

# Uma proposta de Framework para Telepresença Imersiva aplicada à Educação a Distância

Lidiane Teixeira Pereira<sup>1</sup>, Lohan Rodrigues Narcizo Ferreira<sup>2</sup>, Rodrigo Luis de Souza da Silva<sup>3</sup>

---

## Resumo

O avanço da globalização nos últimos anos demanda novas formas de comunicação imersivas e de baixo custo. Atualmente, sistemas de telepresença imersivos são custosos e exigem hardware específico, o que dificulta o seu transporte para diversos ambientes, restringindo seu uso a poucos locais. Neste trabalho, é apresentado um framework de telepresença imersiva de baixo custo, reproduzível e de alta mobilidade, utilizando-se de tecnologias de fácil acesso como smartphones com sistema operacional Android e a plataforma Arduino. Para isso, um dispositivo com câmera é controlado remotamente a partir dos dados dos sensores de orientação do smartphone. A imagem da câmera é visualizada pelo usuário remoto com técnicas de Realidade Virtual a fim de proporcionar a imersão. Um cenário de uso é apresentado para corroborar o potencial do framework como ferramenta de telepresença de uso viável em ambientes educacionais.

**Palavras-chave:** Telepresença, Ensino a Distância, Realidade Virtual.

## Abstract

Globalization growth in recent years has been pushing the development of new immersive and low-cost means of communication. Currently, immersive telepresence systems are expensive and demand specific hardware, which makes it difficult to transport them to many environments, restricting their use to few places. In this work, a low-cost, reproducible and mobile immersive telepresence framework is presented, using easily accessible technologies such as smartphones with Android operating systems and the Arduino platform. To that end, a camera device is controlled remotely based on data from the smartphone's orientation sensors. The camera image is viewed by the remote user with Virtual Reality techniques to provide immersion. A usage scenario is presented to corroborate the potential of the framework as a telepresence tool in educational environments.

**Keywords:** Telepresence. Distance Learning, Virtual Reality.

---

1 Discente do Curso de Ciência da Computação (Universidade Federal de Juiz de Fora), E-mail: lidianetpereira26@gmail.com

2 Discente do Curso de Ciência da Computação (Universidade Federal de Juiz de Fora), E-mail:lohannext@gmail.com

3 Docente do Departamento de Ciência da Computação (Universidade Federal de Juiz de Fora), E-mail:rodrigoluis@ice.ufjf.br

## 1. Introdução

O conceito de telepresença foi definido em (AKIN et al., 1983) como um sistema de teleoperador realístico, no qual um teleoperador, podendo ser humano ou robótico, recebe instruções de um humano que se encontra a distância e executa ações no local onde está, baseado nestas instruções. Devido a essa característica, sistemas de telepresença são uma alternativa natural em situações de colaboração remota.

Em um sistema de telepresença, o objetivo é criar um real sentimento de presença no usuário remoto. Em (ZHANG, 2012) são listadas três características principais que bons sistemas desse tipo devem possuir a fim de aumentar esse sentimento: o usuário remoto deve ser capaz de ver todo o ambiente local e as pessoas presentes nele, ele deve claramente identificar quem está falando no ambiente e, por fim, deve ter acesso aos dados apresentados no ambiente.

Algumas das alternativas imersivas e que melhor atendem aos três requisitos citados são muito custosas, como por exemplo, o sistema de telepresença comercializado pela Cisco<sup>4</sup> que é bastante conhecido e utilizado em ambientes empresariais.

Também é um problema para a colaboração remota a falta de mobilidade. Algumas soluções não são portáteis, o que limita sua usabilidade a situações ou a locais específicos, como dentro de uma sala de conferência onde os participantes devem permanecer em posições fixas, por exemplo.

Em (ZHANG, 2012) é ressaltado que as soluções de colaboração para dispositivos móveis evoluíram do compartilhamento apenas de áudio para videoconferências, à medida que os dispositivos e as redes móveis evoluíram. Mesmo assim, tais sistemas não oferecem uma experiência de encontro remoto de fato imersivas. Um usuário que participa de uma videoconferência remotamente usando o *smartphone* geralmente não possui o controle da câmera no ambiente da reunião e, conseqüentemente, tem dificuldades em visualizar todos os participantes.

