pela estatura para obter a circunferência da panturrilha identificada por um marcador elástico verde.

Os mesmos deslocamentos e rotações descritos no estudo da localização dos marcos anatômicos dos membros superiores (3.6.1.1.2) foram aplicados às nuvens de pontos para obter as circunferências dos braços. Os algoritmos de separação dos pontos que compõem os segmentos do corpo, descritos em (3.6.1.1.1), foram aplicados nos métodos automáticos de classificação e estimação das circunferências.

No caso dos elásticos posicionados sobre marcos anatômicos, a altura foi estabelecida pelas coordenadas desses marcos anatômicos. Assim, a altura da circunferência do busto/peito (C_{BU}) foi definida pela média das alturas do thelion direito (THD) e do thelion esquerdo (THE); a altura da circunferência do quadril (C_{QSD}) foi definida pela média das alturas do trocanter direito (TRD) e do trocanter esquerdo (TRE); e a altura da circunferência do punho (C_{PU}) foi definida pela altura do processo estilóide da ulna direita (PEUD).

3.7.1 Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e de classificação automática das circunferências

Os procedimentos adotados para obter as circunferências demarcadas com elásticos verdes e obter as circunferências estimadas são independentes, mas ambos fazem uso de estatísticas descritivas de HCs .

A qualidade do método de estimação das circunferências foi avaliada calculando as distâncias médias e as distâncias medianas entre as alturas dos elásticos e as alturas das circunferências estimadas, obtidas com os valores de médias de HCs multiplicados pelas estaturas dos indivíduos.

Na avaliação da qualidade do método de classificação dos pontos que compõem os elásticos verdes, foi observado o percentual médio de pontos verdes que foram encontrados pelo método (seleções corretas); e o percentual médio de pontos selecionados pelo método que não fazem parte do elástico (seleções inadequadas).

3.8 Cálculo de medidas

Com os marcos anatômicos e circunferências localizados ou estimados, a extração automática de medidas antropométricas dos modelos humanos digitais foram realizadas.

3.8.1 Diâmetro, comprimento e largura

A maioria das medidas lineares são distâncias entre dois marcos anatômicos. A partir das coordenadas dos marcos anatômicos obtidas pelos métodos de localização e de estimação, os diâmetros, comprimentos e larguras foram calculados com a fórmula:

$$\text{Distância Euclidiana} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (17)$$

Onde (x_1, y_1, z_1) são as coordenadas do primeiro marco e (x_2, y_2, z_2) as coordenadas do segundo marco.

3.8.2 Perímetro

A partir dos pontos de uma circunferência, localizada ou estimada, é possível calcular o perímetro. Esses pontos devem ser classificados por ordem de vizinhança para que as distâncias euclidianas entre pontos vizinhos sejam calculadas, pois a soma dessas distâncias é o perímetro da circunferência. A classificação dos pontos como vizinhos é feita ordenando-se os pontos pelos valores dos ângulos formados entre os pontos que compõem a circunferência, o centro da forma e um ponto de referência externo (figura 82).

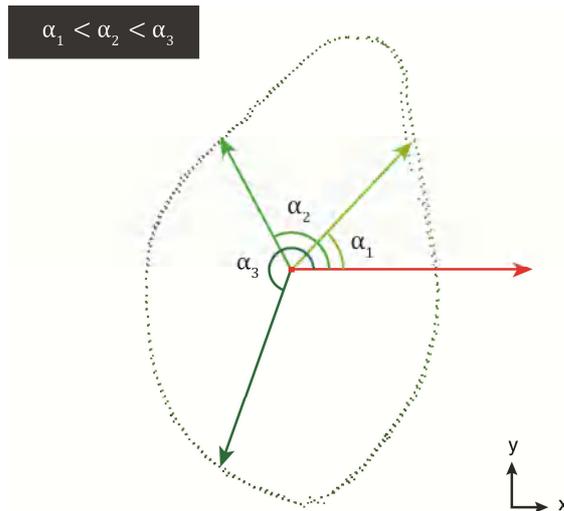


Figura 82: cálculo de três pontos que constituem uma circunferência de tornozelo (C_T)

Após somar as distâncias entre os pares de pontos vizinhos, o valor do perímetro calculado é armazenado. Normalmente, esse valor é superestimado devido às pequenas variações no contorno da superfície formado pelos pontos capturados (figura 83).

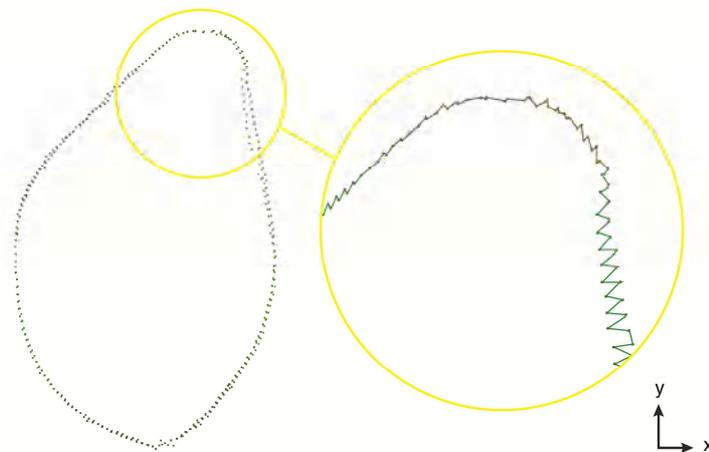


Figura 83: exemplo de variações nos pontos vizinhos capturados resultando em perímetros superestimados

Com o objetivo de reduzir essas variações, um método de suavização foi utilizado. Nesse método, as coordenadas de cada ponto passam a ser as médias aritméticas das coordenadas do próprio ponto, do ponto antecessor e do ponto sucessor (figura 84).

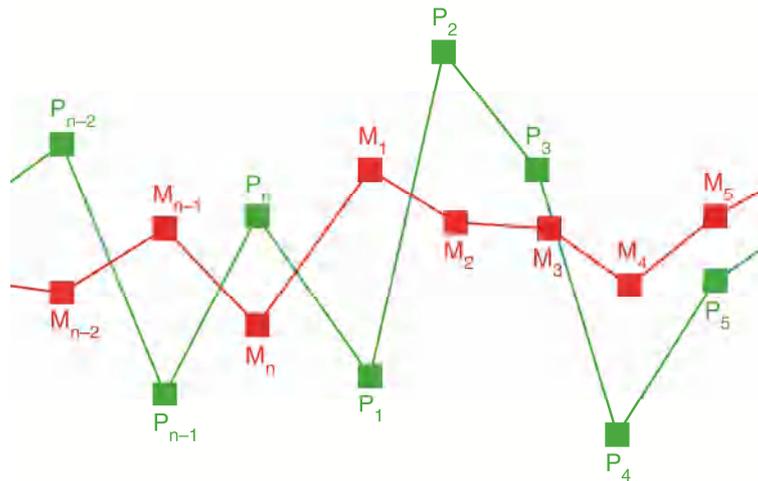


Figura 84: diagrama do método de suavização utilizado. Os pontos verdes representam os pontos da superfície do corpo capturados e, os vermelhos, os pontos realocados

Os pontos com as novas coordenadas são utilizados para calcular um novo perímetro, que também é armazenado. O método de suavização e o cálculo do perímetro é repetido até que a diferença absoluta do valor obtido seja desprezível (figura 85). O critério de parada implementado no algoritmo determina que a rotina interrompa as suavizações quando a diferença absoluta for inferior a 1 mm três vezes seguidas. Por fim, o perímetro é a média aritmética dos quatro últimos perímetros calculados.

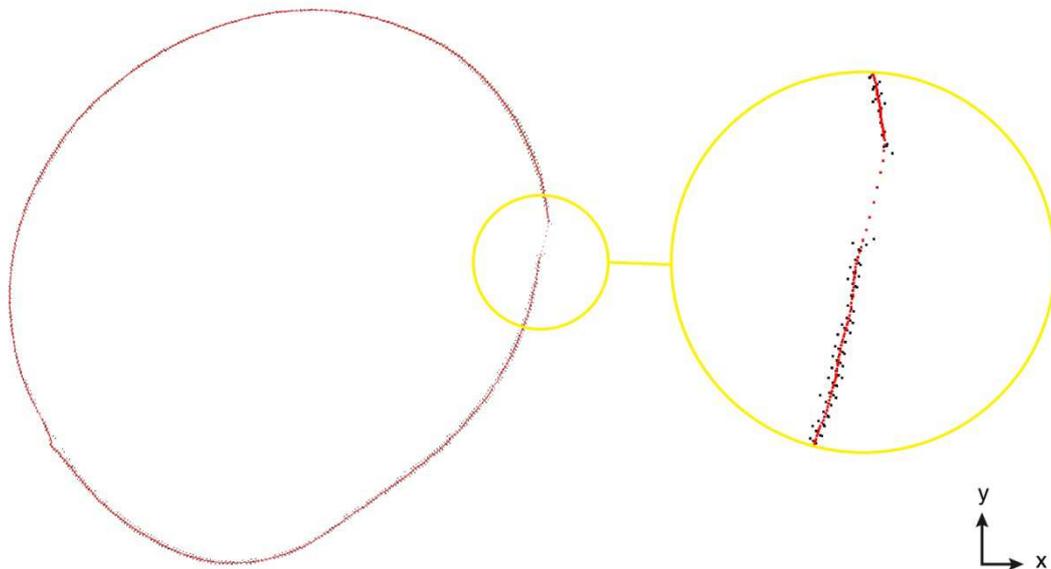


Figura 85: e m preto, os pontos capturados da circunferência da coxa. Em vermelho, os pontos realocados após a suavização. Observa-se que a suavização respeita a conformação da circunferência e aloca pontos em regiões em que houve falhas na captura da imagem

3.8.3 Seção transversal, área de superfície e volume de segmentos corporais

Com ajustes no algoritmo desenvolvido para o cálculo de perímetro, é possível obter medidas de seção transversal, área de superfície e volume de segmentos corporais. Essas medidas não podem ser coletadas com equipamentos de medição tradicional de antropometria.

O método para calcular a seção transversal é uma adaptação do método desenvolvido para o cálculo do perímetro. Neste caso, para cada par de pontos vizinhos é feito o cálculo da área do triângulo formado por esses dois pontos e o centro da forma. O valor da seção transversal é a soma das áreas dos triângulos formados (figura 86). O método de suavização também é realizado, assim como o critério de parada, que converge do mesmo modo que no cálculo do perímetro.

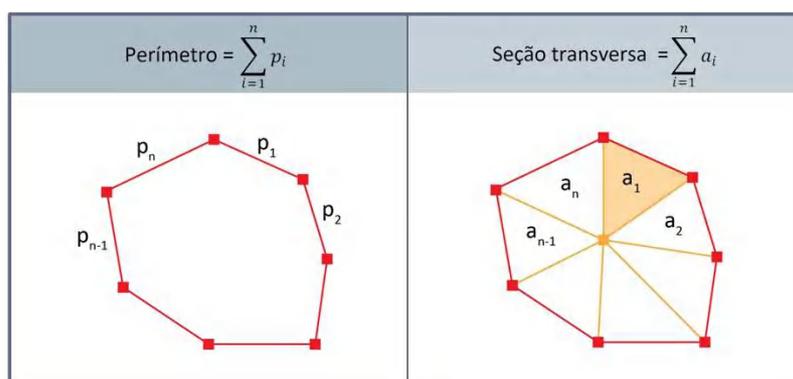


Figura 86: cálculo do perímetro e da área de seção transversa

O cálculo do volume utiliza o método de obtenção de seções transversais. Inicialmente, o segmento corporal é dividido em três partes iguais, os cálculos das áreas das seções transversais são realizados e os valores multiplicados por um terço do tamanho do segmento corporal. Esse mesmo procedimento é repetido, mas dividindo-se o segmento em quatro partes iguais, e é observada a diferença de um volume para o outro. O processo é repetido até que não se tenha mais de três diferenças absolutas seguidas inferiores a 0,001 litros (ou 1 mililitro). Por fim, o valor do volume do segmento é a média aritmética dos quatro últimos volumes calculados (figura 87).



Figura 87: divisão de um segmento corporal em partes iguais para o cálculo do volume

A área de superfície corporal pode ser obtida de modo semelhante ao cálculo do volume de segmento corporal. Nesse caso, utiliza-se os perímetros das partes do segmento corporal multiplicadas pelo tamanho do segmento.

3.9 Validação da qualidade dos métodos de extração automática de medidas antropométricas

Alguns critérios foram adotados para verificar se existe diferença significativa entre as medidas obtidas com equipamentos de medição tradicional e medidas obtidas automaticamente. Os métodos de extração automática propostos foram avaliados de forma descritiva, com distribuições de frequências, e por meio de testes de hipóteses para verificar se os valores obtidos encontram-se dentro do aceitável. O nível de significância foi 5% para todos os testes realizados.

3.9.1 *Diferença entre as medidas extraídas automaticamente e as medidas tradicionais*

O cálculo da diferença entre as medidas extraídas automaticamente e as medidas obtidas de modo tradicional foi realizado. Para cada medida, foi observada as diferenças médias e medianas amostrais entre os valores obtidos pelos métodos de localização e estimação de marcos anatômicos e circunferências e os valores obtidos com o equipamento de medição tradicional. Os desvios padrões amostrais, valores mínimos e máximos para as diferenças entre as medidas também foram observados.

Segundo a ISO 20685 (2010) *3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases*, a validação de medidas antropométricas a partir de imagens digitalizadas deve ser feita através da criação de intervalos de 95% de confiança das diferenças entre os valores extraídos pelo método proposto e os valores tomados de modo tradicional. Os limites desses intervalos devem ficar entre mais e menos a máxima diferença média, dada em milímetros, estabelecidos pela ISO 20685, para que a medida pelo método possa ser considerada válida.

A criação de intervalos de confiança requer que a distribuição dos dados tenha distribuição normal, o que foi avaliado com o teste de aderência de Shapiro-Wilk.

De modo complementar, foi aplicado o teste *t* para verificar se a média das diferenças é igual a zero. Esse teste também tem como requisito que as diferenças sejam normalmente distribuídas. Nos casos em que a suposição de normalidade não foi atendida, foi realizado o teste de Wilcoxon que, por considerar as posições dos valores, é considerado um teste mais fraco.

A aceitação da hipótese dos testes *t* e Wilcoxon indica que obter a medida a partir da imagem 3D é equivalente à tomar a medida com equipamentos de medição tradicional ao nível de significância considerado.

3.9.2 *Variação das medidas extraídas automaticamente relativa às medidas tradicionais*

Como alternativa às validações que consideram as diferenças entre as medidas automáticas e tradicionais, foram realizados os mesmos procedimentos acima descritos considerando a variação das medidas extraídas automaticamente relativas às medidas tradicionais. Assim, foi possível analisar a diferença entre as medidas tomando como base a medida tradicional realizada conforme os protocolos estabelecidos de medição antropométrica.

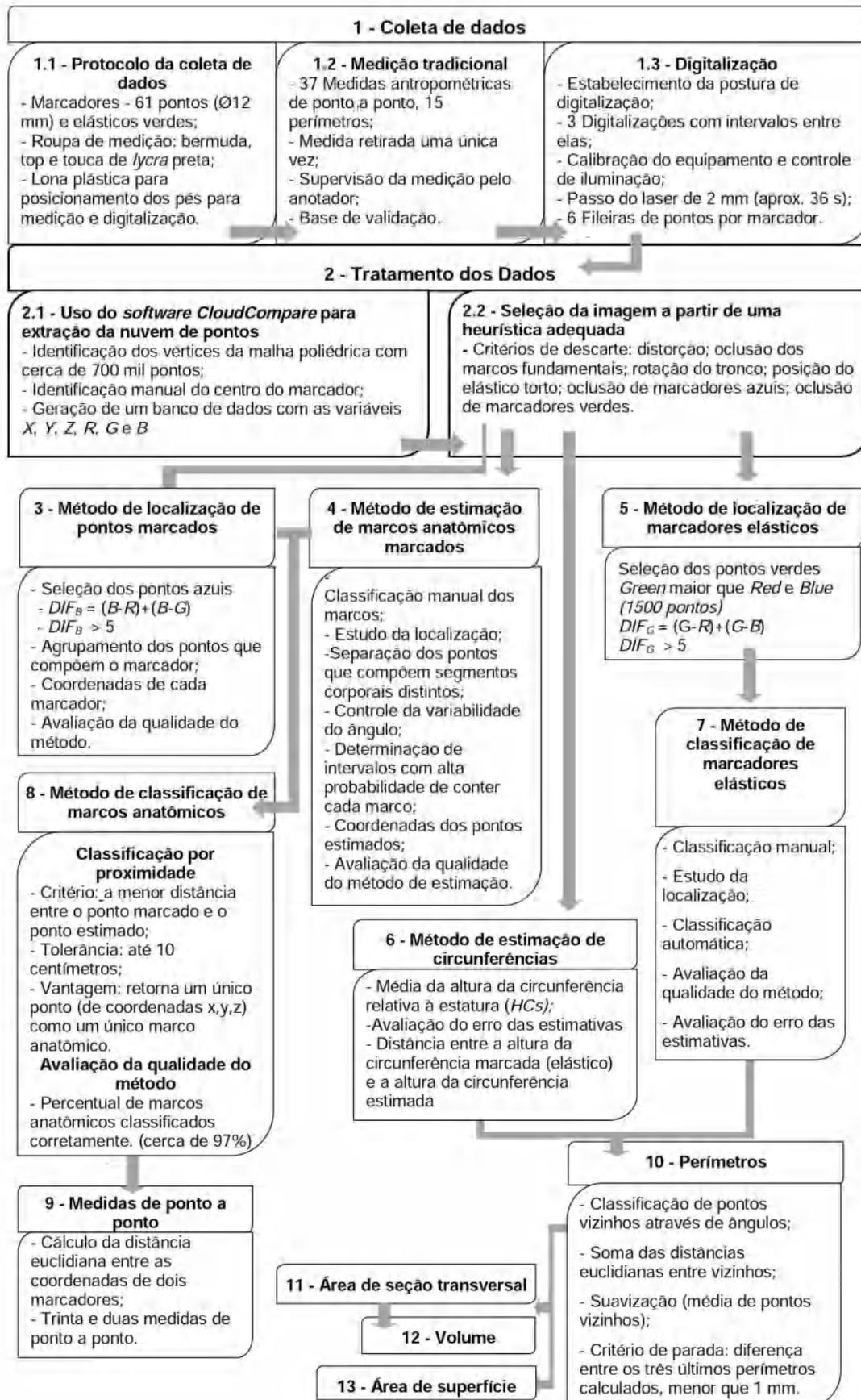


Figura 88: fluxograma geral da técnica desenvolvida

4 Resultados

Considerando as diferenças antropométricas significativas entre os sexos, a amostra é composta por dois grupos de voluntários, 35 homens e 35 mulheres, que foram analisados de forma distinta, porém receberam o mesmo tratamento.

4.1 Dados gerais

Antes de iniciar as medições, uma pequena entrevista foi realizada. As informações coletadas não foram utilizadas na análise dos dados, mas são importantes para se conhecer o perfil dos participantes da pesquisa. As fichas de entrevista encontram-se nos Apêndices 1 e 2.

TABELA 9: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL (%) DOS VOLUNTÁRIOS POR SEXO, SEGUNDO AS INFORMAÇÕES COLETADAS NA ENTREVISTA INICIAL

Dados gerais	Todos os voluntários	Sexo	
		Homens	Mulheres
Naturalidade			
Rio de Janeiro	82,9%	82,9%	82,9%
São Paulo	5,7%	5,7%	5,7%
Minas Gerais	4,3%	8,6%	0,0%
Espírito Santo	1,4%	0,0%	2,9%
Santa Catarina	1,4%	2,9%	0,0%
Rio Grande do Sul	2,9%	0,0%	5,7%
Pará	1,4%	0,0%	2,9%
Cor/raça autorreferida			
Negro	4,3%	2,9%	5,7%
Pardo	22,9%	22,9%	22,9%
Branco	71,4%	74,3%	68,6%
Amarelo	1,4%	0,0%	2,9%
Indígena	0,0%	0,0%	0,0%
Nível de escolaridade			
Sem escolaridade	0,0%	0,0%	0,0%
Ensino fundamental incompleto	1,4%	2,9%	0,0%
Ensino fundamental completo	1,4%	2,9%	0,0%
Ensino médio incompleto	0,0%	0,0%	0,0%
Ensino médio completo	17,1%	14,3%	20,0%
Ensino superior incompleto	5,7%	8,6%	2,9%
Ensino superior completo	74,3%	71,4%	77,1%

Atividade física			
Prática	58,6%	62,9%	54,3%
Não prática	41,4%	37,1%	45,7%
Lateralidade			
Destro	87,1%	82,9%	91,4%
Canhoto	11,4%	14,3%	8,6%
Ambidestro	1,4%	2,9%	0,0%
Autopercepção de saúde			
Boa	78,6%	77,1%	80,0%
Regular	20,0%	20,0%	20,0%
Ruim	1,4%	2,9%	0,0%
Tabagismo			
Fumante	10,0%	8,6%	11,4%
Ex-fumante	5,7%	5,7%	5,7%
Não fumante	84,3%	85,7%	82,9%

Dentre os 70 participantes, a maioria nasceu no estado do Rio de Janeiro, tanto homens, quanto mulheres. Apenas um participante do sexo masculino e três do feminino não nasceram na região Sudeste. Todos os entrevistados classificaram a própria cor/raça como branca, parda, negra ou amarela, fazendo com que a frequência de indígena fosse zero. Os participantes do estudo possuem, no geral, alta escolaridade. Nenhum participante é sem escolaridade e apenas 20% não iniciou o ensino superior. Quanto a lateralidade, 8,6% das mulheres e 14,3% dos homens se declararam canhotos.

O percentual de homens e mulheres que avaliaram a própria saúde como boa foi elevado (77,1% deles e 80,0% delas) e apenas um homem classificou a própria saúde como ruim. Grande parte dos entrevistados diz ser praticante de atividade física (58,6%), sendo que o percentual de homens sedentários (37,1%) foi menor que o de mulheres (45,7%). Para os que praticam, foi perguntado o tipo e a frequência semanal da atividade realizada. Entre os homens praticantes, a frequência média foi de 3,4 vezes por semana. Essa frequência entre as mulheres foi maior: 3,7 dias de prática por semana. O tipo de atividade física mais citada, por ambos os sexos, foi "musculação". O hábito de fumar foi relatado por poucos entrevistados, apenas 11 dentre os 70 entrevistados são ou já foram fumantes.

Também foi perguntada a data de nascimento do participante que, subtraída da data da coleta dos dados, resultou na idade.

TABELA 10: IDADES OBTIDAS A PARTIR DA SUBTRAÇÃO DAS DATAS DE COLETA DE DADOS E DE NASCIMENTO

Idade (em anos)	Todos os voluntários	Sexo	
		Homens	Mulheres
Média	32,8	34,5	31,0
Desvio padrão amostral	9,5	11,2	7,2
Mínimo	20,0	20,0	20,4
Máximo	55,6	55,6	52,7

Após a entrevista, foram levantados o peso, a estatura e a envergadura dos participantes. Para os homens, o peso médio foi de 84,8 kg, a estatura média 175,9 cm e a envergadura média foi de 179,8 cm. Para as mulheres, essas médias foram 69,6 kg, 164,0 cm e 165,1 cm, respectivamente.

TABELA 11: PESO, ESTATURA E ENVERGADURA DOS HOMENS OBTIDOS COM EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO TRADICIONAL

Medida	Média	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo
Peso	84,8	16,1	51,2	134,5
Estatura	175,9	6,6	159,3	187,0
Envergadura	179,8	8,7	159,9	196,4

TABELA 12: PESO, ESTATURA E ENVERGADURA DAS MULHERES OBTIDOS COM EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO TRADICIONAL

Medida	Média	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo
Peso	69,6	16,4	47,8	119,5
Estatura	164,0	6,5	153,6	179,7
Envergadura	165,1	7,3	151,8	182,0

Os Índices de Massa Corporal (IMC) foram calculados e mostraram haver participantes de ambos os sexos da categoria magreza à categoria obesidade (figura 89).

Homens			Mulheres		
					
IMC mínimo 17.88 Estatura: 169,2 cm Peso: 51,2 kg	IMC mediano 27.22 Estatura: 169,7 cm Peso: 78,4 kg	IMC máximo 42.74 Estatura: 177,4 cm Peso: 134,5 kg	IMC mínimo 16.01 Estatura: 172,8 cm Peso: 47,8 cm	IMC mediano 24.94 Estatura: 176,4 cm Peso: 77,6 kg	IMC máximo 43.95 Estatura: 164,9 cm Peso: 119,5 kg

Figura 89: modelos humanos digitais que apresentaram os menores, os medianos e os maiores valores de IMC

4.2 Marcos anatômicos

Antes de cada digitalização, uma inspeção visual de todos os marcadores - adesivos azuis e vermelhos - era realizada. Caso fosse observado erro no posicionamento ou falta de algum marcador, o ponto anatômico era novamente localizado por palpação e o marcador era reposicionado. Dentre os 4270 pontos marcados (61 para cada um dos 70 participantes), para 202 não foi possível coletar a informação.

TABELA 13: ERROS APRESENTADOS PARA NÃO LOCALIZAÇÃO DOS MARCADORES ADESIVOS

Erro	Homens	Mulheres
O algoritmo não identificou os pontos da região do marco anatômico como azuis, apesar do marcador azul ser visualizado na imagem digitalizada	8	8
Existência de falhas (buracos) na malha poligonal e, conseqüentemente, na nuvem de pontos gerada a partir da malha pelo programa CC	20	26
Marcador azul ocluído por elástico verde	3	3
Marcador azul ocluído por dobra da bermuda	0	3
Marco anatômico não demarcado (falta do marcador azul ou vermelho)	15	25
Marcador azul ocluído por prega cutânea abdominal (barriga)	1	0
Falha na captura da textura (RGB) na região do marco anatômico	34	46
Agrupamento de dois marcadores	4	6
Total	85	117

Em antropometria, a razão da estatura é um recurso utilizado para se obter estimativas do tamanho de segmentos corporais. Neste trabalho, as médias amostrais das alturas relativas dos marcos anatômicos pela estatura foram utilizadas para

determinar esses segmentos. Essa utilização está condicionada à forte correlação existente entre a estatura e o tamanho do segmento. Verificou-se que as alturas dos marcos anatômicos dos membros superiores apresentaram correlação moderada com a estatura, assumindo valores em torno de 0,7, em comparação com os marcos do tronco e membros inferiores, onde grande parte das correlações ficou acima de 0,8, desconsiderando mãos e pés.

As suposições de normalidade das alturas dos marcos anatômicos relativas às estaturas foram atendidas para quase todos os marcos anatômicos de ambos os sexos no teste de Shapiro-Wilk, permitindo utilizar intervalos de confiança para estimar quase todos os marcos. Para apenas seis variáveis dos homens (relativas aos marcos CIE, CPD, CPE, AMF1E, AMF5D e FDE) e oito variáveis das mulheres (relativas aos marcos EIAE, OD, AMFDID, FDDMD, SD, CPD, CPE e AMF1E) os p-valores foram menores que o nível de significância de 5%. É importante destacar que à medida que a localização do marco anatômico está mais próxima das extremidades dos membros, superiores ou inferiores, as alturas dos marcos anatômicos são menos explicadas pelas estaturas. Isso pôde ser observado nos baixos valores de coeficiente de correlação entre as alturas dos pontos marcados nas mãos e nos pés e à estatura.

Comparando-se os lados direito e esquerdo do corpo, as médias amostrais (estimativas pontuais) das alturas relativas dos marcos anatômicos pela estatura foram muito próximas, assim como os desvios padrões amostrais. Isso indica que o controle na coleta de dados quanto à colocação do marcador na superfície do corpo influenciou na qualidade dos dados. O método de localização automática, desenvolvido para obter as coordenadas dos centros dos marcadores, também contribuiu positivamente nesses resultados.

Como os 61 marcos anatômicos foram estudados de modo independente, não há problemas se o valor do limite superior de um marco for maior que o valor do limite inferior de outro, pois um mesmo ponto da superfície do corpo pode ser utilizado para estimar mais de um marco anatômico. Isso foi observado, por exemplo, nos marcos CRD e ELUD dos homens, onde o limite superior do CRD foi de 0,2489 e o limite inferior do ELUD foi de 0,2481 (figura 90).

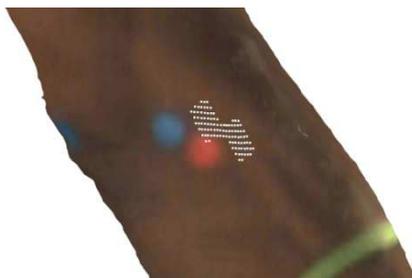


Figura 90: exemplo de pontos da nuvem selecionados para estimar os marcos anatômicos CRD e ELUD

Os intervalos obtidos apresentaram baixas amplitudes com poucos casos acima de 1% da estatura. Isso foi observado mesmo quando a suposição de normalidade não foi aceita e foi utilizado o intervalo interquartil, menos preciso que o intervalo de confiança. Considerando as estaturas médias de homens (1,759 m) e de mulheres (1,640 m), os intervalos de altura apresentaram amplitudes em torno de 1,2 cm, diâmetro do marcador utilizado para identificar os marcos anatômicos.

No caso dos ângulos dos pontos marcados, as suposições de normalidade também foram aceitas para quase todos os marcos anatômicos. Seis variáveis dos homens (relativas aos marcos EIAE, FDDMD, FDDME, ELFD, FDD e FDE) e dez variáveis das mulheres (relativas aos marcos ELUD, AMFDME, FDDME, TRD, TRE, SD, SE, CPE, AMF1D e FDE) obtiveram p-valores menores que o nível de significância de 5%.

As estimativas pontuais dos ângulos dos pontos marcados (AP_i) localizados nos lados direito e esquerdo do corpo não foram tão próximas, mas os desvios padrões amostrais, que medem a variabilidade em torno da média, apresentaram valores similares. Esse resultado, juntamente com a observação das imagens digitalizadas, sugere que os marcadores foram bem posicionados na superfície do corpo, porém alguns participantes giraram o tronco, posicionando o lado direito do corpo à frente do lado esquerdo, influenciando apenas as estimativas pontuais.

No caso do tórax, os valores de desvio padrão amostral de AP_i referentes os marcos SPE e SBE ficaram entre os menores, tanto para homens quanto para mulheres, apesar da rotação do tronco. Baixos desvios padrões amostrais também foram observados para os marcos anatômicos THD e THE, em que se optou pela divisão da forma oblonga (figura 91). Essa decisão se mostrou acertada, pois o tamanho do seio das mulheres influenciou muito no ângulo resultante. A variabilidade dos ângulos desses marcos, para as mulheres, foi maior que para os homens. Era esperado que os desvios padrões das mulheres fossem maiores não só pela conformação dos seios, mas também pelo uso do top e, principalmente, por esses marcos terem sido os únicos cujos marcadores não foram colocados pelo medidor.

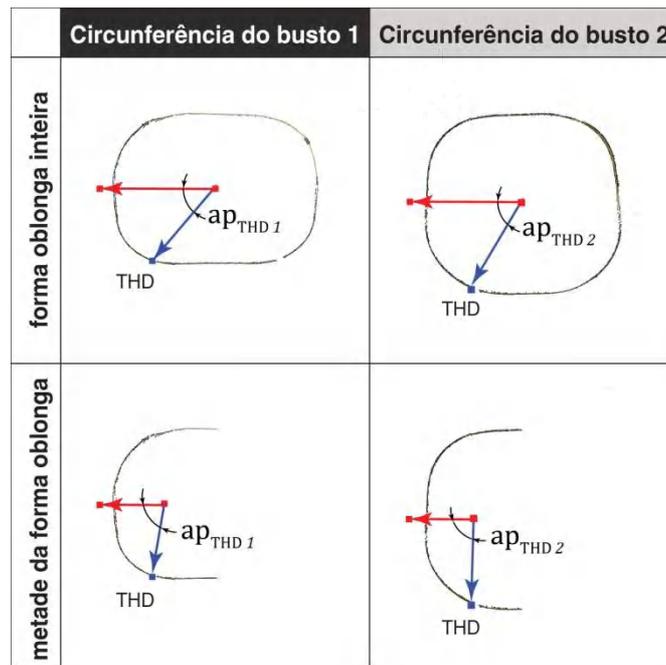


Figura 91: nuvens de pontos obtidas na altura do marco anatômico thelion direito (THD) de duas voluntárias com diferentes tamanhos de circunferência do busto (79,4 cm e 84,7 cm), mas com larguras de tórax similares. Antes da separação das nuvens de pontos na metade, o ângulo da voluntária 1 era bem menor que o ângulo da voluntária 2. A variabilidade do ângulo foi reduzida com a divisão das formas oblongas.

