

# TelePresenceVR: Ferramenta para Telemedicina Imersiva e Interativa

Isácio Rafael P. Galeano  
Thiago Emanuell V. Moura  
Joviro Rocha Neto  
isaciorafael@discente.ufg.br  
thiagoemanuell@discente.ufg.br  
jovirorocha@discente.ufg.br  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, GO

Eduardo Nery Rossi Camilo  
eduardo\_nery@hotmail.com  
Hospital Fundação  
Banco de Olhos de Goiás  
Goiânia, GO

Fábio M. Costa  
Eliomar Araújo de Lima  
fmc@inf.ufg.br  
eliomar@inf.ufg.br  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, GO

## ABSTRACT

The scarcity of specialized medical assistance in remote areas poses significant challenges to the universalization of health services. Telemedicine has long been proposed as a solution to counter these challenges. Nevertheless, the user experience, especially for patients, is undermined by the lack of natural interaction and engagement when using flat screen devices. In this paper, we present a tool to augment the telemedicine experience with a focus on the patient side. The tool supports immersive visualization of the doctor's practice via a VR headset worn by the patient during consultation, giving him/her some feeling of presence in the doctor's practice. It also supports the interactive remote display of audio-visual content to the patient, allowing the doctor to control what the patient sees during the explanation of a diagnosis or treatment. A prototype of the tool is currently available and its full implementation is the subject of ongoing work, along with its validation and evaluation in real-life scenarios.

## KEYWORDS

Telemedicine, Telepresence, WebRTC, Virtual Reality, QoE

## 1 INTRODUÇÃO

Moradores de zonas periféricas no Brasil enfrentam escassez estrutural de atendimento médico especializado, fenômeno multifatorial que resulta de condições de trabalho pouco atrativas, distribuição assimétrica de vagas de residência e de serviços de retaguarda diagnóstica, elevada rotatividade e baixa fixação de profissionais, além de determinantes socioeconômicos que ampliam barreiras de acesso. Em numerosos municípios, a disponibilidade de especialistas permanece condicionada a deslocamentos até polos regionais, a mecanismos de regulação de vagas e a arranjos intermunicipais nem sempre coordenados, configurando filas prolongadas, custos indiretos às famílias e descontinuidade do cuidado. Observa-se, assim, um ciclo de suboferta intermitente: quando há profissionais, a insuficiência de infraestrutura ou de equipes multiprofissionais restringe o escopo assistencial; quando não há, recorre-se a caravanas

e mutirões de saúde, estratégias episódicas que atenuam parte da demanda, mas produzem “janelas de falta de assistência” entre os eventos [2].

A lei 8.080 de 1990 [1] elenca os princípios e diretrizes do SUS (Sistema Único de Saúde) brasileiro, que deve promover a universalidade, equidade e integralidade no acesso à saúde, além da descentralização, regionalização e controle social dos serviços. Diversas iniciativas de provimento e interiorização — a exemplo do Programa Mais Médicos<sup>1</sup> — lograram ganhos localizados de cobertura e acesso. Todavia, persistem assimetrias relevantes na distribuição de especialistas e na capacidade de resposta dos serviços, sugerindo que políticas de alocação de pessoal, incentivos e reorganização de fluxos, embora necessárias, revelam-se insuficientes quando implementadas de forma isolada para equalizar o acesso em territórios periféricos [2]. Diante desse panorama, soluções tecnológicas complementares despontam como eixo estratégico para continuidade do cuidado. Em particular, destacam-se modalidades de teleatendimento que reduzam a dependência do deslocamento do especialista, bem como o intervalo entre a demanda do usuário e a consulta, sem impor custos adicionais relevantes a pacientes ou profissionais.

Nesse contexto, a literatura aponta a telemedicina como estratégia complementar ao cuidado presencial, capaz de mitigar barreiras geográficas, reduzir tempos de deslocamento e otimizar o uso do tempo clínico, com ganhos tangíveis de cobertura e continuidade especialmente em territórios periféricos [3]. Em particular, destaca-se o uso de tecnologias de telepresença para a viabilização de consultas remotas, como proposto em [4] e em [7], com foco na melhoria da experiência do paciente. Os benefícios desse tipo de abordagem se materializam em diferentes modalidades — síncronas (teleconsulta e teleinterconsulta), assíncronas (store-and-forward para segunda opinião e telediagnóstico) e telemonitoramento — que favorecem triagens oportunas, seguimento de condições crônicas e apoio remoto a equipes locais.