Com o advento da globalização, cresce o número de pessoas geograficamente distantes trabalhando para as mesmas empresas e exercendo funções complementares remotamente. Para essas empresas é essencial encontrar boas ferramentas de colaboração entre seus membros que minimizem os custos relativos à distância entre eles.

Em (BEURER-ZUELLIG; MECKEL, 2008) foi analisada a influência do uso de *smartphones* na produtividade de funcionários de empresas alemãs

como facilitador da comunicação por meio de *e-mail*. Os resultados apontaram que o uso dos dispositivos acelerou e melhorou o processo de trabalho, tanto em nível individual quanto organizacional e a comunicação nas empresas foi melhorada pela facilidade e rapidez no acesso à informação.

Dispositivos móveis amplamente utilizados atualmente possuem poder computacional suficiente para prover comunicação mais imersiva e eficiente do que apenas *e-mail* e são, portanto, recursos a serem explorados como forma de prover efetiva colaboração remota.

O principal objetivo deste trabalho é apresentar um *framework* de telepresença de baixo custo para a plataforma móvel *Android*, que utiliza Realidade Virtual para propiciar imersão. Para isso, um dispositivo com câmera será controlado remotamente por meio de um *smartphone*. Utilizando-se de alguns motores servos, um Arduino e alguns servidores online (Node.js e Red5Pro), o usuário do sistema pode controlar uma câmera instalada em uma localização remota mediante movimento de sua cabeça e ainda ter visão em tempo real de tudo que se passa naquele local.

Esse trabalho está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados, na Seção 3 o *framework* é apresentado em detalhes, a Seção 4 aponta a aplicabilidade do *framework*, tendo como artifício, um cenário de uso para o mesmo. Por fim, a Seção 5 conclui o trabalho.

## 2. Trabalhos relacionados

Dado o objetivo de elaborar um *framework* de telepresença imersivo baseado em dispositivos móveis de baixo custo, foi realizada como etapa inicial do projeto uma revisão da literatura a fim de identificar a existência de trabalhos similares. Essa revisão não será integralmente reproduzida aqui, sendo destacadas apenas as partes principais. A mesma foi executada seguindo o roteiro proposto em (NEIVA; SILVA, 2016), possuindo as seguintes questões de pesquisa:

Q1: Quais técnicas têm sido aplicadas para criar soluções de telepresença imersiva voltadas para *smartphones* e *tablets*?

Q2: Quais são as características das soluções de telepresença imersiva voltadas para *smartphones* e *tablets*?

A seguinte *string* de busca foi usada: “immersive AND mobile AND (telepresence OR teleconferencing OR teleimmersive)”. A partir dos resultados retornados foram efetuadas duas etapas de seleção e a Tabela 1 mostra a quantidade de artigos em cada etapa de seleção.

<sup>4</sup> <http://www.cisco.com/c/en/us/products/collaboration-endpoints/immersive-telePresence/index.html>

Os artigos selecionados na segunda seleção foram avaliados de acordo com os critérios de seleção a seguir.

- Existência de um protótipo usável;
- Avaliação do sistema;
- Clareza na apresentação das técnicas usadas;
- Um *smartphone* ou *tablet* é parte do sistema.

**Tabela 1** - Números de artigos em cada fase da seleção

| Base           | Artigos retornados | Artigos sem duplicados | Primeira seleção |              | Segunda seleção |              |
|----------------|--------------------|------------------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|
|                |                    |                        | Removidos        | Selecionados | Removidos       | Selecionados |
| Scopus         | 37                 | 34                     | 8                | 26           | 16              | 10           |
| IEEE Xplore    | 67                 | 53                     | 21               | 32           | 28              | 4            |
| Science Direct | 135                | 129                    | 116              | 13           | 12              | 1            |
| Springer       | 115                | 103                    | 86               | 17           | 14              | 3            |
| Web of Science | 21                 | 2                      | 1                | 1            | 1               | 0            |
| ACM            | 16                 | 11                     | 3                | 8            | 4               | 4            |
| Compendex      | 59                 | 18                     | 13               | 5            | 4               | 1            |

Para cada um dos critérios foi atribuído 1 ponto em caso afirmativo, 0,5 ponto em caso parcial e 0 pontos em caso negativo. Os artigos que atingiram 2,5 pontos ou mais foram os aprovados na seleção final e considerados com maior relação ao projeto (Tabela 2).

