

# TECNOLOGIAS DE INPUT E OUTPUT PARA XR

Full Body Optical (INPUT-7) + Optical See-Through (OUTPUT-4)

# INTRODUÇÃO

"XR é um termo guarda-chuva que abrange **realidade aumentada, realidade virtual, realidade mista** e outras formas de aplicações de **realidade alternativa, expandida ou imersiva**, incluindo aquelas ainda não inventadas." (XR Association, 2025)

Fundada em 2016, a XRA é composta por (fundadores em negrito):

- **Google**
- **HTC Vive**
- **Microsoft**
- **Meta (Oculus from Facebook)**
- **Sony Interactive Entertainment**
- Samsung
- Unity
- +50 outras líderes de indústria (exceto Apple)

# FULL-BODY OPTICAL

## DEFINIÇÃO

- **Full Body Optical** é um tipo de sistema de rastreamento que **captura os movimentos do corpo humano inteiro por meio de sensores visuais**, geralmente câmeras RGB, infravermelhas ou de profundidade, sem necessidade de contato físico direto ou marcadores.

## HISTÓRIA

- Precedido pela tecnologia de MoCap(com marcadores)
- Vicon Motion Capture Solution
- Referencial absoluto (fixo no ambiente/objeto, não no usuário/observador)

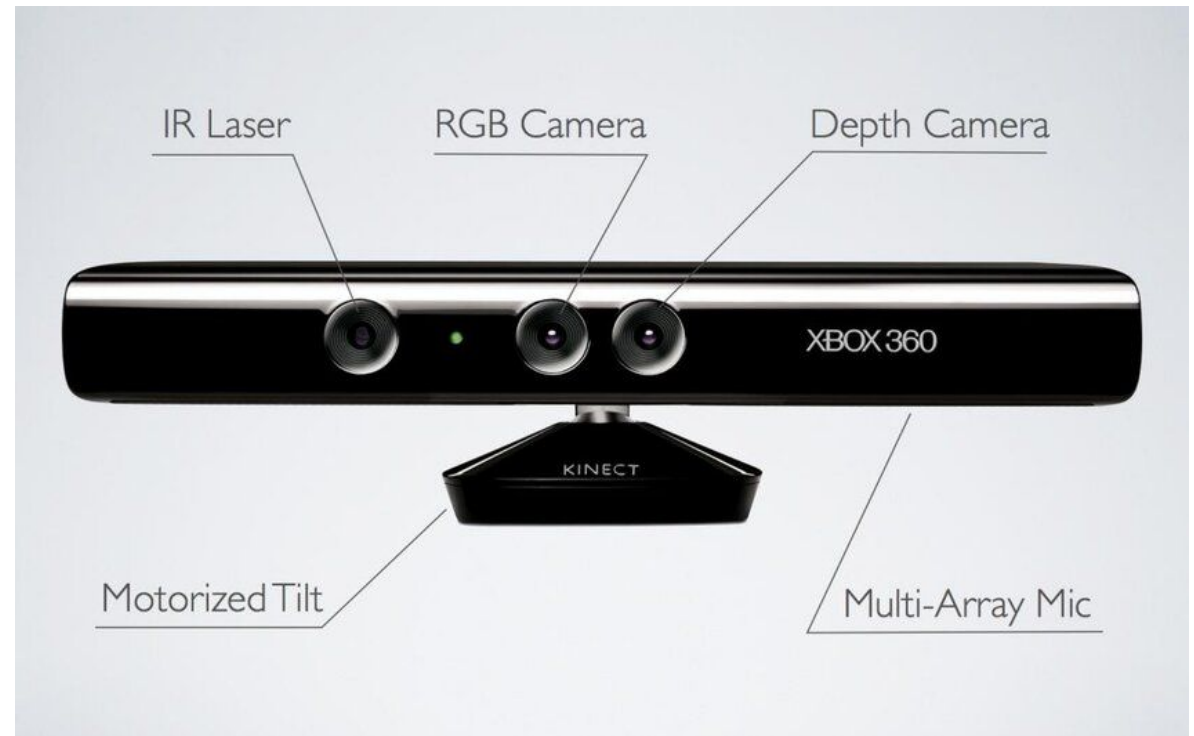


# FULL-BODY OPTICAL

- Rastreiam corpo inteiro sem marcadores
- Capturam movimentos em tempo real por imagem 3D
- Usam câmeras de profundidade (ToF, luz estruturada)
- Referencial fixo (outside-in)
- Democratizaram o acesso
- Ampla aplicação: jogos, XR, reabilitação, pesquisa

