

## Aplicação de modelo de regressão na antropometria da mão

Bruno Alves Maia<sup>1</sup>

Bruno Rodrigues de Oliveira<sup>2</sup>

Guilherme Ferreira Neto<sup>3</sup>

Marcelo Henrique Stoppa<sup>4</sup>

**Resumo:** Visando melhorar a qualidade de vida de crianças e adolescentes, surgiram projetos que disponibilizam gratuitamente arquivos de membros artificiais que podem ser confeccionados utilizando Manufatura Aditiva comumente conhecida por impressão 3D. Devido à falta de dados referentes ao tamanho da mão de crianças e adolescentes, não existem padrão nem um sistema de classificação relativo ao tamanho das próteses disponibilizadas. Este trabalho busca encontrar a relação entre alguma medida antropométrica da pessoa com a mão, para que, na falta dos dois membros, o indivíduo possa ter próteses adequadas às suas características. Primeiro foi considerado a idade para esta estimativa, posteriormente a estatura, sendo que a segunda medida apresentou resultados satisfatórios.

**Palavras-chave:** Prótese de mão. Membro superior. Regressão.

### Introdução

Membros artificiais são usados desde o início da humanidade. As próteses mais antigas que atualmente se têm conhecimento, pertencem à civilização egípcia

- 
- 1 Mestrando do programa de Modelagem e Otimização da Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Catalão. Contato: brnomaia@gmail.com
  - 2 Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM, Campus Paracatu, Professor EBTTEletrônica – Controle e Automação. Mestrando POSMOT Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Catalão. Contato: brunorodrigues@iftm.edu.br
  - 3 Mestrando do programa de Modelagem e Otimização da Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Catalão. Contato: guilhermefneto@gmail.com
  - 4 Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Catalão, Unidade Acadêmica Especial de Matemática e Tecnologia. Contato: mhstoppa@pq.cnpq.br

(THURSTON,2007). Dentre esses membros artificiais, o mais antigo é datado aproximadamente entre 1295 e 664 a.C. e se trata de uma réplica do dedão do pé direito de uma mulher (CHOI, 2007). Somente em 500 a.C. é que houve registro de um membro artificial. O registro se refere a Hegesistratus, um prisioneiro que conseguiu fugir de suas correntes, cortando seu pé e substituindo o mesmo posteriormente por uma peça de madeira (BELLIS, 2016).

As principais funções de membros artificiais são, sua funcionalidade, estética e antigamente possuía um sentido psíquico-espiritual de totalidade (THURSTON, 2007). A função psíquico-espiritual pode ser observada em culturas antigas, como a egípcia por exemplo. Eles acreditavam que quando uma pessoa era enterrada faltando alguma parte do corpo, ela começaria uma nova vida sem esse membro. Membros artificiais foram encontrados anexados em múmias com detalhes delicados e sem sinais de desgaste. Tais evidências sugerem que as substituições foram realizadas quando a pessoa não estava mais viva, sendo então, um preparativo da múmia para sua vida futura (NERLICH et al., 2000).

A estética dos membros artificiais impacta nas relações interpessoais. As pessoas acreditam que não são aceitas pela sociedade se não possuir “todos os membros” e estes não forem esteticamente iguais aos reais. Para amenizar essa insegurança, em 1949 foi desenvolvida uma luva estética pela APRL (do inglês: *Army Prosthetics Research Laboratory*). Desde então foram realizadas pesquisas e aprimoramentos na estética dos membros artificiais (WILSON, 1992). As luvas atuais conseguem reproduzir detalhes como unhas, nervuras, pelos e articulações com a aparência e sensação muito próximas do natural.

As próteses de membro superior são divididas em quatro classes principais, a saber: prótese passiva; prótese mecânica; prótese mioelétrica e prótese híbrida. **Próteses Passivas:** possuem apenas a função estética, não realizando nenhum movimento. **Próteses Mecânicas:** utilizam o movimento do corpo para controlar o dispositivo através de um sistema de cabos. **Próteses Mioelétricas:** tem seus movimentos controlados por sensores de sinais eletromiográficos (EMG), essa tecnologia produz os movimentos próximos da mão humana e será explicada posteriormente. **Próteses Híbridas:** são a combinação das próteses mecânicas e mioelétricas. As três últimas classes podem apresentar como dispositivo terminal mãos ou ganchos (WRIGHT et al., 2001).

