

CAPTURA DE MOVIMENTOS E DESIGN DO VESTUÁRIO: ANÁLISE DA CINTURA-ESCAPULAR PARA A ERGONOMIA DA CAVA

MOTION CAPTURE AND APPAREL DESIGN: SHOULDER GIRDLE ANALYSIS FOR ARMHOLE ERGONOMY.

Milton Luiz Horn Vieira¹

Gabriel de Souza Prim²

Fernanda Iervolino³

Resumo

A tecnologia de captura de movimentos do corpo, MoCap, é atualmente utilizada para pesquisas em diferentes cenários, como a medicina, o esporte, a robótica, a animação, o desenvolvimento de games, a indústria do vestuário e a cinematográfica. Atualmente, não há nenhum método dinâmico confiável, além do MoCap, para estudar a estrutura interna dos segmentos do corpo humano de maneira não-invasiva. Neste contexto, esta pesquisa tem por objetivo verificar as informações fornecidas pelo MoCap que possam contribuir para aferir ergonomia a peças do vestuário. Foi tratada especificamente a região da cintura-escapular, onde localiza-se a cava das roupas. Utilizou-se o método *marker set* para formar o esqueleto digital que reproduzisse os movimentos do corpo humano na região definida. Os resultados mostram que a posição dos marcadores externos interfere na medida de eixos internos. Esses eixos são visíveis apenas por meio do MoCap, portanto, não podem ser medidos com fita métrica como se faz nas roupas sob medida. Verificou-se, então, que a tecnologia fornece informações adicionais para a execução de modelagens do vestuário, o que pode torná-las mais ergonômicas na região da cava.

Palavras-chave: captura de movimentos; design do vestuário; cintura-escapular; ergonomia.

Abstract

The motion capture technology, or MoCap, is currently used for research in different scenarios, such as medicine, sport, robotics, animation, game development, apparel and cinematographic industry. Currently, there is no reliable dynamic method, other than MoCap, to study the internal structure of human body segments in a non-invasive way. In this context, this research aims to verify the information provided by MoCap that may contribute to assess garments ergonomics. It was specifically treated the region of the shoulder girdle, where the clothing armhole is located. The marker set method was used to create the digital skeleton that reproduces the movements of the human body in the defined region. The results show that the position of the external markers interferes with the measurement of internal axes. These axes are visible only through MoCap, so they cannot be measured with tape as it is done with custom made clothing. It was found, then, that the technology provides additional information for performing clothing modeling, which may make it more ergonomic in the armhole region.

Keywords: motion capture; apparel design, shoulder girdle, ergonomics.

¹ Professor Doutor - UFSC – Departamento de Expressão Gráfica, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, milton.vieira@ufsc.br.

² Professor Doutor - UFSC – Departamento de Expressão Gráfica, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, gabriel.prim@ufsc.br.

³ Professora Mestra - UFSC – Departamento de Expressão Gráfica, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, fernanda.i@ufsc.br.

1. Introdução

De acordo com Costa et al. (2015), o processo manual de obtenção de medidas do corpo humano é impreciso, porém, a precisão pode ser obtida com o auxílio de softwares específicos que identificam os pontos correspondentes aos segmentos que serão mensurados durante o processo de desenvolvimento de produtos do vestuário. Para os autores, “a tecnologia CAD (Computer Aided Design) é fundamental para a criação automatizada de padrões de vestuário”, e os novos softwares são usados com o objetivo de transformar a imagem digitalizada 3D em moldes de roupa em 2D.

O estudo do corpo através de equipamentos de scanner 3D e tecnologias de captura de movimento chamadas MoCap (do inglês *motion capture*), proporciona a visualização mais precisa e conhecimento aprofundado do corpo humano, essencial para a compreensão de sua estrutura. Tais tecnologias oferecem informações determinantes para a descoberta de novas relações anatômicas que podem ser utilizadas para a criação de produtos que requeiram ergonomia.

No presente trabalho, foi estudada especificamente a anatomia da estrutura da cintura-escapular⁴: conjunto de ossos composto por articulação revestida por músculos que incluem o trapézio, o romboide e o serrátil anterior, e se conectam à cabeça do úmero (FERREIRA, 2016). Este grupo é amplamente móvel e permite os movimentos angulares da região e braços.

No desenvolvimento de produtos do vestuário, a parte da roupa relacionada à articulação da cintura-escapular é denominada cava⁵. No desenho do molde da roupa, a curva da cava pode ser dividida entre frontal e posterior, e seu formato é determinado por um conjunto de relações entre perímetros e segmentos do corpo, medidos, atualmente, por meio de dois métodos: a) pelo uso da fita métrica e b) pelo uso do scanner 3D (BASTOS et al., 2013).

