

NOTA: 8,5

Observação: Os valores e as respostas corretas de todas as questões encontram-se no final deste arquivo.

26/01/2022

"Eu, Davi Augusto Neves Leite, 191027383, declaro que este exame reflete o meu conhecimento sobre o conteúdo da disciplina Realidade Aumentada e declaro que não houve qualquer comunicação com os demais alunos da turma nem consulta a qualquer material não autorizado durante o período de realização desta prova."

Ass. Davi A. N. Leite

Prova - Realidade Aumentada  
02/02/2022

1,5 6) Primeiramente, é necessário compreender o que são sistemas remotos no contexto de ambientes colaborativos (multi-usuários) em RA. Esses sistemas, em essência, estão baseados na conectividade de dois ou mais usuários, por meio de uma rede, em uma aplicação em RA.

Especificamente, há dois tipos de sistemas remotos: os simétricos e os assimétricos. Os sistemas remotos simétricos estão baseados na conectividade de usuários de diferentes localizações reais, de tal forma que seja apresentado um único sistema resultante. Um exemplo deste tipo consiste em uma chamada virtual, a qual dois integrantes integram interagindo, em

tilibra



tempo real, sobre uma grande mesa virtual, tendo as ações vistas diretamente por ambos integrantes. (face a face)

Já os sistemas remotos assíncronos, como o próprio sugere, estão pontuados na observação intermediária de alguns integrantes para os que realizam as ações. Para ser mais direto, suponha a seguinte chamada entre dois integrantes. Neste tipo de sistema, um deles solicitará as ações que o outro deve e pode realizar, vendendo os resultados das ações através da chamada. Em outras palavras, há sempre um agente passivo (manda executar e observa as ações) e um agente ativo (executa as ações diretamente).

o ponto de vista do sistema aumentado é com relação à interação humana

1,5 ⑤ Interfaces tangíveis, no contexto de interação em RA, ou seja, da forma como o usuário irá manipular os objetos e realizar ações no ambiente de RA. Representam uma técnica de interação em que são utilizados objetos reais para a manipulação direta dos objetos virtuais.

Em outras palavras, os usuários manipulam objetos físicos reais e superfícies, e o resultado dessa manipulação é projetado diretamente nos objetos virtuais associados da RA.



manipulando um cubo mágico. Pode-se, no RA, mover uma das faces do cubo para <sup>(ou o centro)</sup> representar um labirinto, o qual é movido e jogado através da movimentação real do cubo.

1,0 ④ a) Com relação ao olho humano, o processo de acomodação simboliza a mudança de foco com base na distância do objeto observado. Por exemplo, ao observar um objeto afastado, o olho humano emboga todos os objetos para o foco daquele objeto afastado (esta sendo observado). → ação de instaling

O outro processo, denominado vergência ou convergência ocular, está relacionado à condição de existência de dois olhos ativos ao mesmo tempo. Neste processo, o cérebro humano adequa as imagens vindas pelo olho esquerdo e direito, de tal forma que seja obtido e mantida uma imagem resultante, dessa forma, garantindo a binocularidade ocular. É uma maior percepção do objeto que está sendo observado.

1,0 ‡ b) O conflito acomodação - vergência, como próprio nome sugere, está relacionado a um problema de representação dos objetos vistos para a visão humana em ambientes virtuais, uma vez que é necessário tanto o ajuste do foco (acomodação) quanto.



ao ajuste da musculatura Inocular (vergência), de tal modo que os objetos virtuais sejam vistos com ~~naturalidade~~ e acomodação ao ponto que não haja duplicação de objeto na imagem final.

empecilho

Esse conflito tem sido um dos principais empecilhos na criação e manuseio dos HMD de tela plana, uma vez que se use continúos desses aparelhos, no caso de não haver certo tratamento para a acomodação e vergência, pode levar aos usuários grande desconforto visual, podendo causar ~~partes~~ dores de cabeça, enjôo e outras ~~epiforas~~ ~~colaterais~~ a curto e longo prazo. Isso se deve, como mencionando, com o uso de HMD de tela plana, uma vez que em tela tem uma distância focal fixa e, desta forma, a cérebro fica confuso ao tentar focalizar um objeto virtual representado na tela (a tela é a tela e o objeto está em outra distância).