Sistemas de controle mioelétrico utilizam o sistema neuromuscular existente para o acionamento e controle de mecanismos. O controle é feito por meio de sensores EMG (BILLOCK, 1986). A eletromiografia permite a avaliação contínua dos nervos colocando eletrodos dentro ou próximos de músculos específicos (LIEBERMAN, 2008). Os sinais EMG estão sendo investigados para analisar e melhorar o esporte, a arte e o desempenho ocupacional. Existe uma vasta área

de aplicação destes sinais, incluindo, mas não se limitando ao controle de exoesqueletos, próteses de braço e mãos robotizadas (BOYALI; HASHIMOTO, 2016).

Membros artificiais em geral, são caros e há pouca informação sobre a sua relação custo-benefício, em especial sobre próteses de membro superior (WRIGHT et al., 2003). Membros superiores artificiais custam no exterior entre \$ 4.000 e \$ 75.000 (RESNIK et al., 2012). O valor é influenciado por algumas características como ponto de amputação, estética, funcionalidade e o modo de controle, que pode ser mecânico ou mioelétrico (ZUNIGA et al., 2015).

As próteses infantis precisam ser resistentes, baratas e fáceis de reparar, caso eventualmente seja danificada, além de possuir uma estrutura robusta, mas que não afete sua funcionalidade. O fato de usar um membro artificial não deve impedir a criança de executar as atividades cotidianas, e sim estimular a prática diária e de novas descobertas. A idade juntamente com aspectos sociais e a personalidade influenciam a criança na escolha de um modelo de prótese (BURN; TA; GOGOLA, 2016).

A opção mais viável para crianças era as próteses mecânicas de gancho, devido principalmente ao preço. Embora funcionais, estes dispositivos nem sempre são muito bem recebidos, devido a sua aparência. De forma geral, as próteses não se adaptam ao crescimento da criança. Portanto é necessário constantemente realizar ajustes ou substituições (ZUNIGA et al., 2015).

Os principais problemas enfrentados com relação a membros artificiais para crianças, são atualmente o alto custo e a falta de opções de tamanho. O custo, vem sendo minimizado com a popularização de impressoras 3D. Essa popularização, juntamente com avanço dos softwares de Desenho Assistido por Computador CAD (do inglês: *Computer Aided Design*), proporcionaram uma onda de interesse no desenvolvimento de membros artificiais de baixo custo (BURN; TA; GOGOLA, 2016).

A manufatura aditiva, mais conhecida por impressão 3D, vem conseguindo reduzir o custo das próteses, tornando possível até mesmo confeccioná-las em casa. Existem inúmeros projetos que procuram desenvolver novos membros artificiais, principalmente voltados para crianças. Os arquivos dos projetos estão sendo disponibilizados pela internet de forma gratuita. Porém os projetos, são geralmente voltados para casos específicos.

Devido a individualidade dos projetos, normalmente é necessário realizar adaptações, para que a prótese possa ser utilizada por outra criança. A falta de dados e parâmetros, são os responsáveis por não haver padrões nem classificação das dimensões dos membros artificiais. Sabendo dos novos desafios e do recente cenário das próteses de membro superior para crianças, o objetivo deste trabalho é estudar a antropometria da mão e verificar a existência de relação entre algum dado da criança ou adolescente com as dimensões da mão.

# 1 Desenvolvimento

Nesta seção, é apresentado o procedimento utilizado na escolha da variável que será posteriormente utilizada para estimar as medidas da mão, e também, exibe as características antropométricas do membro superior de adultos.