No entanto, como a insatisfação dos consumidores quanto à ergonomia das roupas na região da cava é notável (CHOI et al., 2007; OTANI et al., 2014; FAUST; CARRIER, 2009 e TRAN, 2015), o presente trabalho visa utilizar a tecnologia de MoCap com vistas no aprofundamento do estudo antropométrico da região da cintura-escapular do corpo, de modo a levantar novos dados que estabeleçam relações entre medidas ainda mais precisas.

Neste contexto, foram feitos modelos de testes iniciais de captura de movimento com um indivíduo voluntário para que fossem avaliados os movimentos na região referida, sabendo-se que o estudo pode ser ampliado para outras partes diversas do corpo. O objetivo desses testes foi verificar o comportamento do esqueleto digital mediante os movimentos reais do corpo humano.

A relevância deste trabalho se dá pela perspectiva de que o MoCap pode contribuir para definir pontos e eixos do corpo humano em movimento, seja masculino ou feminino, que interferem diretamente no conforto do vestuário na cintura-escapular. Considerando que futuras análises serão feitas medindo-se o corpo inteiro, já é estimado que este primeiro recorte leve a resultados que ofereçam novos parâmetros para o desenvolvimento de produtos do vestuário com fins ergonômicos.

⁴ Cintura escapular é formada pela clavícula e pela escápula, e situa-se na parte posterior do ombro.

⁵ Abertura circular da roupa que abrange o ombro e a axila, à qual é costurada a manga.

2. Fundamentação Teórica

Para estudar uma região do corpo e sua relação com o vestuário, é necessário entender o contexto em que se relacionam, proceder a análise dos objetivos e instruções que devam orientar o andamento dos mesmos. Desta forma, a fundamentação teórica se sustenta em dois pilares: a) ergonomia aplicada ao vestuário; b) a tecnologia de digitalização do corpo em movimento.

Como o fruto da pesquisa leva à interação entre homem e objeto, no primeiro momento foi realizado um estudo sobre o conceito de ergonomia, de antropometria e a relação de ambas com o vestuário. Em seguida, a fundamentação teórica contemplou a descrição do método MoCap existente para a avaliação do corpo humano em movimento.

2.1. Ergonomia

Em agosto de 2000, a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) adotou a definição oficial de ergonomia, que engloba com precisão os aspectos e os campos de atuação desta disciplina e é amplamente aceita pelas organizações que tratam do assunto, entre elas a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), ou seja:

[...] a Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas (ABERGO)⁶.

Para Lida (2005), ergonomia é o estudo da interação entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente, através da aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos dessa interação. Devido à sua amplitude, a ergonomia passou a ser tratada pelo IEA em três campos distintos: ergonomia física, ergonomia organizacional e ergonomia cognitiva, salientando que essas são as macro-classificações, pois as mesmas podem ser subdivididas em domínios menores.

Nesta pesquisa, foi dado enfoque à ergonomia física, que está associada às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, na relação homem-atividade física.

2.2. Antropometria

À medida que o corpo é adotado como base para a concepção de produtos, o estudo antropométrico faz-se fundamental no sentido de fornecer as medidas exatas do corpo em questão e possibilitar um projeto condizente com o mesmo. Para tanto, não se pode ignorar as variações de biótipos entre indivíduos e grupos sociais (PEQUINI, 2005), visto que a própria antropometria faz medições a fim de determinar padrões de altura, comprimento, circunferência e proporcionalidade como intuito de viabilizar a produção de artefatos compatíveis com o maior número possível de pessoas.

⁶ http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia. Acesso em: 29 set. 2017.

Porém, segundo Quaresma e Moraes (2001), é difícil projetar um produto adaptável a todos os tipos físicos do mundo, então é necessário demarcar a qual conjunto de pessoas um determinado produto será destinado, e estas pessoas devem ter características semelhantes. Logo, o design de um produto que requeira interação física com o corpo, está delimitado pelo conhecimento das características do grupo usuário.

A medição dos corpos pode ser feita através da antropometria estática, dinâmica ou funcional. Para Lida (2005, p.110), a antropometria:

[...] estática é aquela em que as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos e as medições realizam-se entre pontos anatômicos claramente identificados; a dinâmica mede o alcance dos movimentos, os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático; a funcional são medidas antropométricas relacionadas com a execução de tarefas específicas.

Os instrumentos de medição podem ser manuais ou computadorizados, sendo que os primeiros englobam ferramentas de simples manuseio, rápidos e não-invasivos, incluindo balança antropométrica, câmera, fita métrica, antropômetro, plicômetro (ou adipômetro) e paquímetro (SIMMONS; ISTOOK, 2003).