Nessa direção, este trabalho apresenta a *TelePresenceVR*, uma ferramenta de teleconsulta para suporte à realização de atendimentos por especialistas de forma remota, ampliando o acesso em regiões com carência de profissionais. A solução integra comunicação em tempo real e experiência imersiva em realidade virtual e aumentada, com o objetivo de aumentar o engajamento dos pacientes e aprimorar a qualidade da interação clínica, contribuindo para a

In: XXIV Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA 2025). Anais Estendidos do XXXI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WFA'2025). Rio de Janeiro/RJ, Brasil. Porto Alegre: Brazilian Computer Society, 2025.  
© 2025 SBC – Sociedade Brasileira de Computação.  
ISSN 2596-1683

<sup>1</sup><https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sgtes/mais-medicos>.

redução das lacunas assistenciais em localidades desfavorecidas. Em comparação com outras propostas encontradas na literatura [4, 7], a ferramenta avança no sentido de prover suporte para o uso de realidade estendida e dispositivos de visualização imersiva, por parte do paciente e seu acompanhante. Com isto, espera-se elevar a percepção de presença [5] no consultório remoto onde se encontra o médico assistente, de modo a gerar maior engajamento do paciente a despeito da distância. O trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento, com uma prova de conceito inicial implementada para elucidar e refinar os requisitos.

No restante do artigo, a Seção 2 apresenta o objetivo almejado com o desenvolvimento da ferramenta, enquanto a Seção 3 descreve sua arquitetura, juntamente com as principais decisões de projeto e implementação. A Seção 4 apresenta as conclusões obtidas com a ferramenta em seu estado atual e discute as próximas etapas em seu desenvolvimento, bem como os desafios relacionados.

## 2 OBJETIVO

Ao combinar teleconsulta com elementos de telepresença, a *TelePresenceVR* visa proporcionar ao paciente e seu acompanhante uma percepção imersiva do consultório médico remoto por meio do uso de realidade estendida (virtual e aumentada), bem como de dispositivos de visualização imersiva. A ferramenta permite sobrepor elementos visuais e auditivos às imagens e ao áudio capturados em tempo real do consultório médico, com a possibilidade de controle (remoto) da apresentação desses elementos ao paciente por parte do médico, visando ao aumento da efetividade na apresentação de resultados de exames e outros tipos de conteúdo visual e auditivo ao paciente como parte da explicação de um diagnóstico ou tratamento. O objetivo geral é elevar o nível de engajamento do paciente e aprimorar a qualidade da interação clínica, favorecendo uma experiência mais natural para o paciente, assim como a melhor compreensão das orientações e a continuidade do cuidado médico, notadamente entre episódios de assistência presencial, como nas caravanas e mutirões de saúde. Em termos operacionais, a proposta tem o potencial de reduzir a dependência em relação ao itinerário do especialista médico, ampliar janelas de atendimento em horários compatíveis com plantões e agendas concorrentes e tornar mais efetiva a apresentação de exames e imagens no encontro remoto.

## 3 A FERRAMENTA TELEPRESENCEVR

Nesta seção, descrevemos a arquitetura da aplicação, seus componentes e a integração entre eles, em linha com o fluxo operacional da ferramenta: o paciente ingressa na sala virtual com o uso de um *headset* de realidade virtual e preenche um formulário de consentimento para que seus dados médicos sejam tratados durante a consulta; o médico é notificado da entrada do paciente por meio de uma aplicação Web (a qual é parte integrante da *TelePresenceVR*) e ambos estabelecem a sessão de comunicação por meio do padrão WebRTC<sup>2</sup> (*Web Real-Time Communication*) [6]. A Figura 1 apresenta a visão geral do sistema, destacando o cliente Web utilizado pelo médico, o aplicativo VR (*Virtual Reality*) utilizado pelo paciente, o serviço de sinalização e os servidores que viabilizam a travessia de *firewall*/NAT (*Network Address Translation*), descoberta de caminho

e manutenção da mídia, a saber: ICE (*Interactive Connectivity Establishment*), STUN (*Session Traversal Utilities for NAT*) e TURN (*Traversal Using Relays around NAT*).