→ ocorre quando a profundidade de vergência é diferente da profundidade de acomodação.

$$\textcircled{2} \quad T^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -T_x \\ 0 & 1 & -T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

1,5

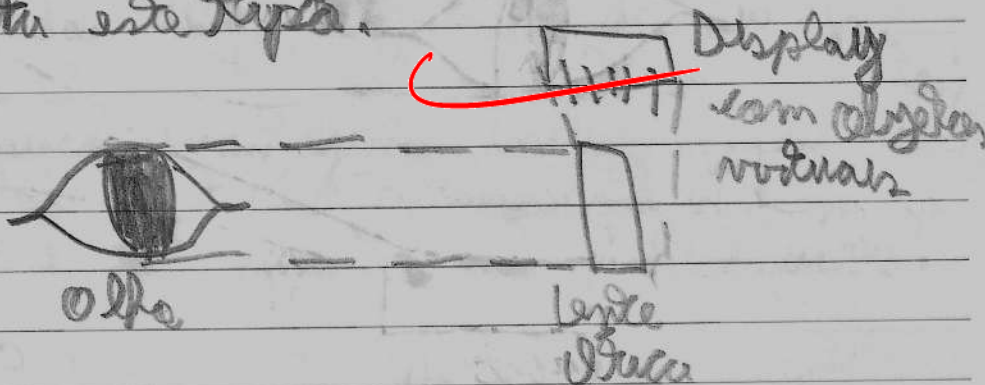
$$R^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$G^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\Delta x & 0 & 0 \\ 0 & 1/\Delta y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

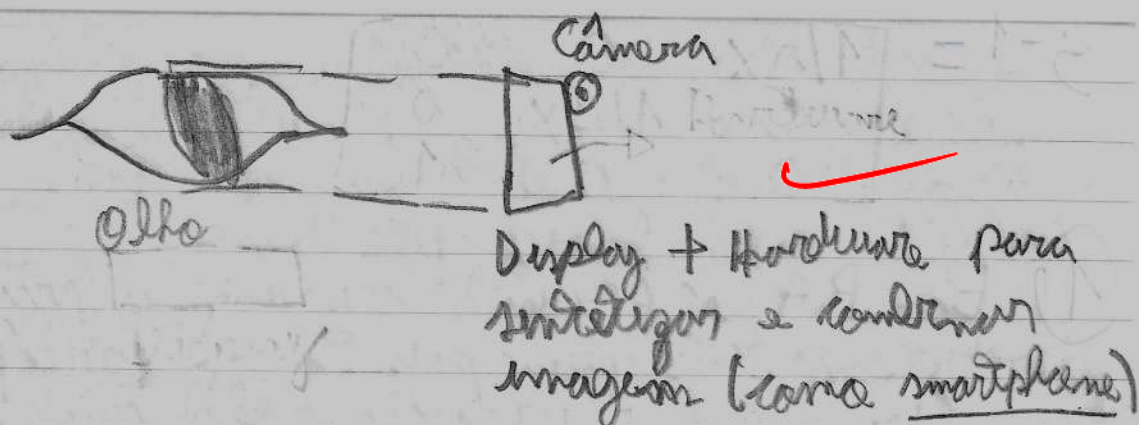
① Em RA, é possível separar a visualização direta em três principais tipos: por óptica, por vídeo ou por projeção. Ou seja, cada qual representa um modo de misturar as imagens do mundo real com as imagens do mundo virtual, representando a essência da RA.

No tipo óptica (OST), os objetos virtuais são projetados diretamente nos olhos do usuário, por meio de uma lente refletora que reflete o display. O esquema abaixo representa este tipo.

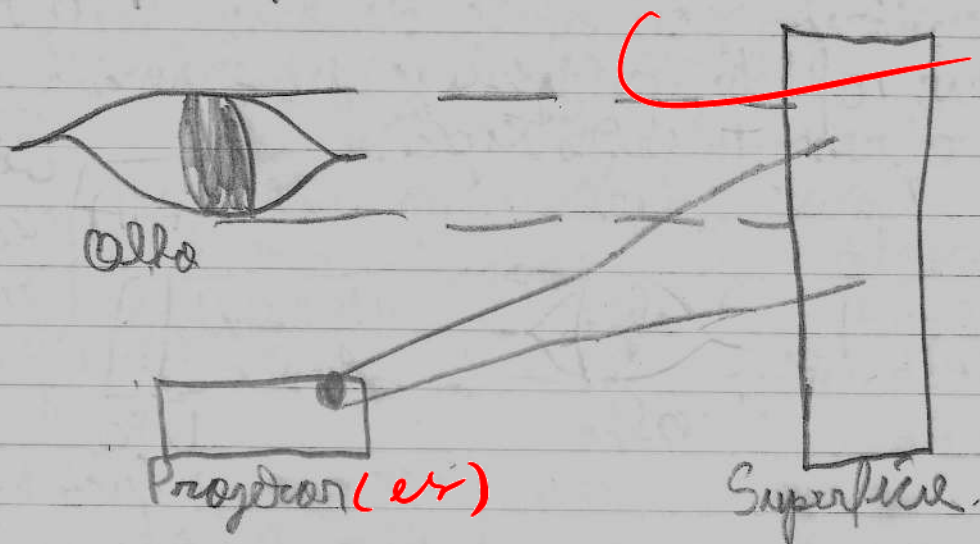


No tipo vídeo (VST), tanto o mundo real quanto os elementos virtuais são vistos diretamente pelo display. Ou seja, as imagens reais e virtuais são sintetizadas e combinadas virtualmente. O esquema a seguir representa este tipo.