Por outro lado, os *scanners 3D* são instrumentos computadorizados de custo elevado que, atualmente, vem se apresentando como uma alternativa tecnológica para medir o corpo. Segundo Simmons e Istook (2003), as tecnologias de escaneamento tridimensional (3D) são capazes de extrair um infinito número de tipos de dados e medidas, formas do corpo, ângulos e proporções entre pontos específicos mais facilmente do que os métodos lineares e tradicionais de medição. Para Vinué et al. (2014), os *scanners 3D* oferecem muitos benefícios em diferentes áreas do design de moda e manufatura do vestuário, visto que, no processo de confecção, parte-se de moldes bidimensionais para se projetar roupas tridimensionais. Neste sentido, o *scanner 3D* é capaz de corroborar a vestibilidade.

2.3. Antropometria e Ergonomia no Vestuário

A modelagem industrial do vestuário consiste na habilidade de correlacionar medidas do corpo humano para representá-las graficamente em um plano lógico bidimensional do qual são extraídos os moldes, os quais servem de gabarito para o corte dos tecidos que farão parte da roupa. O modelista é o profissional responsável pela elaboração dos moldes a partir de um desenho técnico e das demais especificações do produto a ser criado, definidas pelo estilista ou equipe de criação (JONES, 2005). O suporte de trabalho do modelista é o corpo humano, no entanto, para que os diversos produtos de moda vistam o corpo, é necessário adaptar suas medidas a fim de proporcionar conforto ao indivíduo, visto que também é frustrante para o consumidor quando uma peça de roupa não lhe veste adequadamente ou lhe abstém do conforto (SIMMONS E ISTOOK, 2003).

Na indústria do vestuário, onde as roupas são feitas em grande escala, existe um grupo usuário, chamado de público-alvo, e cada marca de roupas possui um determinado público que deseja vestir (ectomorfo, endomorfo ou mesomorfo) e cria sua tabela de medidas de acordo com esse grupo selecionado (CARVALHO, 2011), que varia também conforme a idade, pois, um ectomorfo de idade jovem possui características diferentes das de um ectomorfo longo. Quando se trata de vestuário industrial, este procedimento é necessário para prover moldes de diversos tamanhos baseados em um “tamanho base” (VINUÉ et al., 2014), que poderá ser gradado para fazer peças maiores ou menores (processo chamado de gradação).

Deste modo, a tabela possui as medidas de todos os tamanhos que se deseja confeccionar, e a marca de roupa tem livre arbítrio para decidir a numeração que sua tabela irá abranger.

Observa-se, então, segundo Alves e Gruber (2011, p. 9) a “importância da tabela de medidas enquanto ponto de partida para o traçado das bases da modelagem”, sendo que o modelista apoia-se no tamanho-base da tabela para iniciar a interpretação de um modelo e dar origem ao primeiro protótipo, que acontece da seguinte maneira: ao finalizar a modelagem, o tecido é cortado pelo molde, costurado e provado em um(a) modelo de prova. Neste momento, a equipe de profissionais que acompanha a prova deve ter olhar atento ao encaixes da peça no corpo, aos pontos de tensão e de folga e principalmente aos pontos de desconforto relatados pela(o) modelo para que, assim, sejam feitos os devidos ajustes na modelagem.

Em seguida, pode ser feito um segundo ou terceiro protótipo até que se chegue ao projeto definitivo e, posteriormente, é feita a gradação dos moldes, com base nos tamanhos subsequentes da tabela de medidas. Fica clara, assim, a função da prototipagem das roupas: identificar e corrigir as não-conformidades ergonômicas do modelo antes que o mesmo chegue ao consumidor final (em segunda instância, também ocorre de serem detectados problemas advindos do corte do tecido ou da costura, mas que não são abordados neste trabalho).

Em termos econômicos, a prototipagem significa aprovar os moldes antes que os mesmos sejam utilizados para o corte de tecido em grande escala, que darão origem a um número elevado de peças (podendo passar dos milhares, dependendo do porte da confecção), portanto, a prototipagem é também um fator de segurança e prevenção de desperdício. Por outro lado, testar uma peça demanda tempo, especialmente quando são detectados muitos problemas que devem ser corrigidos em protótipos subsequentes. Deste fato surge a dicotomia de que quanto mais protótipos são feitos antes da liberação do molde, mais bem elaborada tecnicamente a peça estará, porém, quanto menos protótipos for necessário fazer, mais ágil será a produção. O ideal, então, é que o primeiro teste seja satisfatoriamente bom a ponto de o molde já ser liberado para a produção.

Portanto, os conhecimentos do profissional de modelagem não devem se restringir a técnicas específicas da modelagem, mas se sustentar no tripé modelagem-ergonomia-antropometria. Segundo Carvalho (2011, p.08), “a indústria do vestuário, que se preocupa com a ergonomia, estuda o sistema homem-roupa-função”. Em termos antropométricos, os pontos de referência anatômicos devem ser identificados antes de se iniciar a modelagem, e as medidas da tabela devem ser transportados a esses pontos e aos segmentos que deles se originam; em termos ergonômicos, o modelista precisa conhecer as interferências da modelagem nos movimentos do corpo, ou seja, saber que para o indivíduo erguer o braço, a medida da manga da roupa deve ser correspondente à amplitude deste movimento, a fim de não bloqueá-lo. O mesmo raciocínio deve ser aplicado à cava: considerando os movimentos do braço, a cava pode ser mais ou menos ampla.

