

## HANDSCULPTAR-WEB: INTERAÇÃO NATURAL PARA MODELAGEM 3D EM REALIDADE AUMENTADA

*HANDSCULPTAR-WEB: NATURAL INTERACTION FOR 3D MODELING IN  
AUGMENTED REALITY*

*HANDSCULPTAR-WEB: INTERACCIÓN NATURAL PARA MODELADO 3D EN  
REALIDAD AUMENTADA*

*HANDSCULPTAR-WEB: INTERACTION NATURELLE POUR LA  
MODÉLISATION 3D EN RÉALITÉ AUGMENTÉE*

Marlan Külberg

**Resumo:** O presente artigo apresenta o projeto *HandSculptAR-Web*, uma proposta inovadora que procura democratizar a modelagem digital em ambientes de realidade aumentada (RA), tornando-a acessível por meio de navegadores web e sem necessidade de hardware especializado. Tal feito é realizado através de gestos manuais rastreados com MediaPipe Hands, integrados à biblioteca Three.js, que permite criar e renderizar gráficos 3D em navegadores. O sistema permite manipulação de modelos tridimensionais utilizando dois modos diferentes: o modo objeto, que faz uso de gestos de pinça, abertura e afastamento para realizar rotação, translação e escala; e o modo escultura, que reconhece operações do usuário em tempo real, como empurrar e alongar vértices da malha. O objetivo da pesquisa é aumentar a acessibilidade a ferramentas criativas no campo da computação gráfica, de forma a explorar métodos intuitivos para a interação entre humanos e computadores, com ênfase em usabilidade e potencial pedagógico.

**Palavras-chaves:** Realidade Aumentada; Interatividade; Computação Gráfica; Reconhecimento de Gestos; MediaPipe; Three.js.

**Abstract:** This article presents the *HandSculptAR-Web* project, an innovative proposal that seeks to democratize digital modeling in augmented reality (AR) environments, making it accessible through web browsers without the need for specialized hardware. This is achieved through hand gestures tracked with MediaPipe Hands, integrated into the Three.js library, which allows the creation and rendering of 3D graphics in browsers. The system allows the manipulation of three-dimensional models using two different modes: object mode, which uses pinch, open, and spread gestures to perform rotation, translation, and scaling; and sculpting mode, which recognizes user operations in real time, such as pushing and stretching mesh vertices. The research aims to increase accessibility to creative tools in the field of computer graphics, exploring intuitive methods for human-computer interaction, with an emphasis on usability and pedagogical potential.

**Keywords:** Augmented Reality; Interactivity; Computer Graphics; Gesture Recognition; MediaPipe; Three.js.

**Resumen:** Este artículo presenta el proyecto *HandSculptAR-Web*, una propuesta innovadora que busca democratizar el modelado digital en entornos de realidad aumentada (RA), haciéndolo accesible a través de navegadores web sin necesidad de hardware especializado. Esto se logra mediante gestos de la mano rastreados con MediaPipe Hands, integrado en la biblioteca Three.js, que permite la creación y renderización de gráficos 3D en navegadores. El sistema permite la manipulación de modelos tridimensionales mediante dos modos diferentes: modo objeto, que utiliza gestos de pellizcar, abrir y extender para realizar rotaciones, traslaciones y escalados; y modo esculpido, que reconoce las operaciones del usuario en tiempo real, como empujar y estirar los vértices de la malla. La investigación tiene como objetivo aumentar la accesibilidad a las herramientas creativas en el campo de los gráficos por computadora, explorando métodos intuitivos para la interacción humano-computadora, con énfasis en la usabilidad y el potencial pedagógico.

**Palabras clave:** Realidad aumentada; interactividad; gráficos por computadora; reconocimiento de gestos; MediaPipe; Three.js.

**Resumé:** Cet article présente *HandSculptAR-Web*, une proposition innovante visant à démocratiser la modélisation numérique en réalité augmentée (RA), en la rendant accessible via un navigateur web sans matériel spécialisé. Pour ce faire, elle utilise la reconnaissance des gestes de la main grâce à MediaPipe Hands, intégré à la bibliothèque Three.js, permettant ainsi la création et le rendu de graphismes 3D dans le navigateur. Le système permet la manipulation de modèles tridimensionnels selon deux modes : le mode objet, qui utilise les gestes de pincement, d'ouverture et d'écartement pour effectuer des rotations, des translations et des mises à l'échelle ; et le mode sculpture, qui reconnaît les actions de l'utilisateur en temps réel, comme le déplacement et l'étirement des sommets du maillage. Cette recherche vise à améliorer l'accessibilité aux outils créatifs en infographie, en explorant des méthodes intuitives d'interaction homme-machine, et en mettant l'accent sur l'ergonomie et le potentiel pédagogique.