# KINECT V1

- **Ano:** 2010
- **Princípio:** Luz estruturada IR
- **DOF:** 20 articulações, 6DoF corpo
- **Latência:** ~100 ms
- **Referencial:** Absoluto (Outside-in)
- **Status:** Descontinuado (2017)
- **Custo:** R\$ 599 no lançamento BR

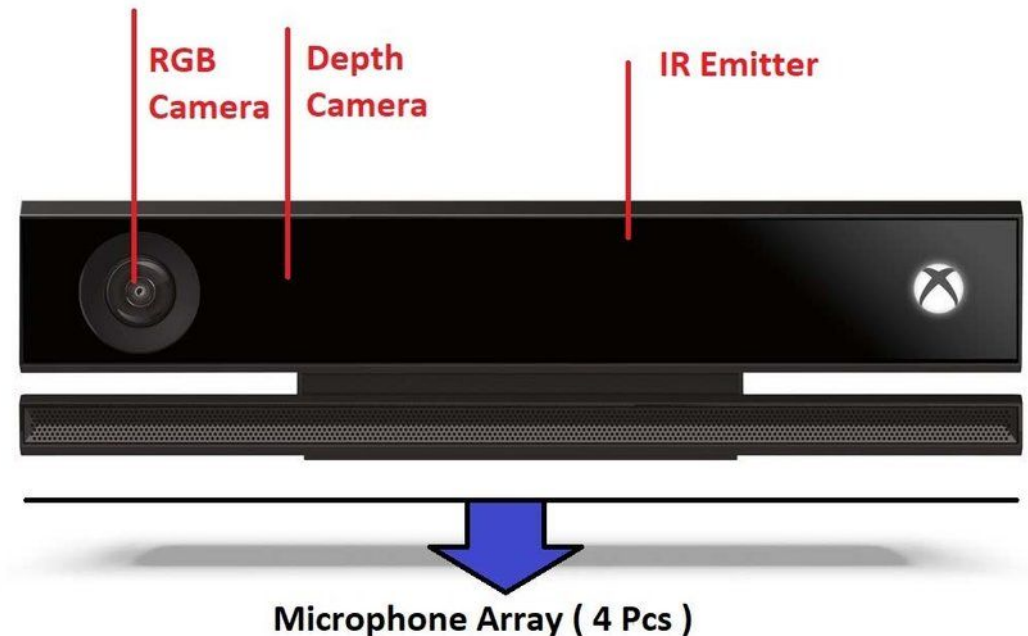


**Luz Estruturada:** projeta um padrão de pontos infravermelhos e triangula a profundidade pela distorção desse padrão.



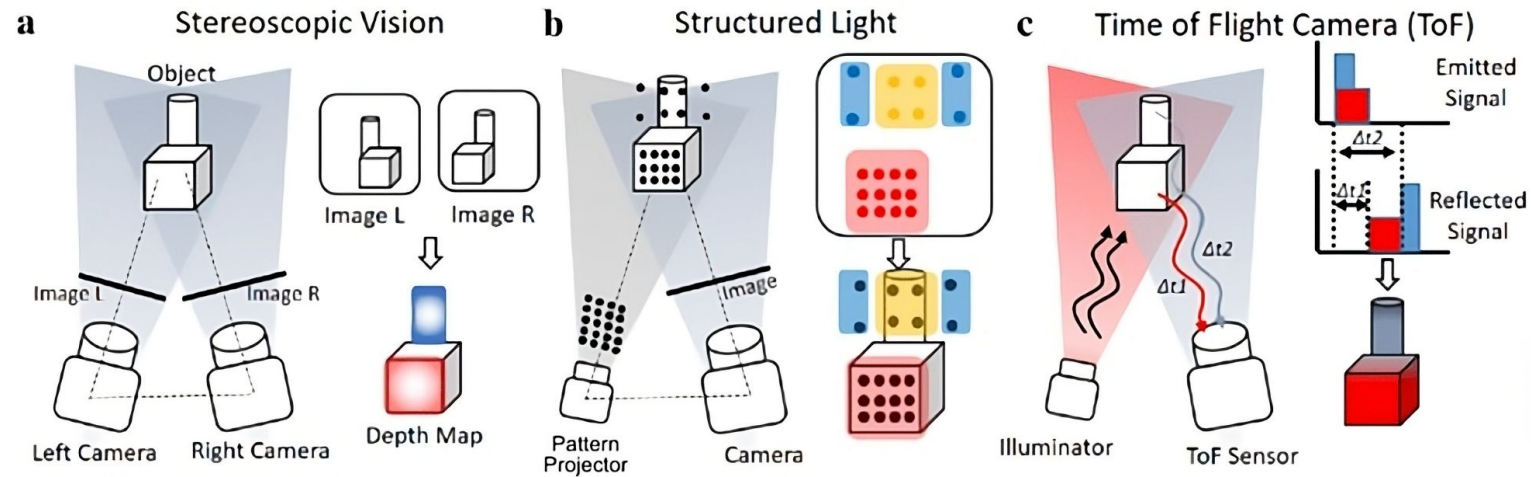