### 3.1 Arquitetura Geral

A arquitetura é organizada em três blocos. No lado do médico, um aplicativo Web SPA (*Single Page Application*) executa no navegador e concentra autenticação, fila de espera, notificação de pacientes e controle da chamada. O vídeo imersivo exibido no *headset* do paciente pode ser composto (com elementos de realidade aumentada) no próprio navegador do *headset* ou produzido inteiramente no lado do médico com o uso de uma ferramenta externa de captura de vídeo e câmera virtual, como o OBS Studio (*Open Broadcaster Software*)<sup>3</sup> e a *OBS Virtual Camera*, o que permite alternar, sem interrupções, entre câmera, telas e materiais clínicos audiovisuais. No lado do paciente, um aplicativo desenvolvido sobre a plataforma Unity<sup>4</sup> para o *headset* Meta Quest<sup>5</sup> renderiza o fluxo de vídeo recebido do médico em um painel flutuante dentro da cena imersiva e captura o áudio do microfone do *headset* para retorno ao navegador do médico. Entre os clientes (Web e Unity), um serviço de sinalização baseado em WebSocket gerencia salas, *tokens* efêmeros e troca de descritores SDP (*Session Description Protocol*) e candidatos ICE; a mídia trafega de forma ponto-a-ponto sempre que possível, com *fallback* para TURN em redes mais restritivas. Toda a comunicação de controle utiliza HTTPS/WSS e as trilhas de áudio/vídeo são protegidas com DTLS-SRTP (*Datagram Transport Layer Security - Secure Real-time Transport Protocol*); por padrão, não há gravação de mídia, apenas registro de consentimento e metadados para auditoria.

### 3.2 Camada Back-End

A camada de *back-end* é composta por três serviços lógicos: o gerenciador de sessões e sinalização, a orquestração de ICE e o armazenamento de dados operacionais. O gerenciador de sessões mantém o ciclo de vida das salas virtuais, desde o estado “aguardando médico” até o encerramento, e expõe eventos para a interface do médico (entrada do paciente, disponibilidade de rede, fim da chamada). A orquestração de ICE integra servidores STUN públicos e uma instância TURN própria, configurada com TLS (*Transport Layer Security*), quotas e regras de acesso para cenários de *carrier-grade NAT*. O armazenamento é utilizado para persistência do consentimento do paciente, assim como de dados de autenticação, trilhas de auditoria e métricas agregadas de qualidade de experiência; informações de sessão e chaves de negociação permanecem em memória volátil, expurgadas ao término da chamada.

**3.2.1 Modelo de Dados.** O modelo contempla entidades mínimas para operação segura e reproduzível. A entidade *Sessão* identifica a sala virtual, guarda o estado (*criada, aguardando, em chamada, encerrada*) e referencia um token efêmero associado ao paciente. A entidade *Participante* vincula o perfil (médico ou paciente) e registra a entrada e saída do ambiente virtual, bem como o endereço lógico e atributos de dispositivo relevantes para depuração. A entidade *Consentimento* armazena a decisão informada do paciente,