**Mots-clés:** Réalité augmentée ; Interactivité ; Infographie ; Reconnaissance gestuelle ; MediaPipe ; Three.js.

## 1 Introdução

A modelagem tridimensional é uma ferramenta essencial e aplicadas em áreas como indústria criativa, design, educação, entretenimento (FOLEY et al., 1995; BOWMAN et al., 2004). Entretanto, o acesso a softwares e dispositivos que sejam adequados para esculpir objetos digitais ainda é restrito, tanto por questão de custos, ou pela complexidade de uso.

Nos últimos anos, avanços em realidade aumentada e visão computacional têm permitido o desenvolvimento de novas formas de interação com objetos virtuais (AZUMA, 1997; BILLINGHURST; CLARKE; LEE, 2015). Nesse contexto, surgem soluções baseadas em rastreamento de mãos, como o MediaPipe Hands (ZHANG et al., 2020), que dispensam o uso de sensores dedicados.

A aplicação *HandSculptAR-Web* visa emergir como resposta a essa lacuna no que se refere a ferramentas de modelagem 3D acessíveis, executadas diretamente em navegadores e sem necessidade de hardware especializado. O sistema foi criado para tornar a escultura digital acessível em contextos de ensino e prática experimental, eliminando a necessidade de controladores específicos e de alto custo. Trata-se de um protótipo que funciona apenas com o uso de uma câmera comum, que utiliza algoritmos de rastreamento de mãos e com capacidade de renderizar o modelo 3D diretamente no navegador.

A principal inovação consiste em oferecer dois modos de interação:

- Modo Objeto, em que o modelo 3D pode ser rotacionado, transladado e escalado, permitindo ao usuário posicionar o objeto para interação.
- Modo Escultura, que aciona uma ferramenta virtual (*brush*), usada para deformar a superfície do modelo de maneira local e progressiva.

O projeto, fazendo uso de tais conceitos, visa simplificar o acesso a técnicas de modelagem digital, e ampliar a compreensão de conceitos fundamentais de computação gráfica e interação humano-computador. A Figura 1 apresenta o diagrama geral do sistema.

Figura 1 – Diagrama do sistema



Fonte: autoria própria (2025).

## 2 Motivação e processo de criação

O desenvolvimento do projeto foi motivado pelos seguintes fatores:

- Acessibilidade tecnológica: permitir um usuário munido de um computador com um navegador moderno tenha condições de ter a experiência de esculpir modelos digitais sem a necessidade de hardware adicional (THREE.JS, 2025).
- Aplicações educacionais: disponibilizar uma ferramenta didática que introduza os alunos a conceitos de transformações geométricas, modelagem e interação natural.
- Exploração científica: investigação sobre como algoritmos de rastreamento de mãos e realidade aumentada podem ser aplicados à manipulação intuitiva de objetos virtuais (AZUMA, 1997; BILLINGHURST; CLARKE; LEE, 2015).

O processo criativo envolveu a criação de três componentes:

- Um sistema que permite o rastreamento das mãos em tempo real, sendo capaz de identificar a posição de articulações e reconhecer gestos.
- Um módulo com a função de interpretação gestual, sendo encarregado por traduzir as combinações de dedos e distâncias em comandos como rotação, translação, escala, tanto do modelo de forma integrada quanto de sua malha.
- Um motor de renderização tridimensional, para exibir o modelo na tela e aplicar as transformações globais e locais de acordo com os gestos detectados.

O resultado obtido é uma aplicação modular, onde cada gesto captado pela câmera desencadeia uma reação visual instantânea sobre o modelo tridimensional.

### 3 Funcionamento do sistema

O pipeline de funcionamento do *HandSculptAR-Web* é dividido em quatro etapas conceituais, conforme ilustrado na Figura 2.