a imagem real não é "sintetizada", ela é digitalizada (capturada) pela câmera.



Por fim, na tipo projeção (ou espacial), como o próprio nome sugere, os objetos virtuais são projetados diretamente no cenário. Neste tipo, há o uso de um (ou mais) projetor. O esquema pode ser visto abaixo.



Diante disso, pode-se elencar as seguintes vantagens e desvantagens de cada tipo:

• Ímune: suas vantagens incluem a observação integral do mundo real (campo de visão ocular) e questões relacionadas à segurança durante o manuseio (como a



queda de força do display não causar perigo ao usuário); contudo, suas desvantagens incluem a dificuldade de implementação e calibração, bem como maiores problemas relacionados à colisão.

• Vídeo: suas vantagens incluem maior facilidade de implementação do que a óptica, as questões relacionadas à latência e alinhamento são melhores tratadas; contudo, alguns problemas como a existência de latência, menor campo de visão e aspectos relacionados à segurança.

• Espacial: suas vantagens incluem a maior facilidade de implementação do que as outras duas e melhor alinhamento dos objetos; contudo, suas desvantagens incluem problemas de mobilidade (restrição a um ambiente específico) e interação limitada de usuário.

3) ?

0

## Respostas da Avaliação 1 - Realidade Aumentada

### Valores das Questões

1) 2,0

2) 1,5

3) 1,5

4) 2,0

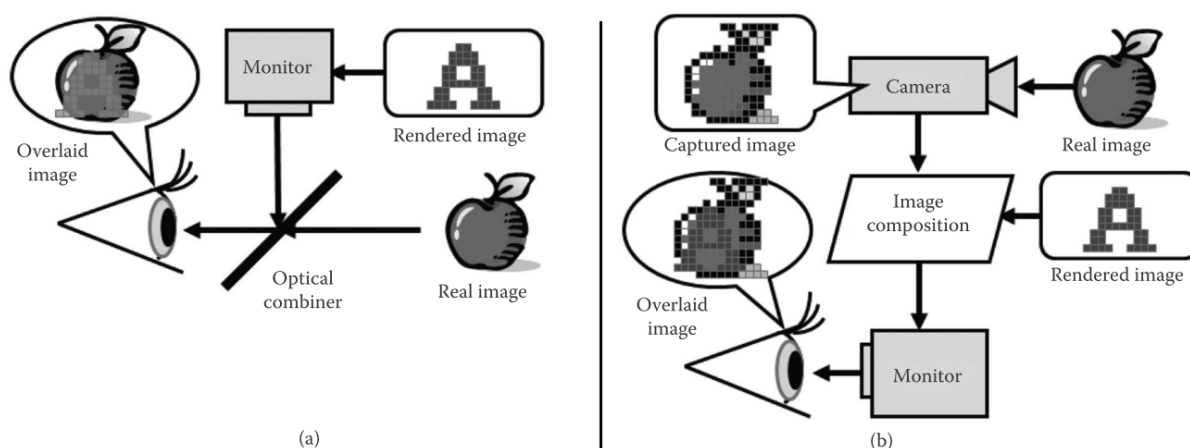
5) 1,5

6) 1,5

### RESPOSTAS

1. Explique os três tipos principais de realidade aumentada: *Optical See-through*, *Video See-through* e Espacial. Levante as principais vantagens e desvantagens de cada um destes tipos.

R:



**Figura 1** – Configurações típicas de displays (a) *optical see-through* e (b) *video see-through*.

**Na Realidade Aumentada (RA) *Optical See-through* (OST)**, conforme mostra a figura 1.a, as imagens reais e virtuais são combinadas por um combinador óptico parcialmente transmissivo e refletivo, tipicamente um espelho semi-prateado. A visão do mundo real é deixada praticamente intacta pelo combinador óptico, enquanto a imagem sintética é opticamente sobreposta à imagem real. Na maioria de Head-Mounted Displays (HMDs) OST, os combinadores ópticos são normalmente posicionados no final do caminho óptico, bem à frente dos olhos do usuário. No caso de dispositivos que utilizam um espelho semi-prateado, a cena real é vista através dele, enquanto as imagens sintéticas são refletidas nele. O dispositivo de imagem não deve bloquear a visão do mundo real, por isso, normalmente está localizado acima do combinador óptico ou ao lado da cabeça do usuário.