<sup>3</sup><https://obsproject.com/>

<sup>4</sup><https://unity.com/>

<sup>5</sup><https://www.meta.com/quest/>

<sup>2</sup><https://webrtc.org/>

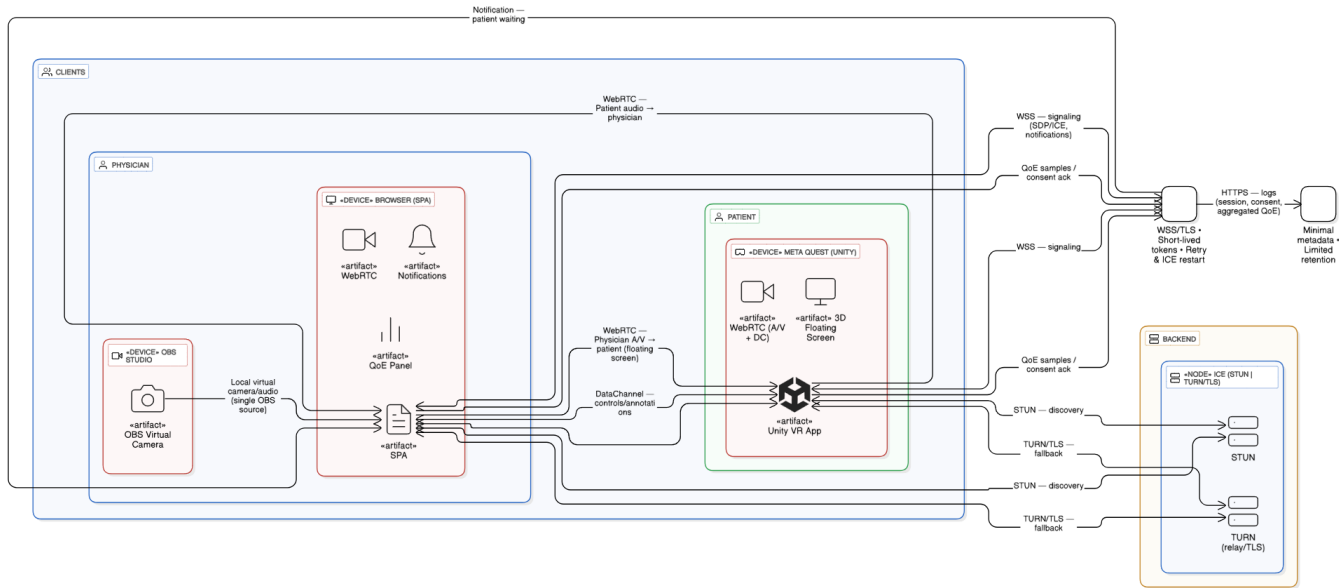


Figure 1: Visão geral da arquitetura da TelePresenceVR

a finalidade e o instante de coleta. A entidade *MétricaQoE* consolidada, em janelas temporais, metadados que incluem latência de ida e volta, *jitter*, perdas e taxa de dados observadas. Tais estruturas são suficientes para auditoria e melhoria contínua, respeitando o princípio de minimização de dados e retenção limitada, visando à futura conformidade com a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados).

**3.2.2 APIs de Sessão, Fila e Notificações.** A comunicação entre clientes e *back-end* ocorre por meio de uma API (*Application Programming Interface*) leve. O médico autentica-se e consulta a fila de atendimentos; enquanto isso, a equipe técnica local auxilia o paciente a “entrar no ambiente” e o gerenciador de sessões altera o estado da sessão para “aguardando médico,” emitindo uma notificação assíncrona para o navegador do médico. A partir da aceitação, a API conduz a negociação de oferta e resposta (SDP), o intercâmbio de candidatos ICE e a criação dos canais de mídia e de dados. A mesma API publica eventos de ciclo de vida (reconexões, encerramento e falhas) e recebe amostras periódicas de métricas de QoE. O design privilegia latência baixa e reduzida sobrecarga de sinalização, mantendo o caminho de mídia fora do servidor sempre que possível.

**3.2.3 ICE, STUN/TURN e Segurança.** Os componentes ICE são responsáveis por viabilizar conectividade em topologias diversas. O sistema utiliza STUN para descoberta de endereços públicos e recorre a TURN para retransmissão quando há bloqueios de NAT ou políticas de *firewall* restritivas. Todas as conexões de controle operam sobre TLS e as trilhas de mídia são cifradas com DTLS-SRTP. *Tokens* de sessão possuem prazo de validade curto e são invalidados ao término da chamada; neste contexto, políticas de *no-recording by default* e de *least privilege* são aplicadas para reduzir a superfície de risco.

### 3.3 Cliente VR (Paciente)

O aplicativo do cliente foi construído sobre a plataforma Unity para o *headset* Meta Quest, compondo a experiência imersiva. O fluxo de vídeo do médico é decodificado e mapeado em uma *texture* aplicada a um painel virtual posicionado na cena; o pipeline de reprodução sincroniza a trilha de áudio com o vídeo renderizado no espaço 3D, utilizando marcações temporais e *buffers* adaptativos para mitigar o efeito *drift*. A interface exibe apenas elementos essenciais — estado de conexão, controle de volume e encerramento — de modo a favorecer a usabilidade assistida pela equipe local de assistência ao paciente. Demais aspectos de controle da interatividade são realizados a partir do cliente Web utilizado pelo médico (descrito a seguir). Em condições de rede adversas, o cliente prioriza a continuidade da voz, degradando temporariamente a resolução e a taxa de quadros do vídeo. O canal de dados WebRTC transporta mensagens de controle proveniente do médico (avisos, ajustes e anotações), preservando a responsividade da sessão.

### 3.4 Cliente Web (Médico)

A aplicação cliente utilizada pelo médico é uma SPA executada em um navegador Web contemporâneo, a qual concentra a operação dos aspectos de interatividade da sessão, tanto para o médico quanto para o paciente remoto. A página inicial apresenta autenticação e a fila de pacientes; ao receber a notificação de que um paciente ingressou na sala virtual, o profissional entra na mesma sala virtual, o que inicia a negociação WebRTC. A captura de áudio e vídeo utiliza as APIs do navegador e, quando necessário, integra-se ao OBS Studio (ou ferramenta semelhante) para compor uma única fonte de mídia por meio de uma ferramenta de câmera virtual, o que padroniza a apresentação de câmera (imagem do consultório médico em tempo real), juntamente com telas e materiais audiovisuais superpostos à visualização. A interface oferece controles de chamada (mudo, alternância de fonte, compartilhamento de tela e encerramento),

bem como um painel discreto de qualidade de experiência, que exibe indicadores de latência, perdas e taxa de dados. A aplicação é responsiva, permitindo uso em *desktop*, *notebook* ou dispositivos móveis, e opera integralmente no navegador, sem dependência de extensões proprietárias.