A região do abdome geralmente apresenta maior acúmulo de tecido adiposo. Durante a coleta de dados, as pontas ósseas do osso íliaco foram as mais difíceis de identificar por palpação e isso influenciou diretamente na variabilidade dos ângulos relacionados a elas. As espinhas ilíacas posteriores (EIPD e EIPE) foram as mais fáceis de identificar por palpação, seguidas pelas espinhas ilíacas anteriores (EIAD e EIAE) e, por último, as cristas ilíacas (CID e CIE).

As amplitudes dos intervalos interquartis para AP_i , tal como para HPs_i , foram maiores quando comparadas às amplitudes dos intervalos de confiança. Observando o conjunto de pontos selecionados dentro desses intervalos sobrepostos à malha poligonal, constatou-se que, quando utilizado o intervalo interquartil, tanto para AP_i quanto para HPs_i , a amplitude foi aproximadamente o dobro (figura 92).



Figura 92: os intervalos interquartis foram utilizados para estimar a altura da crista ilíaca esquerda (CIE) e ângulo da espinha ilíaca anterior esquerda (EIAE). Do lado esquerdo do corpo, pode ser visto que, em relação à altura, a quantidade de pontos selecionados para estimar a crista ilíaca esquerda (CIE) foi maior que para a crista ilíaca direita (CID). Em relação ao ângulo, a quantidade de pontos selecionados para estimar a espinha ilíaca anterior esquerda (EIAE) foi maior que para estimar a espinha ilíaca anterior direita (EIAD)

4.2.1 Avaliação da qualidade dos métodos de localização, estimação e classificação dos marcos anatômicos

Com os intervalos de altura e ângulo obtidos a partir dos pontos anatômicos marcados, a distância média e mediana entre os centros dos pontos marcados e os pontos estimados (erro de estimativa) foram calculadas (tabela 03 e tabela 04). O erro médio para os homens foi de 1,5924 cm e, para as mulheres, esse valor foi de 1,3797 cm. Esses valores, entretanto, não são próximos dos erros médios por segmento corporal. No tronco, os homens apresentaram uma distância média de 2,3376 cm e as mulheres 2,0438 cm, bem acima dos erros médios para todos os marcos anatômicos. O oposto aconteceu nos membros superiores e inferiores, onde as médias dos erros dos homens (1,2891 cm e 1,1944 cm) e das mulheres (1,1241 cm e 1,0073 cm) ficaram abaixo dos erros médios para todos os marcos anatômicos.

No caso dos marcos anatômicos supraesternal (SPE) e subesternal (SBE) onde, para os homens, ambos os marcadores foram colocados sobre a pele, os erros médios foram próximos. Para as mulheres, esses erros, apresentaram grande diferença de valores, pois o marcador do SBE, colocado sobre o *top*, apresentou erro médio bem maior que o marcador do SPE, colocado sobre a pele (figura 93).

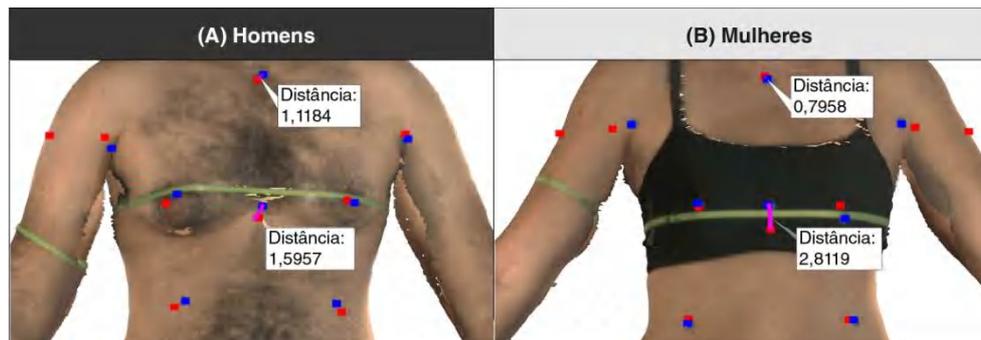


Figura 93: distâncias entre os pontos SPE e SBE marcados (cor azul) e estimados (cor vermelha) de um voluntário de cada sexo

Outros marcadores colocados sobre a roupa de medição também apresentaram valores altos para o erro médio. Esse foi o caso dos marcos anatômicos localizados na região do quadril - trocanter (TRD e TRE), crista ilíaca (CID e CIE), espinha ilíaca anterior (EIAD e EIAE) e espinha ilíaca posterior (EIPD e EIPE) - que apresentaram erros médios altos para ambos os sexos. No caso do thelion direito (THD) e do thelion esquerdo (THE), esses erros foram maiores para as mulheres, que utilizaram *top* na coleta de dados.

Alguns indivíduos apresentaram erros altos de estimativas, o que influenciou negativamente nas distâncias médias entre os pontos marcados e estimados de alguns marcos anatômicos. A média, por não ser uma medida de posição resistente como a mediana, é muito afetada por mudanças de uma pequena porção de dados (BUSSAB e MORETTIN, 2002) e, nesse caso, é fortemente influenciada por valores elevados para a distância entre os pontos marcados e estimados, ao passo que a mediana não é. Por esse motivo, quase todas as distâncias medianas entre o ponto marcado e o ponto estimado foram inferiores às distâncias médias, indicando que a média, isoladamente, pode não ser uma medida de posição adequada para a avaliação desse tipo de erro.

Considerando que o ponto estimado é utilizado para fazer a classificação de um ponto anatômico marcado, o percentual de marcos anatômicos classificados corretamente foi utilizado para avaliar a qualidade do método de classificação. Para homens e mulheres esses valores ficaram, em média, acima de 97%. Esses percentuais não foram maiores devido aos pontos marcados dos membros superiores que, por se localizarem muito próximos uns dos outros, apresentaram baixas taxas de classificações corretas⁹ (figura 94).

⁹ Esse percentual não foi calculado para o CRD e o CRE - identificados por marcadores vermelhos - pois as coordenadas de localização desses marcos foram obtidas manualmente. Obter as coordenadas desse

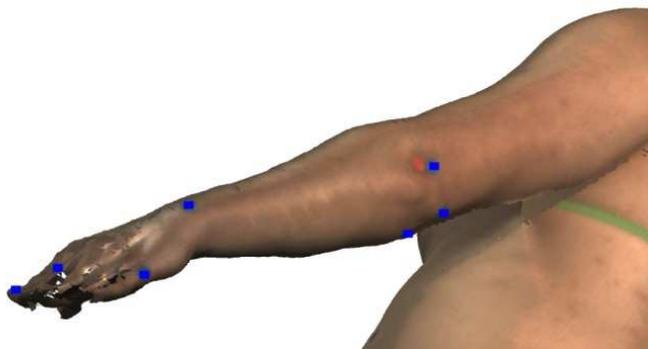


Figura 94: pontos marcados nos membros superiores. No cotovelo, três marcadores estão localizados próximos uns dos outros, e na mão, seis marcadores

O método de estimação não se mostrou adequado para os marcos anatômicos acrômio direito (AD) e acrômio esquerdo (AE), que apresentaram grandes distâncias entre os pontos marcados e estimados, tanto para homens (AD: 3,2056 cm e AE: 2,8846 cm) quanto para mulheres (AD: 3,0807 cm e AE: 2,8156 cm). Embora as estimativas desses marcos anatômicos tenham sido menos precisas que as dos demais marcos, essas foram adequadas para localizar corretamente os pontos marcados AD e AE. O método de localização do acrômio direito atingiu 100% de classificações corretas e ficou acima de 94% para o acrômio esquerdo.

Em pessoas com ombros caídos, a altura do acrômio (ponto marcado) ficou abaixo do esperado e, portanto, os acrômios não foram bem estimados. Para as pessoas com ombros mais retos, as estimativas dos acrômios foram mais precisas (figura 95).

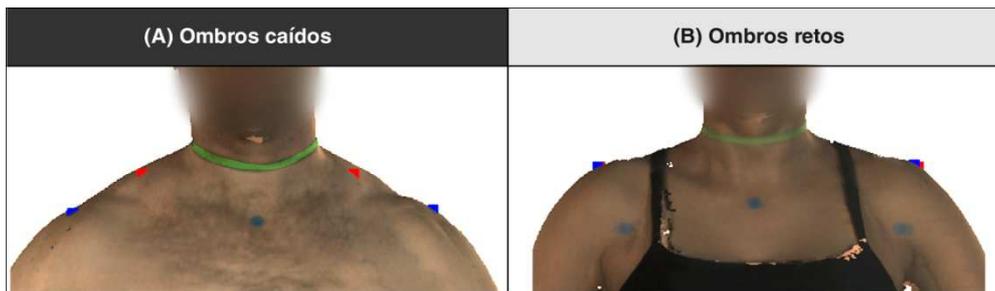


Figura 95: exemplos de acrômios que não foram bem estimados (A) e que foram bem estimados (B). Mesmo com grandes distâncias entre os pontos marcados (cor azul) e estimados (cor vermelha), a classificação dos acrômios foi realizada corretamente, pois os pontos marcados foram os mais próximos dos estimados

4.3 Circunferências

Do mesmo modo que nos marcadores azuis e vermelhos, antes de cada digitalização, uma inspeção visual de todos os elásticos era realizada. Caso fosse observado erro na localização do elástico sobre o corpo, esse era reposicionado. Dentre os 630 elásticos verdes colocados para demarcar as circunferências no corpo (nove para cada um dos 70 participantes), apenas um elástico de um participante não foi colocado.

Os coeficientes de correlação entre as alturas dos elásticos e a estatura, de um modo geral, foram bastante elevados. Também foi observado que as alturas dos elásticos relativas à estatura apresentou baixa variabilidade, com desvios padrões amostrais comparáveis aos desvios padrões amostrais dos pontos anatômicos marcados. Esses resultados sugerem que as alturas em que se deve medir as circunferências estão relacionadas à estatura do indivíduo e, portanto, os pontos que compõem as circunferências estimadas podem ser selecionados a partir das alturas relativas médias dos elásticos multiplicadas pela estatura do indivíduo.

4.3.1 *Avaliação da qualidade dos métodos de localização, estimação e classificação das circunferências*

As distâncias entre as alturas das circunferências estimadas e as alturas das circunferências marcadas foram, em média, 1,579 cm para os homens e 1,339 cm para as mulheres. Essas distâncias medianas foram próximas a 1 cm para ambos os sexos. Assim como nos marcos anatômicos, valores extremos influenciaram as

distâncias médias e não influenciaram as distâncias medianas, que apresentaram valores menores para quase todas as circunferências estudadas.

Considerando o intervalo definido no item 3.7 para selecionar pontos verdes que fazem parte da mesma circunferência, o percentual médio de seleções inadequadas do método de classificação ficou abaixo de 1% para quase todos os casos. As exceções foram: as circunferências dos punhos de homens e mulheres, que apresentaram o menor número de pontos por elástico, e os poucos pontos que não deveriam ter sido selecionados fizeram os percentuais (1,14% e 1,49%) serem mais elevados; e a circunferência do quadril dos homens, que considerou parte dos pontos da circunferência da cicatriz umbilical de dois voluntários obesos, cujos elásticos não ficaram paralelos ao chão (figura 96).

O percentual médio de pontos verdes que foram encontrados foi bastante elevado e só não atingiu 100% porque o método selecionou, para alguns indivíduos, apenas parte dos elásticos. O problema se deu pela falta de uniformidade da distância entre pontos vizinhos que compunham esses elásticos, uma vez que os algoritmos foram construídos para circunferências que não apresentem falhas. Esses casos isolados influenciaram negativamente na porcentagem média de pontos corretamente selecionados. Do mesmo modo que partes dos elásticos foram automaticamente classificadas como de outras circunferências, essas partes não foram computadas no percentual de pontos verdes selecionados corretamente pelo método.

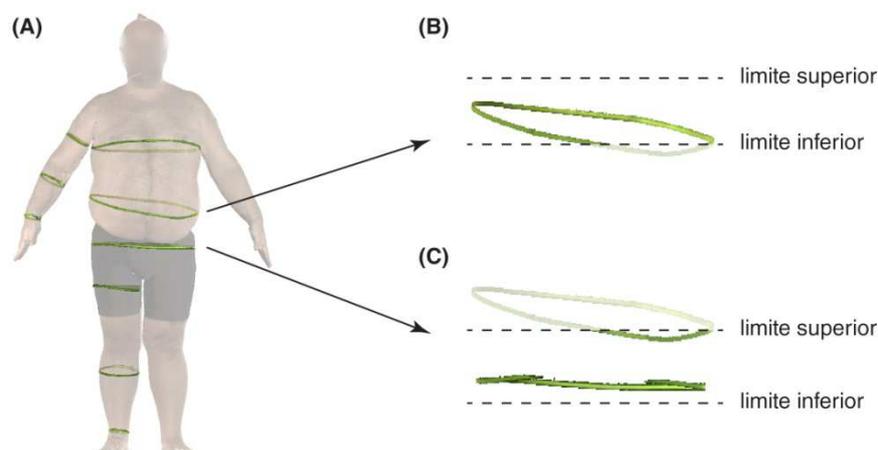


Figura 96: (A) circunferências obtidas pelo método de localização dos pontos que compõem os elásticos verdes. (B) seleção dos pontos que compõem parte da circunferência da cicatriz umbilical. (C) seleção de pontos que compõem a circunferência de quadril e de parte da circunferência da cicatriz umbilical

4.4 Medidas

Para os três métodos de medição - tradicional, a partir de marcadores e a partir de pontos e circunferências estimados - os valores de média e mediana amostral ficaram muito próximos entre si para todas as medidas antropométricas de homens e mulheres. Isso indica que os valores obtidos para essas medidas apresentaram simetria, uma vez que valores muito altos ou muito baixos influenciam apenas a média.

Comparando-se os valores médios e medianos entre os métodos de medição, a tendência central das medidas extraídas a partir de pontos marcados e estimados não diferiram muito da tendência central das medidas coletadas de modo tradicional, mesmo nos casos em que a postura de digitalização diferiu da postura de medição tradicional.

Os desvios padrões amostrais também apresentaram valores próximos para a medição tradicional e a medição a partir de pontos marcados. Para a medição a partir de pontos estimados, esses desvios padrões foram mais altos. Contudo, ainda que os valores mínimos e máximos das medidas estimadas sejam menores e maiores, respectivamente, que os mínimos e máximos dos outros métodos de medição, esse método não retornou valores absurdos. A exceção é o valor de perímetro estimado de busto/peito de quatro homens e quatro mulheres, em que o algoritmo de separação dos pontos que compõem o tronco dos pontos que compõem os braços não funcionou corretamente, retornando um perímetro maior que o observado na medição tradicional e a partir de marcadores.

4.4.1 *Validação do método de medição a partir de marcadores*

Considerando as diferenças entre as medidas obtidas a partir de marcadores e as medidas obtidas de modo tradicional, foi observado que os valores de médias e medianas amostrais ficaram próximos entre si. Isso se deu porque a tomada de medidas de modo tradicional foi realizada com os instrumentos de medição posicionados na região do corpo onde foram colocados os marcadores. Essas diferenças foram consideradas baixas, pois os equipamentos de medição tradicional apresentam escala em milímetros e a maioria das diferenças médias ficaram abaixo de 1 cm. As maiores diferenças foram observadas quando houve variação entre a

postura de medição tradicional e a de digitalização, como no tórax devido ao afastamento dos braços, e nos perímetros das regiões do corpo em que há maior acúmulo de tecido adiposo (cicatriz umbilical para ambos os sexos e coxa para as mulheres).

A diferença foi maior onde houve variação postural, mas não foi tão perceptível nas menores medidas. Podemos observar isso comparando-se os valores mínimos e máximos das larguras do peito nas axilas com os diâmetros de úmero¹⁰, que estão entre as menores medidas e a medição foi realizada com os braços a 90°.

Com a realização do teste de aderência de Shapiro-Wilk para as diferenças entre as 32 medidas entre pontos, concluiu-se que quatro medidas dos homens (D_PD, D_CIRUD, D_CIAUE e D_CIFMD) e 11 das mulheres (D_UD, D_PD, D_UE, D_PE, D_CIRUD, D_CITFD, D_CPD, D_PAA, D_BT, D_BE e D_CME) não têm distribuição normal ao nível de significância de 5%. Para os nove perímetros, a suposição de normalidade não foi aceita para cinco medidas de homens (P_CUBSD, P_CX, P_B, P_A e P_PU) e cinco de mulheres (P_BU, P_QSD, P_T, P_B e P_A). Nos casos em que a suposição de normalidade foi aceita, os intervalos de confiança puderam ser construídos e foi observado se os limites inferiores e superiores estão dentro dos intervalos de mais ou menos a máxima diferença média definida pela ISO 20685 (2010).

Nove medidas foram validadas de acordo com o critério da ISO 20685 (2010) para os homens (D_PE, D_TD, D_TE, D_CIRUE, D_CITFD, D_CIFME, D_B10, D_BC, D_BE) e para as mulheres (D_TD, D_TE, D_CIRUE, D_CIFMD, D_CITFE, D_CIFME, D_B10, D_QSD e P_PU). Dentre as medidas validadas para ambos os sexos, estão os diâmetros do tornozelo esquerdo e direito, dados pela distância entre os maléolos, que foram as pontas ósseas mais salientes. Durante a coleta de dados, foi observado que, para retirar essas medidas de forma tradicional, a pressão necessária do equipamento de medição no corpo não causou afundamento na pele como para as demais medidas.

É importante destacar que os valores de máxima diferença média determinados pela ISO 20685 (2010) são apresentados por grupos de medidas. Por não considerar as particularidades de cada medida, como serem obtidas a partir de pontas ósseas ou linhas articulares, o critério de validação da ISO 20685 (2010) pode fazer com que bons métodos não sejam validados.

¹⁰ As diferenças mínimas entre a medição a partir dos pontos marcados e a medição tradicional dos diâmetros de úmero direito e esquerdo das mulheres foram próximas a -4 cm devido a uma participante obesa que apresentava acúmulo de gordura na região do cotovelo.

O teste t também considerou, ao nível de significância de 5%, que as diferenças entre os diâmetros dos tornozelos esquerdos e direitos são iguais a zero, além de outras medidas para homens (D_CIRUE, D_LPD, D_BE) e mulheres (D_LPD, D_B10, D_LME, P_PU).

O teste de Wilcoxon, aplicado quando não foi possível realizar o teste t devido a suposição de normalidade não ter sido aceita, também considerou válido o perímetro de punho (P_PU) dos homens. Para as mulheres, esse teste considerou a largura bi-thelion (D_BT) e os comprimentos interarticulares rádio-ulna direito (D_CIRUD) e trocanter-fêmur direito (D_CITFD) medidos de modo tradicional estatisticamente iguais às medidas obtidas a partir de pontos marcados.

Para as variações das medidas automáticas relativas às medidas tradicionais, poucas médias apresentaram valores absolutos acima de 0,05. Tanto para homens, quanto para mulheres, quase todos os casos que ultrapassaram esse valor são medidas pequenas. As exceções são, para os homens, a largura do peito nas axilas - anterior (D_PAA) que, devido a elevação dos ombros, a medida extraída a partir de pontos marcados nas axilas anteriores apresentou valores maiores; e, para as mulheres, o perímetro do braço (P_B) em que a medida tradicional foi retirada com o braço a 90°. É de se destacar que 5% de variação relativa em medidas pequenas representa poucos milímetros.

Os valores de mínimo e máximo indicam que houve casos em que a variação da medida extraída automaticamente ultrapassou 10% do valor da medida tradicional. Medidas pequenas e/ou com variação na postura dos métodos de coleta de dados foram a maioria desses casos.

O teste de aderência de Shapiro-Wilk para as variações relativas das medidas entre pontos marcados dos homens mostrou que as mesmas medidas podem ser consideradas normalmente distribuídas, quando se compara a diferença entre essas medidas, exceto na largura do peito nas axilas anterior (D_PAA), em que a suposição de normalidade não foi atendida para a variação relativa. Assim como na diferença entre medidas, os p-valores de cinco perímetros não foram abaixo do nível de significância. Após realizar a divisão da diferença pela medida tradicional (variação relativa), o número de medidas que não apresentaram o p-valor acima de 5% caiu de forma significativa para as mulheres, onde foi observado que nove medidas entre dois pontos e apenas dois perímetros não apresentaram distribuição normal.

Considerando a variação das medidas obtidas automaticamente relativas às medidas tradicionais com a máxima diferença média sendo 5%, aplicados ao critério de validação determinado pela ISO 20685 (2010), a quantidade de medidas antropométricas consideradas iguais nos dois métodos de medição foi

consideravelmente elevado: 27 e 21 medidas para homens e mulheres, respectivamente. Dentre as variações relativas que apresentaram distribuição normal para eles, apenas os limites dos diâmetros de úmero e punho ultrapassaram os valores de mais e menos a máxima diferença média de 5%. Para elas, além dessas, foram consideradas diferentes outras sete medidas, sendo cinco distâncias entre pontos e dois perímetros.

No teste t , poucas variações foram consideradas iguais a zero: seis medidas para os homens e cinco para as mulheres. Mesmo sendo poucas medidas, os diâmetros dos tornozelos direito e esquerdo foram validadas para ambos os sexos, na validação proposta pela ISO 20685 (2010). Os testes de Wilcoxon indicaram que as mesmas medidas são iguais quando considerado o p-valor acima de 5%, com exceção da largura bi-thelion das mulheres.

4.4.2 Validação do método de medição a partir de pontos e circunferências estimados

O método de estimação de medidas antropométricas utiliza pontos e circunferências estimados e, portanto, quando esses não são bem estimados, as medidas também não o são. Quando uma medida estimada apresentou valor que não era próximo do valor obtido pelo método de medição tradicional, os valores de média e mediana amostrais da diferença dessa medida apresentaram valores bem diferentes, pois a média é mais influenciada por valores extremos. Desse modo, a média da diferença de uma medida indica quando esta medida está retornando valores absurdos, enquanto a mediana, de um modo geral, representa melhor a tendência central do erro do método. Como era esperado, os desvios padrões amostrais dessas diferenças foram bem maiores que os desvios da comparação entre a medição tradicional e a medição a partir de marcadores. Os valores de mínimos e máximos também foram um tanto elevados em relação às diferenças obtidas com as medidas automáticas obtidas com os marcos anatômicos e circunferências demarcados.

Em contrapartida, um menor número de diferenças das medidas estimadas tiveram a suposição de normalidade rejeitada: oito para eles e 15 para elas. Contudo, isso não implicou em mais medidas validadas pelo critério da ISO 20685 (2010): oito medidas para os homens e sete para as mulheres - incluindo, novamente, os diâmetros dos tornozelos. Os perímetros dos antebraços (P_A) estimados também foram validadas para homens e mulheres, o que não ocorreu no método que considera as circunferências demarcadas por não terem as suposições de normalidade aceitas.

Os testes *t* e Wilcoxon, que verificaram se as diferenças entre as medidas estimadas e as medidas retiradas com equipamentos de medição foram igual a zero, também apresentaram um maior número de p-valores acima do nível de significância, indicando que esses critérios tendem a validar mais medidas quando a variabilidade dos dados é maior.

Assim como na variação relativa da medição a partir de marcadores, houve poucos casos de médias acima de 5% para variações das medidas estimadas relativas às medidas tradicionais. Os desvios padrões amostrais das variações relativas das medidas estimadas apresentaram valores maiores que os desvios padrões amostrais das variações relativas das medidas obtidas com marcadores. Os testes *t* e Wilcoxon também apresentaram altos p-valores, aceitando-se a suposição de que os métodos de medição são equivalentes devido a valores elevados de desvios padrões amostrais.

No que diz respeito ao método de avaliação por limites, como proposto pela ISO 20685 (2010), mas considerando variações relativas das medidas estimadas, menos medidas foram validadas comparativamente às variações das medidas a partir de marcadores. Esse resultado pareceu ser bastante coerente por não validar medidas em que houve mudança na postura de medição tradicional e na postura de digitalização.

5 Discussão

A partir dos métodos desenvolvidos para extração automática de marcos anatômicos, é possível obter as coordenadas xyz de marcadores azuis colocados sobre o corpo humano, estimar automaticamente marcos anatômicos e classificar automaticamente os marcadores como marcos anatômicos.

O método de localização dos marcos anatômicos retorna três coordenadas para cada ponto marcado na cor azul. Com a variável DIF_B , a informação de cor dos pontos que compõem os marcadores azuis foi utilizada para melhorar a determinação dos centros dos mesmos. Esse método identifica os centros desses marcadores de modo consistente, pois elimina o erro associado à seleção manual do centro do marcador e falhas na captura da imagem não inviabilizam o uso do método.

Constatou-se que a roupa de medição pode impactar negativamente na localização manual dos marcos anatômicos, por palpação, e conseqüentemente na localização automática. A movimentação da bermuda é de difícil controle, mesmo em indivíduos magros ou atléticos. No entanto, reduzir, ou até mesmo eliminar o erro causado pela roupa pode não resultar em erros menores, pois a identificação manual das pontas do osso íliaco e dos trocanteres é mais difícil por essa região tender ao acúmulo de tecido adiposo. Um estudo com o objetivo de especificar o tecido, a cor e o corte da roupa de medição para digitalização poderia reduzir os erros de localização dos marcos. Esse tipo de controle é importante, pois como já apresentado marcos anatômicos são ferramentas que auxiliam na caracterização tanto do tamanho quanto da forma das populações humanas (BURNSIDES *et al.* 2001).

A classificação manual dos marcos anatômicos dos 70 voluntários foi realizada utilizando as coordenadas obtidas com o método de localização dos marcadores azuis. Essas coordenadas foram armazenadas em um banco de dados construído para desenvolver os métodos de estimação e de classificação automáticos. No caso dos marcadores vermelhos, as coordenadas foram obtidas de modo manual para que também fossem desenvolvidos métodos de estimação dos pontos CRD e CRE. Com o banco de dados das coordenadas de 61 marcos anatômicos classificados manualmente, também foi possível mensurar a qualidade dos métodos de estimação e de classificação desenvolvidos. O método de estimação utiliza as informações previamente estudadas sobre a localização dos 61 marcos anatômicos e seleciona pontos da superfície do corpo para obter as coordenadas estimadas desses marcos. Intervalos de confiança (IC) foram utilizados sempre que o p-valor das variáveis

estudadas, altura relativa e ângulo dos pontos marcados, foi acima de 5% no teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para as variáveis em que o p-valor ficou abaixo do nível de significância, intervalos interquartil (IQR) foram utilizados para que todos os marcos anatômicos previstos no estudo fossem estimados. É possível que, para todos os pontos, as variáveis estudadas sejam normalmente distribuídas. Foi observado que a não aceitação da hipótese de normalidade era consequência de valores um pouco mais distantes das médias e, devido à amostra ser pequena, esses valores tornaram a distribuição dos dados assimétrica. Esses dados não foram descartados, pois não eram valores discrepantes e os afastamentos em relação à média se deviam ao fato da amostra ser composta por indivíduos de formas corporais bem distintas.

A maior dificuldade em identificar por palpação determinadas pontas ósseas em pessoas com musculatura densa e pessoas acima do peso, em conjunto com a observação da distância entre os pontos marcados e estimados, indicam a necessidade de estudos futuros que considerem outros dados relativos à forma corporal dos indivíduos, como o IMC ou medidas de dobras cutâneas.

Como a estimativa da localização do marco anatômico é obtida com o cálculo da média aritmética simples de pontos da superfície do corpo, outros cálculos poderão ser realizados utilizando esses pontos para a obtenção de melhores estimativas. É possível aplicar critérios específicos para estimar os marcos de modo independente, definindo outras variáveis de estudo para calcular médias aritméticas ponderadas para cada marco anatômico.

Duas medidas de posição, média e mediana, foram utilizadas para avaliar a qualidade do método de estimação. Como os erros de estimativas apresentaram distribuições assimétricas, uma única medida de posição não seria adequada para interpretar a tendência central desses erros. A distância entre os pontos marcados e estimados foi cerca de 15 mm; valor considerando elevado, pois o marcador utilizado tem 6 mm de raio. Entretanto, não é adequado determinar um único valor de erro aceitável para todos os marcos anatômicos, pois estes podem ser pontas ósseas, linhas articulares e extremidades de segmentos corporais. A mediana é resistente e pode ser utilizada para conhecer a tendência central do erro do método de estimação de cada marco anatômico sem a influência de valores extremos. Isso porque os erros de estimativa assumem apenas valores positivos, pois se tratam de distâncias entre pontos no espaço. A média, em contrapartida, pode ser utilizada como parâmetro de controle do erro para determinar os marcos anatômicos que devem ser melhor estimados, uma vez que resultados extremos causam maior impacto nessa medida.

O método de classificação automática de pontos marcados como marcos anatômicos fez uso dos métodos de localização e estimação. As estimativas de

localização não foram tão precisas para alguns marcos anatômicos, mas contribuíram para os altos percentuais de classificações corretas obtidos. No caso dos homens, 100% dos pontos marcados foram classificados corretamente para 43 dos 59 marcos anatômicos considerados. As mulheres tiveram as taxas de classificações corretas atingindo 100% para 39 dos 59 marcos anatômicos. Com esses resultados, considerou-se que o método de classificação automática é confiável e pode ser aplicado em pesquisas antropométricas. É importante salientar, no entanto, que o conjunto de marcos anatômicos estudado influencia nos resultados individuais da classificação automática dos marcos, uma vez que regiões do corpo com muitos pontos marcados, como os cotovelos, apresentaram percentuais mais baixos. Nesses casos, recomenda-se que as coordenadas dos marcos anatômicos próximos entre si sejam verificadas sobre a malha poligonal.

Determinados marcos, como os acrômios, trocanteres e cristas ilíacas, foram considerados atípicos devido à alta taxa de pontos classificados corretamente apesar dos elevados erros de estimação. Nesses casos, é recomendado que os marcadores continuem sendo colocados no corpo; e que os pontos estimados não sejam utilizados sem que se faça ajustes no método de estimação. A necessidade de estudar a localização dos marcos anatômicos para cada segmento corporal, separadamente, foi constatada. A colocação de marcadores nos acrômios, trocanteres e cristas ilíacas pode melhorar as estimativas dos demais marcos anatômicos, uma vez que os acrômios podem ser utilizados para segmentar os membros superiores, e os trocanteres os membros inferiores. O uso da estatura como única variável numérica de entrada do método de estimação é simples, porém, vir a utilizar o tamanho dos segmentos corporais pode resultar em estimativas melhores. Em relação aos ângulos dos pontos marcados, rotações das nuvens de pontos que corrijam pequenos erros posturais podem fazer com que os marcos anatômicos sejam melhor estimados.

A identificação de circunferências do corpo por marcadores elásticos não se mostrou adequada. O método de localização automática, apesar de separar corretamente os pontos da nuvem que compõem os elásticos verdes dos demais pontos, resultou em circunferências não paralelas ao chão. Isso foi constatado ao se observar os pontos verdes obtidos pelo método, de maneira isolada, no *CloudCompare*. A finalidade do uso dos elásticos foi representar de modo mais fidedigno a fita antropométrica no contorno do corpo durante a retirada de perímetros corporais.

As circunferências obtidas pelo método de classificação automática foram avaliadas com o percentual de seleções corretas e o percentual de seleções inadequadas. Mesmo com o controle na coleta de dados, a seleção da melhor imagem

e os indicadores de qualidade terem apresentado bons resultados, os erros na classificação automática resultaram de elásticos não paralelos ao chão. Em alguns casos, parte das nuvens de pontos que formavam as circunferências demarcadas ultrapassaram os limites definidos pelo método de classificação. O método de estimação permite obter circunferências paralelas ao chão em diferentes alturas do corpo apenas indicando uma altura relativa. Por esse motivo, é sugerido que a altura de uma circunferência de interesse seja demarcada com um marcador adesivo e o método de estimação de circunferência seja utilizado.

Ainda que a retirada de medidas seja melhor realizada com a colocação de marcadores sobre a pele, o procedimento de colocar esses marcadores no corpo da pessoa não é rápido, além de requerer conhecimento em anatomia palpatória para identificar esses pontos no indivíduo a ser medido. Comparando-se os valores obtidos pelos métodos automáticos e obtidos de modo tradicional, pode-se dizer que as médias foram baixas e que a maior variação ocorreu nas medidas em que a postura de digitalização difere da postura de medição tradicional.

Seguindo os critérios da ISO 20685 (2010) nove medidas entre pontos para cada gênero foram validadas para marcadores colocados sobre a pele e, com os pontos estimados oito medidas foram validadas para os homens e sete para as mulheres. Os diâmetros de tornozelo direito e esquerdo, medidos na altura dos maléolos medial e lateral, estão entre as medidas validadas. Esses marcos anatômicos são pontas ósseas bem pronunciadas e foram facilmente identificadas por palpação. Contudo, o valor de máxima diferença média definido pelo ISO 20685 (2010) considerada na validação dessa medida é relativamente alto (4 mm) quando comparado à outras medidas maiores, como por exemplo, larguras do tórax que apresentam o mesmo valor de máxima diferença na ISO 20685 (2010). Com a variação da medida obtida a partir de marcadores relativa à medida tradicional e com a máxima diferença média dada por um percentual as diferenças entre os tamanhos das medidas é desconsiderada.