## 1.1 Escolha da variável antropométrica

O intuito deste trabalho é desenvolver uma forma de estimar o tamanho da mão de uma criança ou adolescente a partir de alguma variável de fácil aquisição. Partindo deste princípio, escolheu-se a idade para ser essa variável. Este é um dado de fácil obtenção, não sendo necessário realizar nenhum procedimento especial. Buscando a eficiência de tal variável, procurou-se na literatura se haviam estudos que relacionam a idade com o comprimento da mão.

Durante a pesquisa observou-se a insuficiência na literatura, de trabalhos que apontassem a relação entre a idade e o comprimento da mão de crianças e adolescentes. Por fim, foi encontrado um único trabalho desenvolvido nos Estados Unidos da América na década de 1970.

Snyder et al. (1975), realizaram uma pesquisa que teve duração de 3 anos, que ocorreu entre 1972 e 1975. Foram coletadas 41 medidas do corpo, sendo que algumas não haviam sido coletadas em nenhum estudo anterior. Estes dados visavam a obtenção das dimensões antropométricas de bebês, crianças e adolescentes. Existia um grande interesse nessas medidas, principalmente para o desenvolvimento de padrões de design para produtos adequados à segurança.

Ocorriam muitos acidentes nesse período devido ao mal dimensionamento dos móveis e brinquedos. Estima-se que 700.000 crianças foram lesionadas por brinquedos em 1968. Eles sabiam que as pessoas estavam ficando mais altas e que existem diferenças regionais. Portanto, precisavam de uma quantidade grande dados para representar a população dos Estados Unidos da América. No total foram coletadas as medidas de 4027 crianças e adolescentes que foram divididos por gênero e meses de vida, de 0 a 156 meses (13 anos) (SNYDER et al., 1975).

Por serem dados que foram coletados apenas na população dos Estados Unidos da América e a mais de 40 anos atrás, eles não seriam uma boa estimativa para os padrões atuais. Segundo Freire (2000), fatores como mistura genética, melhora na alimentação e na saúde, dentre outros, modificam os padrões da população. Outro problema encontrado, foi a inexistência de banco de dados que relaciona a idade com o comprimento da mão de crianças e adolescentes.

Foram realizadas inúmeras pesquisas em bancos de dados bibliográficos (*Scopus*, *ScienceDirect* e *SciELO*), além do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), porém não foram encontrados dados sobre a relação da idade com o

comprimento da mão. Devido a ausência de material, a idade não é uma variável adequada para esse trabalho, donde foi necessário escolher uma nova. Dessa vez, para evitar novamente o problema de falta de dados, realizou-se a busca na literatura por variáveis que sejam relacionadas com o comprimento da mão. Também foi levada em consideração a existência de estudos recentes com a variável escolhida.

A estatura é uma medida que se mostrou relevante, uma vez que vem sendo estudada a bastante tempo. A primeira pesquisa que procurou a relação da estatura com outras partes do corpo foi realizada por Sue (1755). Desde então vem sendo estudada a relação da estatura com outras partes do corpo. Na ciência forense, existem estudos que relacionam a estatura com o comprimento da mão.

Os trabalhos encontrados que estudaram a relação entre a estatura e o comprimento da mão ocorreram em diferentes países. Foram totalizados onze estudos que ocorreram em diferentes países, sendo o primeiro datado de 1990 e o mais recente de 2015, os valores encontrados são apresentados na Tabela 7.1.

**Tabela 7.1** Medidas de estatura e comprimento da mão encontrados na literatura

	Mulher		Homem		País
	Estatura (m)	Comp. mão (cm)	Estatura (m)	Comp. mão (cm)	
Abdel-Malek et al. (1990)	1,59	18,27	1,73	19,93	Egito
Krishan e Sharma (2007)	1,56	16,82	1,68	18,23	Índia
Agnihotri et al. (2008)	1,60	17,22	1,74	18,89	Ilhas Maurício
Habib e Kamal (2010)	1,60	17,61	1,75	19,33	Egito
Ishak, Hemy e Franklin (2011)	1,79	19,55	1,64	16,89	Austrália Ocidental
Akhlaghi et al. (2012)	1,62	17,15	1,76	18,93	Irã
Krishan, Kanchan e Sharma (2012)	1,56	16,80	1,68	18,20	Índia
Ahmed (2013)	1,60	17,25	1,75	19,16	Sudão
Uhrová et al. (2014)	1,66	17,21	1,80	18,72	Eslováquia
Jee e Yun (2015)	1,56	17,10	1,70	18,30	Coreia do Sul
Paulis (2015)	1,57	17,82	1,68	19,12	Egito