Para construir essa experiência, foram utilizados padrões abertos da Web — HTML, CSS e JavaScript. HTML organiza a estrutura das páginas e formulários, garantindo navegação clara e compatível com leitores de tela. CSS define a apresentação visual, assegurando responsividade e boa legibilidade em diferentes tamanhos de tela, além de prover suporte a modos de alto contraste e tema (claro/escuro) quando necessário. JavaScript provê dinâmica à aplicação: atualiza a fila de pacientes em tempo real, exibe as notificações de entrada, coordena o início e o término das chamadas e apresenta, de forma simples, os indicadores de qualidade. Essa combinação de tecnologias, amplamente adotadas e independentes de *plugins* ou extensões, permite que o médico utilize o sistema diretamente do navegador que já usa no dia a dia, mantendo a interface intuitiva, estável e alinhada às boas práticas de acessibilidade e desempenho.

#### 4 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou a *TelePresenceVR*, uma ferramenta desenvolvida para ampliar o acesso a serviços de saúde e a especialistas, visando à redução das desigualdades e promovendo a equidade no atendimento, em consonância com os princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde brasileiro, facilitando a interação entre especialistas e pacientes em áreas com carência assistencial.

A ferramenta encontra-se atualmente em desenvolvimento, com um primeiro protótipo em operação experimental, visando à elucidação e consolidação dos requisitos. A finalização e consolidação da ferramenta é objeto de trabalhos em andamento no escopo do projeto de pesquisa associado. Entre as direções a serem seguidas no decorrer do trabalho, destacam-se a implementação e avaliação de recursos para aumentar a percepção de imersão por parte do paciente, por exemplo, com o uso de câmeras 360° para capturar e transmitir integralmente a imagem do ambiente do consultório médico remoto, assim como a realização de estudos empíricos sobre aceitabilidade, usabilidade e impacto clínico da solução. Planeja-se também a integração do ambiente imersivo com tecnologias de gêmeos digitais, de modo a oferecer ao médico uma visão consolidada do estado atual e do histórico de saúde do paciente, contribuindo para compensar algumas das desvantagens da interação remota. Essa fusão pode reforçar a sensação de presença do médico, enriquecer o contexto clínico disponível durante a consulta e potencialmente melhorar a acurácia diagnóstica. Trabalhos futuros também deverão abordar aspectos operacionais e éticos, tais como segurança, privacidade e escalabilidade, assim como a relação custo/efetividade. A ferramenta, em sua versão atual, é disponibilizada sob licença de software gratuito, embora sem acesso ao código fonte, uma vez que sua versão final passará por um processo de registro de software.

#### ACKNOWLEDGMENTS

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), procs. no. 202510267001353 e 202210267000859, e pela Agência Nacional de Telecomunicações

(ANATEL), por meio do Termo de Execução Descentralizada SEI no. 9535163.

#### REFERENCES

- [1] Brasil. 1990. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8080.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm) Diário Oficial da União, 20/09/1990. Acesso em 19/08/2025.
- [2] Thiago de Andrade Guedes and Francielle Santos da Silva. 2023. Public Health Management in Brazil in the Light of the Theory of Bureaucracy: Shortage of Specialist Physicians and Regional Inequality of Access. *Boletim de Conjuntura (BOCA)* 13, 37 (Jan. 2023). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7584790>
- [3] Abid Haleem, Mohd Javaid, Ravi Pratap Singh, and Rajiv Suman. 2021. Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors International* 2 (2021), 100117. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100117>
- [4] Nyiramana Mukamurera P. 2025. Telepresence in Healthcare: Engineering Remote Consultations. *IDOSR Journal of Biochemistry, Biotechnology and Allied Fields* 10, 1 (2025).
- [5] Richard Skarbez, Frederick P. Brooks, Jr., and Mary C. Whitton. 2017. A Survey of Presence and Related Concepts. *ACM Comput. Surv.* 50, 6, Article 96 (Nov. 2017), 39 pages. <https://doi.org/10.1145/3134301>
- [6] Branislav Sredojev, Dragan Samardzija, and Dragan Posarac. 2015. WebRTC technology overview and signaling solution design and implementation. In *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. 1006–1009. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160422>
- [7] Qing Zhang, Mohan Karunanithi, and Chansuk Kang. 2019. Immersive Augmented Reality (I Am Real) – Remote Clinical Consultation. In *2019 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI)*. 1–4. <https://doi.org/10.1109/BHI.2019.8834641>