Entre as principais vantagens da RA OST tem-se:

- permitem uma visão instantânea e natural da cena real, ou seja, o mundo real é “realmente” observado em tempo real e diretamente pelo olho humano;
- permitem uma uniformidade entre as visualizações combinadas e periféricas; e,
- geralmente, são estruturalmente simples e leves.



Entre as desvantagens, tem-se que:

- é mais difícil controlar as defasagens espaciais e temporais, porque só o canal virtual é processado eletronicamente;
- os HMDs OST que utilizam projeção em visor transparente devem superar o problema da acomodação-vergência.

**Na RA Video See-through (VST)**, conforme mostrado na figura 1.b, a imagem do mundo real é primeiramente capturada por uma (ou duas) câmera(s), depois a imagem capturada e a imagem sintética são combinadas eletronicamente e, finalmente, a imagem combinada é apresentada ao usuário. A fusão eletrônica pode ser realizada por *frame grabbers* (como as câmeras digitais) ou dispositivos de *chroma-keying*. Comparados aos displays OSTs, os displays VSTs são muito menores. Como resultado, os pesquisadores frequentemente têm que construí-los manualmente, usando um HMD de RV (como por exemplo, o Oculus Rift) e uma ou duas pequenas câmeras de vídeo, como as webcams.

As vantagens da RA VST incluem:

- a consistência pictórica entre as visualizações real e sintética (ou seja, podemos compensar o alinhamento e a latência porque tanto o mundo real (vídeo) como o virtual são processados eletronicamente); e
- a disponibilidade de uma variedade de técnicas de processamento de imagens.

Entre as desvantagens tem-se que:

- o mundo real observado está sempre atrasado em relação ao mundo real de fato (pelo menos um quadro ou 30 ms); e
- uma falha em um HMD VST privaria o usuário da visão do mundo real, o que pode comprometer a segurança em aplicações móveis.

**A RA Espacial**, por sua vez, consiste na projeção das informações virtuais diretamente sobre os objetos físicos, cujas características serão, então, aumentadas.

Vantagens:

- O usuário, neste caso, não necessita vestir nem segurar nenhum dispositivo para visualização;
- Esse tipo de esquema é muito útil para incorporar detalhes a certos objetos ou mostrar suas partes internas, sem a necessidade de abri-los ou desmontá-los.

Desvantagens:

- Necessidade de técnicas complexas para calibração de projetores;
- Dificuldade de seu uso em aplicações móveis.

**2. Considerando as transformações geométricas 2D abaixo, em coordenadas homogêneas, determine suas transformações inversas.**

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{P}' = \mathbf{T}(t_x, t_y) \cdot \mathbf{P}$$

$$\mathbf{T}^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -t_x \\ 0 & 1 & -t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{P}' = \mathbf{R}(\theta) \cdot \mathbf{P}$$

$$\mathbf{R}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{P}' = \mathbf{S}(s_x, s_y) \cdot \mathbf{P}$

$$\mathbf{S}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{s_x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{s_y} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**3. Considerando as transformações geométricas, explique o que “concatenação de transformações” e qual sua finalidade no pipeline de visualização 2D e 3D.**

R:

O produto de matrizes de transformação chama-se **concatenação** ou **composição de matrizes**. Usando a representação matricial podemos gerar uma matriz correspondente a uma sequência de transformações calculando o produto das transformações individuais.

Se não se calcular uma única matriz, cada uma das transformações tem que ser aplicada individualmente, sendo o número de operações muito superior, tanto no pipeline de visualização 2D quanto 3D, exigindo um processamento muito maior.

**4. Com relação à percepção visual 3D:**

**a) Explique o que é acomodação e o que é vergência.**

R:

Ao lidar com a visão binocular, ambos os olhos divergem com objetos distantes e convergem com objetos próximos. As rotações dos olhos são necessárias para fundir a imagem. Esse feedback muscular é chamado de vergência (ou convergência).

No entanto, para focar em uma dada imagem, cada olho estica ou relaxa a lente chamada cristalino. Esta ação é chamada de acomodação.