# KINECT V2

- **Ano:** 2013
- **Princípio:** Tempo de Voo (ToF)
- **DOF:** 25 articulações, orientação parcial
- **Latência:** ~80 ms
- **Referencial:** Absoluto (Outside-in)
- **Status:** Descontinuado
- **Custo:** US\$ 199 (versão Windows)



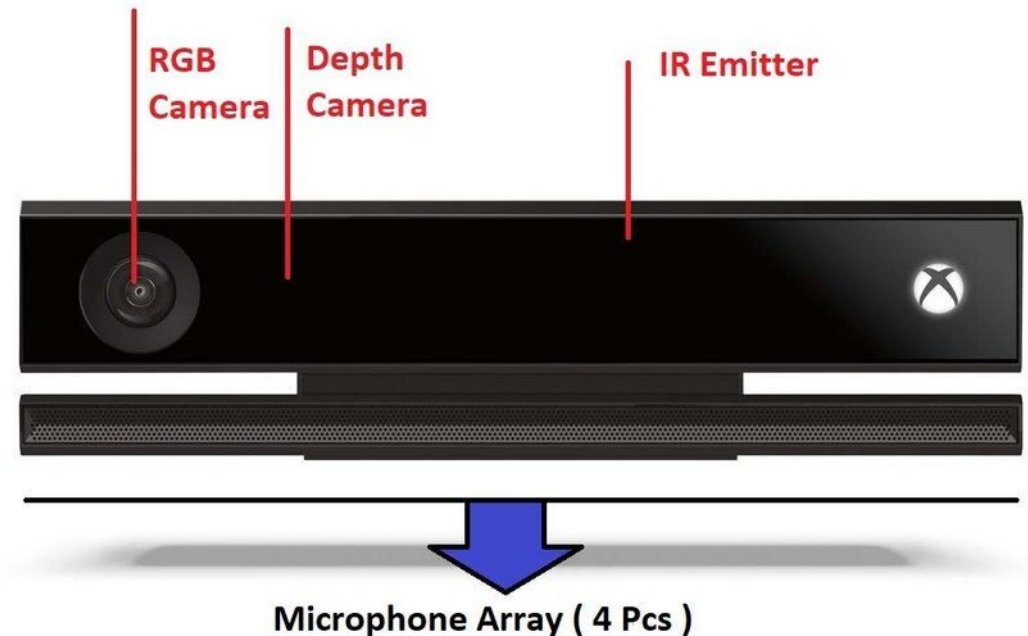
**Tempo de Voo (ToF):** emite pulsos de luz infravermelha modulada e mede o tempo de retorno para calcular a distância de cada pixel.