Considerando a variabilidade das formas corporais dos participantes da pesquisa, os métodos de medição, de um modo geral, apresentaram valores bem distribuídos, não retornando valores extremos que prejudicaram as análises. Ainda que as medidas estimadas tenham apresentado maior variabilidade, os valores dos desvios padrões não foram muito maiores que os desvios padrões amostrais dos outros dois métodos de medição: medição tradicional e medição a partir de pontos marcados.

6 Conclusão

Os métodos foram desenvolvidos a partir de modelos humanos digitais de voluntários de diversas formas corporais. Desde o início do estudo, a variação corporal era considerada um ponto positivo e era esperado que poucas variáveis apresentassem distribuição normal. Com os resultados obtidos, os métodos demonstraram ser abrangentes, podendo ser aplicados em grupos homogêneos e heterogêneos.

Nesse estudo, houve a preocupação de controlar possíveis erros em todas as etapas do processo. Dentre as medidas adotadas, destacam-se: a) o controle do erro entre medidores na coleta de dados, pois um único pesquisador foi responsável pela medição tradicional e pela identificação de marcos anatômicos e circunferências com marcadores na superfície do corpo; b) a elaboração de critérios para a seleção da melhor imagem do voluntário; c) o desenvolvimento de algoritmos que retornam automaticamente as coordenadas de localização dos marcadores; d) a classificação manual dos pontos obtidos pelos métodos de localização; e) a elaboração de indicadores para verificar os resultados obtidos pelos métodos de estimação e classificação automática desenvolvidos.

Coordenadas de marcos anatômicos, localizadas ou estimadas, são utilizadas para retirar medidas antropométricas e a qualidade dessas medidas está diretamente relacionada à qualidade dessas coordenadas. Desse modo, é possível levantar centenas de medidas antropométricas lineares, como larguras e comprimentos (distância entre pontos) e medidas de altura (distância do ponto à base do *scanner*) de forma confiável e padronizada.

O procedimento descrito para obter coordenadas de pontos anatômicos marcados na superfície do corpo faz uso das coordenadas dos pontos estimados, o que exige uma análise conjunta dos métodos de classificação e estimação de marcos anatômicos. Como a classificação automática é feita por proximidade, a melhora na qualidade das estimativas dos marcos anatômicos não só aumenta a probabilidade de um ponto marcado ser classificado corretamente, como também viabiliza o uso de pontos estimados na obtenção de medidas.

No entanto, levantar medidas antropométricas sem identificar pontos anatômicos na superfície do corpo requer cuidado. Os resultados obtidos possibilitam a extração automática de marcos anatômicos estimados a partir de imagens que não apresentam a informação de cor. Essa aplicação é indicada para pesquisas

antropométricas em que não se exige grande precisão dos dados coletados, como para a indústria de vestuário (Bragança e Arezes, 2016). Para pesquisas que exigem maior precisão das informações coletadas, é indicado utilizar marcadores coloridos e os métodos de localização e classificação desenvolvidos.

Em relação ao estudo das circunferências, os pontos que compunham os elásticos foram selecionados pelo método de localização e corretamente classificados quando os elásticos permaneceram paralelos ao chão. Recomenda-se, no entanto, que as circunferências sejam obtidas pelo método de estimação, que retorna formas que podem ser utilizadas para o cálculo de perímetros e áreas de seção transversa. Além disso, as circunferências estimadas representam o contorno do corpo sem a deformação causada pelo elástico.

Quanto à validação de medidas antropométricas a partir de imagens digitalizadas é evidenciada a necessidade de definição de parâmetros específicos para cada medida antropométrica que leve em consideração o tipo de medida, como por exemplo, linhas articulares ou pontas ósseas, e o tamanho médio dessa medida.

Os algoritmos desenvolvidos demonstram ter aplicações futuras interessantes. O cálculo do ângulo de elevação dos ombros pode ser adaptado para calcular ângulos de outras articulações. O procedimento adotado para separar os pontos da nuvem do tronco, na altura do thelion, pode ser utilizado para segmentar partes do corpo que estejam unidas. Esses ajustes possibilitarão o levantamento de medidas antropométricas em outras posturas não padronizadas, como posturas funcionais.

O controle de alguns parâmetros torna possível o uso dos algoritmos em nuvens de pontos obtidas a partir de outros equipamentos de digitalização. No entanto, é importante que o aperfeiçoamento dos métodos não comprometa a simplicidade da aplicação da metodologia desenvolvida.

7 Referências Bibliográficas

ANTHROPOMETRIC SURVEY OF THE SPANISH FEMALE POPULATION.

Disponível em:

http://www.3dbodyscanning.org/cap/papers/2010/10307_11alemany.pdf. Acesso em: 8 set. 2017.

ANTHROSCAN Scanworx, s.d. Disponível em: [http://www.human-](http://www.human-solutions.com/fashion/front_content.php?idcat=141&lang=7)

[solutions.com/fashion/front_content.php?idcat=141&lang=7](http://www.human-solutions.com/fashion/front_content.php?idcat=141&lang=7). Acesso em: 2 set. 2017.

BALL, R., SizeChina: A 3D Anthropometric Survey of the Chinese Head, 2011.

Disponível em:

<http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:2d038418-8923-4605-92e8-ca3df57ea731/>. Acesso em: 19 mar. 2013.

BATISTA, D. S., 2014, “Avaliação comparativa dos *scanners* 3D Artec MHT e Cyberware WBX para aplicação em antropometria e ergonomia”. M.S.c. dissertação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

BLACKWELL, S., ROBINETTE, K. M., BOEHMER, M., *et al.*, 2002, Civilian American and European Surface Anthropometry Resource (CAESAR) Final Report, Volume II: Descriptions, National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia 22161.

BODY LINE SCANNER. Disponível em: <http://cs-academic-impact.uk/3d-scanning-process/>. Acesso em 3 set. 2017.

BODY MEASUREMENT SYSTEM. Disponível em: <https://www.tc2.com/tc2-19b-3d-body-scanner.html>. Acesso em 3 set.2017.

BODYSCAN. Disponível em: <http://bodyscan.human.cornell.edu/scene8d5e.html>. Acesso em 3 set. 2017.

BRAGANÇA, S., AREZES, P. M., 2016, "Current state of the art and enduring issues in anthropometric data collection", DYNA, v. 83, n.197, pp. 22-30. ISSN eletrônico 2346-2183. ISSN impresso 0012-7353.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v83n197.57586>.

BRUNSMAN, M. A., DAANEN, H. A. M., ROBINETTE, K. M., 1997, "Optimal postures and positioning for human body scanning". In: Proceedings. International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling (Cat. No.97TB100134), 266–273. <https://doi.org/10.1109/IM.1997.603875>.

BURNSIDES, D., ROBINETTE, K., 2001, "3-D Landmark Detection and Identification in the CAESAR Project". In: Proceedings of the Third International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM '01) 0-7695-0984-3/01 \$10.00 © 2001 IEEE.

BUSSAB, W. O., MORETTIN, P. A., 2002, Estatística Básica, 5.ed., Ed. Saraiva, São Paulo. ISBN: 978-85-02-03497-6-85-02-03497-9.

CAESAR® - Civilian American and European Surface Anthropometry Resource Project. Disponível em: <http://store.sae.org/caesar/>. Acesso em 8 set. 2017.

CAMPAGNE NATIONALE DE MENSURATION. Disponível em: http://data.over-blog-kiwi.com/0/56/96/13/201311/ob_ea60d5_ifth-dossierdepresse-mensurations-adultes.pdf>. Acesso em 8 set.2017

CARTER, J.E.L., STEWART, A.D., 2012, "Physique: phenotype, somatotype and 3D scanning". In: Body Composition in Sport, Exercise and Health, 4, pp. 86-108, Ed. Routledge, Oxford.

CLOUDCOMPARE USER'S MANUAL FOR VERSION 2.1. Disponível em: [http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation CloudCompare version 2 1 e ng.pdf](http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation%20CloudCompare%20version%202.1%20en.pdf)>. Acesso em 17 fev. 2014.

CLOUDCOMPARE VERSION 2.6.1 - User Manual. Disponível em: <http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf>>. Acesso em 30 mar. 2017.

CYBERWARE WBX. Disponível em:

<http://cyberware.com/products/scanners/wbx.html>. Acesso em: 8 set. 2017.

CYSCAN USER GUIDE. Disponível em: <http://.com/guides/cyscan/index.html>. Acesso em: 7 ago. 2017.

CYSLICE. Disponível em: <https://www.headus.com.au/cyberware>>. Acesso em: 2 set. 2017.

DAANEN, H. A. M., BRUNSMAN, M. A., ROBINETTE, K. M., 1997, "Reducing movement artifacts in whole body scanning". In: Proceedings. International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling (Cat. No.97TB100134), 262–265. <https://doi.org/10.1109/IM.1997.603874>.

DAANEN, H. A. M., WATER, G. J., 1998, "Whole body scanners", Displays, v. 19, pp. 111–120.

DAANEN, H. A. M., TER HAAR, F.B., 2013, "Whole body scanners revisited". Displays, v. 34, pp. 270–275. Disponível em: <https://www.saxion.nl/wps/wcm/connect/b8aa91c2-72d6-4eba-a641-49cc59dc5727/AbstractDaanen3Dscan2013.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em 08 de set. 2017.

DANIELL, N., 2008, "A comparison of the accuracy of the Vitus Smart® and Hamamatsu Body Line® 3D whole-body". In: M. Marfell-jones & T. Olds (Eds.), Kinanthropometry X: Proceedings of the 10th International Society for the Advancement of Kinanthropometry Conference, held in conjunction with the 13th Commonwealth International Sport Conference (pp. 39–54).

DEKKER, L., DOUROS, I., BUXTON, B. F., *et al.*, 1999, "Building symbolic information for 3D human body modeling from range data". IEEE Conference Publications. ISBN: 0-7695-0062-5, DOI: 10.1109/IM.1999.805369. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=805369>>. Acesso em 18 jun. 2017.

DEKKER, L., 2000, "3D Human body modelling from range data", D.Sc, University College London, Londres, 2000. Disponível em:
<http://discovery.ucl.ac.uk/1363354/1/525000.pdf>. Acesso em: 2 set. 2017.

DIGISIZE SOFTWARE. Disponível em:
<http://cyberware.com/products/software/digisize.html>. Acesso em: 2 set. 2017.

DLA-ARN - Defense Logistics Agency-Apparel Research Network. Disponível em:
<http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA356926>. Acesso em: 8 set. 2017.

DRILLIS, R., CONTINI, R., 1966, "Body segment parameters (report N° 1166-03)". (Office of Vocational Rehabilitation, Department of Health, Education and Welfare). New York University School of Engineering and Science, New York.
Disponível em:
<http://edge.rit.edu/edge/P13032/public/FinalDocuments/Detailed%20Analysis/Anthropometric%20Data/Drillis%20%26%20Contini.pdf> Acesso em 17 mai. 2017.

ERGOKIT – Manual de Utilização do Sistema, 1995, Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia.

FARIAS, A. M. L., Laurencel, L. C., 2006, "Estatística Descritiva", Departamento de Estatística, Centro de Estudos Gerais, Instituto De Matemática - UFF.
Disponível em:
http://www.uff.br/ieeanamariafarias/estdesc_2006.pdf. Acesso em 13 fev. 2017

FAROARM. Disponível em: <http://www.faro.com/pt-br/produtos/factory-metrology/faroarm/>. Acesso em: 9 set. 2017.

FISIONATOMIA. Disponível em: <http://fisionatomia.blogspot.com.br/2014/01/plano-e-eixos-do-corpo-humano-agora-que.html>. Acesso em 4 abr. 2017.

FRANCHINI E., TAKITO M. Y., KISS, M. A. P. D. M., *et al.*, 2005, "Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players". In: Biology of Sport, Vol. 22, N° 4, pp. 315-328.

GARCIA, J. C. G., 2011, "Anthropometrical Studies", IBV Instituto de Biomecânica de Valencia, Diálogos Setoriais União Europeia Brasil.

GEOMAGIC. Disponível em: <http://www.geomagic.com/pt/>. Acesso em: 8 set. 2017.

GIRADEAU-MONTAUT, D., BEY, A., MARC, R. (n.d.). CloudCompare User's Manual for version 2.1. Disponível em:

[http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation CloudCompare version 2 1 e ng.pdf](http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation%20CloudCompare%20version%202.1%20enq.pdf). Acesso em: 7 ago. 2017.

GIRADEAU-MONTAUT, D., BEY, A., MARC, R., CloudCompare, 2009. Disponível em: <http://www.danielgm.net/cc/>. Acesso em: 7 ago. 2017.

GPM Anthropological Instruments. Disponível em: <http://www.dksh.com/global-en/home/industries/technology/scientific-instrumentation/anthropological-instruments>. Acesso em 10 set. 2017.

GUEDES, D., P., GUEDES, J., E.,R., P., 2006, Manual prático para avaliação em educação física. Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=gEAeGHZXu2AC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 14 mai. 2017.

HAN, H., NAM, Y. , 2011, "Automatic body landmark identification for various body figures". International Journal of Industrial Ergonomics, 41(6), 592–606. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.07.002>.

HAN, H., NAM, Y. , CHOI, K., 2010, "Comparative analysis of 3D body scan measurements and manual measurements of size Korea adult females". International Journal of Industrial Ergonomics, 40, 530-540.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/229126819 Comparative analysis of 3D body scan measurements and manual measurements of size Korea adult females](https://www.researchgate.net/publication/229126819_Comparative_analysis_of_3D_body_scan_measurements_and_manual_measurements_of_size_Korea_adult_females) ≥. Acesso em 8 set.2017.

HEADUS 3D, 2010. Disponível em: <https://www.headus.com.au/cyberware>. Acesso em: 2 set. 2017.

HWANG, S., 2001, "Three Dimensional Body Scanning Systems with Potential for Use in the Apparel Industry", A paper (A-1) submitted to the Graduate faculty of North Carolina state University in partial fulfillment of the requirement for the Degree of Doctor of Philosophy, Textile Technology and Management, Raleigh.

Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265155597_Three-dimensional_body_scanning_system_with_potential_for_use_in_the_apparel_industry
≥. Acesso em 16 fev. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA, 1995, "Manual de Aplicação dos Dados Antropométricos do ERGOKIT", Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia.

INTEGRATE 2.8: A New Generation Three-Dimensional Visualization, Analysis, and Manipulation Utility. Disponível em:

<http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA43062>
≥. Acesso em 06 fev. 2017.

ISO 20685, 2010, "3-D Scanning Methodologies for Internationally Compatible Anthropometric Databases", International Organization for Standardization, Reference no. ISO 20685:2010, ISO, Switzerland.

JONES, P. R. M., RIOUX, M., 1997, "Three-dimensional Surface Anthropometry: Applications to the Human Body". In: Optics and Lasers in Engineering, 28, pp. 89-117.

JONES, P. R. M., WEST, G. M., HARRIS, D. H., *et al.*, 1989, "The Loughborough anthropometric shadow scanner (LASS)". In: Endeavour, Vol. 13, Issue 4, pp. 162–168. DOI: 10.1016/S0160-9327(89)80004-3.

LEONG, I-F., FANG, J-J., TSAI M-J., 2007, "Automatic body feature extraction from a marker-less scanned human body". In: Computer -Aided Design 39, pp. 568-582.

LOHMAN, T. G., ROCHE, A. F., MARTORELL, R., 1988, "Anthropometric standardization reference manual", Illinois, Human Kinetics Books. ISBN: 0-87322-121-4.

LU, J., WANG, M., 2008, "Automated anthropometric data collection using 3D whole

body ". In: Expert Systems with Applications, 35(1–2), 407–414.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.008>.

MESHLAB. Disponível em: <http://www.meshlab.net/>. Acesso em: 08 set. 2017.

NARANJO, J. A. B., 2012, "Registro e alinhamento de imagens de profundidade obtidas com digitalizador para o modelamento de objetos com análise experimental do algoritmo ICP". Dissertação de M.Sc., UNB, Brasília, GO, Brasil.

NAKANO, A. L., CUNHA I. L. L., "Transformações Geométricas 2D e 3D" - Seminário para a Disciplina SCE 5799 – Computação Gráfica, Profa. Dra. Rosane Minghim, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC / Departamento de Ciências de Computação – SCC / UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. Disponível em:

<http://www.lcad.icmc.usp.br/~rosane/CG/TransfGeomAndersonIcaro.pdf> Acesso em 13 fev. 2017.

OCTREE. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Octree>. Acesso em 30 mar. 2017.

OLDS, T., DANIELL, N., PETKOV, J., *et al.*, 2013, "Somatotyping using 3D anthropometry: a cluster analysis". Journal of Sports Sciences, 31(9), pp.936–44. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.759660>. Acesso em 11 dez. 2015.

OLDS, T., HONEY, F., 2006, "The use of 3D whole-body in anthropometry". In Kinanthropometry IX: Proceedings of the 9th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry, pp. 1–12.

PAQUETTE, S., BRANTLEY, J. D., CORNER, B. D., *et al.*, 2000, "Automated extraction of anthropometric data from 3D images". In: Proceedings of the IEA 2000 HFES 2000 Congress.

PARGAS, R. P., 1998, "Automating information extraction from 3D scan data, DLA-ARN T2p5 Project Report", Clemson University, Clemson, SC, USA. Disponível em: <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA356926>. Acesso em 04 abr. 2016.

PARGAS, R. P., STAPLES, N. J., DAVIS J.S., 1997, "Automatic measurement extraction for apparel from a three-dimensional body scan". In: Optics and Lasers in Engineering, 28, pp. 157-172. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143816697000092>,

DOI:10.1016/S0143-8166(97)00009-2. Acesso em 04 abr. 2016.

PERKINS, T., BURNSIDES, D.B., ROBINETTE, K.M., *et al.*, 2000, "Comparative consistency of univariate measures from traditional and 3-D scan anthropometry".

In: SAE Technical Papers Series, 2000-01-2145.

PERSONALLPLUS. Disponível em:

<https://personallplus.wordpress.com/2015/11/03/planos-e-eixos-do-corpo-humano/>.

Acesso em 4 abr. 2017.

POLYWORKS Disponível em: <https://www.innovmetric.com/pt-br>. Acesso em 08 set. 2017.

RAZALI, N. M., WAH, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk , Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21–33. <https://doi.org/doi:10.1515/bile-2015-0008>.

RHINOCEROS. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/>. Acesso em: 08 set. 2017.

RIOUX, M., BECHTHOLD, G., TAYLOR, D., *et al.*, 1987, "Design of a large depth of view three-dimensional camera for robot vision". In: Optical Engineering, 26(12), pp. 1245-1250, DOI: 10.1117/12.7977163.

ROBINETTE, K. M., VANNIER, M. W., RIOUX, M., *et al.*, 1997, "3-D Surface Anthropometry: Review of Technologies", AGARD Advisory Rep. 329, Neuilly-sur-Seine, France: Advisory Group for Aerospace Research and Development.

ROBINETTE, K. M., DAANEN, H. A. M., ZEHNER, G. F., 2004, "Three-Dimensional Anthropometry". In: Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering, pp.29-49, CRC Press LLC, ISBN: 0-415-27908-9.

ROBINETTE, K. M., BLACKWELL, S., DAANEN, H., *et al.*, 2002, Civilian American and European Surface Anthropometry Resource (CAESAR) Final Report,

Volume I: Summary, National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia 22161.

ROBINETTE, K. M., DAANEN, H. A.M., 2006, "Precision of the CAESAR scan-extracted measurements", In: Applied Ergonomics, 37, pp.259-265, Elsevier, DOI: 10.1016/j.apergo.2005.07.009.

ROEBUCK Jr., J. A., KROEMER, K. H. E., THOMPSON, W. G., 1975, Engineering Anthropometry Methods. New York, Jonh Wiley & Sons.

ROEBUCK Jr., J. A., 1995, Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body, Sta. Monica, California, Human Factors and Ergonomics Society.

SCANWORX. Disponível em:

<http://www.human-solutions.com/fashion/front_content.php?idcat=140&lang=7&changelang=7>. Acesso em 8 set. 2017.

SHARP DUMMIES. Disponível em:

<<http://www.sharpdummies.com.au/published.html>>. Acesso em 8 set. 2017.

SCHRANZ, N., TOMKINSON, G., OLDS, T., *et al.*, 2010, "Three-dimensional anthropometric analysis: Differences between elite Australian rowers and the general population". In: Journal of Sports Sciences, 28(5), pp.459-469, Routledge, Taylor & Francis Group.

SCHRANZ, N., TOMKINSON, G., OLDS, T., *et al.*, 2012, "Is three-dimensional anthropometric analysis as good as traditional anthropometric analysis in predicting junior rowing performance?" In: Journal of Sports Sciences, 30:12, pp.1241-1248, Routledge, Taylor & Francis Group, DOI: 10.1080/02640414.2012.696204.

SHAPE ANALYSIS. Disponível em: <<http://www.shapeanalysis.com/>>. Acesso em 2 set. 2017.

SHU, C., WUHRER, S., XI, P., 2011, "Geometric and statistical methods for processing 3D anthropometric data" First International Symposium on Digital Human Modeling (DHM2011), 14-16 junho, 2011, Lyon, França.

SIZECHINA. Disponível em:

<<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2d038418-8923-4605-92e8-ca3df57ea731>>. Acesso em 9 set. 2017.

SIZEKOREA. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28504058>>.

Acesso em 9 set. 2017.

SIZE STREAM LLC. Disponível em: <<http://www.sizestream.com/>>. Acesso em 10 set. 2017.

SIZEUK. Disponível em: <<http://www.arts.ac.uk/research/current-research/ual-research-projects/fashion-design/sizeuk-results-from-the-uk-national-sizing-survey/>>.

Acesso em 8 set. 2017.

SIZE UP AUSTRALIA. Disponível em:

<https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/sizingupaustalia-howcontemporaryistheanthropometricdataaustraliandesignsuse_2009_pdf.pdf>.

Acesso em 8 set. 2017.

Disponível em:

<<https://www.cnet.com/news/sizing-up-australia-is-targets-3d-body-scanner-the-shape-of-things-to-come/>>. Acesso em 8 set. 2017.

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/256473465_Sizing_up_Australia_toward_a_national_sizing_survey>. Acesso em 8 set. 2017.

SOUZA, S., Cineantropometria, Aula 2 - Pontos antropométricos, diâmetros e comprimentos. Disponível em:

<<https://sandrosouza.files.wordpress.com/2010/05/pontos-antropometricos-dic3a2metros-e-comprimentos1.pdf>>. Acesso em 3 jul. 2017.

STEWART, A. D., 2010, "Kinanthropometry and body composition: A natural home for three-dimensional photonic scanning" In: Journal of Sports Sciences, 28(5), pp.455-457, Routledge, Taylor & Francis Group, DOI:

10.1080/026404110036613304. ISSN 0264-0414 print/ISSN 1466-447X online © Taylor & Francis.

[TC²] Disponível em: [<https://www.tc2.com/>](https://www.tc2.com/). Acesso em 10 set. 2017.

3DM Three-dimensional Noncontact Measurement Software for Wholebody Scans - The Department of Computer Science/Clemson Apparel Research/Clemson University. Disponível em: [<https://people.cs.clemson.edu/~pargas/3dm/>](https://people.cs.clemson.edu/~pargas/3dm/). Acesso em 06 fev. 2017.

TECHMATH-VITUS. Disponível em: <https://www.vitronic.com/industrial-and-logistics-automation/sectors/3d-body-scanner.html>. Acesso em 08 de set. 2017.

Disponível em: http://www.ergo-eg.com/uploads/digi_lib/73.pdf. Acesso em 08 de set. 2017.

TIKUISIS, P., MEUNIER, P., JUBENVILLE, C. E., 2001, "Human body surface area: measurement and prediction using three dimensional body scans" In: European Journal of Applied Physiology, 85, pp. 264-271, DOI: 10.1007/s004210100484.

WANG, M-J. J., WU, W-Y., LIN, K-C., *et al.*, 2007, "Automated anthropometric data collection from three-dimensional digital human models". In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 32, pp. 109-115, DOI: 10.1007/s00170-005-0307-3.

Apêndice 1 Ficha de Coleta de Dados Homem

(ID): H A/B/C...(nº scans) HORA - Início: _____ Término: _____

PROJETO: _____

Data (DATA): _____ (Email): _____

Nome			
Naturalidade (NAT) () [todos os estados] () Não brasileiro/País: _____		Data Nasc. (DN):	
Cor/Raça (CR) autoreferida () Negro () Pardo () Branco () Amarelo () Indígena			
Nível de escolaridade (ESC) () Sem escolaridade () Fundamental Incompleto () Fundamental Completo () Médio Completo () Superior Completo			
Atividade física (AF) () Não () Sim Frequência semanal (AF_F): Tipo de atividade: _____			
Lateralidade (LAT) () Destro () Canhoto () Ambidestro			
Autopercepção de saúde (APS) () Boa () Regular () Ruim		Tabagismo (TAB) () Não Fumante () Ex-Fumante () Fumante Nº Cigarros: _____	
Peso (PE) (kg)	Envergadura (EN) (cm)	Estatura (EST) (cm)	Altura do banco a 90° (AB) (cm) Dir.: _____ / Esq.: _____

➤ **COLOCAÇÃO DAS MARCAS ADESIVAS AZUIS (59) E VERMELHAS (2)**
TRONCO (19) _____ / MEMBROS SUP (20) _____ / MEMBROS INF (22) _____

➤ **PONTOS NÃO MARCADOS:** _____

DIÂMETROS (cm)-----> 8		equipamento	cm
1	Diâmetro do Úmero direito (D_UD)	Compasso de correção peq.	
2	Diâmetro do Punho direito (D_PD)	Compasso de correção peq.	
3	Diâmetro do Úmero esquerdo (D_UE)	Compasso de correção peq.	
4	Diâmetro do Punho esquerdo (D_PE)	Compasso de correção peq.	
5	Diâmetro do Fêmur direito (D_FD)	Compasso de correção peq.	
6	Diâmetro do Tornozelo direito (D_TD)	Compasso de correção peq.	
7	Diâmetro do Fêmur esquerdo (D_FE)	Compasso de correção peq.	
8	Diâmetro do Tornozelo esquerdo (D_TE)	Compasso de correção peq.	

COMPRIMENTOS (cm)-----> 8		equipamento	cm
1	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero direito (D_CIAUD)-----> braço a 90°	Antropômetro	
2	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna direito (D_CIRUD) -----> braço a 90° RED	Antropômetro	
3	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero esquerdo (D_CIAUE)-----> braço a 90°	Antropômetro	
4	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna esquerdo (D_CIRUE) -----> braço a 90° RED	Antropômetro	
5	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur direito (D_CITFD)	Antropômetro	
6	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo direito (D_CIFMD)	Antropômetro	
7	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur esquerdo (D_CITFE)	Antropômetro	
8	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo esquerdo (D_CIFME)	Antropômetro	

COMPRIMENTOS / LARGURAS - PÉ (cm)-----> 4		equipamento	cm
1	Comprimento do Pé - direito - maior dedo (D_CPD)	Antropômetro	
2	Largura do Pé - direito (D_LPD)	Antropômetro	
3	Comprimento do Pé - esquerdo - maior dedo (D_CPE)	Antropômetro	
4	Largura do Pé - esquerdo (D_LPE)	Antropômetro	

LARGURAS (cm)-----> 11		equipamento	cm
1	Largura Bi-Acrômio (D_BA)	Antropômetro	
2	Largura dos Ombros (Bideltóide) (D_BD)	Antropômetro	
3	Largura do Peito nas Axilas, Posterior (D_PAP)	Antropômetro	
4	Largura do Peito nas Axilas, Anterior (D_PAA)	Antropômetro	
5	Largura Bi-Thelion (D_BT)	Antropômetro	
6	Largura Bi-10a Costela (D_B10)	Antropômetro	
7	Largura Bi-Crista Ilíaca (D_BC)	Antropômetro	
8	Largura Bi-Espinha Ilíaca (D_BE)	Antropômetro	
9	Largura do Quadril no Trocanter - pés unidos (D_QU)	Antropômetro	
10	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados (D_QS90)-----> a 90°	Antropômetro	
11	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados (D_QSD) -----> Diagonal	Antropômetro	

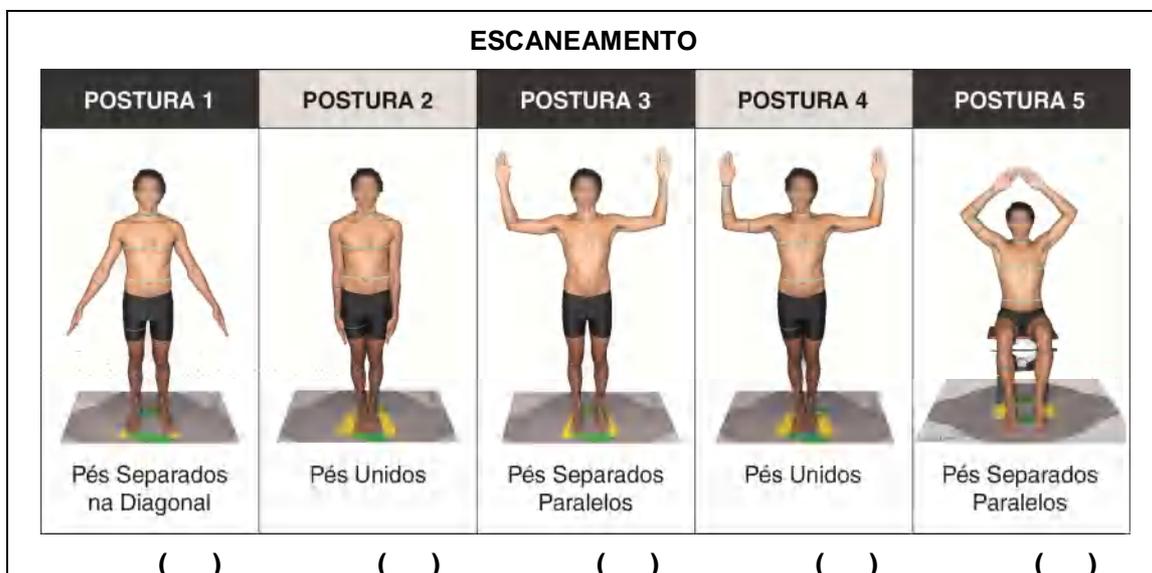
PROFUNDIDADES (cm)-----> 2		equipamento	cm
1	Profundidade do Peito - direito (D_PPD)	Antropômetro	
2	Profundidade do Peito - esquerdo (D_PPE)	Antropômetro	

COMPRIMENTOS / LARGURAS - MÃO (cm)-----> 4		equipamento	cm
1	Comprimento da Mão - direito (D_CMD)	Compasso de correção peq.	
2	Largura da Mão - direito (D_LMD)	Compasso de correção peq.	
3	Comprimento da Mão - esquerdo (D_CME)	Compasso de correção peq.	
4	Largura da Mão - esquerdo (D_LME)	Compasso de correção peq.	