**Tabela 2** - Artigos selecionados para análise e suas pontuações

| Artigo                                | Q1 | Q2  | Q3  | Q4  | Total |
|---------------------------------------|----|-----|-----|-----|-------|
| (GREEF; MORRIS; INKPEN, 2016)         | 1  | 0   | 0,5 | 1   | 2,5   |
| (IZUMI et al., 2014)                  | 1  | 0,5 | 0,5 | 1   | 3     |
| (TAKACS, 2011)                        | 1  | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 2,5   |
| (TAKACS, 2007)                        | 1  | 0   | 1   | 1   | 3     |
| (MULLER; LANGLOTZ; REGENBRECHT, 2016) | 1  | 1   | 1   | 1   | 4     |
| (KHAN et al., 2014)                   | 1  | 1   | 0,5 | 1   | 3,5   |
| (XIA; NAHRSTEDT; JURIK, 2012)         | 1  | 0   | 0,5 | 1   | 2,5   |
| (JANG-JACCARD et al., 2016)           | 1  | 0   | 1   | 0,5 | 2,5   |
| (KRATZ; FERRIERA, 2016)               | 1  | 1   | 0,5 | 0,5 | 3     |
| (AHN; KIM, 2018)                      | 1  | 0,5 | 1   | 1   | 3,5   |
| (RYSKELDIEV; COHEN; HERDER, 2017)     | 1  | 1   | 1   | 0,5 | 3,5   |
| (ACOSTA et al., 2017)                 | 1  | 1   | 1   | 1   | 4     |

A partir da leitura dos artigos selecionados, foi feita uma comparação acerca dos recursos utilizados em cada sistema. Esta comparação será apresentada a seguir.

Nos trabalhos apresentados por (IZUMI et al., 2014), (MULLER; LANGLOTZ; REGENBRECHT, 2016), (XIA; NAHRSTEDT; JURIK, 2012) foram capturados e utilizados dados de sensores de *smartphones*

e *tablets*. No primeiro, os dados foram utilizados para posicionar o avatar remoto. No segundo, para identificar a orientação do dispositivo usado pelo usuário local e, no terceiro, para capturar a posição da cabeça e da mão do usuário do sistema. Em (IZUMI et al., 2014) a câmera frontal do *tablet* foi usada para capturar a imagem do usuário local enquanto a tela do aparelho exibia as

imagens capturadas pelo avatar remoto. Em (MULLER; LANGLOTZ; REGENBRECHT, 2016) os sensores e a câmera traseira do *smartphone* foram utilizados. O sistema é completamente baseado em dispositivos móveis, sendo este o único *hardware* necessário para o uso do sistema. Em (XIA; NAHRSTEDT; JURIK, 2012) apenas os sensores dos *smartphones* são utilizados. Um sensor *Kinect* e um HMD (*Head-mounted display*) também são componentes essenciais do sistema. Dessa forma, observa-se que os dispositivos móveis são apenas componentes na maioria dos sistemas, mas não o elemento principal.

Em (AHN; KIM, 2018) e (RYSKELDIEV; COHEN; HERDER, 2017) são usados os sensores de orientação do dispositivo. Em (RYSKELDIEV; COHEN; HERDER, 2017), o sistema é completamente baseado em dispositivos móveis, assim como em (MULLER; LANGLOTZ; REGENBRECHT, 2016). Já em (AHN; KIM, 2018) um robô é necessário para oferecer a funcionalidade de telepresença.