**b) O que é o conflito acomodação-vergência e como este problema afeta a visualização dos usuários de de HMDs (capacetes) de RA com displays com distância fixa?**

R:

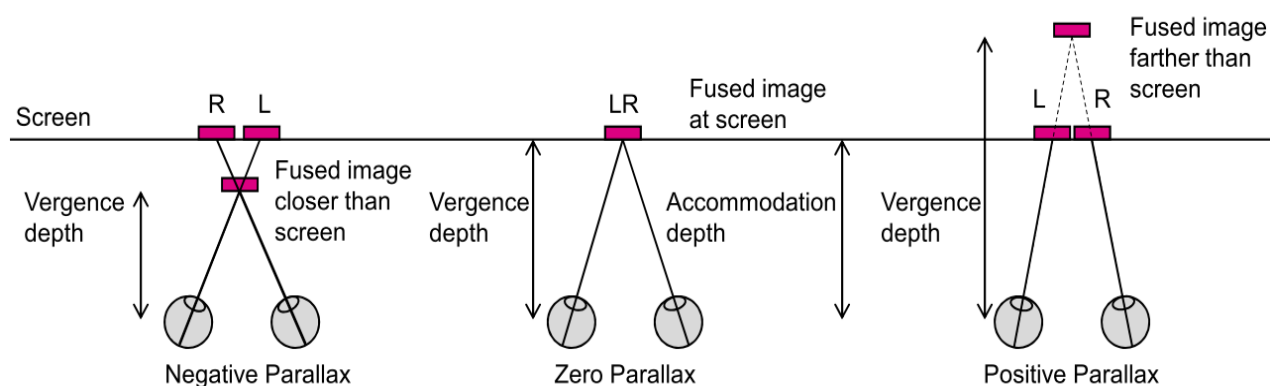
Na visão binocular, a imagem é captada pelos olhos individualmente e transmitidas ao cérebro, que deve ser capaz de fundi-las, resultando em uma visão estéreo ou estereopsia. Portanto, a acomodação e a vergência estão relacionadas e devem trabalhar juntas, para que a fusão dessas duas imagens, com acomodação e convergência, resulte em uma única imagem estereoscópica.



No entanto, quando tem-se HMDs com displays planos com distância fixa (com relação aos olhos do usuário), poderá ocorrer o conflito (ou incompatibilidade) acomodação-vergência, conforme mostra a figura a seguir. **O conflito ocorre quando as profundidades de vergência e acomodação são diferentes.** As figuras da direita e da esquerda mostram uma situação de incompatibilidade entre acomodação e vergência. A figura do centro não exibe este problema, pois a profundidade de vergência é igual à de acomodação.

Se as duas imagens não podem ser fundidas, então a rivalidade binocular fará com que o usuário experimente apenas uma imagem ou parte de ambas as imagens.

Comentário adicional: como os HMDs de tela plana têm uso recente, não se conhece completamente o impacto do conflito de acomodação e vergência e, em particular, as ramificações do uso estendido.



## 5. O que são interfaces tangíveis, no contexto da interação em sistemas de realidade aumentada? Exemplifique.

R:

Em interfaces tangíveis os usuários manipulam objetos físicos, ferramentas, superfícies ou espaços para interagir com as aplicações. Em sistemas de RA, os objetos físicos são mapeados usando-se uma função um-para-um com operações sobre objetos virtuais. Exemplos: cubos e cilindros com padrões ou texturas nas faces; dispositivos como o wiimote que pode representar uma raquete ou uma espada em um game com RA; um cilindro ou bastão que pode representar um bisturi ou uma seringa de punção, em uma aplicação de RA na medicina, etc

Vantagens:

- A forma como os usuários manipulam os objetos reais é natural e intuitiva;
- Servem de referência visual;
- Podem facilitar o rastreamento, como no caso dos marcadores fiduciais.

Desvantagens:

- Dificuldade na escolha de objetos físicos e metáforas comuns aos usuários que irão utilizá-las;
- Nem sempre o controle tangível pode ser mapeado diretamente e unicamente com o elemento virtual correspondente.

**6. No contexto dos sistemas colaborativos de realidade aumentada, diferencie os sistemas remotos simétricos dos sistemas remotos assimétricos.**

R:

- **Sistemas remotos simétricos de RA:** suportam a colaboração face-a-face remoto, apresentando um único sistema reproduzido. Eles virtualmente conectam diferentes localizações em um ambiente real.
- **Sistemas remotos assimétricos de RA,** por outro lado, são normalmente utilizados quando há uma tarefa específica para executar em um dos locais do usuário, ao passo que outros usuários observam e ajudam a resolver a tarefa de forma cooperativa através da rede, geralmente a partir do mesmo ponto de vista.