



## FABRICAÇÃO DIGITAL PARA ENSINO EM ERGONOMIA E DESIGN UNIVERSAL

Sabine De Paris<sup>1\*</sup>

Mariana Pasa<sup>2</sup>

Angela Weber Righi<sup>3</sup>

Vanessa Goulart Dornéles<sup>4</sup>

### Resumo

---

O ensino de Ergonomia e Design Universal nos cursos de Arquitetura e Engenharias exige uma aproximação teórica e prática por meio de metodologias que utilizem novas tecnologias disponíveis no mercado. Abordando, em específico a Antropometria, o uso de fabricação digital e impressão 3D permite que os estudantes desenvolvam a experimentação e capacidade de resolução de problemas. O objetivo deste estudo é apresentar o processo de desenvolvimento de material didático para ensino em Ergonomia e Design Universal (DU), através da fabricação digital e da impressão 3D, de modo que ofereça suporte e contribua na compreensão dos temas. O desenvolvimento de um protótipo em escala envolveu testes e estudos de melhorias para o dimensionamento de um modelo que utiliza os percentis antropométricos. Por meio dos modelos em escala nos percentis desejados (5%, 50% e 95%) é possível demonstrar em sala de aula a relação entre o ambiente e seu usuário com a impressão de elementos do nosso cotidiano como mobiliário, rampas, escadas e fenestrações. Entende-se que a utilização da fabricação digital no ensino em Ergonomia e Design Universal vai ao encontro de novas metodologias para o processo de ensino-aprendizagem, estimulando os estudantes para o estudo das mesmas.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Design Universal; Fabricação digital; Antropometria.

### DIGITAL MANUFACTURING FOR TEACHING IN ERGONOMICS AND UNIVERSAL DESIGN

### Abstract

---

Teaching Ergonomics and Universal Design in Architecture and Engineering courses requires a theoretical and practical approach through methodologies that use new technologies available on the market. Specifically addressing Anthropometry, the use of digital fabrication and 3D printing allows students to develop experimentation and problem-solving skills. The objective of this study is to present the process of developing teaching materials for Ergonomics and Universal Design (UD) through digital fabrication and 3D printing, in a way that offers support and contributes to the understanding of the topics. The development of a scale prototype involved testing and improvement studies for the dimensioning of a model that uses anthropometric percentiles. Through scale models in the desired percentiles (5%, 50% and

---

<sup>1</sup>UFSM.\* sparis.arq@gmail.com.

<sup>2</sup>UFSM.

<sup>3</sup>UFSM.

<sup>4</sup>UFSM.



95%), it is possible to demonstrate in the classroom the relationship between the environment and its user by printing elements of our daily lives such as furniture, ramps, stairs and windows. It is understood that the use of digital manufacturing in teaching Ergonomics and Universal Design meets new methodologies for the teaching-learning process, encouraging students to study them.

**Keywords:** Ergonomics; Universal Design; Digital Manufacturing; Anthropometry.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo dos espaços centrados no usuário envolve tanto o conhecimento das dimensões físicas humanas (altura em pé, altura sentado, entre outras) como as dimensões de trabalho, as quais abordam as dinâmicas do corpo no espaço. Adicionalmente, fatores como idade e limitação física demonstram que não é adequado utilizar no projeto dimensionamentos estabelecidos por valores médios, desconsiderando as reais necessidades de quem utiliza o espaço (PANERO, ZELNIK; 2008). Na relação entre o usuário e o espaço construído, incluem-se ainda os elementos culturais e valores individuais da percepção do espaço, que afetam a qualidade de vida das pessoas (HERZBERGER, 1999; HALL, 2005). Áreas de conhecimento como Ergonomia e Design Universal (DU) proporcionam métodos de entendimento das necessidades do usuário e, portanto, podem colaborar com processos de projetos centrados no usuário (DORNELES; BINS ELY, 2018).

Para Lida e Buarque (2016) a Ergonomia consiste na aplicação de conceitos de anatomia, fisiologia e psicologia para a resolução de problemas surgidos na relação do homem com o ambiente. Moraes & Mont'Alvão (2003) consideram a Ergonomia além da relação entre homem e ferramenta, incluindo as interações e comunicações que acontecem no ambiente. No caso do Design Universal, MACE *et al.* (1996) definem como a concepção de produtos, edificações e espaços abertos que atendem as diferentes necessidades espaciais e as diferentes limitações dos usuários. Entretanto, o DU se diferencia da acessibilidade, de modo que a acessibilidade promove um design acessível a indivíduos específicos ou grupos de indivíduos com limitações (ORMEROD; NEWTON, 2011).