O dispositivo móvel é apenas parte do sistema também em (TAKÁCS, 2011), (KHAN et al., 2014), (JANG-JACCARD et al., 2016), (KRATZ; FERRIERA, 2016) e (ACOSTA et al., 2017). Em (TAKÁCS, 2011), o *smartphone* é utilizado apenas como uma tela para assistir as imagens da transmissão remota. Em (KHAN et al., 2014) são usadas apenas a câmera frontal e a tela de um tablet colocado no local remoto. Em (GREEF; MORRIS; INKPEN, 2016), a câmera traseira e a tela do *smartphone* do usuário remoto são utilizadas. Em (JANG-JACCARD et al., 2016), de forma similar a (GREEF; MORRIS; INKPEN, 2016), são usadas a câmera frontal e a tela de um tablet. Em (KRATZ; FERRIERA, 2016) a tela de um tablet é usada para exibir imagens do ambiente remoto e o microfone do aparelho é utilizado para capturar o áudio do usuário. Em (ACOSTA et al., 2017), o *smartphone* é uma das opções possíveis de serem integradas ao sistema para possibilitar a navegação por intermédio do ambiente virtual.

O presente trabalho propõe um *framework* de telepresença de baixo custo desenvolvido para uso em *smartphones*. Um modo imersivo foi desenvolvido pautado no uso do *smartphone* acoplado em uns óculos de Realidade Virtual compatível. Há ainda outro modo de visualização para usuários que não disponham dos óculos no momento do uso. Todos os componentes do sistema podem ser transportados de maneira fácil permitindo seu uso em diferentes ambientes.

### 3. Framework proposto

O *framework* apresentado neste trabalho foi desenvolvido para ser, principalmente, uma solução de baixo custo e portátil. Sua estrutura de funcionamento se divide em duas partes: ambiente remoto e ambiente local, sendo as mesmas interligadas por meio da internet. A Figura 1 ilustra a estrutura do *framework* e seus componentes que são detalhados a seguir.

#### 3.1. Ambiente remoto

O ambiente remoto é o espaço onde o usuário desejaria estar presente. Nesse ambiente é posicionado o módulo remoto, que é composto por: um *notebook* com acesso à internet, um Arduino Uno, uma câmera com microfone integrado e um suporte para a mesma.

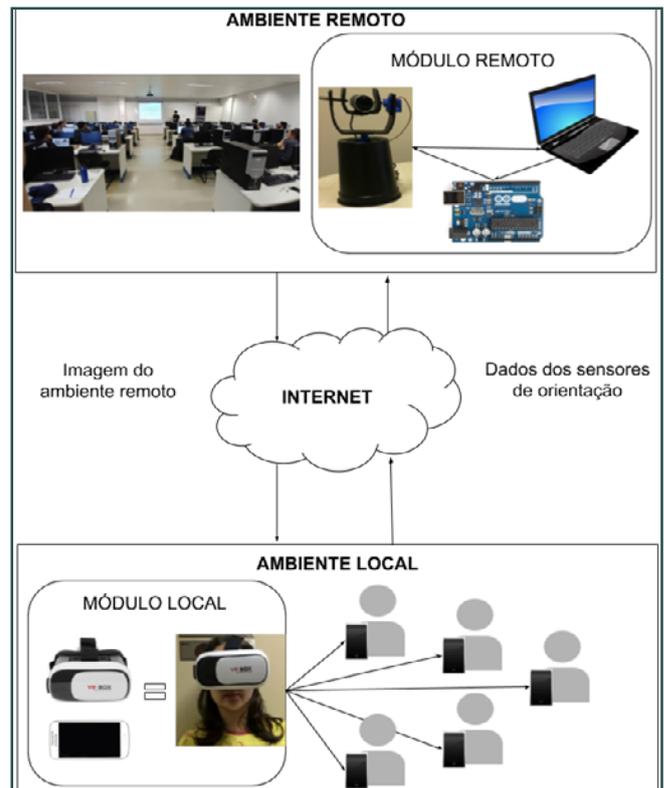


Figura 1 - Esquema de funcionamento do sistema.