2.4. Tecnologias para a Digitalização do Corpo Humano

Atualmente, existem duas ferramentas principais com a finalidade de digitalizar o corpo humano em três dimensões: o *scanner 3D* e a tecnologia de captura de movimentos (MoCap).

2.4.1. Scanner 3D

A digitalização tridimensional por meio de *scanner* possibilita capturar dados da superfície dos membros do indivíduo estático sem o contato físico para, posteriormente, desenvolver um modelo virtual. A partir do modelo 3D, o projeto de um produto personalizado pode ser desenvolvido de acordo com as características físicas de cada usuário. Existem algumas técnicas para escanear o corpo tridimensionalmente, conforme descrito a seguir.

A digitalização 3D funciona, em geral, por meio de uma varredura medindo a localização dos pontos no espaço (X,Y e Z), denominada de nuvens de pontos. Um *scanner 3D*, geralmente, trabalha com a técnica de triangulação na qual se movimenta no plano X e Y através de comandos numéricos (CNC) e, depois de finalizada a varredura do objeto a ser digitalizado, é obtido o mapeamento ponto a ponto da superfície. Assim, é gerada a malha tridimensional que é convertida em um modelo 3D. Os digitalizadores tridimensionais tradicionalmente utilizados no mercado são por sistema a laser, por luz branca ou por fotogrametria (BLENDER, 2016).

A tecnologia de digitalização a *laser* consiste em usar *lasers* para projetar no corpo humano uma ou mais listras finas de feixes de luz e, simultaneamente, os sensores de luz registram o objeto. Aplicando regras geométricas simples, a superfície do corpo humano é medido. Para garantir a inofensividade do feixe de luz, somente os *laser* com proteção para os olhos são usados. A unidade de *scanner a laser*, que é composta pelo *laser*, pelo sistema óptico e pelo sensor de luz, é movida ao redor do corpo humano para digitalizar a superfície (D'APUZZO, 2007).

A tecnologia para a medição do corpo baseada na projeção de luz branca (geralmente na forma de listras), é semelhante ao método à *laser*, porém, em vez de mover a unidade do *scanner*, luzes são projetadas no corpo humano e um sensor de luz (por exemplo, uma câmera digital) adquire a imagem. Sistemas mais complexos utilizam dois ou três sensores de luz. As listras na superfície são medidas de forma singular, por meio de triangulação (CHROMY; ZALUD, 2014).

Por fim, a digitalização por fotometria utiliza técnicas de processamento e modelagem de imagens para a digitalização do corpo humano. Nesse caso, a informação 3D é gerada e extraída de imagens 2D, e as medidas mais importantes do corpo são calculadas com precisão suficiente para gerar as silhuetas (D'APUZZO, 2007).

2.4.2. Captura de movimentos (*Motion Capture – MoCap*)

A técnica de captura de movimentos do corpo, ou MoCap, é atualmente utilizada para pesquisas em diferentes cenários, tais como a medicina, o esporte, a robótica, a animação, o desenvolvimento de games, a indústria do vestuário, a cinematográfica, entre outros. Há diversas abordagens no âmbito da captura de movimentos que podem ser ajustadas aos critérios de análise específicos e restrições operacionais de cada método, nos campos de aplicação mencionados, possuindo suas próprias vantagens e desvantagens características (BIASI et al., 2015).

Em situações em que a resolução de problemas de design requer um cenário multidimensional, por exemplo, na elaboração de produtos ergonômicos, as mídias de simulação do movimento são usadas em substituição aos modelos estáticos (CLOUTIER, BOOTHBY & YANG, 2011), descritos anteriormente no tópico *a)*. Uma das principais razões é que a representação em movimento aumenta a confiabilidade da avaliação, ainda que a

variabilidade existente na forma humana seja um desafio no campo da biomecânica (GÓMEZ et al., 2016). No entanto, o objetivo do uso dessas tecnologias midiáticas é prover ao designer um melhor suporte para as etapas de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos.