As temáticas ganham cada vez mais espaço dentro das formações de novos profissionais. O DU, por exemplo, tornou-se conteúdo obrigatório para os cursos de Arquitetura e Engenharias através de resolução nº 1, de 26 de março de 2021 (CNE, 2021). Portanto, diferentes perspectivas relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem e estratégias metodológicas são fundamentais para atender a resolução (MALULI; LOPES; VERGARA, 2022; NETO; ANDRADE; RIBEIRO, 2022; SIMONETTO; MEDEIROS, 2022). A



aproximação teórica e prática, tanto na Ergonomia quanto no DU, por meio de dinâmicas de ensino que relacionem os conceitos com a experimentação é fundamental para os estudantes desenvolverem a capacidade de solução de problemas (BRAATZ et al., 2017). A multidisciplinariedade das Engenharias com a Arquitetura permite relacionar os sistemas de interação homem-tecnologia na concepção de artefatos (VERGARA, 2005), os quais proporcionam a discussão de conceitos por meio da aplicação de testes de usabilidade (GONÇALVES, 2017). Adicionalmente, o uso de novas tecnologias na produção de artefatos torna as temáticas mais atrativas aos estudantes ao mesmo tempo que prepara os estudantes para o mercado.

As novas formas de produção associadas à tecnologia digital trabalham como grandes aliadas na inovação de projetos, na fabricação e na construção. Os recentes meios de produção, nos quais se incluem a prototipagem rápida e a fabricação digital incorporam a confecção de artefatos com novas perspectivas de avanço e inovação no aprendizado e assimilação do conhecimento (SCHEEREN, 2021). Dessa forma, o objetivo deste artigo é apresentar o

processo de desenvolvimento de material didático para ensino em Ergonomia e Design Universal, através da fabricação digital e da impressão 3D, de modo que ofereça suporte como material didático e contribua na compreensão dos temas.