# LUZ ESTRUTURADA VS TEMPO DE VOO



# KINECT V2

- **Ano:** 2013
- **Princípio:** Tempo de Voo (ToF)
- **DOF:** 25 articulações, orientação parcial
- **Latência:** ~80 ms
- **Referencial:** Absoluto (Outside-in)
- **Status:** Descontinuado
- **Custo:** US\$ 199 (versão Windows)



**Tempo de Voo (ToF):** emite pulsos de luz infravermelha modulada e mede o tempo de retorno para calcular a distância de cada pixel.



# KINECT EFFECT

- **Reabilitação e saúde** (análise da marcha, terapia pós-AVC)
- **Educação e ensino de STEM** (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática)
- **Instalações interativas e arte performática**
- **Robótica e inteligência artificial** (como módulo de visão 3D)

# OPTICAL SEE-THROUGH

**Optical See-Through (OST)** refere-se a displays semitransparentes, tipicamente montados em **óculos ou capacetes**, que permitem ao usuário **ver o mundo físico diretamente através de uma lente transparente**, enquanto imagens digitais são **projetadas sobre essa lente**, gerando a ilusão de coexistência entre objetos reais e virtuais.

# OPTICAL SEE-THROUGH



**Microsoft HoloLens (1 e 2)**

**Empresa:** Microsoft

**Tecnologia de display:** Waveguide + holographic lens

**Tipo de visor:** Binocular OST

**Interação:** Gaze, voz, gestos, controladores

**FOV:** HoloLens 2 – 52° diagonal

**Aplicações:** Medicina, arquitetura, engenharia, defesa

**Destaques:** Excelente rastreamento espacial e mapeamento em tempo real



**Magic Leap 1 e 2**

**Empresa:** Magic Leap, Inc.

**Tecnologia de display:** Lightfield + waveguide

**Tipo de visor:** Binocular OST

**FOV:** Magic Leap 2 – até 70°

**Interação:** Controlador, reconhecimento de gestos, voz

**Destaques:** Alta fidelidade visual e foco dinâmico segmentado

# OPTICAL SEE-THROUGH



## Epson Moverio (BT-300, BT-350, BT-40)

**Empresa:** Epson

**Tecnologia de display:** Si-OLED projetado em lentes transparentes

**Tipo de visor:** Binocular OST

**FOV:** Varia entre 23° e 34°

**Aplicações:** Museus, turismo, drones, manutenção técnica

**Destaques:** Leve, portátil e com SDK aberto



## Vuzix M4000

**Empresa:** Vuzix

**Tecnologia de display:** Waveguide monocular

**Tipo de visor:** Monocular OST

**FOV:** 28°

**Aplicações:** Logística, treinamento técnico, assistência remota

**Destaques:** Design compacto e compatível com ambientes industriais

# OPTICAL SEE-THROUGH



## Lumus DK-Vision e Maximus

**Empresa:** Lumus

**Tecnologia de display:** LOE (Light-guide Optical Element)

**Tipo de visor:** Binocular OST (em protótipos)

**FOV:** até 55°

**Aplicações:** Defesa, projetos OEM para outros fabricantes

**Destaques:** Alta nitidez e brilho em ambientes externos



## Apple Vision Pro (não é OST\*)

**Empresa:** Apple Inc.

**Tecnologia de display:** micro-OLED + passthrough estereoscópico de alta resolução

**Tipo de visor:** Não é Optical See-Through, mas Video See-Through

**FOV:** Estimado entre 90°–100° horizontal (não oficialmente divulgado)

**Aplicações:** Design, colaboração, consumo de mídia, prototipagem, educação médica

**Destaques:** Integração de sensores LiDAR, rastreamento ocular avançado;

\*Dispositivo classificado como Video See-Through (VST) com passthrough digital em tempo real. Embora simule OST, não possui visor óptico transparente.