CIRCUNFERÊNCIAS (cm)-----> 15		equipamento	cm
1	Circunferência da Base do Pescoço (C_BP)	Trena	
2	Circunferência do Busto/Peito (C_BU)	Trena	
3	Circunferência da Cicatriz Umbilical -pés unidos (C_CUBU)	Trena	
4	Circunferência do Quadril, Máxima -pés unidos (C_QU)	Trena	

5	Circunferência da Cicatriz Umbilical -pés separados (C_CUBS90)-----> a 90°	Trena	
6	Circunferência do Quadril, Máxima -pés separados (C_QS90)-----> a 90°	Trena	
7	Circunferência da Cicatriz Umbilical -pés separados (C_CUBSD)----->Diagonal	Trena	
8	Circunferência do Quadril, Máxima -pés separados (C_QSD)----->Diagonal	Trena	
9	Circunferência da Coxa, Máxima (C_CX)	Trena	
10	Circunferência da Panturrilha (C_PA)	Trena	
11	Circunferência do Tornozelo (C_T)	Trena	
12	Circunferência do Braço (C_B)	Trena	
13	Circunferência do Braço Contraído (C_BC)	Trena	
14	Circunferência do Antebraço (C_A)	Trena	
15	Circunferência do Punho (C_PU)	Trena	

➤ **COLOCAÇÃO DOS ELÁSTICOS VERDES E TOUCA** (Recolocar adesivos sobre elásticos onde necessário: Thelion/ Crista Ilíaca/ Trocanter/ Punho/ etc)



Apêndice 2 Ficha de Coleta de Dados Mulher

(ID): M A/B/C...(nº scans) HORA Início: _____ Término: _____

PROJETO: _____

Data (DATA): _____ (Email): _____

Nome			
Naturalidade (NAT) () [todos os estados] () Não brasileiro/País: _____		Data Nasc. (DN): _____	Não Gestante () Gestante () N° Semanas: _____
Cor/Raça (CR) autodeclarada () Negro () Pardo () Branco () Amarelo () Indígena			
Nível de escolaridade (ESC) () Sem escolaridade () Fundamental Incompleto () Fundamental Completo () Médio Completo () Superior Completo			
Atividade física (AF) () Não () Sim Frequência semanal (AF_F): _____ Tipo de atividade: _____			
Lateralidade (LAT) () Destro () Canhoto () Ambidestro			
Autopercepção de saúde (APS) () Boa () Regular () Ruim		Tabagismo (TAB) () Não Fumante () Ex-Fumante () Fumante N° Cigarros: _____	
Peso (PE) (kg)	Envergadura (EN) (cm)	Estatura (EST) (cm)	Altura do banco a 90° (AB) (cm) Dir.: _____ / Esq.: _____

➤ **COLOCAÇÃO DAS MARCAS ADESIVAS AZUIS (59) E VERMELHAS (2)**
TRONCO (19) _____ / MEMBROS SUP (20) _____ / MEMBROS INF (22) _____

➤ **PONTOS NÃO MARCADOS:** _____

DIÂMETROS (cm)-----> 8		equipamento	cm
1	Diâmetro do Úmero direito (D_UD)	Compasso de correção peq.	
2	Diâmetro do Punho direito (D_PD)	Compasso de correção peq.	
3	Diâmetro do Úmero esquerdo (D_UE)	Compasso de correção peq.	
4	Diâmetro do Punho esquerdo (D_PE)	Compasso de correção peq.	
5	Diâmetro do Fêmur direito (D_FD)	Compasso de correção peq.	
6	Diâmetro do Tornozelo direito (D_TD)	Compasso de correção peq.	
7	Diâmetro do Fêmur esquerdo (D_FE)	Compasso de correção peq.	
8	Diâmetro do Tornozelo esquerdo (D_TE)	Compasso de correção peq.	

COMPRIMENTOS (cm)-----> 8		equipamento	cm
1	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero direito (D_CIAUD)-----> braço a 90°	Antropômetro	
2	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna direito (D_CIRUD) -----> braço a 90° RED	Antropômetro	
3	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero esquerdo (D_CIAUE)-----> braço a 90°	Antropômetro	
4	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna esquerdo (D_CIRUE) -----> braço a 90° RED	Antropômetro	
5	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur direito (D_CITFD)	Antropômetro	
6	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo direito (D_CIFMD)	Antropômetro	
7	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur esquerdo (D_CITFE)	Antropômetro	
8	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo esquerdo (D_CIFME)	Antropômetro	

COMPRIMENTOS / LARGURAS - PÉ (cm)-----> 4		equipamento	cm
1	Comprimento do Pé - direito - maior dedo (D_CPD)	Antropômetro	
2	Largura do Pé - direito (D_LPD)	Antropômetro	
3	Comprimento do Pé - esquerdo - maior dedo (D_CPE)	Antropômetro	
4	Largura do Pé - esquerdo (D_LPE)	Antropômetro	

LARGURAS (cm)-----> 11		equipamento	cm
1	Largura Bi-Acrômio (D_BA)	Antropômetro	
2	Largura dos Ombros (Bideltóide) (D_BD)	Antropômetro	
3	Largura do Peito nas Axilas, Posterior (D_PAP)	Antropômetro	
4	Largura do Peito nas Axilas, Anterior (D_PAA)		
5	Largura Bi-Thelion (D_BT)	Antropômetro	
6	Largura Bi-10a Costela (D_B10)	Antropômetro	
7	Largura Bi-Crista Ilíaca (D_BC)	Antropômetro	
8	Largura Bi-Espinha Ilíaca (D_BE)	Antropômetro	
9	Largura do Quadril no Trocanter - pés unidos (D_QU)	Antropômetro	
10	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados (D_QS90) -----> a 90°	Antropômetro	
11	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados (D_QSD) -----> Diagonal	Antropômetro	

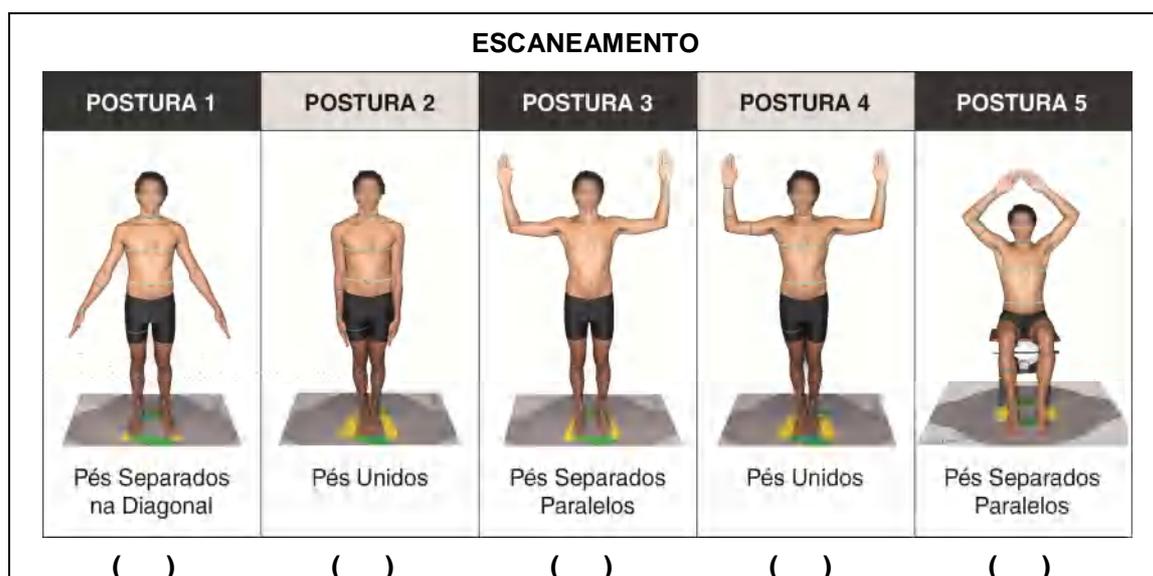
PROFUNDIDADES (cm)-----> 2		equipamento	cm
1	Profundidade do Peito - direito (D_PPD)	Antropômetro	
2	Profundidade do Peito - esquerdo (D_PPE)	Antropômetro	

COMPRIMENTOS / LARGURAS - MÃO (cm)-----> 4		equipamento	cm
1	Comprimento da Mão - direito (D_CMD)	Compasso de correção peq.	
2	Largura da Mão - direito (D_LMD)	Compasso de correção peq.	
3	Comprimento da Mão - esquerdo (D_CME)	Compasso de correção peq.	
4	Largura da Mão - esquerdo (D_LME)	Compasso de correção peq.	

CIRCUNFERÊNCIAS (cm)-----> 15		equipamento	cm
1	Circunferência da Base do Pescoço (C_BP)	Trena	
2	Circunferência do Busto/Peito (C_BU)	Trena	
3	Circunferência da Cicatriz Umbilical -pés unidos (C_CUBU)	Trena	

4	Circunferência do Quadril, Máxima -pés unidos (C_QU)	Trena	
5	Circunferência da Cicatriz Umbilical -pés separados (C_CUBS90) -----> a 90°	Trena	
6	Circunferência do Quadril, Máxima -pés separados (C_QS90) -----> a 90°	Trena	
7	Circunferência da Cicatriz Umbilical -pés separados (C_CUBSD) ----->Diagonal	Trena	
8	Circunferência do Quadril, Máxima -pés separados (C_QSD) ----->Diagonal	Trena	
9	Circunferência da Coxa, Máxima (C_CX)	Trena	
10	Circunferência da Panturrilha (C_PA)	Trena	
11	Circunferência do Tornozelo (C_T)	Trena	
12	Circunferência do Braço (C_B)	Trena	
13	Circunferência do Braço Contraído (C_BC)	Trena	
14	Circunferência do Antebraço (C_A)	Trena	
15	Circunferência do Punho (C_PU)	Trena	

➤ **COLOCAÇÃO DOS ELÁSTICOS VERDES E TOUCA** (Recolocar adesivos sobre elásticos onde necessário: Thelion/ Crista Ilíaca/ Trocanter/ Punho/ etc)



Apêndice 3 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da Pesquisa: "Extração automática de medidas antropométricas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais a partir da digitalização a laser"

Nome do pesquisador: Flávia Cristine Hofstetter Pastura

Você está sendo convidado (a) a participar voluntariamente desta pesquisa pelo Laboratório de Ergonomia da Divisão de Desenho Industrial do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) cujo objetivo é o "Desenvolvimento de um software de extração automática de medidas antropométricas a partir de arquivos de imagem gerados por digitalização a laser e câmeras CCD que tome como base marcos anatômicos de referência".

Essa pesquisa tem como fundamento o estudo antropométrico utilizando tecnologia tradicional em antropometria e escaneamento 3D a laser. Para isso, você será submetido a um protocolo de medição antropométrica unidimensional (1D) e tridimensional (3D). Na tomada das medidas antropométricas serão utilizados: antropômetro, compasso de correção, fita métrica e *scanner* 3D a laser. Todo o processo de medição antropométrica ocorrerá no Laboratório de Ergonomia do INT. O possível desconforto desse estudo são as perguntas, o tempo dispensado na entrevista, na colocação dos marcos anatômicos e na medição antropométrica em si.

Você tem o direito de não participar ou de desistir de sua participação em qualquer momento da pesquisa, o que não implicará em prejuízo na sua relação com a instituição. Não será permitido acesso de terceiros, garantindo sigilo. Os resultados dos testes só serão revelados a você, podendo ser utilizados para fins científicos, com divulgação em congressos, seminários e revistas científicas, respeitando a privacidade e o anonimato dos participantes. Você tem o direito de se manter atualizado e receber esclarecimentos sobre os resultados a serem obtidos. Não haverá despesas pessoais para você em qualquer fase do estudo e também não haverá compensação financeira relacionada à sua participação. Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso à responsável - a pesquisadora Flávia Pastura; que pode ser encontrada no endereço: Av. Venezuela, 82, Térreo, Anexo 4, Saúde, Rio de Janeiro ou nos telefones: (21) 2123-7287 / (21) 2123-1001 / (21) 2123-1058.

Eu afirmo que li (ou que me foram lidas) as informações do estudo acima citado e acredito ter sido suficientemente informado a respeito do mesmo.

Preencha, por favor, os itens que se seguem: confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____

Nome do participante da pesquisa

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura da testemunha

Pesquisadora responsável - Flávia Cristine Hofstetter Pastura

Apêndice 4 Listagem dos Marcos Anatômicos

Total: 61

TRONCO - 19 marcos anatômicos

- 1 C7 - 7ª Vértebra Cervical
- 2 AD - Acrômio - direito
- 3 AE - Acrômio - esquerdo

- 4 SPE - Supraesternal
- 5 SBE - Subesternal

- 6 PAAD - Ponto Axilar Anterior - direito
- 7 PAAE - Ponto Axilar Anterior - esquerdo
- 8 PAPD - Ponto Axilar Posterior - direito
- 9 PAPE - Ponto Axilar Posterior - esquerdo

- 10 THD - Thelion - direito
- 11 THE - Thelion - esquerdo

- 12 CLD10 - 10ª Costela Lateral - direita
- 13 CLE10 - 10ª Costela Lateral - esquerda

- 14 CID - Crista Ilíaca - direita
- 15 CIE - Crista Ilíaca - esquerda

- 16 EIAD - Espinha Ilíaca Anterior - direita
- 17 EIAE - Espinha Ilíaca Anterior - esquerda
- 18 EIPD - Espinha Ilíaca Posterior - direita
- 19 EIPE - Espinha Ilíaca Posterior - esquerda

MEMBROS SUPERIORES - 20 marcos anatômicos

- 1 CRD - Cabeça do Rádio - direita (ADESIVO VERMELHO)
- 2 CRE - Cabeça do Rádio - esquerda (ADESIVO VERMELHO)

- 3 ELUD - Epicôndilo Lateral do Úmero - direito
- 4 EMUD - Epicôndilo Medial do Úmero - direito
- 5 OD - Olécrano - direito

- 6 ACD - Articulação do Carpo - direito
- 7 PEUD - Processo Estilóide da Ulna - direito
- 8 PERD - Processo Estilóide do Rádio - direito
- 9 AMFDID - Articulação Metacarpo-falangeana do dedo indicador - direito
- 10 AMFDMD - Articulação Metacarpo-falangeana do dedo mínimo - direito
- 11 FDDMD - Falange Distal do Dedo Médio - direito

- 12 ELUE - Epicôndilo Lateral do Úmero - esquerdo
- 13 EMUE - Epicôndilo Medial do Úmero - esquerdo
- 14 OE - Olécrano - esquerdo

- 15 ACE - Articulação do Carpo - esquerdo
- 16 PEUE - Processo Estilóide da Ulna - esquerdo
- 17 PERE - Processo Estilóide do Rádio - esquerdo
- 18 AMFDIE - Articulação Metacarpo-falangeana do dedo indicador - esquerdo
- 19 AMFDME - Articulação Metacarpo-falangeana do dedo mínimo - esquerdo
- 20 FDDME - Falange Distal do Dedo Médio - esquerdo

MEMBROS INFERIORES - 22 marcos anatômicos

- 1 *TRD - Trocanter - direito*
- 2 *TRE - Trocanter - esquerdo*

- 3 *CLFD - Côndilo Lateral do Fêmur - direito*
- 4 *CMFD - Côndilo Medial do Fêmur - direito*

- 5 *MLD - Maléolo Lateral - direito*
- 6 *MMD - Maléolo Medial - direito*

- 7 *SD - Sphirion - direito*

- 8 *AMF1D - Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo - direito*
- 9 *AMF5D - Articulação Metatarso-falangeana do 5º dedo - direito*
- 10 *FDD - Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º) - direito*

- 11 *CLFE - Côndilo Lateral do Fêmur - esquerdo*
- 12 *CMFE - Côndilo Medial do Fêmur - esquerdo*

- 13 *MLE - Maléolo Lateral - esquerdo*
- 14 *MME - Maléolo Medial - esquerdo*

- 15 *SE - Sphirion - esquerdo*

- 16 *AMF1E - Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo - esquerdo*
- 17 *AMF5E - Articulação Metatarso-falangeana do 5º dedo - esquerdo*
- 18 *FDE - Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º) - esquerdo*

- 19 *LAPJD - Linha Articular Posterior do Joelho - direito*
- 20 *LAPJE - Linha Articular Posterior do Joelho - esquerdo*

- 21 *CPD - Calcâneo Posterior -direito*
- 22 *CPE - Calcâneo Posterior -esquerdo*

**Apêndice 5 Relação de Marcos Anatômicos - Direção do Vetor de Referência -
Forma no Plano Transversal**

Parte do corpo	Marco anatômico	Vetor de referência	Forma no plano transversal (xy)
TRONCO	C7	back	circular
	AD	right	oblonga
	AE	left	oblonga
	SPE	front	oblonga
	SBE	front	oblonga
	PAAD	right	oblonga
	PAAE	left	oblonga
	PAPD	right	oblonga
	PAPE	left	oblonga
	THD	right	oblonga
	THE	left	oblonga
	CLD10	right	oblonga
	CLE10	left	oblonga
	CID	right	oblonga
	CIE	left	oblonga
	EIAD	right	oblonga
	EIAE	left	oblonga
	EIPD	back	oblonga
	EIPE	back	oblonga
	MEMBRO SUPERIOR	ELUD	back
EMUD		back	circular
CRD		back	circular
OD		back	circular
PEUD		back	circular
PERD		front	circular
ACD		left	circular
AMFDID		front	circular
AMFDMD		back	circular
FDDMD		right	circular
ELUE		back	circular
EMUE		back	circular
CRE		back	circular
OE		back	circular
PEUE		back	circular
PERE		front	circular
ACE		right	circular
AMFDIE		front	circular
AMFDME		back	circular
FDDME		left	circular

MEMBRO INFERIOR	TRD	right	oblonga
	TRE	left	oblonga
	CLFD	right	circular
	CMFD	left	circular
	CLFE	left	circular
	CMFE	right	circular
	LAPJD	back	circular
	LAPJE	back	circular
	MLD	right	oblonga
	MLE	left	oblonga
	MMD	left	oblonga
	MME	right	oblonga
	CPD	back	oblonga
	CPE	back	oblonga
	AMF1D	front	oblonga
	AMF1E	front	oblonga
	AMF5D	front	oblonga
	AMF5E	front	oblonga
	FDD	front	oblonga
	FDE	front	oblonga
	SD	left	oblonga
	SE	right	oblonga

MANUAL PARA COLETA DE MEDIDAS TRADICIONAIS

1. PESO (MASSA)

Descrição: peso da pessoa.

Método: pessoa em pé e ereta sobre a balança, com o peso do corpo distribuído igualmente sobre os dois pés. A pessoa deve estar usando apenas as roupas cedidas pela equipe do INT.

Equipamento: balança



2. ESTATURA

Descrição: distância vertical do chão até o ponto mais alto da cabeça.

Método: pessoa em pé e ereta, peso distribuído igualmente sobre os dois pés e braços relaxados ao longo do corpo. Pés posicionados na marcação impressa, afastados a aproximadamente 10cm a 15cm e abduzidos a 34°.

Equipamento: antropômetro



3. ENVERGADURA

Descrição: distância entre as pontas dos dedos médios (excluindo-se unhas), com braços esticados lateralmente até o nível dos ombros.

Método: pessoa em postura ereta e em pé, encostada à parede. Os braços devem ficar esticados ao máximo, ao nível dos ombros e com as palmas das mãos voltadas para fora.

Equipamento: trena



DIÂMETROS → 4

1. DIÂMETRO DO ÚMERO

Descrição: distância entre os epicôndilos lateral e medial do úmero, também conhecida como largura do cotovelo.

Método: pessoa em pé em postura natural. Peso igualmente distribuído nos dois pés. Braço elevado até a posição horizontal, com o cotovelo flexionado em 90°.

Equipamento: compasso de correção pequeno



2. DIÂMETRO DO PUNHO

Descrição: distância entre o processo estiloide da ulna e o processo estiloide do rádio.

Método: pessoa em pé em postura natural. Peso igualmente distribuído nos dois pés. Braço relaxado junto ao corpo, com o cotovelo flexionado em 90°, mantendo o antebraço na horizontal. Palma da mão voltada para baixo.

Equipamento: compasso de correção pequeno



3. DIÂMETRO DO FÊMUR

Descrição: distância entre os epicôndilos lateral e medial do fêmur, também chamada de largura do joelho.

Método: pessoa de pé, com a perna medida flexionada no joelho e o peso do corpo sobre a outra perna.

Equipamento: compasso de correção pequeno



4. DIÂMETRO DO TORNOZELO

Descrição: distância entre os maléolos lateral e medial.

Método: pessoa de pé e ereta, pés separados em paralelo e peso distribuído igualmente sobre os dois pés. Medidor fica atrás do indivíduo.

Equipamento: compasso de correção pequeno



COMPRIMENTOS → 4

1. COMPRIMENTO INTERARTICULAR ACRÔMIO-ÚMERO

Descrição: comprimento do braço, ou seja, distância vertical entre o acrômio e a superfície da ulna no antebraço.

Método: pessoa em pé em postura natural. Peso igualmente distribuído nos dois pés, ombros relaxados e braços com caimento natural. Cotovelo é flexionado a 90°, com a palma da mão voltada para o plano medial.

Equipamento: antropômetro



2. COMPRIMENTO INTERARTICULAR RÁDIO-ULNA

Descrição: comprimento do segmento do antebraço, do cotovelo ao punho.

Método: pessoa em pé e ereta. Pés unidos, peso igualmente distribuído nos dois pés. Ombros relaxados e braços com caimento natural. Cotovelo é flexionado a 90°, com a palma da mão voltada para o plano medial.

Equipamento: antropômetro



3. COMPRIMENTO INTERARTICULAR TROCANTER-FÊMUR

Descrição: distância entre o trocanter e o epicôndilo lateral do fêmur, também conhecida como comprimento da coxa ou distância quadril Joelho.

Método: pessoa em pé e ereta. Pés unidos, peso igualmente distribuído nos dois pés.

Equipamento: antropômetro



4. COMPRIMENTO INTERARTICULAR FÊMUR-MALÉOLO

Descrição: distância entre o epicôndilo lateral do fêmur e o maléolo lateral.

Método: pessoa em pé e ereta. Pés unidos, peso igualmente distribuído nos dois pés.

Equipamento: antropômetro



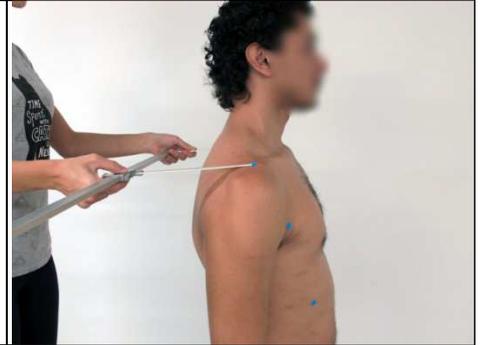
LARGURAS → 9

1. LARGURA BIACROMIAL

Descrição: distância entre os acrômios direito e esquerdo.

Método: pessoa em pé de pés unidos. Ombros relaxados e levemente para frente para maior exposição dos acrômios. O medidor fica por trás do indivíduo, vem com as mãos desde a base do pescoço até a ponta dos ombros para relaxar eventual tensão e sentir os acrômios por palpação.

Equipamento: antropômetro



2. LARGURA BIDELTÓIDE

Descrição: Largura dos ombros, entre as partes mais protuberantes dos deltóides direito e esquerdo.

Método: Pessoa em pé e em postura natural, com os ombros relaxados.

Equipamento: antropômetro



3. LARGURA DO PEITO NAS AXILAS, POSTERIOR

Descrição: distância entre os pontos axilares posteriores direito e esquerdo.

Método: pessoa em pé. Pés afastados na largura dos ombros, e braços levemente abduzidos. Medidor de frente para o indivíduo.

Equipamento: Antropômetro



4. LARGURA DO PEITO NAS AXILAS, ANTERIOR

Descrição: distância entre os pontos axilares anteriores direito e esquerdo.

Método: pessoa em pé. Pés afastados na largura dos ombros, e braços levemente abduzidos. Medidor de costas para o indivíduo.

Equipamento: Antropômetro



5. LARGURA BI-THELION

Descrição: distância entre os thelions direito e esquerdo.

Método: pessoa em pé. Pés afastados na largura dos ombros, e braços levemente abduzidos. Medidor de frente para o indivíduo.

Equipamento: Antropômetro

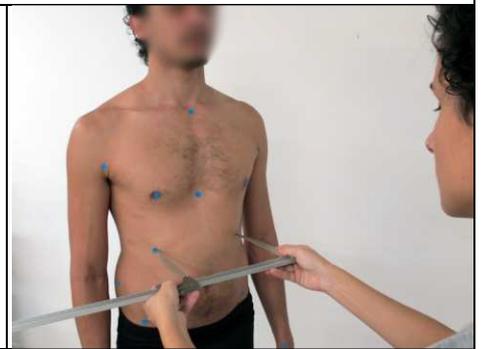


6. LARGURA BI-10ª COSTELA

Descrição: distância entre a 10ª costela lateral direita e esquerda.

Método: pessoa em pé. Pés afastados na largura dos ombros, e braços levemente abduzidos. Medidor de frente para o indivíduo.

Equipamento: Antropômetro

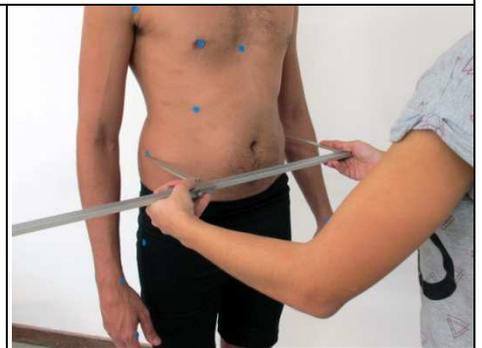


7. LARGURA BI-CRISTA ILÍACA

Descrição: distância entre crista ilíaca direita e esquerda, medida pela frente do corpo.

Método: Pessoa em pé, em postura natural, com pés levemente separados.

Equipamento: Antropômetro



8. LARGURA BI-ESPINHA ILÍACA

Descrição: distância entre espinha ilíaca direita e esquerda anteriores, medida pela frente do corpo.

Método: Pessoa em pé, em postura natural, com pés levemente separados.

Equipamento: Antropômetro



9. LARGURA DO QUADRIL NO TROCANTER

Descrição: distância horizontal entre as duas extremidades mais protuberantes, direita e esquerda, dos trocanteres.

Método: pessoa em pé e ereta, com os pés unidos. Medidor faz a medição por trás do indivíduo. A medida foi feita sem comprimir os tecidos.

Equipamento: Antropômetro



PROFUNDIDADES → 1

1. PROFUNDIDADE DO PEITO

Descrição: Distância horizontal entre o thelion até a escápula em altura equivalente.

Método: pessoa em pé em postura natural e braços com caimento natural, juntos ao corpo. Medidor encontra o ponto mais externo do peito, na altura do thelion e o ponto mais externo da escápula em altura equivalente, no mesmo plano horizontal, medindo pela lateral.

Equipamento: Antropômetro



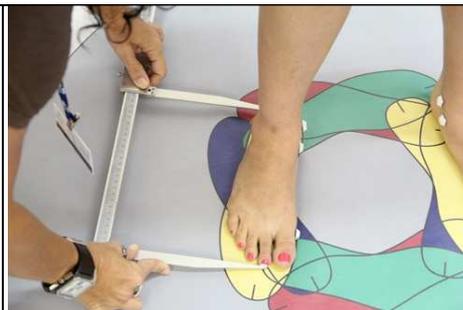
PÉS → 2

1. COMPRIMENTO DO PÉ

Descrição: Máxima distância da parte mais extrema do calcanhar até a ponta do maior dedo (primeiro ou segundo).

Método: Pessoa em pé e ereta e com o peso distribuído igualmente sobre os dois pés.

Equipamento: antropômetro



2. LARGURA DO PÉ

Descrição: distância perpendicular da marcação da articulação metatarso-falangeana do dedo 1 à articulação metatarso-falangeana do dedo 5.

Método: Pessoa em pé e ereta e com o peso distribuído igualmente sobre os dois pés.

Equipamento: antropômetro



MÃOS → 2

1. COMPRIMENTO DA MÃO

Descrição: Distância perpendicular da marcação do processo estilóide até a ponta do dedo médio.

Método: pessoa sentada em banco regulável. Pessoa mantém o antebraço na posição horizontal e a mão esticada com a palma voltada para cima.

Equipamento: compasso de correção pequeno

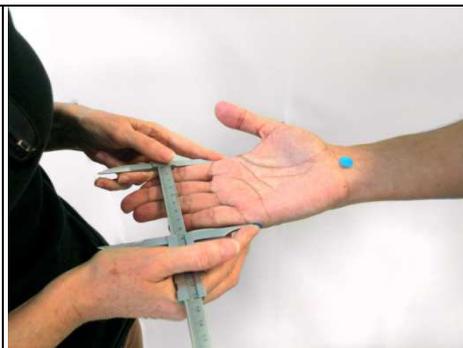


2. LARGURA DA MÃO

Descrição: Distância perpendicular da marcação do metacarpo do dedo indicador (dedo 1) ao metacarpo do dedo mínimo (dedo 5).

Método: Pessoa em pé e ereta e com o peso distribuído igualmente sobre os dois pés, mantendo o antebraço na posição horizontal e a mão esticada com a palma voltada para cima.

Equipamento: compasso de correção pequeno



CIRCUNFERÊNCIAS → 10

1. CIRCUNFERÊNCIA DO BUSTO / PEITO

Descrição: Circunferência do torso medido na altura do mamilo

Método: A pessoa em pé e ereta com o peso distribuído igualmente entre os dois pés e os braços relaxados ao longo do corpo. Os pés da pessoa são posicionados na marcação impressa, afastados em aproximadamente 10cm a 15cm e abduzidos a 34°. A circunferência é medida paralela ao chão e no máximo ponto da respiração quieta.

Equipamento: trena



2. CIRCUNFERÊNCIA DA CICATRIZ UMBILICAL

Descrição: circunferência da cintura medida na altura da cicatriz umbilical.

Método: pessoa em pé e ereta com os pés unidos e braços relaxados, levemente afastados do tronco. A medição não deve ser feita sobre a roupa. O medidor coloca a trena em volta da cicatriz umbilical e faz a medição de frente para o indivíduo, com o abdômen relaxado.

Equipamento: trena



3. CIRCUNFERÊNCIA DO QUADRIL – MÁXIMO

Descrição: Circunferência máxima do quadril, paralela ao chão.

Método: A pessoa em pé e ereta com pés unidos e o peso distribuído igualmente entre os dois pés e os braços relaxados ao longo do corpo. Os pés da pessoa são posicionados na marcação impressa.

Equipamento: trena



4. CIRCUNFERÊNCIA MÁXIMA DA COXA

Descrição: Circunferência máxima da coxa.

Método: A pessoa em pé, com a perna medida relaxada e o peso do corpo sobre a outra perna. Braços relaxados ao longo do corpo. A circunferência máxima é adquirida posicionando a fita métrica ao redor do final da coxa, entre a coxa e as nádegas, movendo a fita para baixo em intervalos de 1cm até que a circunferência máxima seja atingida. Fita sempre perpendicular a base.

Equipamento: trena



5. CIRCUNFERÊNCIA DA PANTURRILHA

Descrição: circunferência máxima da panturrilha, perpendicular ao longo eixo da perna.

Método: Pessoa em pé, com a perna medida relaxada e o peso do corpo sobre a outra perna. Pés afastados, sobre a marcação impressa.

Equipamento: trena



6. CIRCUNFERÊNCIA DO TORNOZELO

Descrição: Circunferência do tornozelo medida pelo maléolo.

Método: Pessoa em postura em pé e com o peso distribuído igualmente nos dois pés. Pés afastados sobre a marcação impressa.

Equipamento: trena

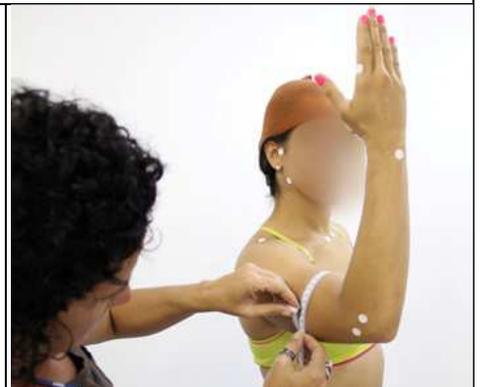


7. CIRCUNFERÊNCIA DO BRAÇO

Descrição: circunferência máxima do braço relaxado, na altura do bíceps.

Método: pessoa em pé e em postura natural. O braço medido elevado até a posição horizontal na altura dos ombros e flexionado a 90° no cotovelo e a mão aberta voltada para o plano medial. O outro braço relaxado ao longo do corpo. O medidor coloca a trena perpendicularmente em volta do eixo longo do braço e encontra o maior perímetro.

Equipamento: trena



8. CIRCUNFERÊNCIA DO BRAÇO CONTRAÍDO

Descrição: circunferência máxima do braço contraído, na altura do bíceps.

Método: pessoa em pé e em postura natural. O braço medido elevado até a posição horizontal na altura dos ombros e flexionado a 90° no cotovelo. A mão do braço medido fica fechada. O outro braço elevado, com a mão pressionando sobre a outra. O medidor coloca a trena perpendicularmente em volta do eixo longo do braço contraído, e encontra o maior perímetro.

Equipamento: trena



9. CIRCUNFERÊNCIA DO ANTEBRAÇO

Descrição: circunferência máxima do antebraço.

Método: Pessoa em pé e em postura natural, braços relaxados, com o braço medido levemente flexionado e palma da mão voltada para cima.

Equipamento: trena



10. CIRCUNFERÊNCIA DO PUNHO

Descrição: circunferência do punho na altura dos processos estiloides do rádio e da ulna.

Método: Pessoa em pé e em postura natural, braços relaxados, com o braço medido levemente flexionado e palma da mão voltada para cima.

Equipamento: trena



MANUAL PARA LOCALIZAÇÃO DE MARCOS ANATÔMICOS (61 PONTOS)

LOCALIZAÇÃO	MARCO ANATÔMICO	DESCRIÇÃO	FOTO	ESQUELETO
TRONCO	AD Acrômio Direito AE Acrômio Esquerdo	Localizam-se na extremidade da espinha da escápula direita e esquerda		
TRONCO	SPE Supraesternal	Borda superior do osso esterno (incisura jugular)		

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCO</p>	<p>SBE Subesternal</p>	<p>Ponto localizado no processo xifóide do osso esterno</p>		
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCO</p>	<p>THD Thelion direito</p> <p>THE Thelion esquerdo</p>	<p>Ponto localizado sobre o mamilo direito.</p> <p>Ponto localizado sobre o mamilo esquerdo.</p>		<p>Não se aplica</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCO</p>	<p>PAAD Ponto axilar anterior direito</p> <p>PAAE Ponto axilar anterior esquerdo</p>	<p>Porção superior do ângulo formado entre o braço direito e o tórax anteriormente.</p>		<p>Não se aplica</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCO</p>	<p>PAPD Ponto axilar posterior, direito</p> <p>PAPE Ponto axilar posterior, esquerdo</p>	<p>Porção superior do ângulo formado entre o braço direito e o tórax posteriormente.</p>		<p>Não se aplica</p>

TRONCO

C7
7ª vértebra
cervical

Ponto proeminente do
processo espinhoso da
7ª vértebra cervical.