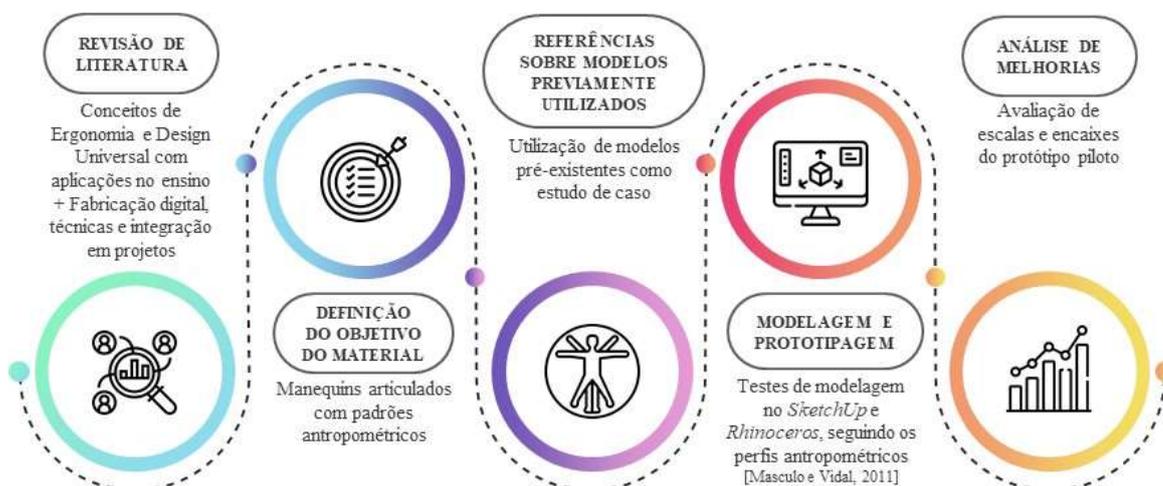
## 2. DESENVOLVIMENTO

O estudo caracteriza-se como quantitativo-qualitativo quanto à sua abordagem, centrando-se na explicação das dinâmicas que envolvem a relação do usuário com o espaço. Quanto à natureza, caracteriza-se como pesquisa aplicada, pois está direcionada para a resolução de problemas específicos. Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que busca informações e a construção de hipóteses (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A Figura 1 ilustra as etapas de desenvolvimento do presente estudo: Etapa 1. revisão de literatura; Etapa 2. definição do objetivo do material; Etapa 3. referências sobre modelos previamente utilizados; Etapa 4. modelagem e prototipagem; e Etapa 5. análise de melhorias. De modo a aproximar o pesquisador do conteúdo já publicado sobre as temáticas de estudo (MARCONI; LAKATOS, 2003), a Etapa 1 deste estudo consistiu na coleta de dados envolvendo pesquisas em periódicos e eventos científicos acerca dos conceitos de Ergonomia e DU e seu ensino nos cursos de Arquitetura e Engenharias. Em complemento, a revisão de literatura sobre o uso de fabricação digital, técnicas de fabricação e a integração da

prototipagem na etapa de concepção projetual bem como seus impactos na experimentação, solução de problemas de projeto e no desenvolvimento dos estudantes como profissionais reflexivos.

**Figura 1** – Etapas de desenvolvimento da pesquisa



**Fonte:** Autores, 2023

Devido a amplitude das temáticas de estudo, após a revisão bibliográfica percebeu-se que a antropometria aproxima os cursos de Arquitetura e Engenharias ao envolver procedimentos e técnicas para o entendimento de medidas e formas do corpo humano e sua relação com o ambiente (GONÇALVES, 2017). Na concepção projetual, a compreensão dessas medidas é parte fundamental para a definição das dinâmicas de usos e dimensionamentos dos espaços. Notou-se, como parte da Etapa 2, que os manequins articulados retratam, geralmente em escalas reduzidas, medidas e proporções humanas e são ferramentas que, em conjunto com elementos construtivos, podem ser utilizadas no ensino de Ergonomia e DU. Sendo assim, essa foi a temática escolhida para desenvolvimento das etapas seguintes.

Para melhor compreensão dos vínculos entre os modelos antropométricos e o ensino de Ergonomia e DU, a Etapa 3 visou a busca de modelos previamente utilizados, dentro e fora do meio científico por estudos de caso, considerando características físicas e identificando diretrizes aplicadas.

Após a revisão bibliográfica e formulação teórica do estudo antropométrico relacionado à fabricação digital, iniciaram-se os testes de modelagem (Etapa 4) com base nos percentis antropométricos disponíveis no livro de Másculo e Vidal (2011). Devido ao conhecimento prévio dos autores, optou-se por utilizar inicialmente a versão educacional do software



SketchUp. Ao decorrer da modelagem percebeu-se a necessidade de buscar outro software que possibilitasse modelagens mais complexas, dado que as ferramentas SketchUp são limitadas para modelagens anatômicas.

O programa eleito para a modelagem de estudo foi o Rhinoceros, utilizando-se a versão gratuita para teste, o qual atendeu a demanda percebida anteriormente. A produção dos protótipos pilotos foi impressa em filamento PLA (Biopolímero Ácido Poliláctico) em uma impressora marca Creality, modelo CR-10S Pro, nos espaços do Laboratório de Fabricação Digital do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Fábrica CT.

Por fim, a Etapa 5 de análise dos protótipos impressos, e todo o processo de desenvolvimento, visando melhorias foi realizada.

### 3. RESULTADOS

A partir dos métodos supracitados, estrategicamente definidos para o objetivo deste estudo, são apresentadas as evidências obtidas para a análise. As próximas seções discutem os resultados encontrados para cada etapa do desenvolvimento do estudo.

#### 3.1. Revisão de literatura sobre fabricação digital e ensino em Ergonomia e DU

A fabricação digital possibilita a produção em massa de diferentes elementos personalizados, conhecido como *mass customization* (CELANI; PUPO, 2008). Este processo está associado ao projeto digital e a manipulação virtual de formas, de modo que os procedimentos são controlados por computador e codificados para a posterior produção (BARBOSA NETO, 2013). Considerando a produção em escala industrial no setor de construção civil, a fabricação digital está associada à produção final de fôrmas ou peças finais de edifícios ou outros elementos que compõem a construção. No caso da prototipagem rápida, associa-se à manufatura e materialização de protótipos que serão utilizados para análise e verificação de modelos virtuais (PUPO, 2009).

