

ESTUDO COMPARATIVO DE MODELOS HUMANOS DIGITAIS UTILIZADOS EM PROJETOS DE PRODUTOS

Luiza Marangoni Grein¹; Ana Paula Scabello Mello²

¹ Aluna de Iniciação Científica de Design do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

² Professora de Design do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Esta pesquisa analisou três modelos humanos 3D digitais disponíveis em bibliotecas virtuais com objetivo de comprovar ou não a consistência dos valores antropométricos dos mesmos para uso em estudos ergonômicos nas disciplinas de Ergonomia curso de Design do IMT. A análise foi feita utilizando o software Rhinoceros 3D e os resultados foram apresentados em uma tabela comparativa, na qual as medidas dos modelos foram comparadas com a referência antropométrica.*

Introdução

Esta pesquisa apresenta um estudo comparativo de modelos humanos 3D digitais disponíveis na internet, com o objetivo de criar um conjunto de modelos com características antropométricas mais confiáveis, a fim de facilitar o processo dos estudos ergonômicos no desenvolvimento de projetos de produtos no curso de *Design* do IMT.

Segundo a definição da Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) entende-se por ergonomia “o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas” (IIDA, 2005, p. 2).

O estudo ergonômico é, portanto, uma importante etapa no processo de desenvolvimento de produtos, pois contribui para o sucesso na utilização dos mesmos. A antropometria, abordada na ergonomia, é “a ciência que trata especificamente das medidas do corpo humano para determinar diferenças em indivíduos e grupos” (PANERO; ZELNIK, 2008, p. 23).

A utilização de modelos humanos 3D digitais disponíveis em bibliotecas online no estudo ergonômico de produtos é muito comum. Percebe-se, no entanto, certa dificuldade na escolha e na utilização desses modelos. Isso ocorre por diversos motivos: a falta de especificações sobre as fontes dos dados antropométricos; a indisponibilidade de modelos cujos dados antropométricos sejam compatíveis com a população estudada; a falta de modelos compatíveis com vários *softwares* de modelagem 3D; a falta de modelos gratuitos que contenham todas as articulações e possibilidades de posições (por exemplo: modelos sem articulações nos dedos das mãos impossibilitam estudos de empunhadura).

Estas dificuldades são vivenciadas no ensino da disciplina de Ergonomia no curso de *Design* e motivaram este projeto de pesquisa.

Foram analisados três modelos disponíveis gratuitamente em duas bibliotecas virtuais. As variáveis antropométricas utilizadas para a análise comparativa foram: estatura, largura do quadril, altura do sulco poplíteo, comprimento da nádega-sulco poplíteo, largura de ombros, alcance frontal alongado, alcance lateral, alcance vertical de apreensão, alcance vertical sentado e altura de descanso do cotovelo.

Material e Métodos

O método utilizado nesta pesquisa foi o da pesquisa-ação. Segundo TRIPP (2005), a pesquisa-ação “é uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”. É importante destacar que na pesquisa-ação os participantes estão envolvidos no processo.

“A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (THIOLLENT, 1986, p. 14).

Outra característica essencial da pesquisa-ação é sua natureza cíclica, ou seja, executar uma série de passos repetidamente, com o objetivo de obter resultados mais satisfatórios. A Figura 1 ilustra esse processo.

Figura 1: Os passos de um projeto de Pesquisa-ação.



Fonte: Adaptado de McKay e Marshall (2001) apud Costa et al (2013).