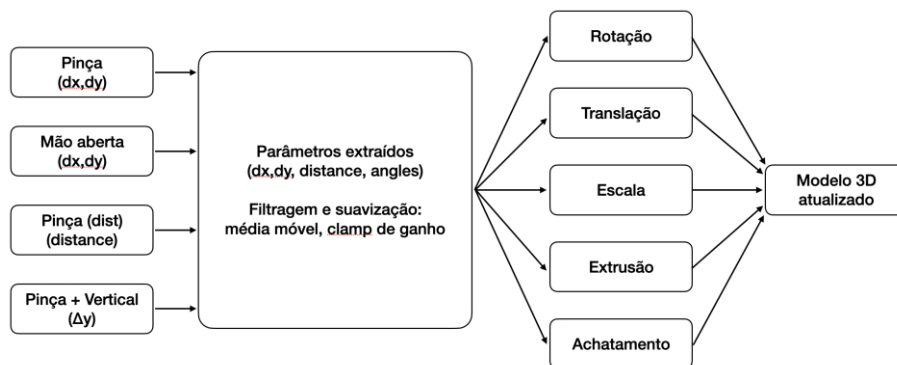
- Captura e rastreamento: a interação inicia com a captura da imagem da mão do usuário pela câmera. Tal imagem é processada por algoritmos de visão computacional que identificam pontos de referência (*landmarks*) em cada articulação da mão. Assim, o sistema percebe a posição relativa de dedos e palma em tempo real (ZHANG et al., 2020).

- Reconhecimento de gestos: a partir dos pontos da mão, o sistema calcula distâncias e ângulos entre dedos para identificar gestos. Quando o polegar e o indicador se aproximam, é reconhecido um gesto de pinça; se a mão permanece aberta, atribui um gesto de translação; e se a pinça for mantida e movimentada lateralmente, o sistema interpreta como rotação. O módulo funciona como um tradutor, que converte posições anatômicas da mão do usuário em comandos de manipulação, na aplicação.

- Processamento das transformações: os gestos reconhecidos são convertidos em transformações geométricas e aplicadas ao objeto (FOLEY et al., 1995). No modo Objeto, é possível movimentar, rotacionar ou escalar o modelo inteiro. Tais operações são fundamentadas na matemática clássica da computação gráfica, que usam matrizes homogêneas para representar movimentos de translação, rotação e escala. Desta forma, cada gesto corresponderá a uma matriz de transformação, aplicada às posições dos vértices do modelo, de forma a atualizar sua geometria no espaço tridimensional

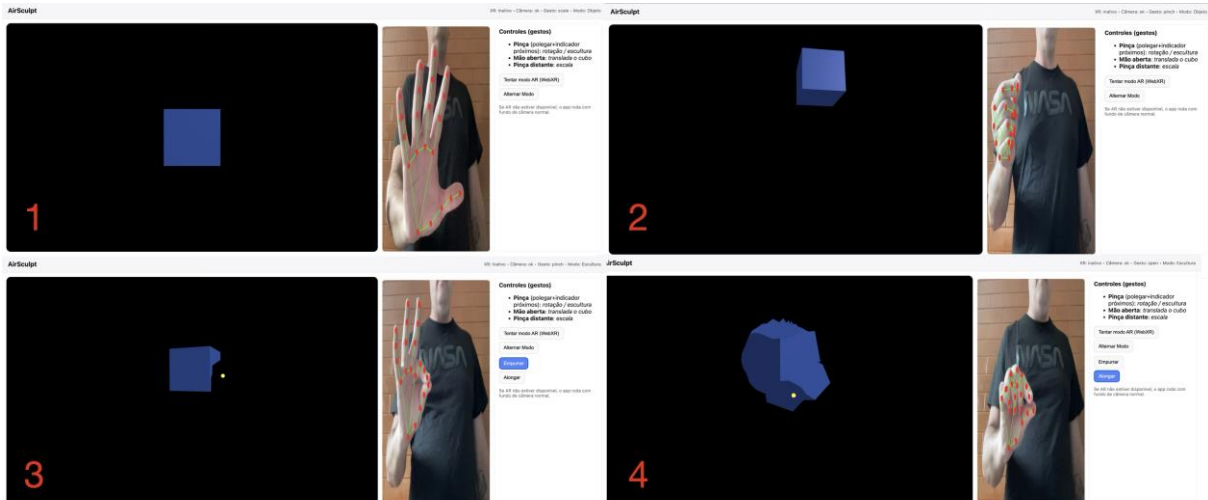
- Escultura local com *brush* virtual: o aspecto mais inovador do sistema está no modo Escultura. Aqui, o usuário utiliza a ponta dos seus dedos como se fosse uma ferramenta virtual de modelagem (*brush*). Quando nesse modo, o sistema dispõe uma esfera na posição aproximada da mão, que será usada para interagir com o modelo. Uma vez que o *brush* entra em contato com o modelo, todos os vértices do objeto que estiverem dentro do raio da esfera sofrem deformação: no gesto empurrar, serão empurrados para dentro e no gesto alongar, são deslocados para fora. Após a aplicação do deslocamento dos vértices, o sistema suaviza a superfície buscando manter a continuidade da malha.