A câmera é fixada a um suporte que conta com dois motores servos que permitem um ângulo de rotação de 180°, simulando, assim, o movimento da cabeça do usuário remoto. O suporte é conectado ao Arduino, que é o responsável por controlar o movimento dos dois motores. Para isso, o Arduino é conectado ao *notebook* de onde recebe as informações de posicionamento, oriundas do módulo local, e as mapeia em movimentos

dos motores. A câmera também é conectada ao *notebook*, para onde envia as imagens e o áudio capturados no ambiente.

No *notebook* são executadas duas aplicações, sendo uma para realizar a transmissão de vídeo utilizando as ferramentas Red5Pro<sup>5</sup> e OBSStudio<sup>6</sup> e outra para receber os dados dos sensores do *smartphone* e transmitir ao Arduino utilizando a plataforma Node.js<sup>7</sup>.

## 3.2. Ambiente local

O ambiente local é onde está posicionado o usuário do sistema utilizando o módulo local. Esse módulo é composto de uns óculos de Realidade Virtual (RV) simples, cuja tela é um *smartphone*. O usuário com os óculos de RV controla a movimentação da câmera no ambiente remoto por meio dos movimentos da sua própria cabeça no ambiente local. É importante que o celular utilizado possua o sensor giroscópio, para que seja possível mapear os movimentos para os dois motores; caso contrário, a movimentação dos mesmos não acontece corretamente.

No *smartphone* é executado o aplicativo que tem três funções: exibir a imagem do ambiente remoto; capturar os dados dos sensores de orientação do *smartphone* (como giroscópio e acelerômetro) e transmitir para o *notebook* do ambiente remoto. O aplicativo permite dois tipos de visualização, uma estereoscópica, voltada para usuários com óculos de Realidade virtual e outra com a imagem original, voltada para usuários sem os óculos (Figura 2).

## 4. Aplicabilidade

No cenário educacional acontecem situações nas quais os alunos possuem a necessidade ou o interesse em participar de atividades acadêmicas, sejam elas aulas, palestras, minicursos ou semanas acadêmicas, mas deparam-se com algum empecilho à sua presença no local do evento.

Por vezes esse impedimento resulta da distância entre o local onde acontece o evento e o local onde o aluno se encontra. Há ainda o caso onde o aluno encontra-se em alguma situação que o impeça de frequentar aulas, mas lhe garanta um regime especial, como é o caso para acometimento por doença infectocontagiosa, realização de procedimentos cirúrgicos ou mesmo período final de gestação. Para todas essas situações, pode ser muito benéfico ao aluno ter à sua disposição uma ferramenta que lhe permita assistir remotamente as atividades acadêmicas a partir de qualquer lugar e utilizando seu próprio *smartphone*.

### 4.1. Cenário de uso

Utilizando a Teoria da Distância Transacional de Moore (2013), Ramos et al. apresenta uma análise das variáveis que impactam diretamente no aumento dessa distância e o consequente aumento na taxa de evasão dos cursos da EAD. É ainda apontado que distâncias transacionais maiores causam menor sensação de envolvimento e de satisfação no aluno, aumentando sua tendência à evasão (RAMOS et al., 2017). Dessa forma, é apresentado a seguir um cenário de uso para