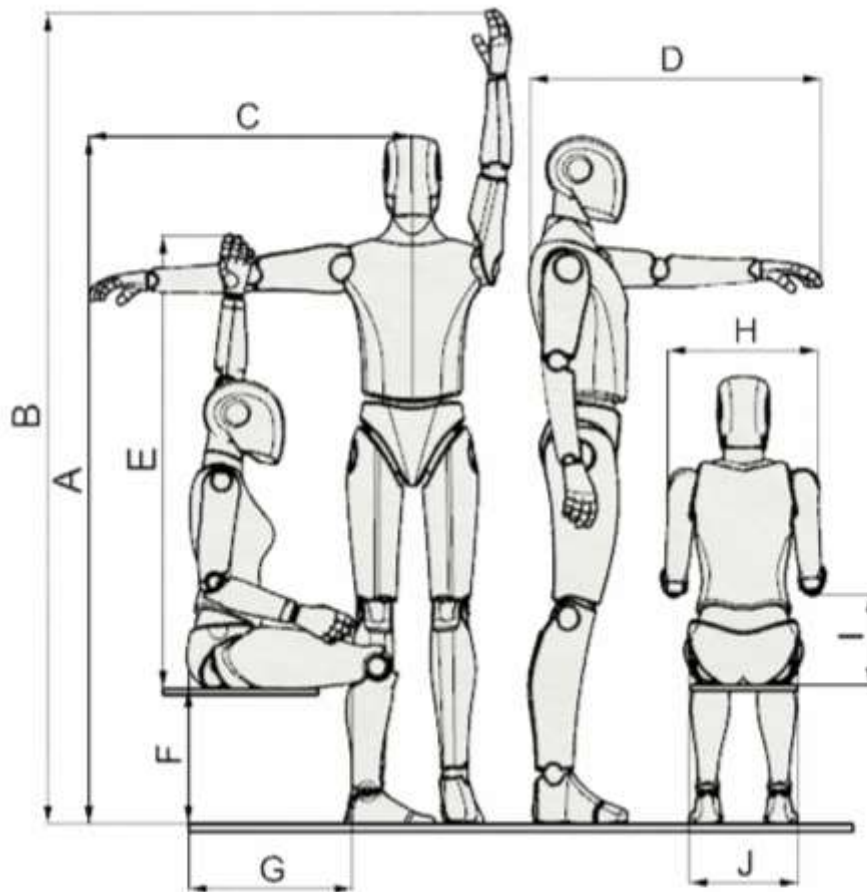
A pesquisa alcançou até o momento os passos de 1 a 3 da Figura 1, como forma de disponibilizar uma ferramenta de projeto que possa ser usada por alunos de futuras turmas do curso. A utilização dessa ferramenta pelos alunos é parte essencial para a solução das questões apresentadas neste trabalho. Os passos seguintes (4 a 8) são referentes à implementação, seguida da avaliação dos efeitos da mesma e, caso necessário, do aperfeiçoamento do plano e de eventuais mudanças.

Primeiramente se constatou, por meio da observação do comportamento dos alunos nos últimos anos, certas dificuldades nos estudos ergonômicos durante o desenvolvimento dos projetos acadêmicos. Mais especificamente, notou-se a dificuldade em realizar estudos ergonômicos virtuais básicos exigidos pelo processo, diante da indisponibilidade de modelos virtuais confiáveis em relação à antropometria (Passo 1).

Em seguida, buscou-se analisar na literatura, para fins de embasamento teórico, métodos de análise ergonômica, virtuais ou não, fontes de dados antropométricos (PANERO; ZELNIK, 2008. TILLEY, 2005) e pesquisa de sites que disponibilizavam modelos humanos virtuais 3D, dentre os quais dois se destacaram: *GrabCad* e *TurboSquid* (Passo 2)

Nesses sites foram selecionados três modelos humanos, escolhidos com base em critérios de usabilidade (articulações disponíveis, facilidade de movimentação). Foram medidas e comparadas, nos três modelos, as variáveis antropométricas representadas na Figura 2.

Figura 2 - Variáveis antropométricas.



- | | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| A – Estatura | F – Altura do Sulcopoplíteo |
| B – Alcance vertical | G – Comprimento Nádega-Sulcopoplíteo |
| C – Alcance lateral | H – Comprimento de ombros |
| D – Alcance frontal | I – Altura de descanso do cotovelo |
| E – Alcance vertical sentado | J – Largura de quadril |

Fonte: Os autores, 2018.