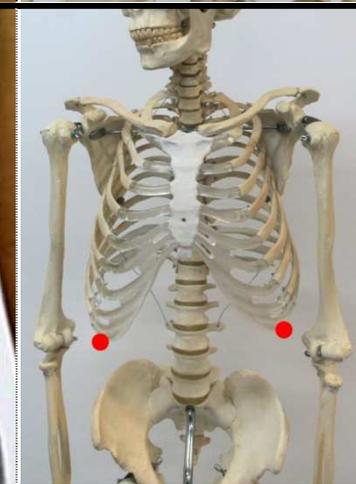


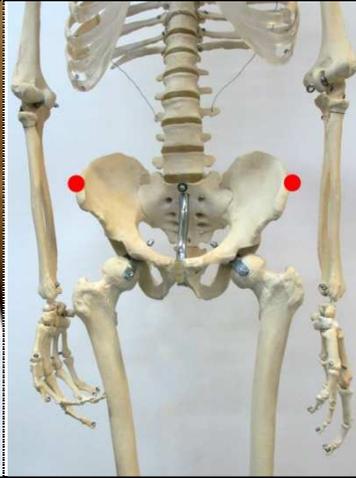
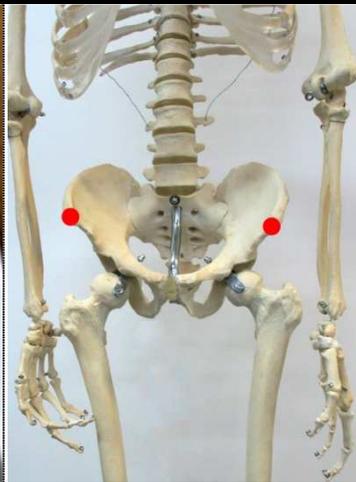
TRONCO

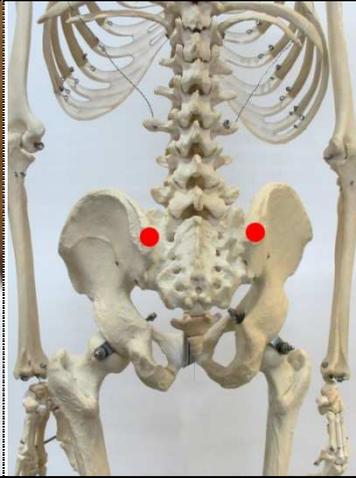
CLD10
10ª Costela
lateral direita

CLE10
10ª Costela
lateral
esquerda

Ponto palpável mais
baixo na borda inferior
da 10ª costela na região
inferior do gradil costal
na lateral direita do
tórax.



<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCO</p>	<p>CID Crista Ilíaca direita</p> <p>CIE Crista Ilíaca esquerda</p>	<p>Ponto localizado na borda superior do osso ilíaco</p>		
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">TRONCO</p>	<p>EIAD Espinha ilíaca anterior superior direita</p> <p>EIAE Espinha ilíaca anterior superior esquerda</p>	<p>Proeminência localizada na borda anterior superior do osso ilíaco</p>		

<p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">TRONCO</p>	<p>EIPD Espinha Ilíaca posterior superior direita</p> <p>EIPE Espinha Ilíaca posterior superior esquerda</p>	<p>Proeminência localizada na parte posterior do osso ilíaco próximo a linha mediana (próximo ao osso sacro)</p>		
<p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">MEMBROS SUPERIORES</p>	<p>ELUD Epicôndilo lateral do úmero direito</p> <p>ELUE Epicôndilo lateral do úmero esquerdo</p>	<p>Pequena protuberância localizada na porção distal e lateral do osso úmero do braço direito</p>		

**MEMBROS
SUPERIORES**

EMUD
Epicôndilo medial
do úmero direito

EMUE
Epicôndilo medial
do úmero
esquerdo

Protuberância
localizada na porção
distal e medial do
osso úmero do
braço



**MEMBROS
SUPERIORES**

CRD
Cabeça do rádio
direito

CRE
Cabeça do rádio
esquerdo

Porção cilíndrica e
proximal do osso
rádio que se articula
com o capítulo do
úmero direito



MEMBROS SUPERIORES

OD
Olécrano direito

OE
Olécrano esquerdo

Eminência grande que forma a ponta do cotovelo direito

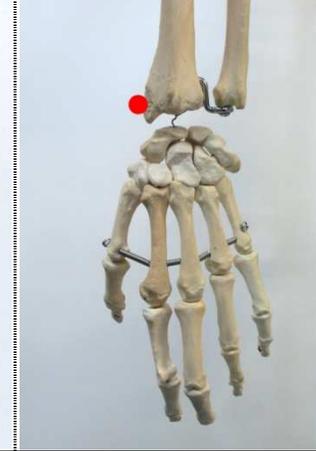


MEMBROS SUPERIORES

PERD
Processo estilóide do rádio direito

PERE
Processo estilóide do rádio esquerdo

Proeminência cônica situada na porção distal do osso rádio do antebraço esquerdo postero-lateralmente



**MEMBROS
SUPERIORES**

PEUD
Processo
estilóide da
ulna direito

PEUE
Processo
estilóide da
ulna esquerdo

Proeminência cônica
situada na porção distal
do osso rádio do
antebraço esquerdo
postero-lateralmente

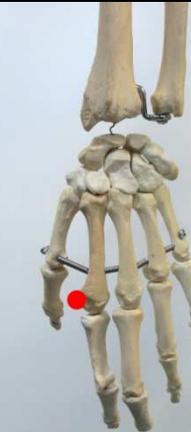
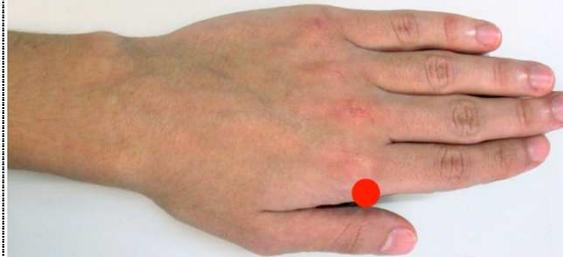


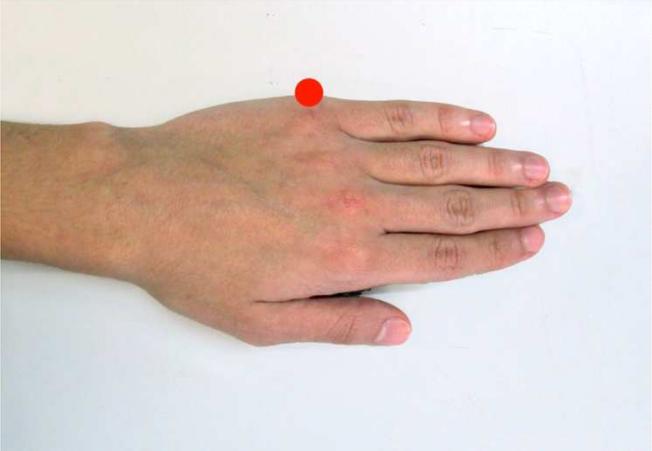
**MEMBROS
SUPERIORES**

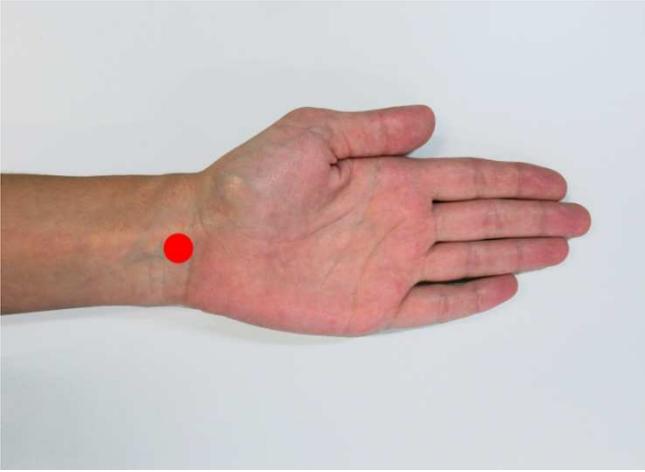
AMFDID
Articulação
metacarpo-
falangeana do
dedo indicador
mão direita

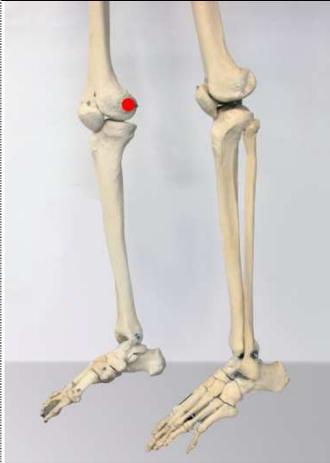
AMFDIE
Articulação
metacarpo-
falangeana do
dedo indicador
mão esquerda

Ponto localizado na
articulação metacarpo-
falangeana do 2º dedo

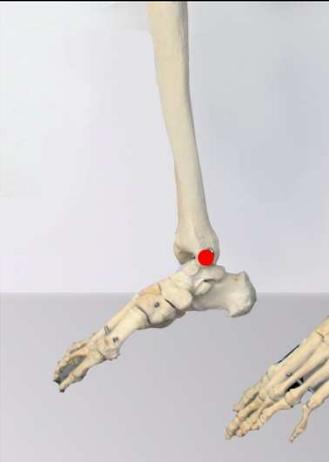


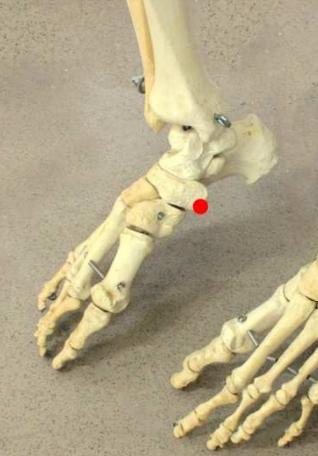
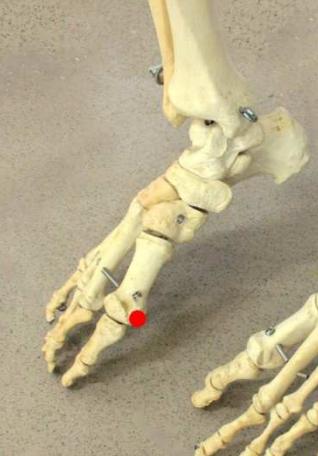
<p style="text-align: center;">MEMBROS SUPERIORES</p>	<p>AMFDMD Articulação metacarpo-falangeana do dedo mínimo mão direita</p> <p>AMFDME Articulação metacarpo-falangeana do dedo mínimo mão esquerda</p>	<p>Ponto localizado na articulação metacarpofalângica dos 5º dedos</p>		
<p style="text-align: center;">MEMBROS SUPERIORES</p>	<p>FDDMD Falange distal do dedo médio mão direita</p> <p>FDDME Falange distal do dedo médio mão esquerda</p>	<p>Porção mais distal do dedo médio (ou 3º dedo - dactilon 3)</p>		

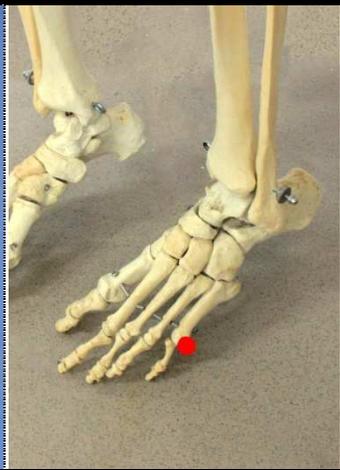
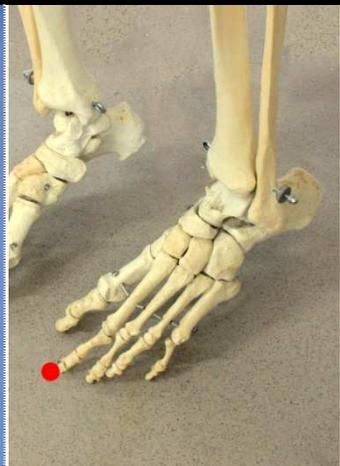
<p>MEMBROS SUPERIORES</p>	<p>ACD Articulação do carpo mão direita</p> <p>ACE Articulação do carpo mão esquerda</p>			
<p>MEMBROS INFERIORES</p>	<p>TRD Trocanter maior do fêmur coxa direita</p> <p>TRE Trocanter maior do fêmur coxa esquerda</p>	<p>Grande proeminência irregular localizada na borda superior e lateral do osso fêmur das coxas</p>		

<p style="text-align: center;">MEMBROS INFERIORES</p>	<p>ELFD Epicôndilo lateral do fêmur coxa direita</p> <p>ELFE Epicôndilo lateral do fêmur coxa esquerda</p>	<p>Proeminência localizada lateralmente na porção distal do fêmur das coxas</p>		
<p style="text-align: center;">MEMBROS INFERIORES</p>	<p>EMFD Epicôndilo medial do fêmur, coxa direita</p> <p>EMFE Epicôndilo medial do fêmur, coxa esquerda</p>	<p>Proeminência localizada medialmente na porção distal do fêmur nas coxas</p>		

<p>MEMBROS INFERIORES</p>	<p>LAPJD Linha articular posterior, joelho direito</p> <p>LAPJE Linha articular posterior, joelho esquerdo</p>	<p>Linha localizada na dobra posterior da Articulação dos joelhos</p>		<p>Não se aplica</p>
<p>MEMBROS INFERIORES</p>	<p>MLD Maléolo lateral, tornozelo direito</p> <p>MLE Maléolo lateral, tornozelo esquerdo</p>	<p>Proeminência localizada na porção distal da fíbula e região lateral dos tornozelos</p>		

<p>MEMBROS INFERIORES</p>	<p>MMD Maléolo medial, tornozelo direito</p> <p>MME Maléolo medial, tornozelo esquerdo</p>	<p>Proeminência localizada na porção distal da tíbia e região medial dos tornozelos</p>		
<p>MEMBROS INFERIORES</p>	<p>CPD Calcâneo posterior, direito</p> <p>CPE Calcâneo posterior, esquerdo</p>	<p>Proeminência do osso do calcanhar (calcâneo)</p>		

<p style="text-align: center;">MEMBROS INFERIORES</p>	<p>SD Sphyrion (Tuberosidade do osso navicular do tornozelo direito)</p> <p>SE Sphyrion (Tuberosidade do osso navicular do tornozelo esquerdo)</p>	<p>Tuberosidade do osso navicular localizada logo abaixo do maléolo medial dos tornozelos</p>		
<p style="text-align: center;">MEMBROS INFERIORES</p>	<p>AMF1D Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo do pé, direito</p> <p>AMF1E Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo do pé, esquerdo</p>	<p>Ponto localizado na articulação metatarso-falangeana do 1º dedo na margem medial dos pés</p>		

<p style="text-align: center;">MEMBROS INFERIORES</p>	<p>AMF5D Articulação Metatarso- falangeana do 5º dedo pé, direito</p> <p>AMF5E Articulação Metatarso- falangeana do 5º dedo pé, esquerdo</p>	<p>Ponto localizado na articulação metatarso- falangeana do 5º dedo na margem lateral dos pés</p>		
<p style="text-align: center;">MEMBROS INFERIORES</p>	<p>FDD Falange distal do maior dedo do pé (1º ou 2º dedo), pé direito</p> <p>FDE Falange distal do maior dedo do pé (1º ou 2º dedo), pé esquerdo</p>	<p>Porção mais distal do 2º dedo (ou dedo médio) dos pés</p>		

Apêndice 8 Tabela 01: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática dos marcos anatômicos dos homens

Código	Nome	Número de pontos marcados encontrados (n)	Coeficiente de correlação entre a altura do ponto marcado e a estatura	Altura do ponto marcado relativa à estatura (HPs)						Ângulo do ponto marcado (AP)						
				Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Média amostral	Desvio padrão amostral	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude	Referência	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Média amostral	Desvio padrão amostral	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude
Tronco	C7	7ª Vértebra Cervical	0,9804	0,5216	0,8511	0,0067	0,8488	0,8534	0,0047	back	0,6224	0,0029	0,1113	-0,0353	0,0412	0,0765
	AD ³	Acrômio - direito	0,9647	0,3313	0,8249	0,0091	0,8218	0,8281	0,0063	right	0,7692	0,1207	0,1967	0,0531	0,1883	0,1352
	AE ³	Acrômio - esquerdo	0,9702	0,6959	0,8253	0,0081	0,8224	0,8281	0,0056	left	0,4119	-0,0784	0,1786	-0,1397	-0,0170	0,1227
	SPE	Supraesternal	0,9759	0,8594	0,8079	0,0070	0,8054	0,8104	0,0049	front	0,1838	0,0384	0,0699	0,0140	0,0628	0,0488
	SBE	Subesternal	0,9340	0,2403	0,7115	0,0104	0,7079	0,7151	0,0072	front	0,9902	0,0032	0,0759	-0,0229	0,0293	0,0522
	PAAD ³	Ponto Axilar Anterior - direito	0,9380	0,6796	0,7678	0,0108	0,7641	0,7715	0,0074	right	0,8024	0,9365	0,1383	0,8890	0,9840	0,0950
	PAAE ³	Ponto Axilar Anterior - esquerdo	0,9468	0,8314	0,7691	0,0101	0,7656	0,7726	0,0070	left	0,4880	-0,8377	0,1358	-0,8843	-0,7910	0,0933
	PAPD ³	Ponto Axilar Posterior - direito	0,9578	0,3085	0,7604	0,0095	0,7570	0,7638	0,0068	right	0,8126	-0,9593	0,1644	-1,0176	-0,9011	0,1166
	PAPE ³	Ponto Axilar Posterior - esquerdo	0,9543	0,5367	0,7587	0,0098	0,7552	0,7621	0,0069	left	0,2796	1,0644	0,0986	1,0300	1,0988	0,0688
	THD ³	Thelion - direito	0,9379	0,1962	0,7215	0,0105	0,7178	0,7252	0,0074	right	0,3098	1,4144	0,1070	1,3770	1,4517	0,0747
	THE ³	Thelion - esquerdo	0,9399	0,9097	0,7217	0,0096	0,7184	0,7250	0,0067	left	0,2639	-1,3119	0,0832	-1,3405	-1,2834	0,0571
	CLD10 ³	10a Costela Lateral - direita	0,8805	0,3102	0,6485	0,0133	0,6439	0,6531	0,0092	right	0,6066	1,3222	0,1361	1,2755	1,3690	0,0935
	CLE10 ³	10a Costela Lateral - esquerda	0,8815	0,6839	0,6463	0,0133	0,6417	0,6509	0,0092	left	0,6370	-1,1533	0,1517	-1,2055	-1,1012	0,1042
	CID ³	Crista Ilíaca - direita	0,8040	0,0674	0,5938	0,0186	0,5873	0,6003	0,0130	right	0,4612	-0,0924	0,2165	-0,1680	-0,0168	0,1511
	CIE ^{1,3}	Crista Ilíaca - esquerda	0,7998	0,1004	0,5917	0,0202	0,5841	0,6033	0,0192	left	0,9506	0,2320	0,1610	0,1766	0,2873	0,1106
	EAD ³	Espinha Ilíaca Anterior - direita	0,8296	0,8414	0,5583	0,0181	0,5520	0,5645	0,0125	right	0,1350	0,9755	0,1698	0,9172	1,0339	0,1167
	EAE ^{2,3}	Espinha Ilíaca Anterior - esquerda	0,8504	0,7760	0,5605	0,0174	0,5545	0,5666	0,0121	left	0,0018	-0,9641	0,1835	-1,0815	-0,8467	0,2348
	EIPD	Espinha Ilíaca Posterior - direita	0,9052	0,7312	0,5862	0,0131	0,5817	0,5907	0,0090	back	0,3468	0,3306	0,0857	0,3012	0,3601	0,0589
	EIPE	Espinha Ilíaca Posterior - esquerda	0,9127	0,2058	0,5863	0,0126	0,5819	0,5906	0,0087	back	0,2097	-0,2726	0,1007	-0,3072	-0,2380	0,0692
	Membros superiores	ELUD	Epicôndilo Lateral do Úmero - direito	0,6800	0,5453	0,2519	0,0109	0,2481	0,2557	0,0077	back	0,6235	0,6789	0,2724	0,5839	0,7740
ELUE		Epicôndilo Lateral do Úmero - esquerdo	0,7163	0,5269	0,2518	0,0106	0,2480	0,2555	0,0075	back	0,2317	-0,5221	0,2830	-0,6209	-0,4233	0,1976
EMUD		Epicôndilo Medial do Úmero - direito	0,6771	0,2993	0,2502	0,0110	0,2463	0,2541	0,0078	back	0,5953	-1,1826	0,2248	-1,2623	-1,1029	0,1594
EMUE		Epicôndilo Medial do Úmero - esquerdo	0,7070	0,5463	0,2473	0,0108	0,2432	0,2513	0,0081	back	0,0507	1,2425	0,2488	1,1503	1,3347	0,1844
CRD ⁵		Cabeça do Rádio - direita	0,6709	0,2235	0,2450	0,0111	0,2411	0,2489	0,0078	back	0,0823	0,8649	0,2434	0,7799	0,9498	0,1699
CRE ⁵		Cabeça do Rádio - esquerda	0,6804	0,5030	0,2465	0,0111	0,2426	0,2504	0,0078	back	0,8870	-0,7667	0,2700	-0,8610	-0,6725	0,1885
OD		Olécrano - direito	0,6297	0,8832	0,2545	0,0119	0,2504	0,2586	0,0082	back	0,2488	-0,3455	0,2793	-0,4415	-0,2496	0,1919
OE		Olécrano - esquerdo	0,6647	0,5094	0,2539	0,0112	0,2500	0,2577	0,0077	back	0,1223	0,5280	0,2462	0,4434	0,6126	0,1691
PEUD		Processo Estilóide da Ulna - direito	0,6848	0,9600	0,1120	0,0048	0,1103	0,1136	0,0033	back	0,8813	0,9802	0,1816	0,9178	1,0426	0,1248
PEUE		Processo Estilóide da Ulna - esquerdo	0,6187	0,6813	0,1113	0,0053	0,1095	0,1132	0,0037	back	0,9436	-0,8932	0,2167	-0,9677	-0,8187	0,1489
PERD		Processo Estilóide do Rádio - direito	0,6421	0,3135	0,1135	0,0050	0,1118	0,1152	0,0034	front	0,8648	0,0788	0,2249	0,0015	0,1561	0,1546
PERE		Processo Estilóide do Rádio - esquerdo	0,6493	0,3280	0,1127	0,0050	0,1110	0,1144	0,0035	front	0,3583	-0,2074	0,1920	-0,2734	-0,1414	0,1320
ACD		Articulação do Carpo - direito	0,6721	0,8242	0,1076	0,0048	0,1059	0,1093	0,0034	left	0,1384	0,2379	0,1509	0,1844	0,2914	0,1071
ACE		Articulação do Carpo - esquerdo	0,6103	0,8516	0,1038	0,0051	0,1017	0,1059	0,0042	right	0,3193	-0,1477	0,3565	-0,2917	-0,0037	0,2880
AMFDID		Articulação Metacarpo-falangeana do dedo indicador - direito	0,5468	0,4891	0,0538	0,0034	0,0526	0,0550	0,0024	front	0,1405	-0,2971	0,1236	-0,3396	-0,2546	0,0850
AMFDIE		Articulação Metacarpo-falangeana do dedo indicador - esquerdo	0,5583	0,8126	0,0544	0,0037	0,0531	0,0557	0,0026	front	0,8593	0,1503	0,1450	0,1005	0,2001	0,0996
AMFDMD		Articulação Metacarpo-falangeana do dedo mínimo - direito	0,4562	0,3378	0,0575	0,0041	0,0561	0,0589	0,0028	back	0,1676	0,0649	0,2407	-0,0178	0,1476	0,1654
AMFDME		Articulação Metacarpo-falangeana do dedo mínimo - esquerdo	0,4054	0,7865	0,0557	0,0047	0,0541	0,0574	0,0032	back	0,0564	0,0337	0,2562	-0,0543	0,1217	0,1760
FDDMD ²		Falange Distal do Dedo Médio - direito	0,4056	0,0747	0,0034	0,0011	0,0030	0,0038	0,0008	right	0,0007	0,5701	0,5798	0,2579	0,8824	0,6245
FDDME ²		Falange Distal do Dedo Médio - esquerdo	0,1079	0,2684	0,0037	0,0016	0,0031	0,0042	0,0011	left	0,0003	-0,8422	0,7637	-1,2033	-0,4811	0,7222
Membros inferiores	TRD	Trocanter - direito	0,7967	0,6136	0,5046	0,0166	0,4989	0,5104	0,0115	right	0,9204	0,2161	0,1508	0,1642	0,2679	0,1036
	TRE	Trocanter - esquerdo	0,7830	0,4931	0,5060	0,0160	0,5005	0,5115	0,0110	left	0,6671	-0,1172	0,1510	-0,1691	-0,0653	0,1038
	ELFD ²	Epicôndilo Lateral do Fêmur - direito	0,8352	0,9385	0,2836	0,0082	0,2808	0,2865	0,0057	right	0,0096	0,2995	0,1500	0,2137	0,3853	0,1715
	ELFE	Epicôndilo Lateral do Fêmur - esquerdo	0,7847	0,3639	0,2861	0,0091	0,2830	0,2892	0,0063	left	0,7322	-0,0949	0,1816	-0,1573	-0,0325	0,1248
	EMFD	Epicôndilo Medial do Fêmur - direito	0,8207	0,5739	0,2808	0,0082	0,2779	0,2836	0,0057	left	0,6993	-0,4461	0,2158	-0,5202	-0,3719	0,1483
	EMFE	Epicôndilo Medial do Fêmur - esquerdo	0,7906	0,2515	0,2794	0,0096	0,2761	0,2827	0,0066	right	0,2784	0,5148	0,2294	0,4360	0,5937	0,1577
	LAPJD	Linha Articular Posterior do Joelho - direito	0,8476	0,4797	0,2771	0,0085	0,2741	0,2800	0,0059	back	0,5060	0,1972	0,0816	0,1691	0,2253	0,0561
	LAPJE	Linha Articular Posterior do Joelho - esquerdo	0,7982	0,5261	0,2766	0,0091	0,2735	0,2798	0,0063	back	0,0806	-0,0887	0,0866	-0,1184	-0,0589	0,0596
	MLD ⁴	Maléolo Lateral - direito	0,5137	0,7973	0,0407	0,0026	0,0398	0,0416	0,0018	right	0,7933	-0,3895	0,2302	-0,4686	-0,3104	0,1582
	MLE ⁴	Maléolo Lateral - esquerdo	0,6043	0,1752	0,0412	0,0028	0,0402	0,0422	0,0020	left	0,6349	0,4513	0,1767	0,3906	0,5120	0,1214
	MMD ⁴	Maléolo Medial - direito	0,6748	0,5808	0,0466	0,0027	0,0457	0,0476	0,0019	left	0,1507	0,0610	0,1166	0,0209	0,1011	0,0802
	MME ⁴	Maléolo Medial - esquerdo	0,5693	0,4614	0,0461	0,0029	0,0451	0,0471	0,0020	right	0,7113	-0,0031	0,1101	-0,0415	0,0354	0,0769
	SD ^{3,4}	Sphirion - direito	0,2553	0,4498	0,0283	0,0041	0,0269	0,0298	0,0029	left	0,7940	0,8057	0,1198	0,7639	0,8475	0,0837
	SE ^{3,4}	Sphirion - esquerdo	0,2647	0,7713	0,0278	0,0039	0,0264	0,0292	0,0028	right	0,5487	-0,7404	0,1089	-0,7784	-0,7024	0,0760
	CPD ^{1,3,4}	Calcâneo Posterior - direito	0,0415	0,0099	0,0117	0,0019	0,0105	0,0128	0,0023	back	0,7693	-0,0336	0,0965	-0,0668	-0,0005	0,0663
	CPE ^{1,3,4}	Calcâneo Posterior - esquerdo	0,2233	0,0017	0,0116	0,0016	0,0104	0,0120	0,0016	back	0,9531	0,0936	0,1016	0,0587	0,1285	0,0698
	AMF1D ^{3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo - direito	0,1449	0,0563	0,0078	0,0010	0,0074	0,0082	0,0008	front	0,8184	1,6869	0,0808	1,6587	1,7151	0,0564
	AMF1E ^{1,3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo - esquerdo	-0,4787	< 0,0001	0,0088	0,0011	0,0080	0,0090	0,0010	front	0,6326	-1,6922	0,0649	-1,7152	-1,6692	0,0461
	AMF5D ^{1,3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 5º dedo - direito	0,4515	0,0028	0,0081	0,0005	0,0078	0,0082	0,0004	front	0,6140	-1,9963	0,0635	-2,0418	-1,9508	0,0910
	AMF5E ^{3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 5º dedo - esquerdo	-0,1231	0,6046	0,0070	0,0007	0,0067	0,0072	0,0006	front	0,1389	1,9991	0,0831	1,9697	2,0286	0,0589
FDD ^{2,3,4}	Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º) - direito	-0,0120	0,3783	0,0081	0,0016	0,0074	0,0088	0,0014	front	0,0006	0,4589	0,1971	0,3541	0,5638	0,2097	
FDE ^{1,2,3,4}	Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º) - esquerdo	0,0100	0,0419	0,0076	0,0017	0,0064	0,0085	0,0021	front	0,0034	-0					

Apêndice 9 Tabela 02: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática dos marcos anatômicos das mulheres