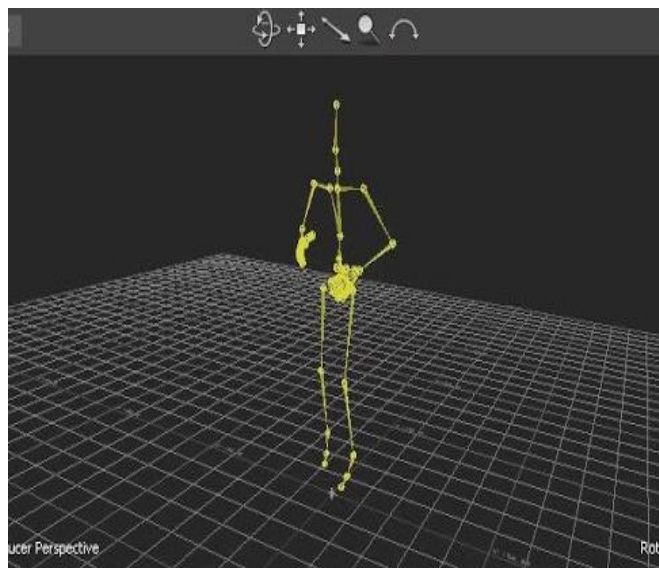
A captura de movimentos consiste na representação gráfica tridimensional de dados antropométricos, denominada de “modelo humano digital” (DELANGLE; PETIOT; POIRSON, 2017), com o auxílio de câmeras optoeletrônicas. Os dados do corpo humano obtidos pelas câmeras são organizados neste modelo de corpo digital e estruturado em mídia computacional, como softwares especializados. Os parâmetros geométricos do corpo, como o centroide, o momento de inércia e os eixos principais, podem ser calculados com precisão a partir de segmentos corporais. Além disso, parâmetros cinemáticos tais como ângulos articulares, velocidades e acelerações de segmentos corporais podem ser calculados a partir dos dados do movimento (TSAI; LEE; LEE, 2013). Ou seja, à medida que o corpo se move, o movimento capturado pelas câmeras é simultaneamente reproduzido na tela do computador, o que permite uma avaliação antropométrica dinâmica, em detrimento à avaliação estática dos *scanner 3D*.

Os sistemas de MoCap baseados em marcadores tem dominado muitas disciplinas graças à precisão fornecida pelas câmeras optoeletrônicas (BIASI et al., 2015). Esta técnica diz respeito à colocação de marcadores (pontos refletivos) em uma roupa apropriada, ajustada ao corpo do modelo, em lugares específicos pré-determinados, como as articulações e os segmentos dos membros, mediante calibração. Há também os sistemas sem marcadores, como *GaMoCap* e *Microsoft's Kinect* que, por um lado, são vantajosos pelo ganho de tempo porque eliminam a repetibilidade de marcação em testes com uma amostra grande de indivíduos, e também por não terem a limitação de número de pontos, proporcionando um escaneamento 3D mais expansivo, mas, por outro lado, podem ter a desvantagem da baixa precisão na estimativa tridimensional (BIASI et al., 2015; GÓMEZ et al., 2016).

O conhecimento aprofundado do corpo humano é essencial para a compreensão de sua estrutura. Atualmente, não há nenhum método dinâmico confiável, além do MoCap, para estudar com precisão a estrutura interna dos segmentos de maneira não-invasiva (GUERRE et al., 2016). Especificamente, o estudo e escaneamento do corpo em movimento e em três dimensões proporciona a visualização de eixos e medidas internas que se relacionam com pontos externos. O movimento real dos braços, por exemplo, exerce influência em eixos virtuais internos do corpo, gerados pelo computador (Figura 1).

A medida dos segmentos do esqueleto digital reproduzido pelo software no computador (em amarelo na Figura 1) é determinada de acordo com a posição dos marcadores no corpo da pessoa. Essas medidas podem se alterar conforme os membros se movem e deslocam os marcadores no espaço. O software indica simultaneamente o perímetro desses segmentos conforme o indivíduo se mexe. O eixo interno representativo da cintura-escapular é horizontal, formado pela ligação dos pontos dos ombros, o qual foi analisado neste estudo.

Figura 1: interface do software que mostra os eixos virtuais internos gerados a partir da posição dos marcadores externos do corpo humano.



Fonte: Motion Builder, <https://www.youtube.com/watch?v=Tck9O-rPBoE> (2014).

3. Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e qualitativa. A este respeito, de acordo com Gil (2008), o presente trabalho utiliza uma metodologia de pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimento para aplicações práticas de soluções a problemas específicos; é qualitativa pois visa qualificar os dados coletados, e exploratória, pois tem como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias.

3.1. Método

No presente trabalho, as medições para o estudo das relações entre estrutura externa e medidas internas foram feitas capturando-se os movimentos da cintura-escapular de um indivíduo do sexo feminino, de 34 anos, cujas medidas se enquadram na tabela de medidas industrial brasileira de tamanho 38, de Duarte e Saggese (2009).