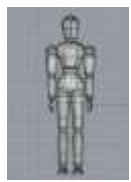
As ferramentas utilizadas nessa investigação foram: coleta de dados online (modelos virtuais utilizados), pesquisa de referencial teórico de antropometria, análise antropométrica no *software* Rhinoceros 3D e construção de planilhas comparativas no Excel.

No passo 3 desta pesquisa-ação constatou-se a necessidade de adequar dimensionalmente os modelos selecionados às referências antropométricas pesquisadas na literatura. Decidiu-se então que um conjunto de modelos humanos virtuais, corrigidos de acordo com aspectos da antropometria, seria uma ferramenta que solucionaria possivelmente o problema.

Resultados e Discussão

A escolha e análise dos modelos, representados na Tabela 1, foi feita nas bibliotecas virtuais *GrabCad* e *TurboSquid*. É importante destacar que todos os modelos analisados estavam disponíveis gratuitamente nesses sites, apesar de existirem também modelos pagos, mais completos, realistas e com tecnologias de animação, movimento, etc.

Tabela 1: Modelos virtuais 3D utilizados na análise antropométrica comparativa

Modelos	Bibliotecas Virtuais	Usabilidade do modelo 3D	Formato
<p>1</p> 	<p>GrabCad https://grabcad.com/</p>	<p>Articulações: ombros, cotovelos, pulsos, quadril, cintura, joelhos e tornozelo.</p> <p>Detalhamentos: mãos e pés. Não possui detalhamento do rosto (não é possível coletar dado de altura dos olhos). Modelos masculino e feminino.</p>	Obj.
<p>2</p> 	<p>TurboSquid https://www.turbosquid.com</p>	<p>Articulações: ombros, cotovelos, pulsos, quadril, cintura, joelhos e tornozelo.</p> <p>Não possui detalhamentos. Não possui diferenciação de gênero.</p>	Obj.
<p>3</p> 	<p>TurboSquid https://www.turbosquid.com</p>	<p>Articulações: ombros, cotovelos, pulsos, dedos das mãos e pés, quadril, joelhos (movimento só linear) e tornozelo.</p> <p>Detalhamentos: mãos e pés. Não possui detalhamento do rosto (não é possível coletar dado de altura dos olhos). Não possui diferenciação de gênero.</p>	Obj.

Fonte: Os autores.

As variáveis de usabilidade utilizadas na escolha dos modelos foram articulações e detalhamento. Foram usadas tais variáveis, pois, no processo de estudo ergonômico, algumas variáveis antropométricas são essenciais – no que se refere a medidas para situações gerais ou situações específicas – e certas articulações como ombros, joelhos e quadris, são requisitos mínimos para um modelo humano nesse processo. Situações gerais aqui significam os projetos que requerem medidas gerais e análises estáticas, como altura em pé ou sentado, alcances de braço, etc. Situações específicas são, por exemplo, projetos que necessitem de estudos de empunhadura, e, portanto, de modelos com articulações de dedos nas mãos.

Todos os modelos estudados estão disponíveis no formato *Object File Wavefront 3D* (.obj) desenvolvido pela *Wavefront Technologies* e que é caracterizado como uma extensão de arquivo¹ para objetos tridimensionais que contenham as coordenadas 3D, mapas de textura, e outras informações do objeto. Outra extensão de arquivo amplamente utilizada para arquivos CAD é a *Initial Graphics Exchange Specification* ou IGES (.igs).