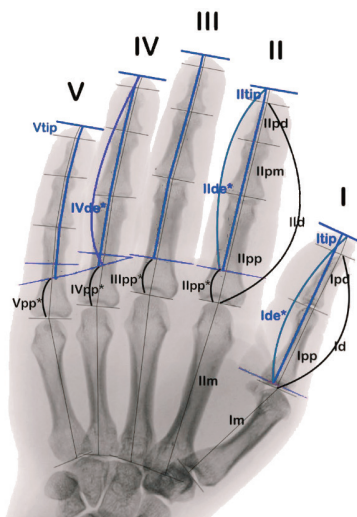
Fonte: o autor

Os estudos buscaram encontrar parâmetros para estimar a estatura a partir das dimensões de outras partes do corpo. As principais medidas analisadas, foram o comprimento e largura dos membros superior e inferior. No geral, o comprimento da mão mostrou ser a medida mais confiável para estimar a estatura. Por este motivo, a estatura é utilizada para determinar o comprimento da mão neste trabalho.

## 1.2 Antropometria da mão

A estrutura da mão é composta por 27 ossos que são divididos em três grupos: as falanges, o metacarpo e o carpo. Tradicionalmente o carpo é considerado como pulso, e contribui para a estabilidade e movimentação do membro superior. A região da palma da mão, é chamada de metacarpo e vem logo após o carpo. Por último, está a estrutura dos dedos, que é composta pelas falanges. O polegar é estruturalmente diferente dos outros dedos, devido à posição que ocupa em relação à mão e ter uma falange apenas que os demais dedos (PANCHAL-KILDARE; MALONE, 2013).

Alexander e Viktor (2010), realizaram o estudo das medidas dos ossos do membro superior (metacarpo e falanges) e também do tecido que cobre as pontas da falange distal. Foram coletadas as medidas de ambas as mãos de 66 pessoas, com a faixa etária de 19 a 78 anos. Eles obtiveram os comprimentos a partir de imagens de Raio X e as medidas são mostradas na Figura 7.1. Os dedos foram numerados de I a V, começando pelo polegar (I) e terminando no mínimo (IV).



**Figura 7.1** Medidas coletadas: m) metacarpo; pp) falange proximal; pm) falange medial; pd) falange distal; tip) tecido mole da falange distal; d) comprimento total das falanges do dedo; de) comprimento total do tecido até a ponta do dedo pp\*) altura do tecido na articulação metacarpofalângica.

Fonte: adaptado de Alexander e Viktor (2010).

Os resultados foram considerados satisfatórios para os autores. Os dados não apresentaram diferença significativa entre as medidas da mão esquerda e direita, sendo de no máximo 0,5%. As medidas obtidas e o desvio padrão, das medidas coletadas, são apresentados na Tabela 7.2.