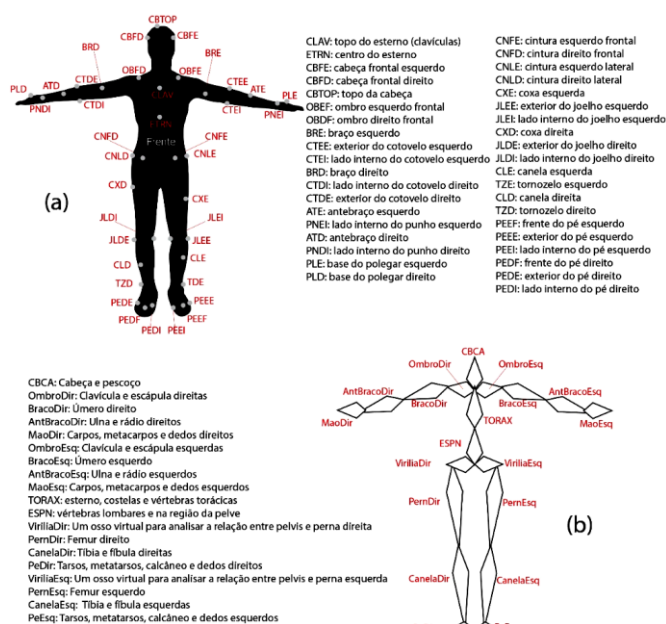
O sistema de *Motion Capture* utilizado na pesquisa é um sistema óptico com marcadores passivos com 14 câmeras Vicon T-40S dispostos em um estúdio de fundo verde infinito, de 375 m², situado no laboratório TecMídia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Para a execução da captura de movimentos foram necessários três marcadores externos na parte frontal do corpo e outros três na parte posterior, os quais geram o eixo interno horizontal no esqueleto digital (abrangendo totalmente a cintura-escapular). Para a fixação dos marcadores, foi necessária a vestimenta adequada, a qual suporta o atrito do velcro de cada marcador.

O procedimento de posicionamento de marcadores na voluntária seguiu um método definido, chamado *marker set*, orientado pelas estruturas anatômicas do indivíduo. Para cada indivíduo que se deseja marcar, os marcadores devem ser alocados nos mesmos ossos e articulações, independentemente das medidas antropométricas desses indivíduos (KITAGAWA;

WINDSOR, 2008). Pelo método, os marcadores devem ser alocados no corpo do indivíduo (a), e o esqueleto humano simplificado (b) é reconstruído por meio dos dados de posição captados pelos marcadores, conforme configuração apresentada na Figura 2.

Figura 2: Configuração de marcadores do sistema Motion Capture pelo método *marker set*.



Fonte: Prim (2016).

A Figura 3 apresenta de forma mais detalhada o posicionamento dos três marcadores necessários para reproduzir os movimentos da região da cintura-escapular, os quais: 1) OBDF (ombro direito frontal), 2) CLAV (topo do esterno - clavículas) e 3) OBEF (ombro esquerdo frontal). Os demais pontos, apesar de terem sido colocados no corpo, não foram avaliados neste estudo inicial.

Figura 3: Indicação do posicionamento dos três marcadores da cintura escapular na região frontal do corpo.



Fonte: elaborado pelos autores

A fim de avaliar a relação entre o movimento dos marcadores no corpo com as alterações no eixo horizontal dos ombros, da região pretendida, foi aplicada a tarefa de amplitude frontal, que consistiu em elevar os braços à frente do corpo em ângulo de 90° e flexionar os antebraços, um sobre o outro, também em ângulo de 90° na articulação dos cotovelos, simulando rotações voluntárias do corpo na antropometria dinâmica, em que os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático (IIDA, 2005). Esta tarefa também simula uma prova de roupa, quando se deseja verificar a amplitude de movimento em peças com mangas.

A partir desta tarefa, verificou-se que, conforme os braços da modelo se moviam afetando a cintura-escapular, o perímetro do eixo horizontal dos ombros, mostrado na tela do software Blade, também sofria alterações na sua medida.

4. Resultados e Discussão

Executando-se a tarefa a partir das orientações do método *marker set*, o eixo horizontal dos ombros sofria alteração de 2,2 cm em seu perímetro, passando de 38 cm para 35,8 cm. Constatou-se, então, que os marcadores estavam se movendo no espaço durante a tarefa.

Tendo visto essa alteração, buscou-se deslocar os marcadores no corpo, a fim de encontrar um ponto tal que, durante a execução da tarefa, o eixo horizontal dos ombros permanecesse com a mesma medida inicial.

Assim, deslocando-os cada vez mais para dentro, observou-se que o segmento interno se alterava gradativamente menos, até que se chegou a uma posição de marcadores que alterou a medida do segmento em menos de três milímetros. Ao final, os pontos haviam sido fixados a 0,5 cm mais para dentro, diminuindo a distância entre eles em 1 cm (medição por fita métrica).