Figura 2 – Fluxograma de gestos → parâmetros → transformações



Fonte: autoria própria (2025).

Figura 3 – Gestos e comportamento do modelo e *brush*: no modo Objeto, aproximação e afastamento (1) além de rotação e translação (2). O modo Escultura possui duas opções: empurrar, (3) usado para achatado o modelo e alongar (4), que extruda os vértices.



Fonte: autoria própria (2025).

## 4 Formalização matemática

O funcionamento da aplicação pode ser descrito matematicamente em duas partes:

- Transformações globais: a transformação de um ponto no espaço homogêneo é dada por:  $P' = T(t) \cdot R(\Theta) \cdot S(s) \cdot P$  onde  $T$ ,  $R$  e  $S$  representam, respectivamente, as matrizes de translação, rotação e escala (FOLEY et al., 1995).
- Escultura local: para deformar a malha, seja  $p_b$  o centro do *brush* e  $v_i$  a posição de um vértice. Define-se:  $\Delta v_i = \alpha \cdot \left(1 - \frac{d_i}{R}\right) \cdot n_i$  em que:

- $d_i = ||v_i - p_b||$  é a distância ao *brush*,
- $R$  é o raio de influência,
- $n_i$  é a direção de deformação,
- $\alpha$  é o ganho de sensibilidade.

No modo empurrar, aplica-se  $-\Delta v_i$  e no modo alongar,  $+\Delta v_i$ .

A figura 4 apresenta a representação matricial das transformações globais.

**Figura 4 – Representação matricial (Escala × Rotação × Translação)**

$$P' = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{Translação } T(t)} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & 0 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & 0 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{Rotação } R(\theta)} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{Escala } S(s)} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}}_{\text{Ponto } P}$$

Fonte: autoria própria (2025).

A Figura 5 apresenta um trecho de código responsável pelo processo de escultura da malha.

**Figura 5 – Trecho do código da função de escultura. O laço principal seleciona vértices dentro do raio do brush (A), aplica deslocamento proporcional à distância ao centro do brush com controle de ganho (B) e, em seguida, aciona a função de suavização que faz média com os vizinhos para reduzir artefatos (C). A figura destaca os pontos de impacto no fluxo de processamento de vértices.**

```

for (let i = 0; i < posAttr.count; i++) {
  const vert = new THREE.Vector3(posAttr.getX(i), posAttr.getY(i), posAttr.getZ(i));
  mesh.localToWorld(vert);
  const delta = worldPt.clone().sub(vert);
  const dist = delta.length();
  A → if (dist < SCULPT_RADIUS) {
    const influence = (1 - dist / SCULPT_RADIUS);
    B → vert.add(delta.clone().normalize().multiplyScalar(-SCULPT_GAIN * influence));
    mesh.worldToLocal(vert);
    posAttr.setXYZ(i, vert.x, vert.y, vert.z);
    influenced.push(i);
  }
  C → }
smoothVertices(geometry, influenced);
posAttr.needsUpdate = true;

```

Fonte: autoria própria (2025).

## 5 Resultados e limitações

Os testes mostraram que o sistema consegue manipular e deformar modelos tridimensionais de maneira bastante fluida, apenas com o uso de gestos manuais. A curva de aprendizado deve ser considerada pois, embora os movimentos sejam naturais e intuitivos, é necessário se habituar com as variações de movimento que são peculiares aos gestos humanos. Além disso, algumas limitações foram observadas: o rastreamento depende de boa iluminação e pode falhar com a sobreposição dos dedos; a profundidade da mão é estimada de forma aproximada, podendo ter precisão reduzida em alguns cenários; o desempenho pode ser comprometido em dispositivos menos potentes, principalmente ao se utilizar malhas de maior resolução. Em ambiente de sala de aula, o protótipo foi utilizado em demonstração de princípios de transformações 3D a estudantes de computação gráfica, mostrando o potencial de aplicação educacional.

No contexto educacional, o protótipo foi utilizado em disciplinas de computação gráfica como ferramenta de apoio à demonstração prática de conceitos, como transformações geométricas e manipulação de malhas. Durante sua utilização, observou-se maior engajamento dos discentes e melhor compreensão dos conteúdos apresentados, especialmente quando comparado a abordagens exclusivamente expositivas.