A prototipagem rápida divide-se ainda pelo tipo de manufatura: aditiva, subtrativa ou formativa. A manufatura aditiva define-se pela sobreposição de camadas de material, seja sólido ou líquido, por meio de equipamentos como a impressora 3D. A manufatura subtrativa refere-se ao desbaste de um material em equipamentos como fresa, corte a laser e jato d'água. A



manufatura formativa é aquela baseada em um molde sobre o qual o material deforma-se e adapta-se (PUPO, 2009; BARBOSA NETO, 2013; FACCA et al., 2022).

Nos cursos de Arquitetura e Engenharias, o uso da prototipagem rápida serve de auxílio ao processo de projeto como ferramenta de criação e de aplicação, unindo o mundo digital ao físico. A experimentação proporcionada pela modelagem e a prototipagem estimula a curiosidade dos estudantes, ao mesmo tempo que gera um ambiente de compartilhamento do conhecimento (FACCA et al., 2022). A solução de problemas de projeto aprimora as diferentes capacidades dos estudantes por meio da pesquisa de dados, uso da inovação e tomada de decisões (FERREIRA; FREITAS-GUTIERRES, 2022). Além disso, proporcionam o desenvolvimento dos mesmos como profissionais reflexivos, refletindo na ação e sobre a ação (SCHÖN, 2009).

### **3.2. Definição do objetivo do material: Antropometria**

Na literatura são encontrados estudos que utilizam a modelagem e a manufatura aditiva para a confecção de próteses e órteses, produtos médicos, mobiliários, produtos de uso cotidiano e mapas táteis em diferentes disciplinas e temáticas (BATISTELLO et al., 2015; SOUZA et al., 2017; ANDRADE; AGUIAR, 2018; SOUSA ET AL., 2019; KERMAVNAR; SHANNON; O'SULLIVAN, 2021). Entretanto, notou-se que existem poucos estudos com modelos antropométricos para o ensino de Ergonomia e DU. Os modelos disponíveis no mercado, como os manequins de maneira, representam a articulação dos movimentos e proporcionalidade entre dimensões do corpo humano. Modelos criados a partir de padrões de medidas, conforme os percentis antropométricos, dificilmente são encontrados. Em complemento, elementos do nosso cotidiano como portas, escadas e mobiliários, que são exemplos base de ensino para a Ergonomia e o DU, não estão associados como modelos físicos que possam ser utilizados no ensino prático.

Ressalta-se que a antropometria deve ser entendida como ferramenta de inclusão, uma vez que entre os princípios de DU (DORNELES et al., 2013) como uso equitativo, baixo esforço físico e espaço para aproximação e uso dependem de um dimensionamento adequado aos diferentes usuários que utilizam um espaço e/ou mobiliário. A eliminação de barreiras físicas depende da assimilação da antropometria e da relação usuário-ambiente por meio de aplicações práticas que demonstrem aos estudantes a importância da temática.

### **3.3. Referências sobre modelos previamente utilizados**



Pesquisas científicas sobre modelos criados a partir do escaneamento 3D de corpos reais, digitalizados para posterior impressões de manequins, buscam auxiliar na confecção de roupas, sapatos e acessórios em conformidade com as medidas das respectivas populações em estudo (SPAHIU et al., 2016; OH; SUH, 2021; COPILUSI et al., 2023). O escritório Mandesso Design, comandado pelo engenheiro industrial Manu Alvarez, desenvolveu 29 modelos humanos digitais abordando os percentis de 1%, 50% e 95% nas idades entre um bebê de 2 meses e adultos. Infelizmente, não é possível ter acesso aos dados do estudo de Alvarez (MANDESSO, 2023). Outros modelos disponibilizados de forma digital, sem caráter científico e de acesso gratuito podem ser encontrados em sites específicos de impressão 3D como o Thingiverse e Cults.

Apesar dos modelos e estudos disponíveis, ainda existem poucos recursos voltados para o ensino de ergonomia e DU, principalmente que não demandem altos recursos de investimento. Portanto, o desenvolvimento de um material didático que possa ser utilizado em diversos cursos e instituições de ensino superior é fundamental para a disseminação do conhecimento.