Código	Nome	Número de pontos marcados encontrados (n)	Coeficiente de correlação entre a altura do ponto marcado e a estatura	Altura do ponto marcado relativa à estatura (HPs)						Ângulo do ponto marcado (AP)							
				Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Média amostral	Desvio padrão amostral	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude	Referência	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Média amostral	Desvio padrão amostral	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude	
Tronco	C7	7a Vértebra Cervical	35	0,9848	0,3047	0,8474	0,0058	0,8454	0,8494	0,0040	back	0,6556	0,0550	0,1467	0,0045	0,1054	0,1009
	AD ³	Acrômio - direito	29	0,9726	0,9994	0,8250	0,0090	0,8216	0,8285	0,0069	right	0,4888	0,0769	0,2031	-0,0003	0,1542	0,1545
	AE ³	Acrômio - esquerdo	34	0,9746	0,6701	0,8252	0,0081	0,8224	0,8281	0,0057	left	0,2310	0,0421	0,2219	-0,0353	0,1196	0,1549
	SPE	Supraesternal	35	0,9815	0,7806	0,8102	0,0063	0,8080	0,8124	0,0043	front	0,4014	0,0440	0,0617	0,0228	0,0652	0,0425
	SBE	Subesternal	35	0,9449	0,3787	0,7037	0,0121	0,6995	0,7079	0,0084	front	0,5720	0,0016	0,0902	-0,0294	0,0326	0,0620
	PAAD ³	Ponto Axilar Anterior - direito	35	0,9592	0,7629	0,7732	0,0096	0,7699	0,7765	0,0066	right	0,4070	0,8405	0,1597	0,7856	0,8954	0,1097
	PAAE ³	Ponto Axilar Anterior - esquerdo	35	0,9539	0,4554	0,7749	0,0100	0,7714	0,7783	0,0069	left	0,2813	-0,7295	0,1491	-0,7808	-0,6783	0,1025
	PAPD ³	Ponto Axilar Posterior - direito	35	0,9631	0,8945	0,7633	0,0093	0,7600	0,7665	0,0064	right	0,0618	-1,0340	0,1498	-1,0855	-0,9826	0,1029
	PAPE ³	Ponto Axilar Posterior - esquerdo	32	0,9527	0,1348	0,7624	0,0100	0,7588	0,7660	0,0073	left	0,1179	1,1965	0,1366	1,1473	1,2458	0,0985
	THD ³	Thelion - direito	35	0,9502	0,9856	0,7195	0,0129	0,7151	0,7240	0,0089	right	0,3013	1,5775	0,1124	1,5388	1,6161	0,0772
	THE ³	Thelion - esquerdo	35	0,9539	0,4142	0,7193	0,0126	0,7150	0,7237	0,0087	left	0,5110	-1,4626	0,0999	-1,4969	-1,4283	0,0686
	CLD10 ³	10a Costela Lateral - direita	35	0,9491	0,2813	0,6401	0,0091	0,6370	0,6432	0,0063	right	0,0552	1,2530	0,1584	1,1986	1,3075	0,1088
	CLE10 ³	10a Costela Lateral - esquerda	35	0,9430	0,2194	0,6398	0,0098	0,6364	0,6432	0,0068	left	0,8022	-1,1584	0,1215	-1,2002	-1,1167	0,0835
	CID ³	Crista Iliaca - direita	34	0,8960	0,3338	0,6027	0,0133	0,5980	0,6074	0,0093	right	0,8080	0,0155	0,1445	-0,0350	0,0659	0,1009
	CIE ³	Crista Iliaca - esquerda	33	0,9117	0,0525	0,6010	0,0111	0,5970	0,6049	0,0079	left	0,6184	0,1648	0,1818	0,1003	0,2292	0,1289
	EAD ³	Espinha Iliaca Anterior - direita	33	0,8832	0,7266	0,5578	0,0142	0,5527	0,5629	0,0101	right	0,9867	1,0969	0,1330	1,0498	1,1441	0,0944
	EAE ^{1,3}	Espinha Iliaca Anterior - esquerda	34	0,8834	0,0223	0,5573	0,0135	0,5494	0,5643	0,0149	left	0,3358	-1,0969	0,1509	-1,1495	-1,0442	0,1053
	EIPD	Espinha Iliaca Posterior - direita	35	0,8719	0,5029	0,5900	0,0135	0,5854	0,5947	0,0093	back	0,9773	0,3396	0,1049	0,3036	0,3757	0,0721
EIPE	Espinha Iliaca Posterior - esquerda	35	0,8603	0,8691	0,5894	0,0141	0,5845	0,5942	0,0097	back	0,2077	-0,3219	0,1038	-0,3575	-0,2862	0,0714	
Membros superiores	ELUD ²	Epicôndilo Lateral do Umero - direito	31	0,8135	0,4720	0,2480	0,0081	0,2451	0,2510	0,0059	back	0,0470	0,4932	0,3056	0,2862	0,6764	0,3902
	ELUE	Epicôndilo Lateral do Umero - esquerdo	34	0,7929	0,9812	0,2513	0,0073	0,2488	0,2539	0,0052	back	0,5639	-0,2828	0,3066	-0,3898	-0,1758	0,2140
	EMUD	Epicôndilo Medial do Umero - direito	34	0,7952	0,5516	0,2470	0,0087	0,2439	0,2500	0,0061	back	0,0911	-1,2791	0,2133	-1,3535	-1,2047	0,1489
	EMUE	Epicôndilo Medial do Umero - esquerdo	33	0,8032	0,1362	0,2472	0,0082	0,2443	0,2501	0,0058	back	0,7502	1,4141	0,2370	1,3301	1,4982	0,1681
	CRD ⁵	Cabeça do Rádio - direita	32	0,7157	0,0827	0,2400	0,0076	0,2373	0,2428	0,0055	back	0,1270	0,6018	0,2876	0,4981	0,7055	0,2074
	CRE ⁵	Cabeça do Rádio - esquerda	34	0,7774	0,2067	0,2459	0,0079	0,2417	0,2473	0,0055	back	0,6467	-0,4382	0,3295	-0,5532	-0,3232	0,2300
	OD ¹	Olécrano - direito	34	0,7374	0,0218	0,2498	0,0081	0,2418	0,2573	0,0155	back	0,3277	-0,5373	0,2601	-0,6281	-0,4466	0,1815
	OE	Olécrano - esquerdo	30	0,7754	0,1484	0,2510	0,0079	0,2480	0,2539	0,0059	back	0,3435	0,7087	0,2755	0,6059	0,8116	0,2058
	PEUD	Processo Estilóide da Ulna - direito	35	0,6299	0,4897	0,1096	0,0051	0,1078	0,1113	0,0035	back	0,9080	0,9060	0,2228	0,8295	0,9826	0,1531
	PEUE	Processo Estilóide da Ulna - esquerdo	35	0,6153	0,6820	0,1118	0,0045	0,1102	0,1133	0,0031	back	0,5235	-0,7575	0,2501	-0,8435	-0,6716	0,1719
	PERD	Processo Estilóide do Rádio - direito	35	0,6245	0,2525	0,1097	0,0054	0,1078	0,1116	0,0037	front	0,5374	0,0155	0,2261	-0,0622	0,0932	0,1554
	PERE	Processo Estilóide do Rádio - esquerdo	35	0,6868	0,8923	0,1103	0,0045	0,1087	0,1118	0,0031	front	0,6230	-0,1027	0,2572	-0,1911	-0,0144	0,1787
	ACD	Articulação do Carpo - direito	34	0,6405	0,1341	0,1063	0,0043	0,1048	0,1078	0,0030	left	0,2944	0,1116	0,2618	0,0202	0,2029	0,1827
	ACE	Articulação do Carpo - esquerdo	20	0,6215	0,2239	0,1035	0,0043	0,1014	0,1055	0,0040	right	0,9995	0,1253	0,3638	-0,0403	0,2909	0,3312
	AMFDD ¹	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo indicador - direito	35	0,4933	0,0040	0,0514	0,0047	0,0501	0,0542	0,0042	front	0,5403	-0,3587	0,1534	-0,4115	-0,3060	0,1055
	AMFDIE	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo indicador - esquerdo	35	0,5862	0,5728	0,0525	0,0039	0,0511	0,0539	0,0027	front	0,8714	0,1864	0,1458	0,1363	0,2365	0,1002
	AMFDMD	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo mínimo - direito	35	0,2633	0,4232	0,0575	0,0049	0,0557	0,0592	0,0034	back	0,4929	-0,0043	0,2425	-0,0876	0,0790	0,1666
	AMFDME ²	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo mínimo - esquerdo	35	0,4133	0,9901	0,0580	0,0038	0,0567	0,0593	0,0027	back	0,0329	0,1382	0,2214	0,0010	0,3333	0,3322
FDDMD ¹	Falange Distal do Dedo Médio - direito	33	0,0622	0,0191	0,0027	0,0021	0,0017	0,0041	0,0024	right	0,3933	0,4157	0,6694	0,1783	0,6531	0,4748	
FDDME ²	Falange Distal do Dedo Médio - esquerdo	34	0,0902	0,1422	0,0039	0,0022	0,0031	0,0047	0,0016	left	0,0023	-0,3862	1,2269	-1,1475	0,7183	1,8659	
Membros inferiores	TRD ²	Trocanter - direito	35	0,9083	0,8575	0,5019	0,0119	0,4978	0,5060	0,0082	right	0,0496	0,3314	0,1657	0,2544	0,4273	0,1729
	TRE ²	Trocanter - esquerdo	35	0,9140	0,1929	0,5036	0,0125	0,4993	0,5079	0,0086	left	< 0,0001	-0,2936	0,7523	-0,4524	-0,2461	0,2063
	ELFD	Epicôndilo Lateral do Fêmur - direito	35	0,9013	0,2836	0,2779	0,0061	0,2758	0,2800	0,0042	right	0,6841	0,3987	0,1362	0,3518	0,4455	0,0936
	ELFE	Epicôndilo Lateral do Fêmur - esquerdo	35	0,8717	0,5830	0,2797	0,0068	0,2774	0,2821	0,0047	left	0,4896	-0,2073	0,1212	-0,2489	-0,1656	0,0833
	EMFD	Epicôndilo Medial do Fêmur - direito	34	0,8771	0,4127	0,2747	0,0080	0,2719	0,2776	0,0056	left	0,3785	-0,3745	0,1680	-0,4331	-0,3158	0,1172
	EMFE	Epicôndilo Medial do Fêmur - esquerdo	35	0,9232	0,8581	0,2743	0,0053	0,2724	0,2761	0,0037	right	0,8953	0,4159	0,1932	0,3495	0,4822	0,1328
	LAPJD	Linha Articular Posterior do Joelho - direito	33	0,9021	0,2200	0,2703	0,0054	0,2684	0,2722	0,0039	back	0,5302	0,2543	0,0842	0,2244	0,2841	0,0597
	LAPJE	Linha Articular Posterior do Joelho - esquerdo	35	0,8887	0,3245	0,2699	0,0062	0,2677	0,2721	0,0043	back	0,0896	-0,1606	0,1196	-0,2017	-0,1195	0,0822
	MLD ⁴	Maléolo Lateral - direito	35	0,5278	0,2681	0,0379	0,0028	0,0370	0,0389	0,0019	right	0,8332	-0,3883	0,1978	-0,4562	-0,3203	0,1359
	MLE ⁴	Maléolo Lateral - esquerdo	35	0,5537	0,1634	0,0390	0,0028	0,0380	0,0399	0,0019	left	0,3472	0,4854	0,2183	0,4104	0,5604	0,1500
	MMD ⁴	Maléolo Medial - direito	34	0,5176	0,6066	0,0447	0,0033	0,0435	0,0458	0,0024	left	0,4035	0,1530	0,1388	0,1046	0,2015	0,0969
	MME ⁴	Maléolo Medial - esquerdo	35	0,5137	0,5263	0,0440	0,0031	0,0430	0,0451	0,0021	right	0,0861	-0,0781	0,1460	-0,1283	-0,0280	0,1004
	SD ^{1,2,3,4}	Sphirion - direito	35	0,2652	0,0035	0,0286	0,0044	0,0265	0,0306	0,0041	left	0,0228	0,8742	0,1451	0,7959	0,9425	0,1467
	SE ^{2,3,4}	Sphirion - esquerdo	35	0,4773	0,6202	0,0280	0,0035	0,0268	0,0292	0,0024	right	0,0159	-0,8332	0,1485	-0,9058	-0,7396	0,1662
	CPD ^{1,3,4}	Calcâneo Posterior - direito	33	0,4347	< 0,0001	0,0110	0,0018	0,0101	0,0111	0,0010	back	0,0511	0,0129	0,1121	-0,0269	0,0526	0,0795
	CPE ^{1,2,3,4}	Calcâneo Posterior - esquerdo	33	0,2762	0,0003	0,0111	0,0023	0,0099	0,0121	0,0022	back	0,0029	0,0459	0,1189	-0,0183	0,1126	0,1310
	AMF1D ^{2,3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo - direito	34	0,1762	0,5096	0,0083	0,0010	0,0079	0,0087	0,0007	front	0,0335	1,7112	0,1341	1,6459	1,7596	0,1136
	AMF1E ^{1,3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 1º dedo - esquerdo	28	0,5176	0,0474	0,0093	0,0009	0,0087	0,0096	0,0009	front	0,3804	-1,7343	0,1095	-1,7768	-1,6918	0,0849
AMF5D ^{3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 5º dedo - direito	5	0,2121	0,9285	0,0088	0,0006	0,0080	0,0097	0,0017	front	0,2954	-2,0297	0,0478	-2,0891	-1,9703	0,1188	
AMF5E ^{3,4}	Articulação Metatarso-falangeana do 5º dedo - esquerdo	33	-0,1014	0,6580													

Apêndice 10 Tabela 03: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática dos marcos anatômicos dos homens

	Código	Nome	Distância média entre os pontos marcados e estimados (cm)	Distância mediana entre os pontos marcados e estimados (cm)	Percentual de pontos classificados corretamente
Tronco	C7	7a Vértebra Cervical	1,4989	1,4300	100,0%
	AD	Acrômio - direito	3,2056	2,5031	100,0%
	AE	Acrômio - esquerdo	2,8846	2,2522	97,1%
	SPE	Supraesternal	1,4355	1,4094	100,0%
	SBE	Subesternal	1,8002	1,5957	100,0%
	PAAD	Ponto Axilar Anterior - direito	1,9508	1,7314	100,0%
	PAAE	Ponto Axilar Anterior - esquerdo	1,8604	1,5286	100,0%
	PAPD	Ponto Axilar Posterior - direito	2,1346	2,0896	100,0%
	PAPE	Ponto Axilar Posterior - esquerdo	1,8566	1,8112	100,0%
	THD	Thelion - direito	1,8444	1,5970	100,0%
	THE	Thelion - esquerdo	1,7030	1,4589	100,0%
	CLD10	10a Costela Lateral - direita	2,5047	2,2955	100,0%
	CLE10	10a Costela Lateral - esquerda	2,4165	2,1924	100,0%
	CID	Crista Iliaca - direita	3,2438	2,7296	100,0%
	CIE	Crista Iliaca - esquerda	3,0773	2,5437	100,0%
	EIAD	Espinha Iliaca Anterior - direita	3,0829	2,6566	100,0%
	EIAE	Espinha Iliaca Anterior - esquerda	2,9486	2,6405	100,0%
	EPD	Espinha Iliaca Posterior - direita	2,4406	2,2919	97,1%
	EIPE	Espinha Iliaca Posterior - esquerda	2,4857	1,9277	97,1%
	Total para tronco			2,3376	1,9962
Membros superiores	ELUD	Epicôndilo Lateral do Úmero - direito	1,8994	1,9017	94,1%
	ELUE	Epicôndilo Lateral do Úmero - esquerdo	1,8638	1,6775	97,1%
	EMUD	Epicôndilo Medial do Úmero - direito	1,9897	1,9034	100,0%
	EMUE	Epicôndilo Medial do Úmero - esquerdo	1,7812	1,4376	90,0%
	CRD ¹	Cabeça do Rádio - direita	1,9652	1,7073	-
	CRE ¹	Cabeça do Rádio - esquerda	1,9671	1,6399	-
	OD	Olécrano - direito	2,1117	2,0272	82,9%
	OE	Olécrano - esquerdo	1,2983	1,1725	94,3%
	PEUD	Processo Estilóide da Ulna - direito	0,8586	0,6852	100,0%
	PEUE	Processo Estilóide da Ulna - esquerdo	0,9736	0,8020	94,3%
	PERD	Processo Estilóide do Rádio - direito	1,0226	0,9754	100,0%
	PERE	Processo Estilóide do Rádio - esquerdo	0,9621	0,8876	100,0%
	ACD	Articulação do Carpo - direito	0,9378	0,8409	81,8%
	ACE	Articulação do Carpo - esquerdo	1,0940	0,8045	76,9%
	AMFDID	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	0,6699	0,6420	100,0%
	AMFDIE	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	0,7644	0,7688	100,0%
	AMFDM	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	1,1960	1,1930	97,1%
	AMFDM	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	1,4437	1,1810	100,0%
	FDDMD	Falange Distal do Dedo Médio - direito	0,3346	0,2852	100,0%
	FDDME	Falange Distal do Dedo Médio - esquerdo	0,6133	0,5116	84,8%
Total para membros superiores			1,2891	1,0587	84,8%
Membros inferiores	TRD	Trocanter - direito	2,8483	2,6371	100,0%
	TER	Trocanter - esquerdo	2,6640	1,9613	97,1%
	ELFD	Epicôndilo Lateral do Fêmur - direito	1,5303	1,2188	100,0%
	ELFE	Epicôndilo Lateral do Fêmur - esquerdo	1,8231	1,6728	100,0%
	EMFD	Epicôndilo Medial do Fêmur - direito	1,6600	1,5274	100,0%
	EMFE	Epicôndilo Medial do Fêmur - esquerdo	1,8361	1,7370	97,1%
	LAPJD	Linha Articular Posterior do Joelho - direito	1,3806	1,2092	100,0%
	LAPJE	Linha Articular Posterior do Joelho - esquerdo	1,4357	1,1918	100,0%
	MLD	Maléolo Lateral - direito	0,7448	0,7016	100,0%
	MLE	Maléolo Lateral - esquerdo	0,6221	0,6082	100,0%
	MMD	Maléolo Medial - direito	0,6424	0,5875	100,0%
	MME	Maléolo Medial - esquerdo	0,6737	0,6593	100,0%
	SD	Sphirion - direito	1,0889	0,9877	100,0%
	SE	Sphirion - esquerdo	0,9250	0,8276	100,0%
	CPD	Calcâneo Posterior - direito	0,6358	0,5311	100,0%
	CPE	Calcâneo Posterior - esquerdo	0,6317	0,5491	100,0%
	AMF1D	Articulação Metatarso-falangeana do 1º ded	0,3786	0,3080	100,0%
	AMF1E	Articulação Metatarso-falangeana do 1º ded	0,3511	0,2793	100,0%
	AMF5D	Articulação Metatarso-falangeana do 5º ded	0,3514	0,3696	100,0%
	AMF5E	Articulação Metatarso-falangeana do 5º ded	0,4314	0,3050	100,0%
FDD	Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º)	1,4036	1,2360	100,0%	
FDE	Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º)	1,6003	1,5588	96,4%	
Total para membros inferiores			1,1944	0,864	99,6%
Total para todos os marcos anatômicos			1,5924	1,2538	94,7%

¹ Uso de marcador vermelho.

Apêndice 11 Tabela 04: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática dos marcos anatômicos das mulheres

	Código	Nome	Distância média entre os pontos marcados e estimados (cm)	Distância mediana entre os pontos marcados e estimados (cm)	Percentual de pontos classificados corretamente
Tronco	C7	7a Vértebra Cervical	1,2310	1,1177	100,0%
	AD	Acrômio - direito	3,0807	2,7935	100,0%
	AE	Acrômio - esquerdo	2,8156	2,3892	94,1%
	SPE	Supraesternal	1,1881	1,0316	100,0%
	SBE	Subesternal	2,0933	2,0462	97,1%
	PAAD	Ponto Axilar Anterior - direito	1,5967	1,4896	100,0%
	PAAE	Ponto Axilar Anterior - esquerdo	1,6938	1,6569	100,0%
	PAPD	Ponto Axilar Posterior - direito	1,9391	2,0016	100,0%
	PAPF	Ponto Axilar Posterior - esquerdo	1,8906	1,9441	100,0%
	THD	Thelion - direito	2,2548	1,9417	100,0%
	THE	Thelion - esquerdo	2,1109	1,7983	100,0%
	CLD10	10a Costela Lateral - direita	1,7826	1,8243	100,0%
	CLE10	10a Costela Lateral - esquerda	1,6240	1,5206	100,0%
	CID	Crista Ilíaca - direita	2,2276	1,7766	100,0%
	CIE	Crista Ilíaca - esquerda	1,9950	1,8212	97,0%
	EAD	Espinha Ilíaca Anterior - direita	2,3117	2,1799	100,0%
	EAE	Espinha Ilíaca Anterior - esquerda	2,1333	1,9292	100,0%
	EPD	Espinha Ilíaca Posterior - direita	2,5203	2,2455	97,1%
	EPE	Espinha Ilíaca Posterior - esquerda	2,5492	2,1357	94,3%
	Total para tronco			2,0438	1,8074
Membros superiores	ELUD	Epicôndilo Lateral do Úmero - direito	1,5400	1,3913	93,5%
	ELUE	Epicôndilo Lateral do Úmero - esquerdo	1,4793	1,3633	97,1%
	EMUD	Epicôndilo Medial do Úmero - direito	1,5391	1,4878	90,9%
	EMUE	Epicôndilo Medial do Úmero - esquerdo	1,5644	1,4998	81,8%
	CRD ¹	Cabeça do Rádio - direita	1,6430	1,5379	-
	CRE ¹	Cabeça do Rádio - esquerda	1,5265	1,4653	-
	OD	Olécrano - direito	1,6671	1,5424	91,2%
	OE	Olécrano - esquerdo	1,2547	1,2183	83,3%
	PEUD	Processo Estilóide da Ulna - direito	0,9362	0,8592	100,0%
	PEUE	Processo Estilóide da Ulna - esquerdo	0,8520	0,8938	97,1%
	PERD	Processo Estilóide do Rádio - direito	0,9356	0,8228	91,4%
	PERE	Processo Estilóide do Rádio - esquerdo	0,9356	0,9328	97,1%
	ACD	Articulação do Carpo - direito	0,8867	0,8970	58,8%
	ACE	Articulação do Carpo - esquerdo	0,8120	0,7249	100,0%
	AMFDID	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	0,8108	0,5721	100,0%
	AMFDIE	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	0,7767	0,5931	100,0%
	AMFDMD	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	1,1740	1,3272	100,0%
	AMFDME	Articulação Metacarpo-falangeana do dedo	1,0586	1,0433	100,0%
	FDDMD	Falange Distal do Dedo Médio - direito	0,4675	0,4106	97,0%
	FDDME	Falange Distal do Dedo Médio - esquerdo	0,6263	0,5415	88,2%
Total para membros superiores			1,1241	1,0407	83,5%
Membros inferiores	TRD	Trocanter - direito	2,1843	1,9172	100,0%
	TER	Trocanter - esquerdo	2,2851	2,0211	100,0%
	ELFD	Epicôndilo Lateral do Fêmur - direito	1,1109	0,9844	100,0%
	ELFE	Epicôndilo Lateral do Fêmur - esquerdo	1,1858	0,9830	100,0%
	EMFD	Epicôndilo Medial do Fêmur - direito	1,4093	1,0420	100,0%
	EMFE	Epicôndilo Medial do Fêmur - esquerdo	1,2724	1,1209	100,0%
	LARJD	Linha Articular Posterior do Joelho - direito	0,9054	0,8061	100,0%
	LAPJE	Linha Articular Posterior do Joelho - esquerdo	1,1237	1,0285	100,0%
	MLD	Maléolo Lateral - direito	0,6630	0,6062	100,0%
	MLE	Maléolo Lateral - esquerdo	0,7497	0,6917	100,0%
	MMD	Maléolo Medial - direito	0,6353	0,5387	100,0%
	MME	Maléolo Medial - esquerdo	0,6721	0,5826	100,0%
	SD	Sphirion - direito	1,0892	0,7969	97,1%
	SE	Sphirion - esquerdo	0,9955	0,8306	100,0%
	CPD	Calcâneo Posterior - direito	0,5778	0,4121	100,0%
	CPE	Calcâneo Posterior - esquerdo	0,6656	0,5166	100,0%
	AMF1D	Articulação Metatarso-falangeana do 1º ded	0,4985	0,3395	100,0%
	AMF1E	Articulação Metatarso-falangeana do 1º ded	0,4564	0,4011	100,0%
	AMF5D	Articulação Metatarso-falangeana do 5º ded	0,3021	0,2971	100,0%
	AMF5E	Articulação Metatarso-falangeana do 5º ded	0,5665	0,4370	97,1%
FDD	Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º)	0,7751	0,6910	100,0%	
FDE	Falange Distal do Maior Dedo do Pé (1º ou 2º)	1,1702	0,9778	96,7%	
Total para membros inferiores			1,0073	0,7584	99,9%
Total para todos os marcos anatômicos			1,3797	1,1096	94,2%

¹ Uso de marcador vermelho.

Apêndice 12 Tabela 05: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática das circunferências dos homens

	Código	Nome	Coeficiente de correlação entre a altura do elástico e a estatura	Número médio de pontos por elástico	Altura do elástico relativa à estatura (HCs)				
					Média amostral	Desvio padrão amostral	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude
Tronco	C_BU	Circunferência do busto / peito	0,9477	1924	0,7217	0,0100	0,6918	0,7515	0,0597
	C_CUBSD	Circunferência da cicatriz umbilical -pés separados	0,8528	2276	0,5961	0,0165	0,5466	0,6455	0,0989
	C_QSD	Circunferência do quadril, máxima -pés separados	0,8041	4155	0,5053	0,0159	0,4576	0,5530	0,0954
Membros superiores	C_B	Circunferência do braço	0,6589	401	0,3222	0,0149	0,2776	0,3667	0,0891
	C_A	Circunferência do antebraço	0,6300	422	0,2092	0,0094	0,1810	0,2373	0,0563
	C_PU	Circunferência do punho	0,5882	303	0,1120	0,0049	0,0974	0,1265	0,0291
Membros inferiores	C_CX	Circunferência da coxa, máxima	0,7456	1790	0,4182	0,0168	0,3678	0,4685	0,1007
	C_PA	Circunferência da panturrilha	0,6683	797	0,1916	0,0103	0,1607	0,2225	0,0618
	C_T	Circunferência do tornozelo	0,5739	454	0,0645	0,0046	0,0507	0,0783	0,0277

Apêndice 13 Tabela 06: Resultados da elaboração dos métodos de localização, estimação e classificação automática das circunferências das mulheres

	Código	Nome	Coeficiente de correlação entre a altura do elástico e a estatura	Número médio de pontos por elástico	Altura do elástico relativa à estatura (HCs)				
					Média amostral	Desvio padrão amostral	Limite Inferior	Limite Superior	Amplitude
Tronco	C_BU	Circunferência do busto / peito	0,9644	2951	0,7194	0,0127	0,6813	0,7576	0,0762
	C_CUBSD	Circunferência da cicatriz umbilical -pés separados	0,9259	2443	0,5992	0,0109	0,5663	0,6320	0,0657
	C_QSD	Circunferência do quadril, máxima -pés separados	0,9070	4346	0,5027	0,0118	0,4674	0,5380	0,0706
Membros superiores	C_B	Circunferência do braço	0,7281	376	0,3201	0,0139	0,2784	0,3617	0,0833
	C_A	Circunferência do antebraço	0,7067	336	0,2039	0,0081	0,1797	0,2282	0,0486
	C_PU	Circunferência do punho	0,6571	245	0,1096	0,0051	0,0943	0,1249	0,0306
Membros inferiores	C_CX	Circunferência da coxa, máxima	0,9218	1778	0,4289	0,0132	0,3894	0,4684	0,0790
	C_PA	Circunferência da panturrilha	0,6549	679	0,1895	0,0101	0,1592	0,2198	0,0606
	C_T	Circunferência do tornozelo	0,4918	397	0,0601	0,0053	0,0443	0,0759	0,0316

Apêndice 14 Tabela 07: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática das circunferências dos homens

	Código	Nome	Distância média entre as alturas das circunferências marcadas e das circunferências estimadas (cm)	Distância mediana entre as alturas das circunferências marcadas e das circunferências estimadas (cm)	Percentual médio de seleções inadequadas	Percentual médio de seleções corretas
Tronco	C_BU	Circunferência do busto / peito	1,259	0,988	< 0,01%	94,19%
	C_CUBSD	Circunferência da cicatriz umbilical -pés separados	2,174	1,869	< 0,01%	98,03%
	C_QSD	Circunferência do quadril, máxima -pés separados	2,084	1,312	1,74%	99,99%
	Total para tronco			1,837	1,312	0,87%
Membros superiores	C_B	Circunferência do braço	2,105	1,837	0,00%	98,01%
	C_A	Circunferência do antebraço	1,314	1,28	0,03%	96,44%
	C_PU	Circunferência do punho	0,77	0,718	1,14%	92,38%
	Total para membros superiores			1,396	1,125	0,32%
Membros inferiores	C_CX	Circunferência da coxa, máxima	2,405	2,15	< 0,01%	99,60%
	C_PA	Circunferência da panturrilha	1,434	1,457	0,00%	99,74%
	C_T	Circunferência do tornozelo	0,678	0,614	0,00%	99,46%
	Total para membros inferiores			1,505	1,137	< 0,01%
Total para todas as circunferências			1,579	1,15	0,61%	98,28%

Apêndice 15 Tabela 08: Avaliação da qualidade dos métodos de estimação e classificação automática das circunferências das mulheres

	Código	Nome	Distância média entre as alturas das circunferências marcadas e das circunferências estimadas (cm)	Distância mediana entre as alturas das circunferências marcadas e das circunferências estimadas (cm)	Percentual médio de seleções inadequadas	Percentual médio de seleções corretas
Tronco	C_BU	Circunferência do busto / peito	1,774	1,695	0,02%	99,37%
	C_CUBSD	Circunferência da cicatriz umbilical -pés separados	1,347	0,917	0,01%	93,92%
	C_QSD	Circunferência do quadril, máxima -pés separados	1,751	1,500	0,20%	99,90%
	Total para tronco			1,624	1,304	0,10%
Membros superiores	C_B	Circunferência do braço	1,902	1,807	0,10%	98,18%
	C_A	Circunferência do antebraço	1,033	1,062	0,10%	95,90%
	C_PU	Circunferência do punho	0,61	0,486	1,49%	91,67%
	Total para membros superiores			1,182	0,894	0,45%
Membros inferiores	C_CX	Circunferência da coxa, máxima	1,583	1,087	0,03%	98,39%
	C_PA	Circunferência da panturrilha	1,379	1,116	< 0,01%	99,62%
	C_T	Circunferência do tornozelo	0,672	0,527	0,01%	97,90%
	Total para membros inferiores			1,211	0,801	0,02%
Total para todas as circunferências			1,339	1,019	0,11%	98,14%

Apêndice 16 Tabela 09: Estatísticas descritivas das medidas dos homens obtidas de modo tradicional, a partir dos pontos marcados e a partir dos pontos estimados

	Código	Nome	Medição tradicional					Medição a partir de marcadores					Medição a partir de pontos e circunferências estimados					
			Equipamento	Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	Compasso de correção pequeno	6,756	6,800	0,405	6,1	7,4	6,478	6,329	0,569	5,532	7,593	6,754	6,613	0,797	5,533	8,842
		D_PD	Compasso de correção pequeno	5,638	5,700	0,366	4,8	6,3	5,377	5,372	0,541	3,946	6,890	5,328	5,352	0,533	4,478	6,791
		D_UE ¹	Compasso de correção pequeno	6,803	6,750	0,447	5,9	7,7	6,265	6,145	0,725	5,317	8,194	6,393	6,353	0,686	5,430	8,052
		D_PE	Compasso de correção pequeno	5,674	5,700	0,389	5,0	6,4	5,469	5,426	0,461	4,562	6,435	5,407	5,410	0,479	4,420	6,595
		D_FD	Compasso de correção pequeno	9,626	9,500	1,046	7,6	13,1	9,991	9,778	1,119	8,163	13,598	10,199	9,841	1,633	8,105	16,095
		D_TD	Compasso de correção pequeno	7,391	7,350	0,448	6,7	8,5	7,401	7,336	0,463	6,647	8,469	7,308	7,344	0,437	6,413	8,140
		D_FE	Compasso de correção pequeno	9,988	9,750	1,209	8,5	14,7	10,352	10,189	1,331	8,830	15,223	10,543	10,351	1,663	8,152	16,314
		D_TE	Compasso de correção pequeno	7,365	7,350	0,433	6,7	8,5	7,313	7,302	0,401	6,512	8,445	7,256	7,256	0,459	5,985	8,318
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	Antropômetro	34,082	34,000	1,776	30,3	37,6	32,759	32,893	1,729	28,482	35,826	33,055	33,116	2,526	26,255	38,605
		D_CIRUD	Antropômetro	24,124	24,150	1,645	20,2	27,5	24,258	24,456	1,618	20,510	27,391	24,249	24,454	1,109	22,409	26,472
		D_CIAUE ¹	Antropômetro	34,244	34,500	1,715	30,4	37,9	32,785	33,122	1,646	28,553	35,800	33,166	33,129	2,925	24,393	39,506
		D_CIRUE	Antropômetro	24,559	24,500	1,653	21,2	27,9	24,559	24,573	1,707	20,936	28,061	24,562	24,732	1,067	22,706	26,761
		D_CITFD	Antropômetro	38,897	39,100	2,914	33,0	43,7	39,189	39,361	2,984	33,480	44,167	39,146	39,547	1,508	35,578	41,565
		D_CIFMD	Antropômetro	43,265	43,450	2,523	38,1	47,2	43,443	43,705	2,445	38,374	47,516	43,424	43,915	1,696	39,327	46,130
		D_CITFE	Antropômetro	38,379	38,250	2,786	31,9	43,8	38,998	39,192	2,829	31,916	43,772	38,953	39,313	1,481	35,345	41,434
	D_CIFME	Antropômetro	43,459	43,650	2,412	38,8	46,9	43,601	43,979	2,315	38,989	47,156	43,613	44,118	1,695	39,284	46,270	
	Medidas de pé	D_CPD	Antropômetro	26,200	26,300	1,233	23,9	29,0	26,533	26,699	1,424	24,001	29,118	25,711	25,871	1,190	23,205	28,095
		D_LPD ¹	Antropômetro	10,253	10,350	0,502	9,3	11,4	10,491	10,605	0,573	9,335	11,419	10,301	10,334	0,550	9,221	11,625
		D_CPE	Antropômetro	26,315	26,450	1,253	24,1	28,8	26,598	26,816	1,340	24,328	29,075	25,715	25,876	1,219	23,551	27,683
		D_LPE ¹	Antropômetro	10,265	10,350	0,578	9,4	11,8	10,424	10,445	0,533	9,404	11,680	10,457	10,429	0,514	9,222	11,615
	Larguras de tronco	D_BA ¹	Antropômetro	38,391	38,500	2,020	34,9	43,4	37,256	37,066	1,905	34,029	41,881	36,496	37,914	5,674	18,470	43,310
		D_PAP ¹	Antropômetro	37,865	37,950	2,771	30,2	41,9	36,378	35,998	2,203	31,267	40,064	37,120	37,528	2,978	28,920	45,234
		D_PAA ¹	Antropômetro	34,712	34,550	2,576	29,9	40,1	36,493	36,434	2,269	31,785	41,470	36,668	36,671	2,156	31,839	40,701
		D_BT	Antropômetro	23,094	22,800	2,399	18,5	29,2	22,628	22,642	2,203	19,127	29,397	22,609	23,060	2,021	16,906	26,560
		D_B10	Antropômetro	21,041	21,000	2,670	16,6	28,5	21,226	21,471	2,687	16,538	28,247	21,459	21,408	2,506	16,567	29,539
		D_BC	Antropômetro	32,724	32,800	3,282	25,3	41,6	33,052	33,330	3,357	25,072	42,146	33,023	32,961	3,073	27,268	42,901
		D_BE	Antropômetro	25,629	25,300	2,515	21,7	32,7	25,513	25,176	2,225	21,977	30,446	26,307	25,883	2,412	21,603	33,924
		D_QSD	Antropômetro	35,547	35,500	2,507	30,2	42,5	36,055	36,117	2,563	30,770	43,494	35,970	36,194	2,349	30,827	42,193
	Medidas de mão	D_CMD	Compasso de correção pequeno	19,312	19,450	0,947	17,0	20,7	18,987	19,243	1,283	16,479	20,888	19,041	19,219	0,781	17,473	20,421
D_LMD		Compasso de correção pequeno	8,359	8,350	0,464	7,1	9,3	8,046	8,082	0,501	7,017	9,122	7,543	7,614	0,666	6,507	9,008	
D_CME		Compasso de correção pequeno	19,338	19,350	0,912	17,4	21,1	18,219	18,290	1,061	15,750	19,659	18,304	18,352	0,848	17,002	20,260	
D_LME		Compasso de correção pequeno	8,238	8,300	0,445	7,2	9,0	8,469	8,395	0,500	7,592	9,431	7,913	8,051	0,973	5,499	9,591	
Perímetros	P_BU	Trena	103,156	102,850	10,218	80,1	133,0	102,070	102,477	9,792	76,220	130,109	107,469	105,883	16,166	78,574	169,534	
	P_CUBSD	Trena	95,815	95,600	11,857	73,0	128,0	94,552	96,120	11,860	71,365	128,521	96,998	96,531	11,840	76,511	131,385	
	P_QSD	Trena	102,394	101,350	8,782	82,3	125,2	102,064	100,958	8,405	81,213	122,808	102,676	102,476	9,142	81,713	131,323	
	P_CX	Trena	59,997	59,900	6,058	42,6	74,2	59,287	58,693	6,194	42,338	72,636	60,272	59,174	8,284	42,346	90,767	
	P_PA	Trena	39,679	39,050	3,588	33,4	49,5	39,116	38,775	3,499	32,776	48,231	39,506	39,098	3,596	32,682	49,188	
	P_T	Trena	23,868	23,800	1,533	21,1	28,4	23,502	23,506	1,489	21,357	28,142	23,993	23,642	1,492	21,756	28,259	
	P_B	Trena	33,371	33,400	3,557	25,6	40,7	30,448	30,534	3,425	23,692	36,724	33,037	32,518	4,612	23,248	45,136	
	P_A	Trena	28,118	27,750	2,328	24,2	32,8	27,118	26,636	2,248	22,734	31,893	28,292	27,917	2,442	23,209	34,174	
	P_PU	Trena	17,276	17,050	1,346	13,1	20,5	17,360	17,454	1,474	14,344	20,143	19,661	19,605	1,956	16,231	25,660	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 17 Tabela 10: Estatísticas descritivas das medidas das mulheres obtidas de modo tradicional, a partir dos pontos marcados e a partir dos pontos estimados