# APPLE VISION PRO TRANSPARENCY MODE (PASSTHROUGH)



# EXTRA: 3D SCANNERS



# ESCANEAMENTO 3D





# ESCANEAMENTO 3D

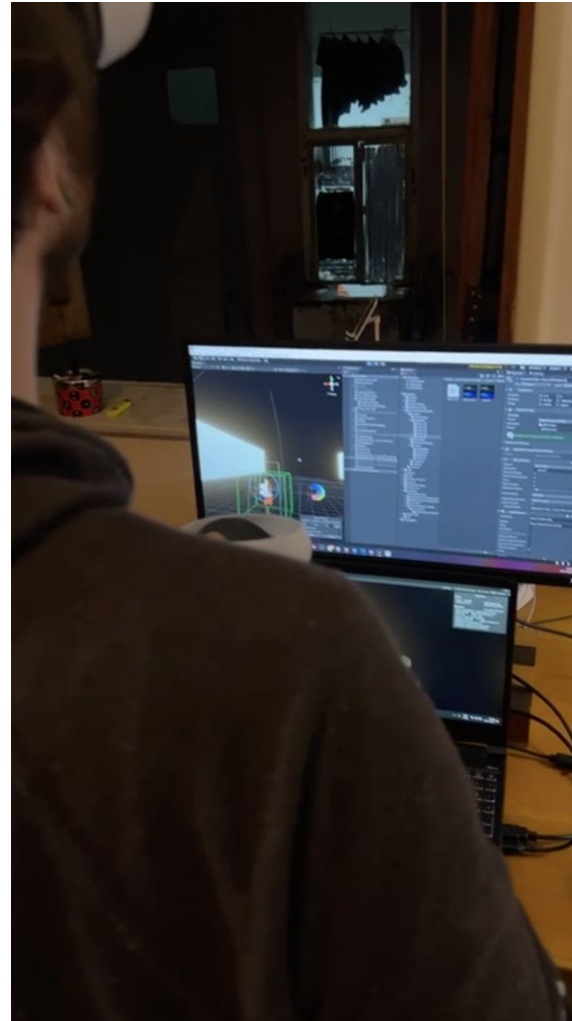


# EXTRA: FOTOGRAMETRIA





# CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS



# GIL FUTURÍVEL



# REFERÊNCIAS

- ZHANG, Y.; WANG, L.; GUO, Y.; ZHOU, C. Comparative study on skeleton tracking accuracy in optical depth sensors. *Sensors*, Basel, v. 21, n. 14, p. 1–18, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21144843>.
- MICROSOFT. Kinect for Windows Sensor Components and Capabilities. [S.l.]: Microsoft Docs, 2013. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/kinect>. Acesso em: 5 maio 2025.
- MICROSOFT. Microsoft officially ends production of the Kinect sensor. *The Verge*, 25 out. 2017. Disponível em: <https://www.theverge.com/2017/10/25/16544756/microsoft-kinect-discontinued>. Acesso em: 5 maio 2025.
- INTEL CORPORATION. Intel RealSense Depth Cameras: Overview and Models. Santa Clara, 2020. Disponível em: <https://www.intelrealsense.com/depth-camera/>. Acesso em: 5 maio 2025.
- ADIB, F. et al. Capturing the human figure through a wall. *ACM Transactions on Graphics*, v. 34, n. 6, 2015. Disponível em: [https://people.csail.mit.edu/fadel/papers/see\\_through\\_walls.pdf](https://people.csail.mit.edu/fadel/papers/see_through_walls.pdf). Acesso em: 5 maio 2025.
- ZHANG, Y. et al. RF-Pose: through-wall human pose estimation using radio signals. *CVPR Proceedings*, 2018. Disponível em: <https://people.csail.mit.edu/fadel/papers/rf-pose.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.
- REVOPONT. POP 3D Scanner Technical Specifications. [S.l.]: Revopoint3D, 2024. Disponível em: <https://www.revopoint3d.com/pop-3-specs/>. Acesso em: 5 maio 2025.
- MATTERHACKERS. Revopoint POP 3 Plus 3D Scanner Datasheet. Disponível em: <https://www.matterhackers.com/store/l/revopoint-pop3-plus-3d-scanner/sk/MPSF854D>. Acesso em: 5 maio 2025.
- XR ASSOCIATION. XR at a Glance: What is XR? Washington, DC: XRA, 2025. Disponível em: <https://xra.org/xr-at-a-glance/#what-is-xr>. Acesso em: 5 maio 2025.
- MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, v. E77-D, n. 12, p. 1321–1329, 1994.