### **3.4. Modelagem e prototipagem**

Para o desenvolvimento inicial do modelo de estudo foi testado o desenho por sobreposição de imagens no software Sketchup. Com base no encaixe dos manequins de madeira disponíveis no mercado foi verificado que o encaixe original realizado por pregos e molas era de difícil acesso para a fabricação devido à escala de impressão. Apesar dos testes terem sido realizados nas escalas 1:20 e 1:10 (Figura 2), dificilmente seria possível produzir as peças necessárias para o encaixe, tornando-se uma produção manual e artesanal, a qual não

condizia com o objetivo do estudo. O uso de furadeira de bancada e a confecção das molas tornaria o processo longo e de difícil replicação.



**Figura 2** – Impressão e furação de testes baseados em manequins de madeira



**Fonte:** Autores, 2023

Sendo assim, em uma segunda fase, optou-se por utilizar um modelo articulado disponível na biblioteca do site Thingiverse (Figura 3). Apesar de não possuir medidas ergonômicas, o modelo possui um sistema de encaixes que após a impressão funcionou adequadamente para o estudo. Entretanto, o modelo possui direitos de uso e não atendia posicionamentos desejado como a fixação de alcances e a posição em pé/sentado, possuindo articulações além das necessárias para o objetivo do estudo.

**Figura 3** – Impressão de modelo disponível na internet

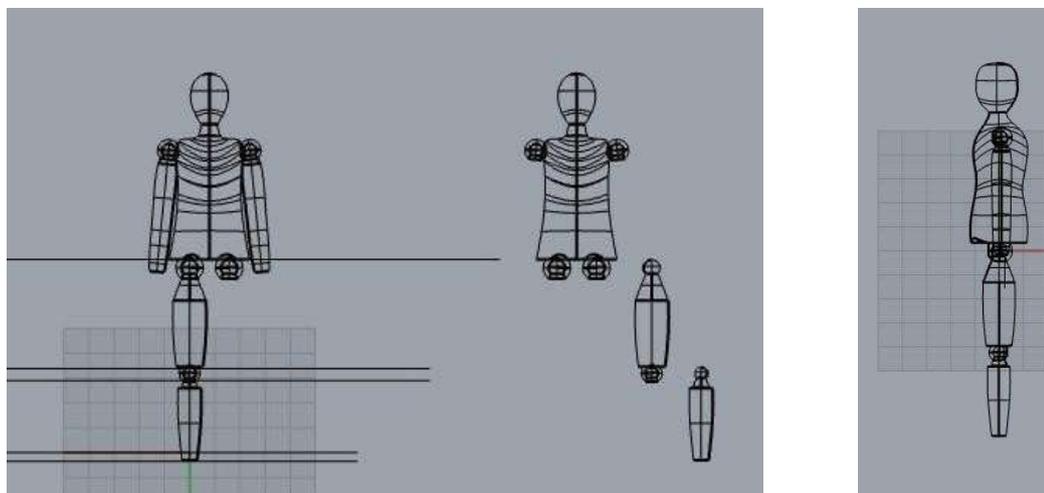


**Fonte:** Makermachine, 2023



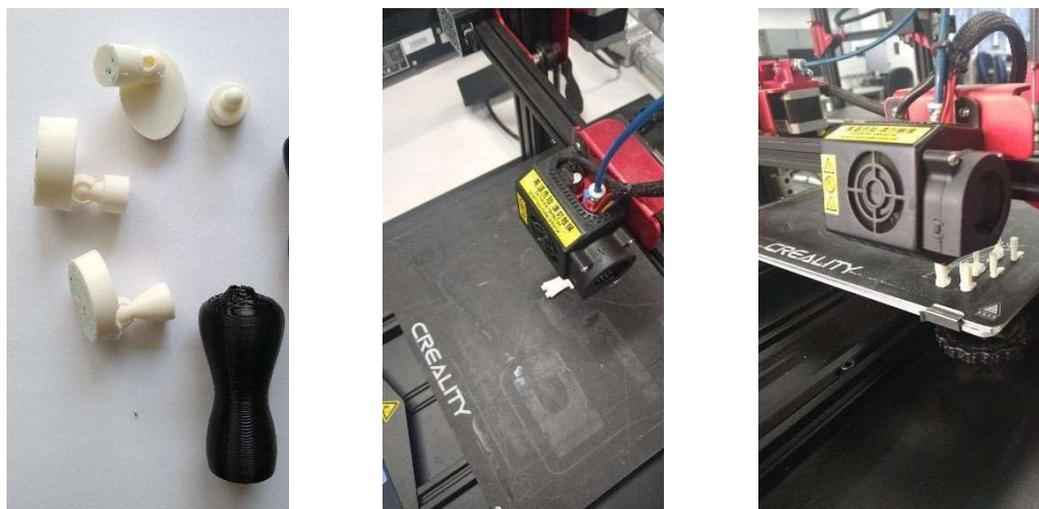
Na terceira fase, com base no sistema de encaixes e a revisão dos posicionamentos desejados, iniciou-se o desenvolvimento pelos autores de um modelo próprio no software Rhinoceros (Figura 4). O software, voltado para a modelagem digital, permite que diferentes formas possam ser criadas e modificadas. Seus recursos admitem a interação e a associações de diferentes objetos, assim como o desenvolvimento de um desenho paramétrico por meio do plugin Grasshopper. Sua principal desvantagem é a condição de possuir uma licença paga, mesmo para estudantes. Por isso, ele foi utilizado na versão gratuita de teste para verificar ser enquadramento ao estudo proposto.

**Figura 4** – Modelagem do protótipo



**Fonte:** Autores, 2023

Foram necessários diversos testes em partes das peças para o funcionamento dos encaixes, de modo que fossem possíveis os movimentos mínimos como: extensão de alcance do braço, posição em pé, posição sentado (Figura 5). A falta de estabilização do movimento, assim como a quebra de peças durante o movimento foram os maiores desafios para que a modelagem funcionasse na impressão. O ajuste fino na dimensão de cada articulação com