	Código	Nome	Medição tradicional					Medição a partir de marcadores					Medição a partir de pontos e circunferências estimados						
			Equipamento	Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	Diâmetro do Umero direito	Compasso de correção pequeno	5,9	5,8	0,7	4,7	9,4	5,572	5,561	0,552	4,718	7,079	5,810	5,790	0,707	4,623	7,718
		D_PD	Diâmetro do Punho direito	Compasso de correção pequeno	5,1	5,0	0,3	4,4	6,2	4,788	4,779	0,314	4,059	5,429	4,735	4,704	0,390	4,048	5,769
		D_UE ¹	Diâmetro do Umero esquerdo	Compasso de correção pequeno	5,8	5,7	0,7	5,1	9,4	5,532	5,444	0,557	4,606	6,731	5,772	5,674	0,667	4,808	7,559
		D_PE	Diâmetro do Punho esquerdo	Compasso de correção pequeno	5,1	5,0	0,4	4,6	6,2	4,919	4,936	0,420	3,967	5,867	4,762	4,839	0,446	3,913	6,082
		D_FD	Diâmetro do Fêmur direito	Compasso de correção pequeno	9,8	9,7	1,3	7,8	13,5	10,127	10,057	1,366	7,964	14,354	10,180	9,998	1,518	7,426	13,879
		D_TD	Diâmetro do Tornozelo direito	Compasso de correção pequeno	6,6	6,6	0,3	6,1	7,4	6,629	6,580	0,388	6,115	7,682	6,500	6,480	0,347	5,982	7,488
		D_FE	Diâmetro do Fêmur esquerdo	Compasso de correção pequeno	10,1	9,9	1,4	7,8	13,7	10,664	10,561	1,458	8,100	14,189	10,678	10,431	1,510	8,076	14,668
		D_TE	Diâmetro do Tornozelo esquerdo	Compasso de correção pequeno	6,5	6,5	0,3	5,9	7,3	6,598	6,573	0,451	6,008	8,209	6,425	6,454	0,372	5,794	7,290
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Umero direito	Antropômetro	31,7	31,8	1,7	28,8	36,5	30,122	30,004	1,630	26,504	33,130	30,418	30,456	2,712	25,760	37,025
		D_CIRUD	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna direito	Antropômetro	22,0	22,1	1,4	20,0	27,1	22,034	22,108	1,104	20,030	24,214	22,014	21,804	0,936	20,567	24,179
		D_CIAUE ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Umero esquerdo	Antropômetro	31,4	31,5	1,6	27,0	34,8	29,829	29,610	1,758	26,906	34,462	29,985	29,960	2,575	25,275	36,370
		D_CIRUE	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna esquerdo	Antropômetro	22,5	22,3	1,4	20,5	27,7	22,313	22,145	1,456	20,605	28,261	22,300	22,094	0,894	20,839	24,292
		D_CITFD	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur direito	Antropômetro	37,4	37,1	2,7	32,0	42,5	37,360	37,203	2,551	32,178	42,258	37,328	37,227	1,523	34,999	40,639
		D_CIFMD	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo direito	Antropômetro	39,6	39,2	2,1	36,2	45,8	39,830	39,656	2,057	35,874	45,758	39,831	39,728	1,623	37,230	43,985
	Medidas de pé	D_CITFE	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur esquerdo	Antropômetro	37,0	36,9	2,8	31,0	42,5	37,343	37,194	2,843	32,123	43,004	37,313	37,075	1,499	34,842	40,720
		D_CIFME	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo esquerdo	Antropômetro	39,7	39,4	2,0	36,8	45,4	39,887	39,810	2,012	36,886	45,980	39,901	39,759	1,572	37,306	43,613
	Larguras de tronco	D_CPD	Comprimento do Pé - direito - maior dedo	Antropômetro	24,1	24,0	1,5	21,9	27,8	24,235	24,230	1,160	22,214	26,671	23,668	23,325	1,305	20,634	26,947
		D_LPD ¹	Largura do Pé - direito	Antropômetro	9,2	9,1	0,6	8,3	10,9	9,034	9,048	0,410	8,527	9,514	9,133	9,080	0,526	8,320	10,123
		D_CPE	Comprimento do Pé - esquerdo - maior dedo	Antropômetro	24,0	23,9	1,2	21,8	27,3	24,217	24,049	1,097	22,244	26,689	23,620	23,472	1,319	20,841	27,191
		D_LPE ¹	Largura do Pé - esquerdo	Antropômetro	9,2	9,1	0,6	8,4	10,7	9,414	9,220	0,562	8,740	10,672	9,285	9,264	0,529	8,496	10,495
		D_BA ¹	Largura Bi-Acrômio	Antropômetro	34,6	34,9	2,1	30,1	39,8	33,393	32,910	1,833	30,279	36,648	32,332	32,326	5,235	17,475	44,403
		D_PAP ¹	Largura do Peito nas Axilas, Posterior	Antropômetro	32,5	32,1	3,2	27,6	42,1	31,836	31,518	2,799	28,079	38,136	32,086	32,257	3,101	26,361	41,363
		D_PAA ¹	Largura do Peito nas Axilas, Anterior	Antropômetro	31,2	31,2	3,0	25,1	38,0	32,855	33,034	2,576	26,934	38,948	33,085	33,511	2,421	28,261	39,178
		D_BT	Largura Bi-Thelion	Antropômetro	16,9	16,6	2,1	12,1	21,8	16,805	16,638	2,148	11,872	22,140	16,789	16,900	1,849	13,616	21,866
		D_B10	Largura Bi-10a Costela	Antropômetro	19,1	19,0	2,7	14,9	27,1	19,245	18,808	3,022	14,309	27,667	19,317	18,746	2,800	15,377	27,599
		D_BC	Largura Bi-Crista Iliaca	Antropômetro	30,7	30,7	3,5	25,2	39,3	30,913	30,913	3,534	25,398	39,499	31,325	30,921	4,094	23,764	40,036
	Perímetros	D_BE	Largura Bi-Espinha Iliaca	Antropômetro	25,4	24,6	3,1	18,1	31,4	25,549	25,104	3,014	18,211	31,064	25,863	25,664	3,044	20,384	34,956
		D_QSD	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados	Antropômetro	37,4	37,1	3,4	32,0	45,5	37,735	37,634	3,344	32,497	45,741	37,626	37,785	3,272	31,577	44,630
D_CMD		Comprimento da Mão - direito	Compasso de correção pequeno	17,8	17,8	0,8	16,5	20,2	17,644	17,673	0,971	15,400	19,714	17,516	17,474	0,709	16,233	19,012	
D_LMD		Largura da Mão - direito	Compasso de correção pequeno	7,5	7,4	0,4	6,8	8,7	7,078	7,073	0,359	6,519	8,000	6,628	6,686	0,615	5,151	7,653	
D_CME		Comprimento da Mão - esquerdo	Compasso de correção pequeno	17,9	17,7	0,8	16,4	19,9	16,789	16,812	0,945	14,733	18,795	16,701	16,603	0,775	15,275	19,016	
D_LME		Largura da Mão - esquerdo	Compasso de correção pequeno	7,3	7,3	0,4	6,7	8,8	7,415	7,409	0,412	6,656	8,356	6,923	7,131	0,786	4,791	8,346	
P_BU		Perímetro do Busto/Peito	Trena	94,7	92,8	11,3	77,4	128,8	92,389	91,704	11,074	76,213	121,830	97,506	93,307	17,698	75,839	149,374	
P_CUBSD		Perímetro da Cicatriz Umbilical -pés separados	Trena	90,0	88,3	14,8	62,6	121,8	88,076	86,942	14,569	60,149	118,545	91,078	89,552	15,391	65,076	133,044	
P_QSD		Perímetro do Quadril, Máxima -pés separados	Trena	105,9	105,4	10,9	90,3	135,6	105,016	104,316	10,512	89,678	133,453	106,055	106,174	11,433	89,590	138,080	
P_CX		Perímetro da Coxa, Proximal	Trena	62,8	63,2	7,1	51,6	80,0	61,422	61,182	7,347	50,461	79,499	62,137	60,855	8,270	50,824	80,851	
P_PA		Perímetro da Panturrilha	Trena	37,6	37,3	3,6	31,4	46,7	37,051	36,381	3,500	31,123	45,354	37,456	36,932	3,332	31,237	44,753	
P_T		Perímetro do Tornozelo	Trena	22,4	22,1	1,7	19,9	25,3	22,000	21,826	1,637	19,540	25,031	22,838	22,742	1,729	19,776	26,653	
P_B	Perímetro do Braço	Trena	29,2	28,6	4,9	21,6	43,5	27,613	27,058	4,267	21,177	39,391	29,631	28,890	5,880	22,112	49,610		
P_A	Perímetro do Antebraço	Trena	24,0	23,6	2,7	18,0	31,8	22,949	22,887	2,601	17,494	28,657	24,024	23,577	2,802	19,035	32,106		
P_PU	Perímetro do Punho	Trena	15,6	15,6	1,0	13,9	18,3	15,638	15,671	0,997	14,203	18,158	17,556	17,515	1,332	14,168	19,728		

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 18 Tabela 11: Diferença entre as medidas obtidas a partir de marcadores e as medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de marcadores e a medição tradicional										Máxima diferença média (ISO 20685)
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	-0,3057	-0,2679	0,4729	-1,2336	0,5541	0,6844	-0,4791	-0,1322	0,0011	-	0,4
		D_PD	-0,2769	-0,3083	0,3377	-0,8538	1,0898	0,0001	-	-	-	0,0000	0,4
		D_UE ¹	-0,5252	-0,5755	0,4087	-1,0677	0,4939	0,1956	-0,6836	-0,3667	0,0000	-	0,4
		D_PE	-0,2162	-0,2362	0,2498	-0,7052	0,3347	0,4491	-0,3034	-0,1290	0,0000	-	0,4
		D_FD	0,3431	0,3260	0,2781	-0,1069	0,9484	0,4116	0,2461	0,4402	0,0000	-	0,4
		D_TD	-0,0014	-0,0083	0,0953	-0,2246	0,2252	0,6685	-0,0346	0,0319	0,9289	-	0,4
		D_FE	0,3431	0,3376	0,2518	-0,1350	0,9871	0,8412	0,2553	0,4310	0,0000	-	0,4
		D_TE	-0,0274	-0,0435	0,1002	-0,2876	0,1803	0,4348	-0,0629	0,0081	0,1268	-	0,4
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	-1,2654	-1,2735	0,5033	-2,0871	-0,1262	0,3962	-1,4439	-1,0869	0,0000	-	0,5
		D_CIRUD	0,1456	0,1403	0,5490	-2,3452	0,9203	0,0000	-	-	-	0,0078	0,5
		D_CIAUE ¹	-1,3939	-1,2858	0,4637	-2,7679	-0,8004	0,0078	-	-	-	0,0000	0,5
		D_CIRUE	0,0306	0,0222	0,4577	-1,4944	0,9046	0,0725	-0,1317	0,1929	0,7029	-	0,5
		D_CITFD	0,2106	0,2675	0,4576	-0,9468	1,0427	0,5865	0,0509	0,3702	0,0113	-	0,5
		D_CIFMD	0,1286	0,1673	0,3820	-1,0953	0,7825	0,0082	-	-	-	0,0126	0,5
		D_CITFE	0,5766	0,5963	0,6041	-0,6849	2,3931	0,2731	0,3659	0,7874	0,0000	-	0,5
		D_CIFME	0,1297	0,1728	0,3602	-0,8747	0,7493	0,0509	0,0041	0,2554	0,0435	-	0,5
	Medidas de pé	D_CPD	0,2718	0,3415	0,2573	-0,2799	0,6249	0,3670	0,1605	0,3830	0,0000	-	0,2
		D_LPD	0,0767	0,0683	0,3326	-0,3646	0,5485	0,6517	-0,1790	0,3324	0,5089	-	0,2
		D_CPE	0,3427	0,3436	0,1554	0,0527	0,6486	0,8584	0,2812	0,4042	0,0000	-	0,2
		D_LPE	0,1556	0,1196	0,2719	-0,5634	0,6196	0,4760	0,0541	0,2572	0,0039	-	0,2
	Larguras de tronco	D_BA ¹	-1,1299	-0,9666	0,8808	-3,1305	1,3713	0,4123	-1,4372	-0,8225	0,0000	-	0,4
		D_PAP ¹	-1,2738	-1,6781	1,6114	-3,7660	2,9880	0,1610	-1,8649	-0,6828	0,0001	-	0,4
		D_PAA ¹	1,7295	1,5237	0,8814	0,4336	4,2352	0,1029	1,4220	2,0370	0,0000	-	0,4
		D_BT	-0,4001	-0,3371	0,6195	-1,5827	0,9402	0,9209	-0,6197	-0,1804	0,0008	-	0,4
		D_B10	0,1656	0,1858	0,3984	-0,6649	1,2397	0,0755	0,0266	0,3046	0,0210	-	0,4
		D_BC	0,2201	0,2430	0,3288	-0,7503	0,9946	0,3766	0,1035	0,3366	0,0005	-	0,4
		D_BE	0,0573	0,0913	0,3718	-0,6237	0,7014	0,4903	-0,0746	0,1891	0,3833	-	0,4
		D_QSD	0,3987	0,4099	0,3548	-0,4169	1,1337	0,7779	0,2749	0,5225	0,0000	-	0,4
	Medidas de mão	D_CMD	-0,3274	-0,2919	0,5859	-1,7781	0,6490	0,0676	-0,5546	-0,1002	0,0064	-	0,1
		D_LMD	-0,3297	-0,3428	0,2165	-0,9488	0,1219	0,5057	-0,4052	-0,2542	0,0000	-	0,1
		D_CME	-1,0965	-1,0808	0,4012	-1,8692	-0,3055	0,8288	-1,2586	-0,9345	0,0000	-	0,1
		D_LME	0,2213	0,2152	0,2043	-0,2941	0,7427	0,8723	0,1500	0,2925	0,0000	-	0,1
	Perímetros	P_BU	-1,2185	-1,3451	1,7175	-4,3923	3,6250	0,5958	-1,8178	-0,6192	0,0002	-	0,9
P_CUBSD		-1,4059	-1,5291	1,7397	-7,9347	1,8719	0,0043	-	-	-	0,0000	0,9	
P_QSD		-0,8443	-0,6904	0,9610	-3,6947	0,6723	0,1494	-1,1850	-0,5035	0,0000	-	0,9	
P_CX		-0,9379	-0,8767	0,9011	-2,7679	2,6357	0,0002	-	-	-	0,0000	0,4	
P_PA		-0,6049	-0,5889	0,4479	-1,6866	0,2480	0,9025	-0,7612	-0,4486	0,0000	-	0,4	
P_T		-0,3999	-0,3885	0,4172	-1,0693	0,7132	0,0651	-0,5455	-0,2544	0,0000	-	0,4	
P_B		-2,8334	-2,5090	1,4374	-7,3758	-0,9215	0,0023	-	-	-	0,0000	0,4	
P_A		-1,0533	-0,9046	0,7064	-3,3660	0,3591	0,0313	-	-	-	0,0000	0,4	
P_PU		0,0398	-0,1147	1,1934	-1,7562	5,7685	0,0000	-	-	-	0,4070	0,4	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 19 Tabela 12: Diferença entre as medidas obtidas a partir de marcadores e as medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de marcadores e a medição tradicional										Máxima diferença média (ISO 20685)
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	-0,4182	-0,2165	0,7881	-4,0668	0,6788	0,0000	-	-	-	0,0001	0,4
		D_PD	-0,2941	-0,2843	0,2576	-1,3674	0,1130	0,0001	-	-	-	0,0000	0,4
		D_UE ¹	-0,3206	-0,2649	0,8182	-3,7251	1,3476	0,0001	-	-	-	0,0171	0,4
		D_PE	-0,1964	-0,1481	0,2909	-1,2599	0,2744	0,0048	-	-	-	0,0002	0,4
		D_FD	0,3520	0,3439	0,2121	0,0647	0,8541	0,0707	0,2768	0,4272	0,0000	-	0,4
		D_TD	-0,0269	-0,0440	0,1152	-0,2271	0,2290	0,7486	-0,0678	0,0139	0,1888	-	0,4
		D_FE	0,5309	0,5112	0,2711	-0,4001	1,1060	0,0611	0,4363	0,6255	0,0000	-	0,4
		D_TE	0,0155	0,0011	0,1382	-0,3627	0,2945	0,4186	-0,0328	0,0637	0,5198	-	0,4
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	-1,3298	-1,3114	0,4365	-2,4965	-0,5143	0,4842	-1,5099	-1,1496	0,0000	-	0,5
		D_CIRUD	0,1211	0,0296	0,7279	-0,6718	3,7712	0,0000	-	-	-	0,5685	0,5
		D_CIAUE ¹	-1,4773	-1,5060	0,6158	-2,8186	-0,0936	0,9535	-1,6994	-1,2553	0,0000	-	0,5
		D_CIRUE	-0,2069	-0,1994	0,4317	-1,4380	0,5605	0,3124	-0,3599	-0,0538	0,0097	-	0,5
		D_CITFD	-0,0357	0,0199	0,7975	-1,8186	2,9015	0,0011	-	-	-	0,7132	0,5
		D_CIFMD	0,1757	0,1317	0,2811	-0,3258	1,0196	0,4153	0,0777	0,2738	0,0009	-	0,5
		D_CITFE	0,3207	0,3606	0,4638	-0,6417	1,1231	0,5422	0,1589	0,4825	0,0003	-	0,5
		D_CIFME	0,1856	0,1780	0,2341	-0,3387	0,7104	0,9061	0,1040	0,2673	0,0001	-	0,5
	Medidas de pé	D_CPD	0,1353	0,2504	0,4709	-1,4800	0,6964	0,0001	-	-	-	0,0301	0,2
		D_LPD	0,0408	0,0375	0,1842	-0,1418	0,2265	0,9731	-0,4168	0,4983	0,7374	-	0,2
		D_CPE	0,2275	0,2448	0,2586	-0,4163	0,6888	0,8347	0,1272	0,3278	0,0001	-	0,2
		D_LPE	0,2101	0,2504	0,2644	-0,4300	0,7338	0,7099	0,1033	0,3169	0,0004	-	0,2
	Larguras de tronco	D_BA ¹	-1,3213	-1,2482	1,0077	-3,2171	1,0113	0,8791	-1,7121	-0,9306	0,0000	-	0,4
		D_PAP ¹	-0,8713	-0,6923	1,5975	-4,1593	1,9557	0,6568	-1,4573	-0,2853	0,0049	-	0,4
		D_PAA ¹	1,6040	1,5569	1,0575	-1,4922	3,5415	0,0345	-	-	-	0,0000	0,4
		D_BT	-0,1664	-0,1387	0,5959	-2,7877	1,2404	0,0000	-	-	-	0,0526	0,4
		D_B10	-0,0700	-0,0579	0,4652	-1,0274	0,8165	0,8882	-0,2323	0,0924	0,3870	-	0,4
		D_BC	0,3197	0,2210	0,3121	-0,2199	1,0312	0,3128	0,2072	0,4322	0,0000	-	0,4
		D_BE	0,0868	0,1983	0,6511	-2,0796	0,9782	0,0000	-	-	-	0,0248	0,4
		D_QSD	0,1973	0,2517	0,4648	-0,9282	1,0957	0,9379	0,0351	0,3595	0,0186	-	0,4
Medidas de mão	D_CMD	-0,2203	-0,2446	0,4946	-1,2996	0,8368	0,8847	-0,4017	-0,0389	0,0190	-	0,1	
	D_LMD	-0,3957	-0,4149	0,2461	-0,9180	0,0435	0,7446	-0,4816	-0,3098	0,0000	-	0,1	
	D_CME	-1,2362	-1,1270	0,3343	-2,2667	-0,7943	0,0036	-	-	-	0,0000	0,1	
	D_LME	0,0870	0,0746	0,3044	-0,8155	0,7557	0,3858	-0,0192	0,1932	0,1047	-	0,1	
Perímetros	P_BU	-2,2651	-2,1006	1,9046	-9,0525	0,6301	0,0047	-	-	-	0,0000	0,9	
	P_CUBSD	-1,9186	-1,6960	1,5256	-5,5580	0,8879	0,4306	-2,4427	-1,3946	0,0000	-	0,9	
	P_QSD	-0,8671	-0,7924	1,0561	-3,1903	2,5589	0,0436	-	-	-	0,0000	0,9	
	P_CX	-1,3726	-1,5045	1,1385	-3,5681	2,2992	0,1950	-1,7637	-0,9815	0,0000	-	0,4	
	P_PA	-0,5114	-0,4911	0,4671	-1,7057	0,3028	0,5880	-0,6719	-0,3510	0,0000	-	0,4	
	P_T	-0,4488	-0,4058	0,4091	-2,0342	0,2468	0,0019	-	-	-	0,0000	0,4	
	P_B	-1,5444	-1,5308	1,0296	-4,4327	-0,1119	0,0029	-	-	-	0,0000	0,4	
	P_A	-1,0881	-0,9355	0,7503	-3,1434	0,0127	0,0143	-	-	-	0,0000	0,4	
	P_PU	0,0376	0,1422	0,6696	-1,8607	1,1581	0,1251	-0,1924	0,2676	0,7416	-	0,4	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 20 Tabela 13: Variação das medidas obtidas a partir de marcadores relativas às medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média de 5%

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de marcadores e a medição tradicional									Máxima diferença média (5%)		
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)		Teste de Wilcoxon (p-valor)	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	-0,0446	-0,0406	0,0676	-0,1737	0,0792	0,7079	-0,0695	-0,0198	0,0009	-	0,05	
		D_PD	-0,0501	-0,0549	0,0611	-0,1779	0,1879	0,0004	-	-	-	0,0000	0,05	
		D_UE ¹	-0,0792	-0,0862	0,0602	-0,1642	0,0641	0,2079	-0,1026	-0,0559	0,0000	-	0,05	
		D_PE	-0,0383	-0,0431	0,0441	-0,1331	0,0549	0,4370	-0,0537	-0,0229	0,0000	-	0,05	
		D_FD	0,0357	0,0355	0,0285	-0,0113	0,0948	0,3119	0,0257	0,0456	0,0000	-	0,05	
		D_TD	-0,0002	-0,0011	0,0127	-0,0308	0,0289	0,7200	-0,0047	0,0042	0,9251	-	0,05	
		D_FE	0,0336	0,0340	0,0236	-0,0150	0,0897	0,9892	0,0253	0,0418	0,0000	-	0,05	
		D_TE	-0,0038	-0,0062	0,0139	-0,0423	0,0258	0,3412	-0,0087	0,0012	0,1468	-	0,05	
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero direito	-0,0373	-0,0375	0,0148	-0,0606	-0,0039	0,4396	-0,0425	-0,0320	0,0000	-	0,05
		D_CIRUD	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna direito	0,0064	0,0064	0,0219	-0,0913	0,0392	0,0000	-	-	-	0,0075	0,05
		D_CIAUE ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero esquerdo	-0,0409	-0,0369	0,0137	-0,0826	-0,0222	0,0075	-	-	-	0,0000	0,05
		D_CIRUE	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna esquerdo	0,0012	0,0010	0,0183	-0,0573	0,0362	0,1484	-0,0053	0,0077	0,7113	-	0,05
		D_CITFD	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur direito	0,0054	0,0070	0,0118	-0,0267	0,0259	0,5171	0,0012	0,0095	0,0123	-	0,05
		D_CIFMD	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo direito	0,0031	0,0038	0,0087	-0,0244	0,0186	0,0205	-	-	-	0,0122	0,05
		D_CITFE	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur esquerdo	0,0151	0,0160	0,0156	-0,0168	0,0656	0,0944	0,0096	0,0205	0,0000	-	0,05
		D_CIFME	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo esquerdo	0,0031	0,0038	0,0083	-0,0191	0,0188	0,1786	0,0002	0,0060	0,0403	-	0,05
	Medidas de pé	D_CPD	Comprimento do Pé - direito - maior dedo	0,0103	0,0129	0,0097	-0,0101	0,0242	0,3228	0,0061	0,0145	0,0000	-	0,05
		D_LPD	Largura do Pé - direito	0,0077	0,0068	0,0323	-0,0376	0,0532	0,7640	-0,0172	0,0325	0,4983	-	0,05
		D_CPE	Comprimento do Pé - esquerdo - maior dedo	0,0131	0,0135	0,0060	0,0019	0,0264	0,8620	0,0107	0,0155	0,0000	-	0,05
		D_LPE	Largura do Pé - esquerdo	0,0160	0,0120	0,0265	-0,0477	0,0652	0,7101	0,0061	0,0258	0,0027	-	0,05
	Larguras de tronco	D_BA ¹	Largura Bi-Acrômio	-0,0291	-0,0256	0,0224	-0,0779	0,0358	0,3278	-0,0369	-0,0213	0,0000	-	0,05
		D_PAP ¹	Largura do Peito nas Axilas, Posterior	-0,0322	-0,0438	0,0438	-0,0974	0,0937	0,0546	-0,0482	-0,0161	0,0003	-	0,05
		D_PAA ¹	Largura do Peito nas Axilas, Anterior	0,0510	0,0418	0,0285	0,0118	0,1389	0,0273	-	-	-	0,0000	0,05
		D_BT	Largura Bi-Thelion	-0,0167	-0,0143	0,0273	-0,0638	0,0472	0,7962	-0,0264	-0,0070	0,0013	-	0,05
		D_B10	Largura Bi-10a Costela	0,0078	0,0082	0,0186	-0,0331	0,0642	0,1403	0,0013	0,0143	0,0204	-	0,05
		D_BC	Largura Bi-Crista Iliaca	0,0066	0,0073	0,0100	-0,0217	0,0301	0,4045	0,0030	0,0101	0,0007	-	0,05
		D_BE	Largura Bi-Espinha Iliaca	0,0023	0,0037	0,0148	-0,0257	0,0322	0,7755	-0,0029	0,0076	0,3802	-	0,05
		D_QSD	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados	0,0113	0,0119	0,0097	-0,0101	0,0323	0,4974	0,0079	0,0147	0,0000	-	0,05
	Medidas de mão	D_CMD	Comprimento da Mão - direito	-0,0175	-0,0154	0,0309	-0,0956	0,0333	0,0567	-0,0295	-0,0056	0,0056	-	0,05
		D_LMD	Largura da Mão - direito	-0,0395	-0,0419	0,0258	-0,1116	0,0135	0,4098	-0,0484	-0,0305	0,0000	-	0,05
		D_CME	Comprimento da Mão - esquerdo	-0,0570	-0,0567	0,0215	-0,0984	-0,0162	0,7234	-0,0657	-0,0483	0,0000	-	0,05
		D_LME	Largura da Mão - esquerdo	0,0268	0,0269	0,0247	-0,0354	0,0906	0,6149	0,0182	0,0355	0,0000	-	0,05
	Perímetros	P_BU	Perímetro do Busto/Peito	-0,0116	-0,0128	0,0171	-0,0484	0,0389	0,5652	-0,0176	-0,0056	0,0004	-	0,05
		P_CUBSD	Perímetro da Cicatriz Umbilical -pés separados	-0,0150	-0,0161	0,0165	-0,0662	0,0181	0,3381	-0,0207	-0,0092	0,0000	-	0,05
		P_QSD	Perímetro do Quadril, Máxima -pés separados	-0,0079	-0,0068	0,0087	-0,0298	0,0068	0,5747	-0,0110	-0,0048	0,0000	-	0,05
		P_CX	Perímetro da Coxa, Proximal	-0,0158	-0,0145	0,0142	-0,0463	0,0377	0,0012	-	-	-	0,0000	0,05
P_PA		Perímetro da Panturrilha	-0,0152	-0,0145	0,0115	-0,0469	0,0061	0,7248	-0,0192	-0,0112	0,0000	-	0,05	
P_T		Perímetro do Tornozelo	-0,0166	-0,0161	0,0179	-0,0428	0,0323	0,0341	-	-	-	0,0001	0,05	
P_B		Perímetro do Braço	-0,0845	-0,0752	0,0417	-0,2249	-0,0288	0,0004	-	-	-	0,0000	0,05	
P_A		Perímetro do Antebraço	-0,0372	-0,0326	0,0255	-0,1290	0,0141	0,0048	-	-	-	0,0000	0,05	
P_PU		Perímetro do Punho	0,0047	-0,0066	0,0854	-0,1091	0,4403	0,0000	-	-	-	0,4059	0,05	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 21 Tabela 14: Variação das medidas obtidas a partir de marcadores relativas às medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média de 5%