Esta posição foi denominada de “ponto neutro” pelos autores, e o eixo que passou a se mover milimetricamente foi denominado de “eixo neutro” (Tabela 1). Não se obteve um ponto neutro que acarretasse zero alteração no eixo neutro; a alteração de dois milímetros foi a mínima encontrada.

Figura 4: Variação na medida do eixo horizontal interno conforme deslocamento dos marcadores nos ombros.

	Distância entre marcadores (pela fita métrica)	Variação do eixo horizontal interno
Posição pelo <i>marker set</i>	36,5 cm	de 38,0 cm para 35,8 cm
Deslocando os marcadores	35,5 cm	de 37,0 cm para 36,8 cm

Fonte: elaborada pelos autores

A partir do método e equipamento adotados, foi possível observar que a movimentação dos marcadores afetava o perímetro do eixo interno. Como esses marcadores passam pela região correspondente à da cava em uma peça de roupa, supõe-se que a cava estaria se movendo durante a tarefa, caso a pessoa estivesse vestindo um casaco ajustado, por

exemplo. O fato de a cava mover-se com a elevação frontal dos braços (conforme tarefa executada), indica que ela (a cava) está em posição inadequada, podendo causar desconforto ao usuário, travando o movimento. Assim, o ponto neutro encontrado indica a posição por onde a linha da cava deve passar de modo a gerar um produto confortável que não impeça os movimentos.

Mediante o objetivo proposto neste estudo, de verificar o comportamento do esqueleto digital mediante os movimentos reais do corpo humano, os autores constataram uma relação direta entre movimento externo e estrutura interna. Isso significa a possibilidade de incluir uma nova medida nas tabelas de medida convencionais para a confecção do vestuário, a qual poderia estar associada à medida do costado ou à da largura de ombros, pois estas são costumeiramente utilizadas para se fazer o desenho da cava no molde.

Ou seja, este estudo traz um dado a mais a respeito do corpo que não podia ser determinado, até então, pelos métodos-padrão de medição, como a fita métrica. Uma vez que este dado seja associado às medidas já conhecidas na tabela de medidas, surge uma relação proporcional estável. A exemplo: uma pessoa que apresente 38 centímetros de largura de ombros, pode tender a apresentar um eixo neutro interno de 36 centímetros. Proporcionalmente, aquela que tenha 39 centímetros de largura de ombros, tenderá a apresentar 37 centímetros de eixo neutro. Evidentemente, isto só pode ser confirmado mediante a medição de uma amostra considerável de indivíduos.

Neste sentido, o estudo também corrobora a hipótese inicial de que o MoCap pode contribuir para definir pontos e eixos do corpo humano em movimento que interferem diretamente no conforto do vestuário na cintura-escapular. Se há este indício de que os pontos neutros marcam a posição ideal da cava de uma peça ajustada, com mangas, é pertinente que um desdobramento futuro seja feito desenvolvendo-se protótipos de roupas, comparando os métodos atuais de modelagem com outro método que utilize esses pontos neutros encontrados como referência.

5. Considerações Finais

Essas variâncias são determinantes para a descoberta de novas relações anatômicas que podem ser utilizadas para a criação de produtos que requeiram ergonomia, pois, se até o advento do MoCap só era possível executar medições do corpo vivo a partir de sua estrutura externa, agora passa-se a compreender suas medidas internas e a relação com as demais.

As posições determinadas pelo método *marker set* é eficaz para a reprodução dos movimentos do corpo, mas para o estudo ergonômico para fins do vestuário, fez-se necessária a fixação dos marcadores em pontos próximos flutuantes.

É cabível mencionar que o mesmo teste poderá ser feito posicionando os marcadores diretamente na pele da pessoa, com adesivos apropriados, de modo que o tecido do traje de MoCap não interfira nos resultados. E para que se chegue a resultados mais concretos que possam ser aplicados na indústria do vestuário, este recorte inicial deve ter continuidade em estudo ampliado, adotando-se amostra significativa de uma população previamente definida, a fim de que se chegue a padrões que possam ser inseridos nas tabelas de medidas industriais, pois cada indivíduo terá uma distância diferente entre marcadores que poderá levar aos pontos e eixos neutros, ou seja, a medida de 35,5 cm de distância encontrada neste estudo, por ora, não pode ser adotada como padrão, mas é o indício de que um padrão pode ser determinado, assim como acontece com outras medidas, dentro das proporções humanas.

Por fim, o resultado inicial deste trabalho indica que outros pontos neutros e eixos neutros podem ser encontrados em partes variadas do corpo, fazendo-se testes semelhantes de posicionamento dos marcadores para compará-los com os eixos mostrados no computador. Deste modo, além de contribuir para a ergonomia no vestuário, outras áreas poderão ser beneficiadas, como a medicina, aplicando os resultados em órteses, e o design de animação, para o desenvolvimento de exoesqueletos.