## **Conclusão**

A aplicação *HandSculptAR-Web* demonstra a viabilidade de construir uma ferramenta de escultura digital baseada em gestos, utilizando apenas recursos acessíveis em navegadores modernos (THREE.JS, 2025). A solução propõe reduzir barreiras tecnológicas e promove o incentivo a aplicações educacionais, criativas e inclusivas. Além disso, o sistema explora a convergência entre visão computacional, computação gráfica e realidade aumentada possibilitando, assim, novas formas para interagir com ambientes virtuais (AZUMA, 1997; BILLINGHURST et al, 2015).

Como trabalhos futuros, sugere-se:

- Aprimorar o cálculo de profundidade, para buscar o aumento de precisão da interação.
- Expandir o uso da aplicação para possibilitar o uso em celulares, o que aumenta ainda mais a acessibilidade.
- Ampliar as ferramentas de escultura, oferecendo opções como suavizar, cortar ou extrudar.
- Permitir exportação do modelo resultante em formatos padrão de modelagem 3D.

Dessa forma, o *HandSculptAR-Web* se posiciona como uma contribuição inovadora no campo da interação natural, oferecendo não somente uma prova de conceito, mas uma plataforma que possui grande potencial de expansão em contextos criativos e educacionais.

Agradecemos ao Programa Pesquisa, Produtividade, Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora da Universidade Estácio de Sá pelo apoio e pela concessão da bolsa (Edital 2025), que tornou possível a realização deste trabalho.

## **Referências Bibliográficas**

- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- BILLINGHURST, M.; CLARKE, J.; LEE, G. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends in Human-Computer Interaction**, [S. l.], v. 8, n. 2-3, p. 73-272, 2015.
- BOWMAN, D. A. *et al.* **3D User Interfaces: Theory and Practice**. Boston: Addison-Wesley, 2004.
- FOLEY, J. D.; VAN DAM, A.; FEINER, S. K.; HUGHES, J. F. **Computer Graphics: Principles and Practice**. 2. ed. Reading: Addison-Wesley, 1995.

**Marlan Külberg**

THREE.JS. **three.js — JavaScript 3D library**. [S. l.: s. n.], [202-?]. Disponível em: <https://threejs.org>. Acesso em: 19 set. 2025.

ZHANG, F. *et al.* MediaPipe Hands: On-device real-time hand tracking. **arXiv preprint**, [S. l.], jun. 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2006.10214>. Acesso em: 19 set. 2025.



## Editorial

### Editor-chefe:

Vicente de Paulo Augusto de Oliveira Júnior  
Centro Universitário Fanor Wyden  
[vicente.augusto@wyden.edu.br](mailto:vicente.augusto@wyden.edu.br)

### Editora responsável:

Ozângela de Arruda Silva  
Centro Universitário Fanor Wyden  
[ozangela.arruda@wyden.edu.br](mailto:ozangela.arruda@wyden.edu.br)

### Autor(es):

Marlan Külberg  
Universidade Estácio de Sá  
[marlankulberg@gmail.com](mailto:marlankulberg@gmail.com)  
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

**Submetido em:** 23.09.2025

**Aprovado em:** 02.04.2026

**Publicado em:** 12.04.2026

**DOI:** 10.5281/zenodo.19477063

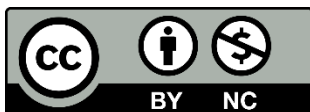
### Financiamento:

Programa Pesquisa, Produtividade, Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora da Universidade Estácio de Sá

### Como citar este trabalho:

KÜLBERG, Marlan. HANDSCULPTAR-WEB: INTERAÇÃO NATURAL PARA MODELAGEM 3D EM REALIDADE AUMENTADA. **Duna: Revista Multidisciplinar de Inovação e Práticas de Ensino**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 03–12, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.19477063. Disponível em: <https://wyden.periodicoscientificos.com.br/index.php/jornadacientifica/article/view/1064>. Acesso em: 8 abr. 2026.  
(ABNT)

Külberg, M. (2026). HANDSCULPTAR-WEB: INTERAÇÃO NATURAL PARA MODELAGEM 3D EM REALIDADE AUMENTADA. *Duna: Revista Multidisciplinar De Inovação E Práticas De Ensino*, 2(1), 03–12.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19477063>  
(APA)



© 2026 Duna – Revista Multidisciplinar de Inovação e Práticas de Ensino. Centro Universitário Fanor Wyden – UniFanor Wyden. Este trabalho está licenciado sob uma licença *Creative Commons* Atribuição - Não comercial - Compartilhar 4.0 Internacional CC-BY NC 4.0 Internacional).