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de marcadores e a medição tradicional										Máxima diferença média (5%)
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	-0,0631	-0,0401	0,0964	-0,4326	0,1061	0,0003	-	-	-	0,0002	0,05
		D_PD	-0,0569	-0,0532	0,0452	-0,2205	0,0222	0,0133	-	-	-	0,0000	0,05
		D_UE ¹	-0,0463	-0,0459	0,1141	-0,3963	0,2642	0,1413	-0,0875	-0,0052	0,0286	-	0,05
		D_PE	-0,0380	-0,0285	0,0534	-0,2032	0,0499	0,0899	-0,0567	-0,0194	0,0002	-	0,05
		D_FD	0,0351	0,0366	0,0186	0,0069	0,0664	0,0440	-	-	-	0,0000	0,05
		D_TD	-0,0042	-0,0070	0,0172	-0,0339	0,0322	0,6674	-0,0103	0,0019	0,1766	-	0,05
		D_FE	0,0532	0,0550	0,0250	-0,0310	0,1028	0,1032	0,0445	0,0619	0,0000	-	0,05
		D_TE	0,0024	0,0002	0,0209	-0,0526	0,0440	0,4460	-0,0049	0,0097	0,5213	-	0,05
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	-0,0424	-0,0396	0,0146	-0,0861	-0,0160	0,1109	-0,0485	-0,0364	0,0000	-	0,05
		D_CIRUD	0,0060	0,0014	0,0354	-0,0295	0,1858	0,0000	-	-	-	0,5746	0,05
		D_CIAUE ¹	-0,0471	-0,0488	0,0198	-0,0857	-0,0035	0,9174	-0,0543	-0,0400	0,0000	-	0,05
		D_CIRUE	-0,0091	-0,0085	0,0185	-0,0562	0,0202	0,3085	-0,0157	-0,0026	0,0081	-	0,05
		D_CITFD	-0,0005	0,0005	0,0224	-0,0465	0,0874	0,0002	-	-	-	0,7207	0,05
		D_CIFMD	0,0045	0,0033	0,0072	-0,0090	0,0260	0,4381	0,0020	0,0070	0,0010	-	0,05
		D_CITFE	0,0087	0,0100	0,0128	-0,0174	0,0362	0,8879	0,0042	0,0132	0,0004	-	0,05
		D_CIFME	0,0046	0,0046	0,0058	-0,0085	0,0182	0,8974	0,0026	0,0067	0,0001	-	0,05
	Medidas de pé	D_CPD	0,0060	0,0100	0,0191	-0,0590	0,0298	0,0001	-	-	-	0,0283	0,05
		D_LPD	0,0053	0,0041	0,0215	-0,0156	0,0273	0,9231	-0,0480	0,0586	0,7263	-	0,05
		D_CPE	0,0097	0,0098	0,0109	-0,0162	0,0305	0,9580	0,0055	0,0139	0,0001	-	0,05
		D_LPE	0,0235	0,0287	0,0285	-0,0439	0,0772	0,7345	0,0120	0,0350	0,0003	-	0,05
	Larguras de tronco	D_BA ¹	-0,0375	-0,0385	0,0279	-0,0808	0,0310	0,4591	-0,0483	-0,0266	0,0000	-	0,05
		D_PAP ¹	-0,0245	-0,0219	0,0462	-0,1047	0,0627	0,5651	-0,0414	-0,0075	0,0061	-	0,05
		D_PAA ¹	0,0534	0,0480	0,0368	-0,0434	0,1203	0,0792	0,0406	0,0663	0,0000	-	0,05
		D_BT	-0,0096	-0,0080	0,0298	-0,1279	0,0594	0,0003	-	-	-	0,0445	0,05
		D_B10	-0,0036	-0,0036	0,0248	-0,0527	0,0462	0,8879	-0,0123	0,0051	0,4035	-	0,05
		D_BC	0,0108	0,0079	0,0106	-0,0058	0,0379	0,2032	0,0070	0,0146	0,0000	-	0,05
		D_BE	0,0046	0,0083	0,0242	-0,0735	0,0404	0,0000	-	-	-	0,0218	0,05
		D_QSD	0,0055	0,0067	0,0125	-0,0273	0,0316	0,9553	0,0011	0,0099	0,0138	-	0,05
	Medidas de mão	D_CMD	-0,0125	-0,0136	0,0279	-0,0778	0,0457	0,9258	-0,0227	-0,0022	0,0182	-	0,05
		D_LMD	-0,0526	-0,0561	0,0316	-0,1177	0,0056	0,5385	-0,0636	-0,0415	0,0000	-	0,05
		D_CME	-0,0688	-0,0627	0,0200	-0,1333	-0,0444	0,0007	-	-	-	0,0001	0,05
		D_LME	0,0125	0,0103	0,0395	-0,0927	0,0994	0,7546	-0,0012	0,0263	0,0742	-	0,05
Perímetros	P_BU	-0,0239	-0,0216	0,0181	-0,0703	0,0052	0,1098	-0,0301	-0,0177	0,0000	-	0,05	
	P_CUBSD	-0,0215	-0,0204	0,0167	-0,0601	0,0087	0,3748	-0,0272	-0,0158	0,0000	-	0,05	
	P_QSD	-0,0079	-0,0077	0,0092	-0,0266	0,0238	0,0095	-	-	-	0,0001	0,05	
	P_CX	-0,0223	-0,0237	0,0174	-0,0517	0,0298	0,2947	-0,0283	-0,0164	0,0000	-	0,05	
	P_PA	-0,0133	-0,0137	0,0121	-0,0456	0,0083	0,3700	-0,0175	-0,0092	0,0000	-	0,05	
	P_T	-0,0199	-0,0181	0,0173	-0,0814	0,0119	0,0285	-	-	-	0,0000	0,05	
	P_B	-0,0507	-0,0507	0,0280	-0,1125	-0,0046	0,1252	-0,0603	-0,0411	0,0000	-	0,05	
	P_A	-0,0449	-0,0435	0,0291	-0,1232	0,0006	0,1437	-0,0549	-0,0348	0,0000	-	0,05	
	P_PU	0,0033	0,0096	0,0418	-0,1108	0,0681	0,1591	-0,0110	0,0177	0,6361	-	0,05	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 22 Tabela 15: Diferença entre as medidas obtidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados e as medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de pontos e circunferências estimados e a medição tradicional										Máxima diferença média (ISO 20685)	
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)		
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	Diâmetro do Úmero direito	-0,0101	-0,0914	0,7943	-1,2093	1,9239	0,3787	-0,2873	0,2670	0,9412	-	0,4
		D_PD	Diâmetro do Punho direito	-0,3052	-0,3270	0,3735	-1,1710	0,9911	0,0341	-	-	-	0,0000	0,4
		D_UE ¹	Diâmetro do Úmero esquerdo	-0,4190	-0,5383	0,6049	-1,2443	1,0236	0,0645	-0,6301	-0,2080	0,0003	-	0,4
		D_PE	Diâmetro do Punho esquerdo	-0,2592	-0,2381	0,3709	-1,4575	0,4953	0,1008	-0,3886	-0,1298	0,0003	-	0,4
		D_FD	Diâmetro do Fêmur direito	0,5597	0,5332	1,0072	-1,4180	2,9951	0,7779	0,2082	0,9111	0,0027	-	0,4
		D_TD	Diâmetro do Tornozelo direito	-0,1040	-0,0824	0,2389	-0,7417	0,2861	0,0801	-0,1873	-0,0206	0,0160	-	0,4
		D_FE	Diâmetro do Fêmur esquerdo	0,5344	0,5544	0,7985	-0,7951	2,0174	0,2747	0,2557	0,8130	0,0004	-	0,4
		D_TE	Diâmetro do Tornozelo esquerdo	-0,1262	-0,1012	0,2189	-0,7153	0,2277	0,1254	-0,2026	-0,0498	0,0020	-	0,4
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero direito	-0,9717	-1,3392	2,4848	-6,0144	3,6035	0,7420	-1,8387	-0,1047	0,0292	-	0,5
		D_CIRUD	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna direito	0,1058	0,2889	1,4307	-2,6268	2,2667	0,2159	-0,3934	0,6050	0,6691	-	0,5
		D_CIAUE ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero esquerdo	-1,0561	-1,5810	2,5997	-6,0074	6,0064	0,1252	-1,9632	-0,1490	0,0239	-	0,5
		D_CIRUE	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna esquerdo	-0,0108	0,1529	1,3562	-3,1467	2,4015	0,2860	-0,4840	0,4624	0,9633	-	0,5
		D_CITFD	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur direito	0,1866	-0,0537	2,5095	-4,5181	6,6806	0,8065	-0,6890	1,0621	0,6674	-	0,5
		D_CIFMD	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo direito	0,1118	0,0664	1,7101	-2,9129	4,8732	0,4175	-0,4848	0,7085	0,7057	-	0,5
		D_CITFE	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur esquerdo	0,5112	0,3338	2,3905	-3,3119	7,4913	0,0525	-0,3229	1,3453	0,2212	-	0,5
		D_CIFME	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo esquerdo	0,1055	-0,2333	1,6489	-2,8083	4,3870	0,5577	-0,4698	0,6808	0,7113	-	0,5
	Medidas de pé	D_CPD	Comprimento do Pé - direito - maior dedo	-0,5304	-0,5313	0,3238	-1,2282	0,1758	0,9704	-0,6433	-0,4174	0,0000	-	0,2
		D_LPD	Largura do Pé - direito	0,0075	-0,0618	0,3763	-0,7641	0,7040	0,3225	-0,1330	0,1480	0,9131	-	0,2
		D_CPE	Comprimento do Pé - esquerdo - maior dedo	-0,6293	-0,5651	0,4468	-1,8487	0,0485	0,1094	-0,7852	-0,4734	0,0000	-	0,2
		D_LPE	Largura do Pé - esquerdo	0,1341	0,1762	0,3039	-0,4787	0,6565	0,3205	0,0264	0,2419	0,0162	-	0,2
	Larguras de tronco	D_BA ¹	Largura Bi-Acrômio	-2,0821	-1,1392	5,5171	-17,5299	6,8100	0,0072	-	-	-	0,0842	0,4
		D_PAP ¹	Largura do Peito nas Axilas, Posterior	-0,7707	-0,9353	2,5449	-4,8794	7,3246	0,0947	-1,6586	0,1173	0,0867	-	0,4
		D_PAA ¹	Largura do Peito nas Axilas, Anterior	1,9037	1,6488	1,9261	-1,2077	5,6218	0,0693	1,2317	2,5758	0,0000	-	0,4
		D_BT	Largura Bi-Thelion	-0,6005	-0,4992	1,6078	-3,2959	2,0789	0,1150	-1,1706	-0,0304	0,0396	-	0,4
		D_B10	Largura Bi-10a Costela	0,4155	0,3947	1,7790	-4,2185	5,3394	0,5486	-0,2052	1,0362	0,1824	-	0,4
		D_BC	Largura Bi-Crista Iliaca	0,2387	0,1884	0,7995	-1,0693	1,9681	0,6048	-0,0403	0,5176	0,0911	-	0,4
		D_BE	Largura Bi-Espinha Iliaca	0,6007	0,7486	1,4473	-2,9743	3,2264	0,4935	0,0957	1,1057	0,0212	-	0,4
		D_QSD	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados	0,3188	0,4244	0,7045	-1,8450	1,6180	0,2218	0,0730	0,5646	0,0126	-	0,4
	Medidas de mão	D_CMD	Comprimento da Mão - direito	-0,2800	-0,4056	0,7742	-1,9960	0,9060	0,1599	-0,5501	-0,0098	0,0427	-	0,1
		D_LMD	Largura da Mão - direito	-0,8129	-0,8789	0,5807	-1,9507	0,1694	0,4130	-1,0155	-0,6102	0,0000	-	0,1
		D_CME	Comprimento da Mão - esquerdo	-1,0114	-0,9206	0,9014	-2,8241	0,7596	0,8855	-1,3310	-0,6918	0,0000	-	0,1
		D_LME	Largura da Mão - esquerdo	-0,2822	-0,0076	0,9284	-2,2549	0,9197	0,0148	-	-	-	0,2932	0,1
	Perímetros	P_BU	Perímetro do Busto/Peito	4,3212	1,6437	9,9574	-4,7584	36,5344	0,0000	-	-	-	0,0125	0,9
P_CUBSD		Perímetro da Cicatriz Umbilical -pés separados	1,0217	0,7581	2,5196	-6,4403	6,3799	0,3857	0,1425	1,9008	0,0241	-	0,9	
P_QSD		Perímetro do Quadril, Máxima -pés separados	-0,0161	-0,1006	2,1358	-4,1799	7,4229	0,0363	-	-	-	0,7779	0,9	
P_CX		Perímetro da Coxa, Proximal	0,1276	-0,3338	3,5028	-3,7519	16,5667	0,0000	-	-	-	0,3429	0,4	
P_PA		Perímetro da Panturrilha	-0,2374	-0,2270	0,6636	-1,7024	1,5492	0,2310	-0,4690	-0,0059	0,0448	-	0,4	
P_T		Perímetro do Tornozelo	0,0882	0,0461	0,5040	-0,8674	0,8874	0,0978	-0,0876	0,2641	0,3148	-	0,4	
P_B		Perímetro do Braço	-0,3329	-0,9395	1,9923	-3,5226	5,4359	0,0117	-	-	-	0,1211	0,4	
P_A		Perímetro do Antebraço	0,1263	0,1133	0,7450	-1,5544	1,5181	0,5410	-0,1337	0,3862	0,3301	-	0,4	
P_PU		Perímetro do Punho	2,3859	2,0872	1,4952	-0,0688	7,0611	0,0001	-	-	-	0,0000	0,4	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 23 Tabela 16: Diferença entre as medidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados e as medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média determinada pela ISO 20685

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de pontos e circunferências estimados e a medição tradicional										Máxima diferença média (ISO 20685)
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	-0,1344	-0,0869	0,7493	-2,2515	1,5177	0,5017	-0,4000	0,1313	0,3108	-	0,4
		D_PD	-0,3570	-0,2768	0,3803	-1,6179	0,2689	0,0515	-0,4898	-0,2243	0,0000	-	0,4
		D_UE ¹	-0,0862	0,0145	0,8163	-2,7748	1,7594	0,1068	-0,3711	0,1986	0,5418	-	0,4
		D_PE	-0,3476	-0,2279	0,3694	-1,3278	0,2966	0,0152	-	-	-	0,0000	0,4
		D_FD	0,3194	0,2504	0,5620	-0,7881	1,6512	0,2882	0,1233	0,5155	0,0022	-	0,4
		D_TD	-0,1465	-0,1499	0,1793	-0,5175	0,2051	0,8313	-0,2090	-0,0840	0,0000	-	0,4
		D_FE	0,5368	0,5425	0,6289	-0,8150	1,8722	0,9825	0,3174	0,7562	0,0000	-	0,4
		D_TE	-0,1226	-0,0861	0,2795	-0,9454	0,3568	0,4372	-0,2201	-0,0251	0,0153	-	0,4
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	-1,3805	-1,5630	2,7207	-7,0403	6,2249	0,5974	-2,3298	-0,4312	0,0057	-	0,5
		D_CIRUD	-0,0390	0,2614	0,9893	-3,0416	1,9165	0,1607	-0,3842	0,3062	0,8192	-	0,5
		D_CIAUE ¹	-1,4254	-1,6658	2,3982	-6,1779	5,8698	0,4310	-2,2622	-0,5887	0,0015	-	0,5
		D_CIRUE	-0,1763	-0,0637	0,9968	-3,5154	1,5499	0,0782	-0,5241	0,1715	0,3100	-	0,5
		D_CITFD	-0,0642	-0,1106	1,8745	-2,7762	5,2269	0,0387	-	-	-	0,4568	0,5
		D_CIFMD	0,1626	0,1761	1,0117	-1,8475	2,2625	0,9002	-0,1904	0,5156	0,3553	-	0,5
		D_CITFE	0,2347	0,0551	1,9640	-2,5354	6,0752	0,0143	-	-	-	0,8527	0,5
		D_CIFME	0,1974	0,1741	1,1132	-2,1751	2,2439	0,4076	-0,1910	0,5858	0,3086	-	0,5
	Medidas de pé	D_CPD	-0,4828	-0,2804	0,8577	-4,0233	0,4035	0,0000	-	-	-	0,0006	0,2
		D_LPD	-0,1223	-0,0781	0,3595	-0,7801	1,0949	0,0178	-	-	-	0,0313	0,2
		D_CPE	-0,4375	-0,3960	0,5407	-2,3590	0,3829	0,0084	-	-	-	0,0000	0,2
		D_LPE	0,0917	0,0719	0,2516	-0,2979	1,0053	0,0059	-	-	-	0,0606	0,2
	Larguras de tronco	D_BA ¹	-2,2147	-1,3995	5,1557	-15,9946	4,6029	0,0077	-	-	-	0,0483	0,4
		D_PAP ¹	-0,4961	-0,8525	2,1284	-3,7880	4,1184	0,1251	-1,2387	0,2465	0,1833	-	0,4
		D_PAA ¹	1,8143	1,6165	1,6571	-0,7114	5,3534	0,1966	1,2361	2,3925	0,0000	-	0,4
		D_BT	-0,1488	-0,0884	2,1528	-4,6529	5,9254	0,6604	-0,9000	0,6023	0,6895	-	0,4
		D_B10	0,0946	-0,0408	1,2659	-2,2440	2,4567	0,1941	-0,3471	0,5363	0,6656	-	0,4
		D_BC	0,3810	0,3018	1,0699	-1,4359	3,4211	0,3136	0,0077	0,7543	0,0457	-	0,4
		D_BE	0,3018	-0,0454	1,6932	-2,5716	4,0343	0,1651	-0,2890	0,8926	0,3061	-	0,4
		D_QSD	0,0994	0,0167	0,8331	-1,4903	2,4832	0,5256	-0,1912	0,3901	0,4912	-	0,4
	Medidas de mão	D_CMD	-0,3092	-0,3514	0,6088	-1,5169	0,7366	0,2818	-0,5217	-0,0968	0,0056	-	0,1
		D_LMD	-0,8696	-0,7335	0,6014	-2,4225	-0,0957	0,0057	-	-	-	0,0000	0,1
		D_CME	-1,1711	-1,1295	0,5760	-2,6400	0,3160	0,3503	-1,3721	-0,9701	0,0000	-	0,1
		D_LME	-0,4045	-0,1571	0,7460	-2,3093	0,8756	0,0340	-	-	-	0,0055	0,1
	Perímetros	P_BU	2,8513	1,0675	8,7531	-4,5929	28,1738	0,0000	-	-	-	0,3678	0,9
P_CUBSD		1,0833	1,3971	3,3767	-10,5720	11,2435	0,0026	-	-	-	0,0092	0,9	
P_QSD		0,1726	-0,1683	1,6483	-2,1181	3,9742	0,0041	-	-	-	0,8020	0,9	
P_CX		-0,6577	-0,7333	2,7222	-5,6244	10,6190	0,0002	-	-	-	0,0166	0,4	
P_PA		-0,1065	-0,0554	0,6648	-1,9472	1,2764	0,6490	-0,3349	0,1219	0,3499	-	0,4	
P_T		0,3896	0,4021	0,4129	-0,6540	1,4528	0,9585	0,2478	0,5314	0,0000	-	0,4	
P_B		0,4739	0,2759	2,0539	-3,5173	10,2098	0,0000	-	-	-	0,1002	0,4	
P_A		-0,0131	0,0573	0,6322	-1,2606	1,0355	0,1274	-0,2302	0,2041	0,9033	-	0,4	
P_PU		1,9621	1,8523	0,8267	-0,0316	4,2956	0,2030	1,6737	2,2506	0,0000	-	0,4	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 24 Tabela 17: Variação das medidas obtidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados relativas às medidas tradicionais dos homens em comparação com a máxima diferença média de 5%

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de pontos e circunferências estimados e a medição tradicional										Máxima diferença média (5%)
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)	
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	0,0000	-0,0140	0,1159	-0,1739	0,2960	0,3554	-0,0404	0,0405	0,9988	-	0,05
		D_PD	-0,0547	-0,0553	0,0654	-0,1952	0,1709	0,0454	-	-	-	0,0000	0,05
		D_UE ¹	-0,0609	-0,0765	0,0891	-0,1798	0,1495	0,0372	-	-	-	0,0010	0,05
		D_PE	-0,0451	-0,0421	0,0636	-0,2389	0,0812	0,2418	-0,0673	-0,0229	0,0002	-	0,05
		D_FD	0,0564	0,0622	0,1000	-0,1462	0,3084	0,9480	0,0215	0,0913	0,0024	-	0,05
		D_TD	-0,0135	-0,0113	0,0309	-0,0927	0,0381	0,3058	-0,0243	-0,0027	0,0157	-	0,05
		D_FE	0,0512	0,0557	0,0782	-0,0837	0,1921	0,3478	0,0239	0,0785	0,0006	-	0,05
		D_TE	-0,0170	-0,0136	0,0304	-0,1068	0,0308	0,0746	-0,0276	-0,0064	0,0026	-	0,05
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	-0,0274	-0,0398	0,0723	-0,1630	0,1066	0,6017	-0,0527	-0,0022	0,0344	-	0,05
		D_CIRUD	0,0074	0,0118	0,0598	-0,0984	0,1122	0,3603	-0,0135	0,0282	0,4784	-	0,05
		D_CIAUE ¹	-0,0306	-0,0458	0,0776	-0,1976	0,1793	0,1149	-0,0577	-0,0035	0,0279	-	0,05
		D_CIRUE	0,0023	0,0062	0,0551	-0,1132	0,1107	0,5163	-0,0169	0,0215	0,8046	-	0,05
		D_CITFD	0,0090	-0,0014	0,0675	-0,1039	0,2024	0,2253	-0,0145	0,0326	0,4438	-	0,05
		D_CIFMD	0,0043	0,0016	0,0401	-0,0625	0,1228	0,2784	-0,0097	0,0183	0,5401	-	0,05
		D_CITFE	0,0173	0,0090	0,0675	-0,0779	0,2348	0,0036	-	-	-	0,3172	0,05
		D_CIFME	0,0039	-0,0051	0,0391	-0,0599	0,1097	0,2403	-0,0097	0,0176	0,5608	-	0,05
	Medidas de pé	D_CPD	-0,0201	-0,0208	0,0121	-0,0442	0,0070	0,7446	-0,0243	-0,0159	0,0000	-	0,05
		D_LPD	0,0014	-0,0059	0,0372	-0,0721	0,0684	0,2974	-0,0125	0,0153	0,8417	-	0,05
		D_CPE	-0,0238	-0,0213	0,0169	-0,0728	0,0019	0,0907	-0,0297	-0,0179	0,0000	-	0,05
		D_LPE	0,0139	0,0174	0,0295	-0,0443	0,0677	0,5565	0,0034	0,0244	0,0111	-	0,05
	Larguras de tronco	D_BA ¹	-0,0536	-0,0291	0,1474	-0,4869	0,1866	0,0045	-	-	-	0,0842	0,05
		D_PAP ¹	-0,0186	-0,0258	0,0695	-0,1226	0,2296	0,0067	-	-	-	0,0366	0,05
		D_PAA ¹	0,0575	0,0447	0,0595	-0,0328	0,1730	0,0259	-	-	-	0,0000	0,05
		D_BT	-0,0226	-0,0222	0,0700	-0,1375	0,1124	0,3778	-0,0474	0,0022	0,0736	-	0,05
		D_B10	0,0240	0,0193	0,0811	-0,1480	0,2206	0,5767	-0,0043	0,0523	0,0945	-	0,05
		D_BC	0,0083	0,0056	0,0256	-0,0316	0,0778	0,3289	-0,0006	0,0173	0,0693	-	0,05
		D_BE	0,0256	0,0308	0,0563	-0,1066	0,1280	0,8857	0,0059	0,0452	0,0126	-	0,05
		D_QSD	0,0095	0,0124	0,0193	-0,0446	0,0448	0,4502	0,0028	0,0162	0,0071	-	0,05
	Medidas de mão	D_CMD	-0,0134	-0,0210	0,0396	-0,0974	0,0479	0,1551	-0,0272	0,0004	0,0563	-	0,05
		D_LMD	-0,0968	-0,1059	0,0685	-0,2295	0,0202	0,4074	-0,1207	-0,0729	0,0000	-	0,05
		D_CME	-0,0513	-0,0497	0,0453	-0,1371	0,0390	0,8693	-0,0674	-0,0353	0,0000	-	0,05
		D_LME	-0,0332	-0,0009	0,1129	-0,2765	0,1277	0,0257	-	-	-	0,2891	0,05
	Perímetros	P_BU	0,0398	0,0160	0,0910	-0,0459	0,3266	0,0000	-	-	-	0,0179	0,05
		P_CUBSD	0,0110	0,0080	0,0255	-0,0537	0,0609	0,4900	0,0021	0,0200	0,0168	-	0,05
		P_QSD	-0,0002	-0,0010	0,0189	-0,0334	0,0599	0,1894	-0,0068	0,0064	0,9497	-	0,05
		P_CX	-0,0002	-0,0060	0,0505	-0,0597	0,2233	0,0000	-	-	-	0,3084	0,05
P_PA		-0,0060	-0,0054	0,0180	-0,0478	0,0445	0,1635	-0,0123	0,0003	0,0638	-	0,05	
P_T		0,0040	0,0018	0,0213	-0,0347	0,0396	0,0966	-0,0034	0,0115	0,2815	-	0,05	
P_B		-0,0121	-0,0270	0,0574	-0,1074	0,1369	0,0626	-0,0324	0,0083	0,2357	-	0,05	
P_A		0,0045	0,0038	0,0275	-0,0565	0,0579	0,5852	-0,0051	0,0141	0,3379	-	0,05	
P_PU		0,1398	0,1216	0,0987	-0,0042	0,5390	0,0000	-	-	-	0,0000	0,05	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização

Apêndice 25 Tabela 18: Variação das medidas obtidas a partir de marcos anatômicos e circunferências estimados relativas às medidas tradicionais das mulheres em comparação com a máxima diferença média de 5%

	Código	Nome	Diferença entre a medição a partir de pontos e circunferências estimados e a medição tradicional										Máxima diferença média (5%)	
			Média amostral	Mediana amostral	Desvio padrão amostral	Mínimo	Máximo	Teste de Shapiro-Wilk (p-valor)	Limite Inferior	Limite Superior	Teste t pareado (p-valor)	Teste de Wilcoxon (p-valor)		
Distância entre dois pontos	Diâmetros	D_UD ¹	Diâmetro do Úmero direito	-0,0164	-0,0136	0,1207	-0,2395	0,2907	0,4683	-0,0592	0,0264	0,4413	-	0,05
		D_PD	Diâmetro do Punho direito	-0,0688	-0,0519	0,0690	-0,2609	0,0489	0,4558	-0,0929	-0,0447	0,0000	-	0,05
		D_UE ¹	Diâmetro do Úmero esquerdo	-0,0070	0,0023	0,1270	-0,2952	0,3033	0,9571	-0,0513	0,0373	0,7499	-	0,05
		D_PE	Diâmetro do Punho esquerdo	-0,0674	-0,0477	0,0690	-0,2475	0,0618	0,0892	-0,0915	-0,0433	0,0000	-	0,05
		D_FD	Diâmetro do Fêmur direito	0,0314	0,0267	0,0566	-0,0758	0,1614	0,1953	0,0116	0,0511	0,0028	-	0,05
		D_TD	Diâmetro do Tornozelo direito	-0,0218	-0,0233	0,0270	-0,0796	0,0321	0,8927	-0,0312	-0,0124	0,0000	-	0,05
		D_FE	Diâmetro do Fêmur esquerdo	0,0548	0,0583	0,0625	-0,0632	0,2080	0,8169	0,0330	0,0766	0,0000	-	0,05
		D_TE	Diâmetro do Tornozelo esquerdo	-0,0182	-0,0127	0,0423	-0,1390	0,0532	0,5021	-0,0330	-0,0034	0,0173	-	0,05
	Comprimentos interarticulares	D_CIAUD ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero direito	-0,0422	-0,0480	0,0857	-0,2146	0,2021	0,5023	-0,0721	-0,0123	0,0071	-	0,05
		D_CIRUD	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna direito	0,0001	0,0121	0,0434	-0,1122	0,0944	0,7129	-0,0151	0,0152	0,9906	-	0,05
		D_CIAUE ¹	Comprimento Interarticular Acrômio-Úmero esquerdo	-0,0447	-0,0513	0,0761	-0,1878	0,1925	0,2938	-0,0713	-0,0182	0,0016	-	0,05
		D_CIRUE	Comprimento Interarticular Rádio-Ulna esquerdo	-0,0059	-0,0028	0,0420	-0,1269	0,0738	0,6734	-0,0205	0,0087	0,4168	-	0,05
		D_CITFD	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur direito	0,0013	-0,0030	0,0530	-0,0677	0,1633	0,0044	-	-	-	0,5103	0,05
		D_CIFMD	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo direito	0,0049	0,0046	0,0257	-0,0457	0,0625	0,9333	-0,0040	0,0139	0,2744	-	0,05
		D_CITFE	Comprimento Interarticular Trocanter-Fêmur esquerdo	0,0099	0,0015	0,0570	-0,0668	0,1960	0,0014	-	-	-	0,7005	0,05
		D_CIFME	Comprimento Interarticular Fêmur-Maléolo esquerdo	0,0058	0,0043	0,0282	-0,0527	0,0584	0,5033	-0,0041	0,0156	0,2418	-	0,05
	Medidas de pé	D_CPD	Comprimento do Pé - direito - maior dedo	-0,0192	-0,0124	0,0331	-0,1452	0,0172	0,0000	-	-	-	0,0007	0,05
		D_LPD	Largura do Pé - direito	-0,0120	-0,0082	0,0387	-0,0857	0,1259	0,0123	-	-	-	0,0370	0,05
		D_CPE	Comprimento do Pé - esquerdo - maior dedo	-0,0182	-0,0167	0,0229	-0,1017	0,0164	0,0033	-	-	-	0,0000	0,05
		D_LPE	Largura do Pé - esquerdo	0,0108	0,0073	0,0284	-0,0289	0,1169	0,0017	-	-	-	0,0444	0,05
	Larguras de tronco	D_BA ¹	Largura Bi-Acrômio	-0,0631	-0,0426	0,1466	-0,4639	0,1156	0,0068	-	-	-	0,0483	0,05
		D_PAP ¹	Largura do Peito nas Axilas, Posterior	-0,0130	-0,0261	0,0666	-0,1053	0,1382	0,0330	-	-	-	0,1967	0,05
		D_PAA ¹	Largura do Peito nas Axilas, Anterior	0,0616	0,0555	0,0591	-0,0207	0,2062	0,0660	0,0410	0,0822	0,0000	-	0,05
		D_BT	Largura Bi-Thelion	0,0011	-0,0062	0,1361	-0,2134	0,4897	0,0065	-	-	-	0,4886	0,05
		D_B10	Largura Bi-10a Costela	0,0070	-0,0022	0,0673	-0,1181	0,1321	0,1764	-0,0165	0,0304	0,5516	-	0,05
		D_BC	Largura Bi-Crista Iliaca	0,0119	0,0103	0,0358	-0,0570	0,1100	0,4535	-0,0006	0,0244	0,0611	-	0,05
		D_BE	Largura Bi-Espinha Iliaca	0,0152	-0,0017	0,0713	-0,1045	0,2229	0,1180	-0,0097	0,0401	0,2213	-	0,05
		D_QSD	Largura do Quadril no Trocanter - pés separados	0,0031	0,0005	0,0223	-0,0406	0,0716	0,3235	-0,0047	0,0109	0,4184	-	0,05
	Medidas de mão	D_CMD	Comprimento da Mão - direito	-0,0167	-0,0195	0,0337	-0,0820	0,0441	0,3866	-0,0284	-0,0049	0,0070	-	0,05
		D_LMD	Largura da Mão - direito	-0,1156	-0,1005	0,0777	-0,3131	-0,0135	0,0142	-	-	-	0,0000	0,05
		D_CME	Comprimento da Mão - esquerdo	-0,0652	-0,0655	0,0308	-0,1451	0,0169	0,3253	-0,0759	-0,0544	0,0000	-	0,05
		D_LME	Largura da Mão - esquerdo	-0,0547	-0,0211	0,1027	-0,3253	0,1199	0,0263	-	-	-	0,0058	0,05
	Perímetros	P_BU	Perímetro do Busto/Peito	0,0250	0,0107	0,0815	-0,0557	0,2624	0,0000	-	-	-	0,4035	0,05
P_CUBSD		Perímetro da Cicatriz Umbilical -pés separados	0,0120	0,0146	0,0341	-0,0933	0,0923	0,1035	0,0003	0,0237	0,0435	-	0,05	
P_QSD		Perímetro do Quadril, Máxima -pés separados	0,0013	-0,0014	0,0156	-0,0227	0,0389	0,0108	-	-	-	0,7777	0,05	
P_CX		Perímetro da Coxa, Proximal	-0,0118	-0,0108	0,0417	-0,0863	0,1580	0,0004	-	-	-	0,0140	0,05	
P_PA		Perímetro da Panturrilha	-0,0020	-0,0014	0,0171	-0,0417	0,0336	0,8086	-0,0079	0,0039	0,5155	-	0,05	
P_T		Perímetro do Tornozelo	0,0174	0,0173	0,0188	-0,0319	0,0576	0,9523	0,0109	0,0239	0,0000	-	0,05	
P_B		Perímetro do Braço	0,0138	0,0081	0,0573	-0,1180	0,2591	0,0000	-	-	-	0,0712	0,05	
P_A		Perímetro do Antebraço	-0,0004	0,0026	0,0270	-0,0490	0,0575	0,1792	-0,0097	0,0089	0,9358	-	0,05	
P_PU		Perímetro do Punho	0,1261	0,1249	0,0540	-0,0022	0,2789	0,1363	0,1073	0,1450	0,0000	-	0,05	

¹ A postura de medição tradicional é diferente da postura de digitalização