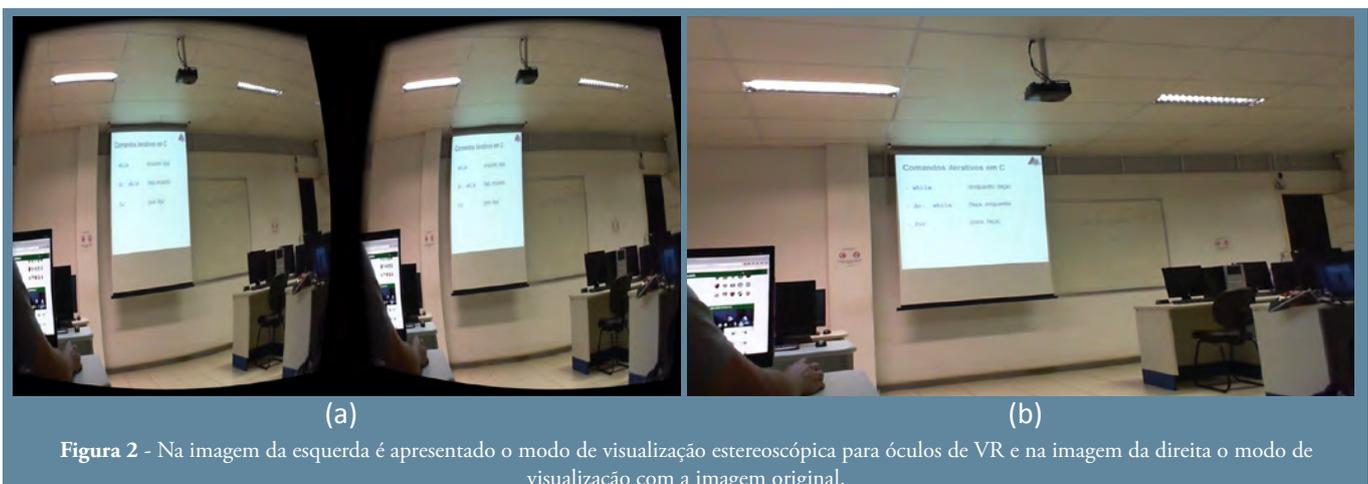


Figura 2 - Na imagem da esquerda é apresentado o modo de visualização estereoscópica para óculos de VR e na imagem da direita o modo de visualização com a imagem original.

5 <https://red5pro.com/>

6 <https://obsproject.com/>

7 <https://nodejs.org>

o *framework* proposto, a fim de mostrar a viabilidade do seu uso nos cursos da EAD, com a intenção de contribuir para a diminuição da distância transacional e impactar positivamente o envolvimento do aluno no curso.

Com o objetivo de propiciar maior envolvimento dos alunos com seus respectivos cursos, um professor X responsável por uma disciplina na modalidade a distância propõe que seus alunos utilizem o *framework* para acompanhar uma disciplina presencial equivalente. Dessa forma, no ambiente remoto, o monitor da disciplina presencial, laboratório de programação por exemplo, instala o módulo remoto no laboratório pouco antes do início da aula.

Em um ambiente diferente do laboratório onde acontece a aula, um usuário Y, seja ele aluno, tutor ou mesmo outro professor, conecta seu celular aos óculos de Realidade Virtual e abre o aplicativo. Esse usuário Y passa a visualizar a aula de laboratório de forma estereoscópica e a controlar o seu campo de visão do laboratório através do movimento da sua cabeça. O usuário Y tem então a sensação de estar de fato no laboratório assistindo à aula.

Os alunos A, B e C, em suas respectivas casas, abrem o aplicativo em seus *smartphones* que não possuem o sensor giroscópio, trocam para a visualização com a imagem original e assistem a aula em seus aparelhos de forma um pouco menos imersiva, mas ainda em tempo real. Já os alunos D, E, F e G, empolgados com a tecnologia de Realidade Virtual e sabendo do baixo custo dos óculos, adquirem um para uso pessoal e assistem a aula em seus aparelhos com visão estereoscópica, mas sem controlar o movimento da câmera, visto que só é possível um administrador de seção por vez, sendo esse o usuário X. Esses alunos veem a mesma imagem que o usuário X, mesmo estando cada um desses indivíduos em um local diferente. Apesar de não controlarem o movimento da câmera remota, eles ainda têm a sensação de uma maior imersão na aula e, conseqüentemente, desenvolvem maior envolvimento com o conteúdo.

## 5. Conclusões e trabalhos futuros

Neste trabalho, foi apresentado um *framework* para promoção de telepresença imersiva pautado no baixo custo e na mobilidade, de forma a viabilizar seu uso em ambientes educacionais.

A imersão é realizada por meio do uso de técnicas

de Realidade Virtual utilizando óculos compatíveis com *smartphones*, de forma que alunos possam utilizar seus próprios aparelhos para imergirem em um ambiente remoto. Foram ainda apresentados os detalhes de funcionamento e os demais componentes do sistema.