**Tabela 7.2** Comprimento das falanges, metacarpos e tecido mole das falanges distais (medidas em mm).

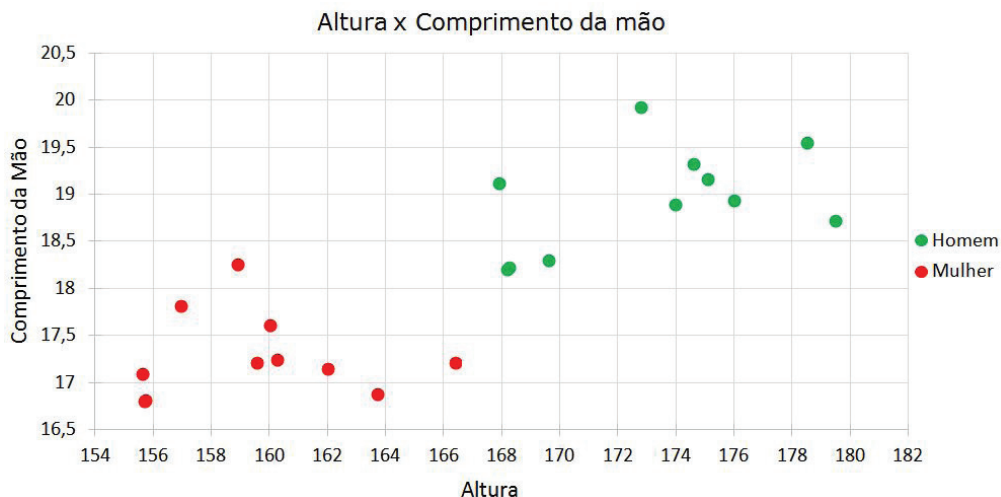
Dedo	tecido mole da falange distal (tip)	falange distal (pd)	falange medial (pm)	falange proximal (pp)	meta-carpo (m)
I	5,67 ± 0,61	21,67 ± 1,60	–	31,57 ± 3,13	46,22 ± 3,94
II	3,84 ± 0,59	15,82 ± 2,26	22,38 ± 2,51	39,78 ± 4,94	68,12 ± 6,27
III	3,95 ± 0,61	17,40 ± 1,85	26,33 ± 3,00	44,63 ± 3,81	64,60 ± 5,38
IV	3,95 ± 0,60	17,30 ± 2,22	25,65 ± 3,29	41,37 ± 3,87	58,00 ± 5,06
V	3,73 ± 0,62	15,96 ± 2,45	18,11 ± 2,54	32,74 ± 2,77	53,69 ± 4,36

Fonte: (Alexander e Viktor, 2010).

Como pode ser observado na Tabela 7.2, as medidas apresentaram o comprimento médio (soma de cada uma das partes da mão, para o dedo III) de 156,9 mm. Os dados apresentaram em média uma variação de aproximadamente 11%, o que ocorreu devido ao fato de informações como gênero e altura não serem levadas em consideração. Utilizando as medidas encontrada é possível também encontrar a relação entre o tamanho dos ossos, sendo essa, uma informação importante para o desenvolvimento de próteses.

## 2 Metodologia / procedimentos utilizados

Observando os dados apresentados pelos autores, duas características podem ser notadas. A primeira é que eles aparentemente seguem uma tendência, mostrando que a relação entre a altura e comprimento da mão podem seguir um padrão. A segunda característica, é que existe uma diferença entre a altura dos homens em relação às mulheres, sendo os homens, geralmente mais altos que as mulheres, estes aspectos são mostrados na Figura 7.2.



**Figura 7.2** Gráfico da Altura pelo Comprimento da Mão dos dados obtidos pelos autores supracitados, mostrando homens e mulheres (medidas em cm)

Fonte: o autor

Devido à grande miscigenação existente na população brasileira e para verificar a eficiência da estatura para estimar o comprimento da mão, os dados foram analisados sem separação por gênero, diferente dos estudos utilizados. O objetivo ao utilizar todos os dados, é realizar uma regressão mais abrangente.

O crescimento é um processo biológico, de multiplicação e aumento da quantidade celular, que pode ser observado pelo desenvolvimento corporal. Ele é influenciado por fatores intrínsecos (genéticos e metabólicos) e fatores extrínsecos (alimentação, higiene, saúde, cuidados gerais com a criança, entre outros) (WHO et al., 1995). Por consequência, a possibilidade de atingir ou não o potencial genético máximo de crescimento, depende das condições às quais a criança é submetida. Outra informação importante, é que a velocidade de crescimento geralmente não é uniforme nos diferentes órgãos e tecidos (BÁSICA, 2002).