Os principais *softwares* utilizados nas disciplinas do curso de *Design* do IMT e, portanto, nesse estudo, são: *Rhinoceros 3D*, *Alias AutoStudio* e *Solidworks*. O formato mais indicado para ser acessado em todas essas plataformas é o IGES (.igs) – podendo ser exportado de qualquer um dos três *softwares* indicados, e também importado – e que é um formato neutro de dados que permite a troca de informações 3D e 2D entre diversos sistemas CAD. De acordo com Gonçalves et al (2016) “O arquivo IGES tem a extensão .igs e é baseado no código padrão ASCII. Esta é a razão pela qual o IGES é lido por todos os editores de texto.”.

¹ Conjunto de três ou quatro caracteres no final do nome de um arquivo.

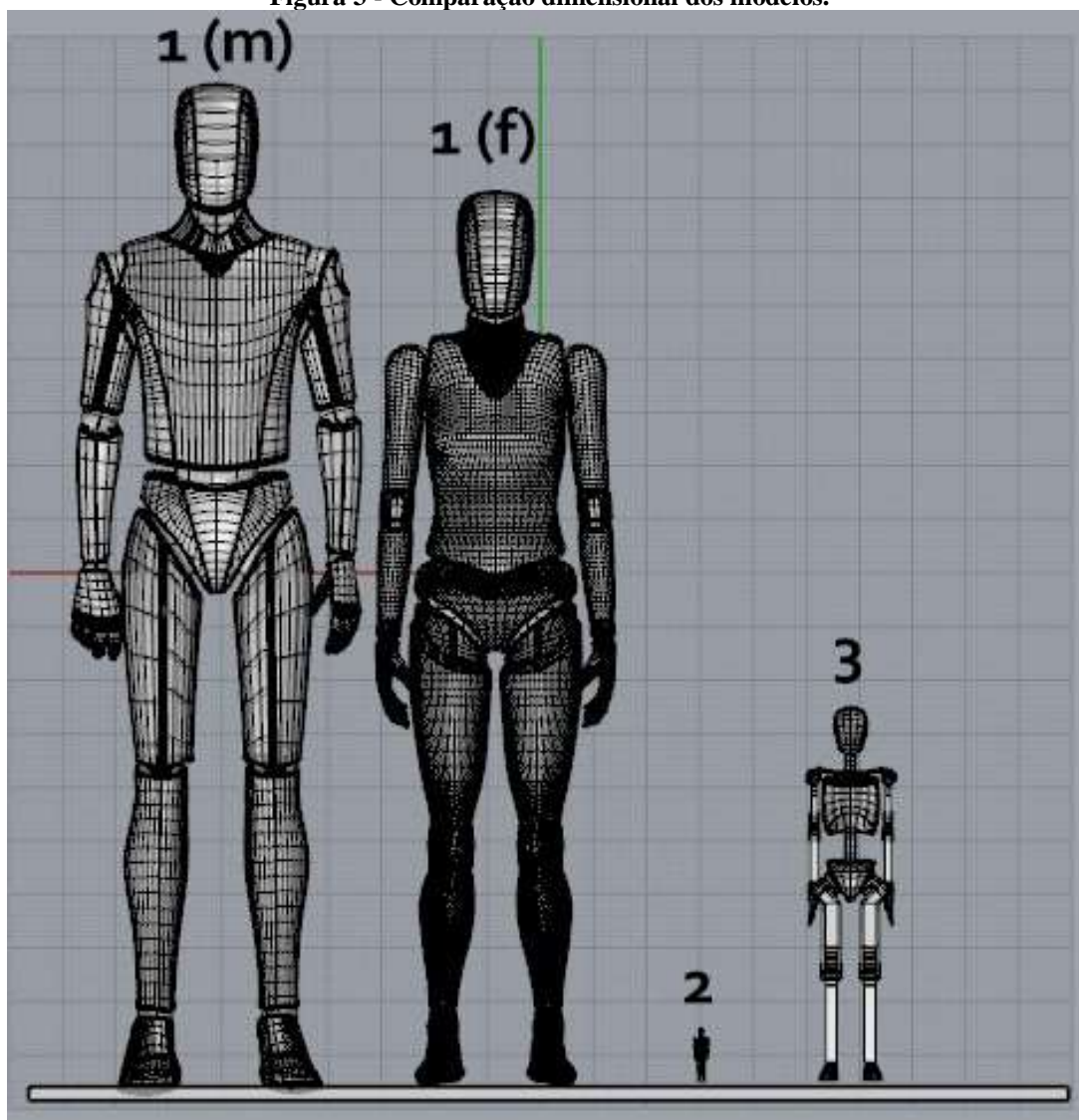
Com base nessas informações, adotou-se inicialmente a estratégia de, após editar as dimensões dos modelos humanos em OBJ, exportá-los para o formato IGES, para que pudessem ser utilizados nos softwares mencionados.