respectivo encaixe, da mesma forma que sua proporcionalidade para os movimentos foram assegurados após constantes testes de impressão. Igualmente, a configuração do software da impressora 3D, Ultimaker Cura, permite alterar densidades, quantidades de camadas e dimensionamento de espessuras para reforçar a peça e evitar sua quebra. Pretende-se, ainda, explorar o equilíbrio de composição das formas do corpo com esses encaixes, tornando mais harmônico o todo.

**Figura 5** – Impressão testes de encaixes do protótipo

**Fonte:** Autores, 2023

### 3.5. Análise de melhorias

O protótipo piloto foi impresso na escala 1:20 e 1:10 (Figura 6) com as dimensões antropomórficas do percentil 50% (VIDAL, 2000) para a verificação final dos encaixes modelados. Foi constatado que na escala superior o modelo funciona de forma mais adequada para o estudo proposto, assim como o reforço realizado nas estruturas esféricas para evitar a quebra durante o uso. O ajuste fino traz maior estabilidade e durabilidade para o modelo final.

A partir dos ajustes é possível realizar a modelagem dos outros percentis (5% e 95%) e criar modelos que estejam com dimensões aproximadas ao cotidiano da população.

**Figura 6** – Protótipo e portas de simulação.

**Fonte:** Autores, 2023

De modo geral, deve-se considerar que é preciso aprofundar as habilidades no uso do software Rhinoceros para agilizar o processo de modelagem e minimizar erros. O correto ajuste do modelo exige conhecimento e experiência para identificar problemas como o fechamento incorreto e intersecção de objetos, proporcionalidade das formas e o dimensionamento entre peças de encaixe. Adicionalmente, a configuração do software de impressão Ultimaker Cura que gera os suportes, espessura de camadas, tipo de aderência do objeto à mesa e preenchimento somado ao tipo de filamento utilizado, que precisa atender às necessidades do protótipo.

#### 4. CONCLUSÕES

O protótipo desenvolvido para este estudo, através da fabricação digital e da impressão 3D, com o objetivo de ser utilizado como material didático para o ensino de Ergonomia e Design Universal, representa a aplicação prática de dimensões e percentis antropométricos. Os métodos utilizados para a confecção do modelo e os testes na impressão 3D exigiram a investigação dos melhores meios para a concepção de um modelo que pudesse atender as perspectivas de um material inovador. Por meio dos modelos em escala nos percentis desejados (5%, 50% e 95%) é possível demonstrar em sala de aula a relação entre o ambiente e seu usuário com a impressão de elementos do nosso cotidiano como mobiliário, rampas, escadas e fenestramentos.