A regressão é uma ferramenta estatística usada para prever o valor aproximado de uma variável a partir da medida conhecida de outra. Será utilizada a regressão linear, que segundo Freund (2006), uma função linear tem esse nome pelo fato de seu gráfico no plano cartesiano apresentar o formato de uma linha reta. Ela possui dois coeficientes, o angular e o linear. Para encontrar tais coeficientes, será utilizado o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

O MMQ é a técnica mais utilizada em ciências experimentais, por conseguir encontrar os coeficientes que geram o menor erro. Ele consiste em determinar os valores que minimizam a soma das diferenças quadráticas dos resíduos. A forma



de encontrar tais coeficientes é exibida a seguir na Equação 1 (HELENE, 2006; CORREA, 2003).

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (1)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Onde:

- = quantidade de dados coletados;
- = variável independente;
- = valor médio da variável x;
- = variável dependente;
- = valor médio da variável y.

Após encontrar a equação de regressão, a correlação linear entre as variáveis será estudada. A correlação linear mostra o quanto a regressão linear consegue representar o comportamento entre duas variáveis. O valor do coeficiente de correlação varia entre o intervalo de -1 e +1 pode ser calculado pela Equação 2 (Larson; Farber, 2010).

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (2)$$

Quanto mais próximo de zero, menor é a correlação, não existindo correlação, no caso de o coeficiente resultar em zero. Quanto mais próximo de -1 (correlação negativa) ou +1 (correlação positiva), maior é a correlação. A correlação negativa, implica que a medida que uma variável aumenta a outra reduz seu valor. Já a correlação positiva, implica que uma variável acompanha o sentido da outra. Se o coeficiente encontrado, resultar em -1 ou 1, significa a existência de uma correlação “perfeita”, ou seja, a regressão linear consegue representar todos os dados sem que ocorra nenhum erro (CORREA, 2003).

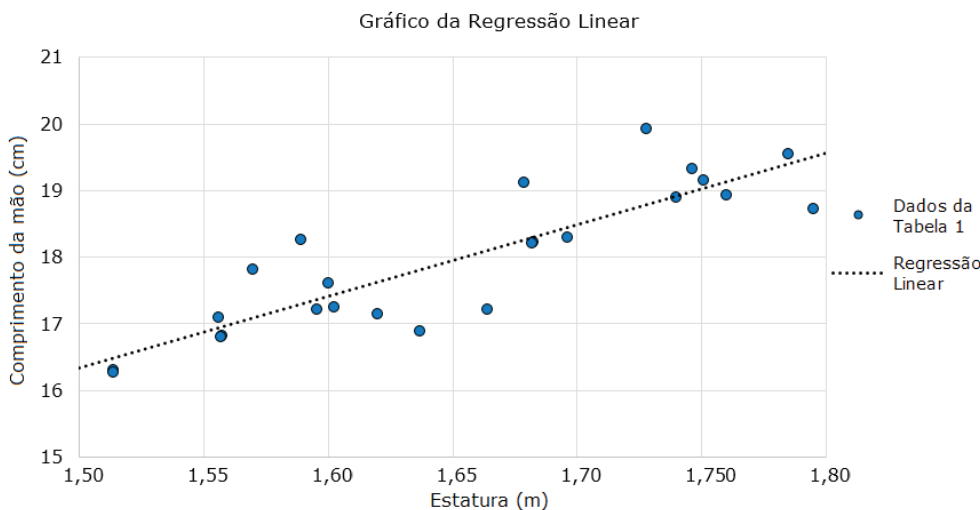
### 3 Discussão e Resultados

Após utilizar o MMQ nos dados da Tabela 7.1, foram obtidos os valores dos coeficientes angular (10,26) e linear (1,04), resultando na Equação 3.

$$y = 10,26x + 1,04 \quad (3)$$

Para averiguar se a regressão consegue ou não descrever o comportamento dos dados, será calculado o coeficiente de correlação. Utilizando a Equação 2, é

encontrado o valo de . Segundo Correa (2003), valores de indicam a existência de uma forte correlação ou ainda, que a interdependência entre as duas variáveis é bastante significativa. Considerando esta informação, pode-se afirmar que a estimativa do comprimento da mão, utilizando a estatura, apresenta boa confiabilidade. A curva de regressão encontrada (Equação 3) e os dados utilizados (Tabela 7.1), são apresentados na Figura 7.3.