Considerando as informações acima apresentadas, o processo de pesquisa foi composto pelas seguintes etapas:

- a. Análise das bibliotecas virtuais disponíveis.
- b. Seleção de variáveis antropométricas para comparação.
- c. Escolha dos Modelo 1, 2 e 3.
- d. Medições das variáveis antropométricas (A a J) do Modelo 1, disponível nos gêneros masculino e feminino, para teste do método.
- e. Análise comparativa dos dados do Modelo 1 com os dados do referencial teórico.
- f. Medição das variáveis antropométricas (A a J) dos modelos 2 e 3.
- g. Análise comparativa dos modelos 2 e 3 com os dados do referencial teórico.
- h. Resultado da análise.

Durante o processo de análise das características antropométricas do Modelo 2 e do Modelo 3, constatou-se uma variação referente a escala na qual cada modelo foi construído. A Figura 3 ilustra a comparação dimensional entre o Modelo 1 (masculino e feminino), o Modelo 2 e o Modelo 3, respectivamente, quando inseridos em um mesmo arquivo, nas escalas originais.

Figura 3 - Comparação dimensional dos modelos.



Fonte: Os autores.

Os modelos foram inseridos em um mesmo documento no *software Rhinoceros 3D* e apresentam uma considerável diferença dimensional entre si, não havendo um padrão de escala que pudesse facilitar o processo de comparação de dados antropométricos.

Isso afetou o encaminhamento da pesquisa, pois constatou-se não haver precisão dimensional nos modelos 2 e 3, que parecem não ter sido gerados na escala 1:1 como o modelo 1. O Modelo 1, masculino e feminino, apresentou maior compatibilidade em relação às características dimensionais, ao ser comparado com o referencial teórico. Em virtude disso, considerou-se que o Modelo 2 e o Modelo 3 eram incompatíveis com as necessidades do estudo.

A Tabela 2 apresenta a análise comparativa entre as variáveis antropométricas do Modelo 1 (masculino e feminino) e os dados de Panero e Zelnik (2008). A partir da comparação foi possível perceber que, considerando-se a variável estatura, o Modelo 1 masculino está próximo do 95º percentil. Já o Modelo 1 feminino está entre o 50º e o 95º percentil para estatura.

Tabela 2 – Comparação de dados antropométricos.