Considerando o contexto da EAD e o problema do baixo envolvimento dos alunos resultando em altas taxas de evasão, foi apresentado um cenário de uso visando mostrar a aplicabilidade do *framework* nesse contexto a fim de contribuir positivamente com a motivação dos alunos mediante o uso de uma nova tecnologia, que é a telepresença imersiva.

Como trabalho futuro, pretende-se executar um estudo de caso com uma disciplina do curso de licenciatura em computação na modalidade a distância, assim como na participação dos alunos da EAD em eventos científicos promovidos no cotidiano da graduação presencial, com o objetivo de avaliar o engajamento desses alunos nas atividades e seu vínculo com a universidade e o corpo docente.

## 6. Referências

ACOSTA, A. F. et al. Tourism marketing through virtual environment experience. In: **Proceedings of the 2017 9th International Conference on Education Technology and Computers**. 2017. p. 262-267.

AHN, J.; KIM, G. J. SPRinT: A Mixed Approach to a Hand-Held Robot Interface for Telepresence. **International Journal of Social Robotics**, v. 10, n. 4, p. 537-552, 2018.

AKIN, D. L. et al. Space applications of automation, robotics and machine intelligence systems (ARAMIS) phase II. **NASA Contract Report**, v. 3734, 1983.

BEURER-ZUELLIG, B.; MECKEL, M. Smartphones enabling mobile collaboration. In: **Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2008)**. IEEE, 2008. p. 49-49.

DE GREEF, L.; MORRIS, M.; INKPEN, K. TeleTourist: Immersive telepresence tourism for mobility-restricted participants. **Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing**

**Companion**, 2016. p. 273-276.

IZUMI, M. et al. Practical use of a remote movable avatar robot with an immersive interface for seniors. In: **International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction**. Springer, Cham, 2014. p. 648-659.

JANG-JACCARD, J. et al. WebRTC-based video conferencing service for telehealth. **Computing**, v. 98, n. 1-2, p. 169-193, 2016.

KHAN, M. S. et al. A pilot user's prospective in mobile robotic telepresence system. In: **Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA), 2014 Asia-Pacific**. IEEE, 2014. p. 1-4.

KRATZ, S.; FERRIERA, F. Immersed remotely: Evaluating the use of head mounted devices for remote collaboration in robotic telepresence. In: **2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)**. IEEE, 2016. p. 638-645.

MOORE, M. G. The theory of transactional distance. In: **Handbook of distance education**. Routledge, 2013. p. 84-103.

MULLER, J.; LANGLLOTZ, T.; REGENBRECHT, H. Panovc: Pervasive telepresence using mobile phones. **IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)**. IEEE, 2016. p. 1-10.

NEIVA, F. W.; SILVA, R. L. S. Revisão sistemática da literatura em ciência da computação: um guia prático. **Technical report, Universidade Federal de Juiz de Fora**, 2016.

RAMOS, J. L. C. et al. Um modelo preditivo da evasão dos alunos na EAD a partir dos construtos da teoria da distância transacional. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2017. v. 28, n. 1, p. 1227.

RYSKELDIEV, B.; COHEN, M.; HERDER, J. Applying rotational tracking and photospherical imagery to immersive mobile telepresence and live

video streaming groupware. In: **SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications**. 2017. p. 1-2.

TAKACS, B. PanoMOBI: panoramic mobile entertainment system. In: **International Conference on Entertainment Computing**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. p. 219-224.

TAKACS, B. Immersive interactive reality: Internet-based on-demand VR for cultural presentation. **Virtual reality**, v. 15, n. 4, p. 267-278, 2011.

XIA, P.; NAHRSTEDT, K.; JURIK, M. A. TEEVE-Remote: A Novel User-Interaction Solution for 3D Tele-immersive System. In: **2012 IEEE International Symposium on Multimedia**. IEEE, 2012. p. 378-379.

ZHANG, Z. Immersive telepresence: Transcending space and time. In: **2012 International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality**. IEEE, 2012. p. 6-9.

Recebido em: 26/07/2021

Aceito em: 26/10/2021