**Figura 7.3** Gráfico da curva de regressão utilizando a estatura para estimar o comprimento da Mão.

Fonte: o autor

Como pode ser observado, a regressão consegue representar a tendência dos dados. Por apresentar 83% de coeficiente de correlação, é possível notar que os dados apresentam uma pequena dispersão em torno da reta de regressão. Portanto, quanto maior o coeficiente, menor será a dispersão.

## Considerações finais

O resultado obtido com a equação de regressão e o coeficiente de correlação foram satisfatórios e mostraram que a estatura é uma boa medida para estimar o comprimento da mão. Diferente dos estudos apresentados que utilizaram apenas as medidas da população local, aqui foram consideradas as medidas de vários países. Portanto, observa-se que o desenvolvimento do corpo segue o mesmo padrão, mesmo passando por condições adversas.

Para ter uma estimativa mais precisa do comprimento da mão das crianças e adolescentes brasileiras a partir da estatura, é fundamental que se colete tais medidas. Estes dados são extremamente necessários, visto que os dados utilizados

são apenas de adultos e não apresentam informações relativas à população brasileira. Como trabalho futuro, deseja-se realizar todas as etapas necessárias para a coleta de tais dados, validando o modelo para características dimensionais e populacionais do Brasil.

## Referências

- ABDEL-MALEK, A. K. *et al.* Prediction of stature from hand measurements. *Forensic Science international*, Elsevier, v. 46, n. 3, p. 181–187, 1990.
- AGNIHOTRI, A. K. *et al.* Prediction of stature using hand dimensions. *Journal of Forensic and legal Medicine*, Elsevier, v. 15, n. 8, p. 479–482, 2008.
- AHMED, A. A. Estimation of stature from the upper limb measurements of sudanese adults. *Forensic science international*, Elsevier, v. 228, n. 1, p. 178-e1, 2013.
- AKHLAGHI, M. *et al.* Estimation of stature from upper limb anthropometry in iranian population. *Journal of forensic and legal medicine*, Elsevier, v. 19, n. 5, p. 280–284, 2012.
- ALEXANDER, B.; VIKTOR, K. Proportions of hand segments. *Int. J. Morphol*, v. 28, n. 3, p. 755–758, 2010.
- BÁSICA, S. d. P. d. S. Ministério da Saúde Departamento de A. Saúde da criança: *acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil*. [S.l.]: Ministério da Saúde Brasília, 2002.
- BELLIS, M. A brief history of prosthetics. 2016. Disponível em: <<http://inventors.about.com/library/inventors/blprosthetic.htm>>. Acesso em: 05/02/2016.
- BILLOCK, J. N. Upper limb prosthetic terminal devices: Hands versus hooks. *Clin Prosthet Orthot*, v. 10, n. 2, p. 57–65, 1986.
- BOYALI, A.; HASHIMOTO, N. Spectral collaborative representation based classification for hand gestures recognition on electromyography signals. *Biomedical Signal Processing E Control*, Elsevier, v. 24, p. 11–18, 2016.
- BURN, M. B.; TA, A.; GOGOLA, G. R. Three-dimensional printing of prosthetic hands for children. *The Journal of hand surgery*, Elsevier, 2016.