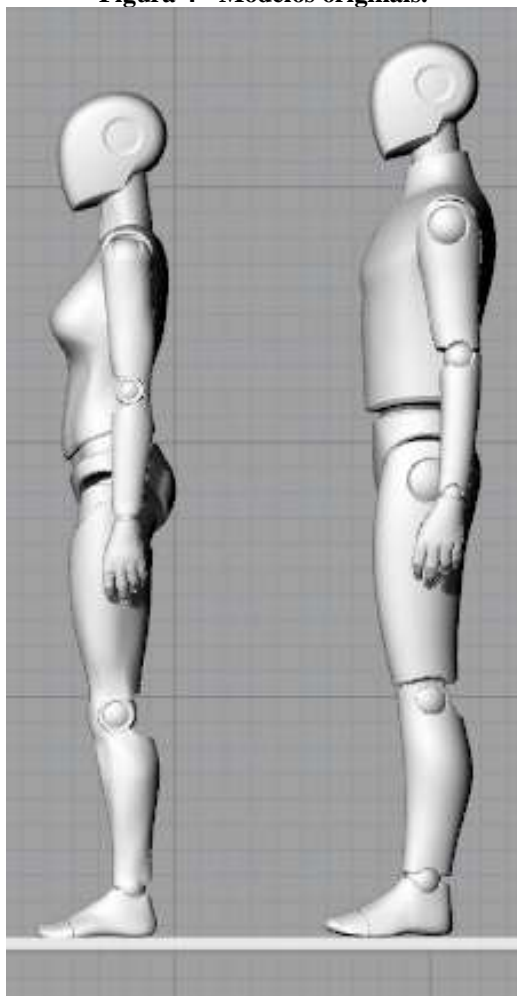
Variáveis antropométricas	Dados Antropométricos (Panero; Zelnik, 2008) (cm)				Modelo 1
	Sexo	Percentil			Modelo 1 (cm)
		95°	50°	5°	
Estatura (A)	Masculino	184,9	173,5	161,5	187,9
	Feminino	179,4	159,8	149,9	165,8
Alcance vertical (B)	Masculino	224,8	N.D.	213,4	222,2
	Feminino	195,1	N.D.	185,2	200,8
Alcance lateral (C)	Masculino	86,4	N.D.	73,7	89
	Feminino	96,5	N.D.	68,6	86,4
Alcance frontal (D)	Masculino	97,3	N.D.	82,3	80,5
	Feminino	92,2	N.D.	75,9	75,4
Alcance vertical sentado (E)	Masculino	131,1	N.D.	149,9	93,2
	Feminino	124,7	N.D.	140,2	120,30
Altura do Sulco poplíteo (F)	Masculino	49	43,9	39,3	51,8
	Feminino	44	39,9	35,6	39,3
Comp. Nádega – Sulco poplíteo (G)	Masculino	54,9	49	43,9	46,8
	Feminino	53,3	48	43,2	45,3
Comprimento de ombros (H)	Masculino	52,6	N.D.	44,2	48,5
	Feminino	43,2	N.D.	37,2	41,7
Alt. descanso do cotovelo (I)	Masculino	29,5	24,1	18,8	27,6
	Feminino	27,9	23,4	18	24,2
Largura do Quadril (J)	Masculino	40,4	35,6	31	35,6
	Feminino	43,4	36,3	31,2	32,5

Fonte: Os autores.

A partir da Tabela 2 foram desenvolvidas novas versões do Modelo 1 95º percentil masculino e 5º percentil feminino.

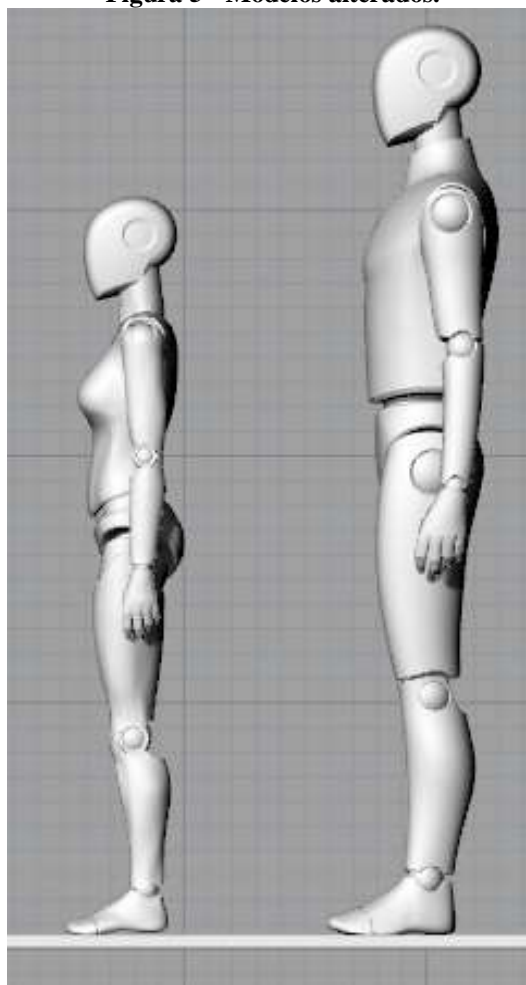
A Figura 4 apresenta os modelos originais e a Figura 5 apresenta os modelos alterados em relação a variável de estatura (A).