Contudo, observa-se como limitação a curva de aprendizado exigida no conhecimento de diferentes softwares para modelagem e para impressão. Em específico para a impressão, existem ainda variações conforme o tipo de impressora 3D, que pode utilizar um software



genérico (como o Ultimaker Cura) ou software próprio. Deve-se levar em conta, igualmente, a relação entre o objeto modelado e o objeto impresso, tomando-se cuidado com as escalas que cada software utiliza e a possível defasagem entre eles.

O incentivo aos estudantes de participarem na confecção dos elementos e refletirem sobre a interação entre os diferentes corpos humanos, sua dinâmica e seus alcances é fundamental para um ensino ativo e que os prepare para o mercado profissional. O uso do modelo nos cursos de Arquitetura e Urbanismo pode ocorrer nas disciplinas de projeto enquanto nos cursos de Engenharias pode ocorrer nas disciplinas de Ergonomia, uma vez que a antropometria deve ser compreendida pela diversidade das medidas e da interação do corpo humano com o espaço.

Por fim, a aplicação prática e o conhecimento dos diferentes tipos de usuários e de como eles se relacionam com o ambiente possibilita a sensibilização dos alunos para as barreiras que são encontradas no nosso cotidiano e minimizar as barreiras que não garantem a inclusão no todo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. F.; AGUIAR, B. C. X. C. O uso de mapas táteis no auxílio do processo de ensino-aprendizagem por meio do desenho universal. In: VII Congresso Internacional y XV Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica em Ingeniería, Arquitectura y Carreras Afines. Facultad de Arquitectura y Urbanismo UNLP, 2018.
- BARBOSA NETO, W. **Do projeto à fabricação: um estudo de aplicação da fabricação digital no processo de produção arquitetônica**. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Unicamp, Campinas, 2013.
- BATISTELLO, P.; BALZAN, K. L.; PIAIA, L. P.; MIOTTO, J. Prototipagem rápida e fabricação digital em ateliê vertical: do processo à materialização. In: XIX Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital-Sigradi, p. 137-142, 2015.
- BRAATZ, D., PARAVIZO, E., TONIN, L., SILVA, S. Ensino de ergonomia e projeto: experiências de aplicação de uma dinâmica de concepção de espaço de trabalho. **Revista Ação Ergonômica da Associação Brasileira de Ergonomia**, v. 27, 2017.
- CELANI, M. G. C.; PUPO, Regiane Trevisan. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. **Cadernos de pós-graduação em arquitetura e urbanismo**, v. 8, n. 1, 2008.
- CNE. Conselho Nacional da Educação. **Resolução nº 01/2001, de 26 de março de 2021**. Dispõe sobre as diretrizes curriculares nacionais dos cursos de graduação de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. Brasília: Ministério da Educação.  
Disponível em:



[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=175301-rces001-21&category\\_slug=marco-2021-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=175301-rces001-21&category_slug=marco-2021-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 21 de jul. de 2023.