Referências

- BIASI, Nicolás et al. Garment-based motion capture (GaMoCap): high-density capture of human shape in motion. **Machine Vision and Applications**, v. 26, n. 7-8, p. 955-973, 2015.
- CARVALHO, Maria Helena Ribeiro de. Ergonomia e modelagem: a função da modelista perante o corpo. In: VII COLÓQUIO DE MODA, 7., 2011. Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: UEM, 2011. Disponível em: <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/anais/7-Coloquio-de-Moda_2011/GT13/Comunicacao-Oral/CO_88555Ergonomia_e_modelagem_a_funcao_da_modelista_perante_o_corpo_.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.
- CHOI, Young et al. A method for garment pattern generation by flattening 3D body scan data. **Digital Human Modeling**, p. 803-812, 2007.
- CHROMY, Adam; ZALUD, Ludek. Robotic 3D scanner as an alternative to standard modalities of medical imaging. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1, p. 13, 2014.
- CLOUTIER, Aimee; BOOTHBY, Robyn; YANG, Jingzhou James. Motion capture experiments for validating optimization-based human models. In: **International Conference on Digital Human Modeling**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 59-68.
- COSTA, Thays Neves et al. Uso da digitalização 3D e da parametrização de medidas antropométricas para produção de moldes personalizados para o vestuário. **Educação Gráfica**. v. 19, n. 2 (2015), p. 122-142, 2015.
- D'APUZZO, Nicola. 3D body scanning technology for fashion and apparel industry. In: **Proceedings of SPIE IS&T Electronic Imaging**. San Jose, CA, United States, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1117/12.703785>. Acesso em: 14 set. 2017.
- DELANGLE, Mathieu; PETIOT, Jean-François; POIRSON, Emilie. Using motion capture to study human standing accessibility: comparison between physical experiment, static model and virtual ergonomic evaluations. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 11, n. 3, p. 515-524, 2017.
- DUARTE, Sônia.; SAGGESE, Silvia. Modelagem industrial brasileira. 5. ed.. Rio de Janeiro: Guarda Roupas, 2010.
- FAUST, Marie-Eve; CARRIER, Serge. 3D body scanning's contribution to the use of apparel as an identity construction tool. In: **International Conference on Digital Human Modeling**. Springer Berlin .Heidelberg, 2009. p. 19-28.
- FERREIRA, Sara da Silva Brito Pacheco. Ajustes posturais antecipatórios dos músculos da cintura escapular e tronco associados ao gesto de alcance em crianças com desenvolvimento motor típico. 2016. 40 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) - Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto - Instituto Politécnico do Porto, Portugal, 2016.

GÓMEZ, M. J. et al. Analysis and comparison of motion capture systems for human walking. **Experimental Techniques**, 2015. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ext.12135/full>. Acesso em: 20 set. 2019.

GUERRE, Elvire et al. Experimental determination of the elbow's center of rotation using the VICON™ optoelectronic motion capture system. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 38, n. 4, p. 395-401, 2016.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2 ed.rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

JONES, Sue Jones. **Fashion design: manual do estilista**. Tradução de Iara Biderman. São Paulo: Cosac Naify, 2005.

KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian. **MoCap for Artists**. Workflow and Techniques for Motion Capture. Oxford, Focal Press, 2008.

OTANI, Tsuyoshi et al. Characteristics of the Design and Production Process for Italian-and Japanese-Made Tailored Jackets in the Global Market. In: **Industrial Applications of Affective Engineering**. Springer International Publishing, 2014. p. 193-207.

PEQUINI, Suzi Marino. **Ergonomia aplicada ao design de produtos**: um estudo de caso sobre o design de bicicletas. FAU/USP, 2005.

PRIM, Gabriel de Souza. Modelo de Análise de Equilíbrio Utilizando Sistema de Captura de Movimentos. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

QUARESMA, Maria Manuela Rupp. A aplicação de dados antropométricos em projetos de design: como projetar corretamente produtos ergonômicos. 2001. 274 f. Dissertação (Mestrado em Artes e Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

SIMMONS, Karla; ISTOOK, Cynthia. Body measurement techniques: Comparing 3D body-scanning and anthropometric methods for apparel applications. **Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal**. v. 07, n. 3 (2003), p. 306-332. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/13612020310484852> Acesso em: 20 set. 2017.

TRAN, Gina A. Investigating consumer attitudes toward customized apparel: A look at uniqueness, involvement, apparel fit, and body size. In: **Ideas in Marketing: Finding the New and Polishing the Old**. Springer International Publishing, 2015. p. 35-38.

TSAI, M. J.; LEE, Allen; LEE, H. W. Automatic Full Body Inverse Dynamic Analysis Based on Personalized Body Model and MoCap Data. In: **Advances in Mechanisms, Robotics and Design Education and Research**. Springer International Publishing, 2013. p. 305-322.

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