Figura 4 - Modelos originais.



Fonte: Os autores.

Figura 5 - Modelos alterados.



Fonte: Os autores

Considerando a necessidade dos alunos em utilizar modelos humanos em outros *softwares* de modelagem 3D, foi realizado um teste de importação dos arquivos do Modelo 1 alterado dentro do *SolidWorks*. O arquivo foi exportado do *Rhinoceros 3D* no formato IGES e importado no *SolidWorks*.

O teste demonstrou ser ineficiente a importação de arquivos gerados no *Rhinoceros 3D* para o *SolidWorks* no formato IGES com objetivo de realizar estudos ergonômicos, devido, principalmente, a problemas estruturais e de árvore. Ou seja, a construção das peças tridimensionais é diferente para cada *software*, e, portanto, quando importadas, várias falhas (sólido burro) aparecem na árvore de construção da peça, impedindo o usuário de movimentar as partes. A visualização do conteúdo do arquivo, entretanto, é mantida.

Conclusões

O uso de modelos humanos digitais em estudos ergonômicos no meio acadêmico é recorrente. As dificuldades de precisão observadas nesse processo demonstram a falta de consistência desses modelos com as referências de dados antropométricos, o que pode resultar em um projeto malsucedido.

A partir da análise dos Modelos 1 masculino e feminino, e posteriormente, do resultado comparativo com os modelos redimensionados, pode-se concluir que o processo modificação e utilização desses modelos é complicado por envolver diversas alterações nos modelos. Considerando a utilização do *software Rhinoceros 3D* como ferramenta de redimensionamento, foram enfrentados problemas de exportação e importação para outros *softwares* de modelagem 3D (SolidWorks), frequentemente utilizados por alunos, bem como dificuldades de adaptação dos modelos devido aos problemas estruturais e de árvore.

Diante disso, essa pesquisa constatou que há a possibilidade de criação de um conjunto de arquivos direcionados ao uso em um único *software*, que no caso deste estudo é o *Rhinoceros 3D*, por razões técnicas de modelagem 3D. Para a continuação do estudo, pretende-se desenvolver um conjunto de modelos dentro do *software SolidWorks*.

Referências

COSTA, E. P.; POLITANO, P. R.; PEREIRA, N. A. **Exemplo de aplicação do método de Pesquisa-ação para a solução de um problema de sistema de informação em uma empresa produtora de cana-de-açúcar**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2013.

GONÇALVES, J. E. S.; ALBUQUERQUE, É. L. D.; CAMPOS, L. S. Leitura e interpretação de arquivos IGES para uso em programas de elementos de contorno. **Revista interdisciplinar de pesquisa em engenharia**, Brasília, Novembro 2016.

GRABCAD Community. **GrabCad**. Disponível em: <<https://grabcad.com/>>. Acesso em: Dez Abril 2018.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2^a. ed. São Paulo: Blücher, 2005.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores - Um livro de consulta e referência para projetos**. Barcelona: Gustavo Giki S. A., 2008.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez : Autores Associados, 1986.

TILLEY, A. R.; DREYFUSS, H. **As medidas do homem e da mulher: fatores humanos em design**. Porto alegre: Bookman, 2005.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set/dez 2005.

TURBOSQUID. **TurboSquid**. Disponível em: <<https://www.turbosquid.com/>>. Acesso em: Dez Abril 2018.