- COPILUSI, C.; GEONEA, I.; VLADU, C.; MARGINE, A. Design of a parameterized mannequin using rapid prototyping technology. In: International Conference of Mechanical Engineering (ICOME-2022). Atlantis Press, p. 27-35. 2023.
- DORNELES, V. G.; AFONSO, S.; ELY, V. H. M. B. O desenho universal em espaços abertos: uma reflexão sobre o processo de projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 8, p. 55- 55, 2013.
- DORNELES, V. G.; BINS ELY, V. H. M. Experiências didáticas em arquitetura e urbanismo: o ensino de desenho universal. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 08-22, 2018.
- FACCA, C. A.; FERNANDES, A.; ALVES, J. L.; RANGEL, B.; BARBORA, A. M. A **impressão 3d e as tecnologias emergentes de fabricação digital: a (r)evolução nos processos de ensino de design, engenharia e manufatura**. In: ARRUDA, A. J. V.; ARAÚJO, G. G. Design & Narrativas Criativas nos Processos de Prototipagem. São Paulo: Blucher, 2022.
- FERREIRA, C. C.; FREITAS-GUTIERRES, L. F. Aprendizagem ativa por meio da prototipagem rápida em um curso de graduação em Engenharia de Energia. **Revista Thema**, v. 21, n. 3, p. 776-795, 2022.
- GHERHADT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.
- GONÇALVES, M M. O ensino de ergonomia em um curso de design de moda. **Revista de Ensino em Artes, Moda e Design**, v. 1, n. 1, 2017.
- HALL, E. **A dimensão oculta**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- HETZBERGER, H. **Lições de arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- IIDA, I.; BUARQUE, L. I. A. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Editora Blucher, 2016.
- KERMAVNAR, T.; SHANNON, A.; O'SULLIVAN, L.W. The application of additive manufacturing/3D printing in ergonomic aspects of product design: A systematic review. **Applied Ergonomics**, v. 97, p. 103528, 2021.
- MACE, R. L.; HARDIE, G. J. PLACE, J. P. **Accessible environments: toward Universal Design raleigh**. NC: Center for Universal Design, 1996.
- MALULY, C. V.; LOPES, S. A. P.; VERGARA, L. G. L. Recursos ópticos para ensino-aprendizagem: revisão sistemática sobre tecnologia assistiva voltada à baixa visão. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ergonomia da ABERGO. **Anais[...]** São José dos Campos: Parque Tecnológico de São José dos Campos, 2022.



- MAKERMACHINE. Poseable mannequin. Thingiverse. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:101451>. Acesso em: 21 jul. 2023.
- MANDESSO. **Mandesso Design, Manu Alvarez**. Disponível em: <https://mandesso.com/>. Acesso em: 21 jul. 2023.
- MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. **Ergonomia: trabalho adequado eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia, Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: iUsEr, 2003.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- NETO, V. B.; ANDRADE, E. H. A.; RIBEIRO, P. L. S. Metodologia de ensino-aprendizagem em saúde e segurança do trabalho: um relato de experiência. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ergonomia da ABERGO. **Anais[...]** São José dos Campos: Parque Tecnológico de São José dos Campos, 2022.
- OH, S.; SUH, D. Mannequin fabrication methodology using 3D-scanning, modeling and printing. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 33, n. 5, p. 683-695, 2021.
- ORMEROD, M.; NEWTON, R. Is your inclusive my exclusive?: Edinburgh College of Architecture. In: Open Space: People Space 3, An international conference on Research into Inclusive Outdoor Environments for All. Edinburgh, 2011.
- PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores**. Barcelona: Editora GG, 2008.
- PUPO, R. T. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Unicamp, Campinas, 2009.
- SCHEEREN, R. **Fabricação digital na América do Sul: laboratórios, estratégias, processos e artefatos para o design, a arquitetura e a construção**. 2021. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Penso Editora, 2009.
- SIMONETTO, L.; MEDEIROS, C. R. P. X. “DEERGO” - Projeto de ensino da ergonomia por meio do Instagram: uma iniciativa de divulgação democrática e acessível da disciplina. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ergonomia da ABERGO. **Anais[...]** São José dos Campos: Parque Tecnológico de São José dos Campos, 2022.
- SOUSA, F.; GATINHO, N.; DEMAISON, A.; CAMPOS, L. F. Design, ergonomia e impressão 3d: um exercício prático de projeto para protetores de tomada. **Ergodesign & HCI**, v. 7, n. Especial, p. 168-179, 2019.
- SOUZA, L. F. D.; ANDRADE, M. F. D.; GRAÇA, I.; CANTALICE, J. D. D. A. Projeto de



mobiliário multifuncional-ergonomia aplicada a design de produto. **Revista Ação Ergonômica**, v. 12, n. 2, 2017.

SPAHIU, T.; GRIMMELSMANN, N.; EHRMANN, A.; SHEHI, E.; PIPERI, E. On the possible use of 3D printing for clothing and shoe manufacture. In: Proceedings of the 7th International Conference of Textile, Tirana, Albania. p. 10-11, 2016.

VERGARA, L. G. L. **Avaliação do Ensino de Ergonomia para o Design aplicando a Teoria da Resposta ao Item (TRI)**. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VIDAL, M. C. **Introdução à ergonomia. Apostila do Curso de Especialização em Ergonomia Contemporânea/CESERG**. Rio de Janeiro: COPPE/GENTE/UFRJ, 2000.