- CHOI, C. Q. World's first prosthetic: Egyptian mummy's fake toe. *Live Science*, v. 27, 2007.
- CORREA, S. M. B. B. Probabilidade e Estatística. 2. ed. [S.l.]: PUC MINAS, 2003.
- FREUND, J. E. Estatística Aplicada. Economia, Administração e Contabilidade. 11. ed. [S.l.]: BOOKMAN, 2006.
- HABIB, S. R.; KAMAL, N. N. Stature estimation from hand and phalanges lengths of egyptians. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, Elsevier, v. 17, n. 3, p. 156–160, 2010.
- HELENE, O. Metodos dos Minimos Quadrados. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2006.
- ISHAK, N.-I.; HEMY, N.; FRANKLIN, D. Estimation of stature from hand and handprint dimensions in a western australian population. *Forensic science international*, Elsevier, v. 216, n. 1, p. 199–e1, 2011.
- JEE, S.-c.; YUN, M. H. Estimation of stature from diversified hand anthropometric dimensions from korean population. *Journal of forensic and legal medicine*, Elsevier, v. 35, p. 9–14, 2015.
- KRISHAN, K.; KANCHAN, T.; SHARMA, A. Multiplication factor versus regression analysis in stature estimation from hand and foot dimensions. *Journal of forensic and legal medicine*, Elsevier, v. 19, n. 4, p. 211–214, 2012.
- KRISHAN, K.; SHARMA, A. Estimation of stature from dimensions of hands and feet in a north indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, Elsevier, v. 14, n. 6, p. 327–332, 2007.
- LARSON, R.; FARBER, B. *Estatística Aplicada*. 4. ed. [S.l.]: PEARSON, 2010.
- LIEBERMAN, J. A. Chapter 44 - electromyography and evoked potentials. In: GUPTA, A. K.; GELB, A. W. (Ed.). *Essentials of Neuroanesthesia and Neurointensive Care*. Philadelphia: W.B. Saunders, 2008. p. 283–289. ISBN 978-1-4160-4653-0.
- NERLICH, A. G. *et al.* Ancient egyptian prosthesis of the big toe. *The Lancet*, Elsevier, v. 356, n. 9248, p. 2176–2179, 2000.

- PANCHAL-KILDARE, S.; MALONE, K. Skeletal anatomy of the hand. *Hand clinics*, Elsevier, v. 29, n. 4, p. 459-471, 2013.
- PAULIS, M. G. Estimation of stature from handprint dimensions in egyptian population. *Journal of forensic and legal medicine*, Elsevier, v. 34, p. 55-61, 2015.
- RESNIK, L. *et al.* Advanced upper limb prosthetic devices: implications for upper limb prosthetic rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Elsevier, v. 93, n. 4, p. 710-717, 2012.
- SNYDER, R.G. *et al.* Physical characteristics of children. *Bethesda, MD:US Consumer Product Safety Commission*, 1975.
- SUE, J. J. Sur les proportions des squelette de homme, examiné depuis l'âge de plus tendre, jusqu'à celui de vingt cinq, soixante ans, & audel. *Acad. Sci. Paris Mem Mathemat. Phys. Present. Divers Savants*, v. 2, p. 572-585, 1755.
- THURSTON, A. J. Paré and prosthetics: the early history of artificial limbs. *ANZ journal of surgery*, Wiley Online Library, v. 77, n. 12, p. 1114-1119, 2007.
- UHROVÁ, P. *et al.* Estimation of stature using hand and foot dimensions in slovak adults. *Legal Medicine*, Elsevier, v. 17, n. 2, p. 92-97, 2014.
- WHO, W. H. O. *et al.* Physical status: The use of and interpretation of anthropometry, report of a who expert committee. Geneva: World Health Organization, 1995.
- WILSON, A. B. History of amputation surgery and prosthetics. *Atlas of Limb Prosthetics: Surgical, Prosthetic, and Rehabilitation Principles*, Mosby Year Book, p. 3-15, 1992.
- WRIGHT, F. V. *et al.* The prosthetic upper extremity functional index: development and reliability testing of a new functional status questionnaire for children who use upper extremity prostheses. *Journal of Hand Therapy*, Elsevier, v. 14, n. 2, p. 91-104, 2001.
- \_\_\_\_\_. Evaluation of the validity of the prosthetic upper extremity functional index for children. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Elsevier, v. 84, n. 4, p. 518-527, 2003.

ZUNIGA, J. *et al.* Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC research notes*, Springer, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2015.