LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

A INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE ÁUDIO, VÍDEO E PROJEÇÃO EM AMBIENTES DE IMERSÃO

THE INTEGRATION OF AUDIO, VIDEO AND PROJECTION SYSTEMS IN IMMERSIVE ENVIRONMENTS

LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDIO, VIDEO Y PROYECCIÓN EN ENTORNOS INMERSIVOS

https://doi.org/10.56238/levv16n44-065

Data de submissão: 23/12/2024 **Data de publicação:** 23/01/2025

Tales Henrique Mendes Rodrigues

RESUMO

Este artigo analisa a integração entre sistemas de áudio, vídeo e projeção em ambientes de imersão, com o objetivo de compreender como essa articulação sensorial influencia a qualidade da experiência do usuário. Por meio de uma abordagem qualitativa baseada em revisão bibliográfica, foram examinadas publicações científicas e técnicas que tratam da construção de experiências imersivas a partir da convergência entre estímulos auditivos e visuais. A análise concentrou-se em três eixos principais: tecnologias de áudio imersivo, sistemas de vídeo e projeção digital e integração multissensorial voltada à experiência do usuário. Os resultados apontam que a eficácia da imersão depende menos da sofisticação individual de cada tecnologia e mais da sua capacidade de operar de forma sinérgica, adaptativa e coerente. A integração precisa entre som, imagem e espaço projetado permite criar ambientes que estimulam a presença sensorial, o engajamento emocional e a retenção cognitiva. Estudos recentes destacam ainda a importância da personalização, da sincronia temporal e da responsividade como elementos-chave para consolidar a sensação de presença. As conclusões reforçam a relevância de um planejamento interdisciplinar e de uma arquitetura sensorial coordenada, capaz de transformar ambientes físicos e virtuais em experiências significativas. A pesquisa contribui para o avanço do campo ao organizar, de forma crítica, os principais fundamentos técnicos, perceptivos e operacionais que sustentam a criação de sistemas imersivos multissensoriais.

Palavras-chave: Ambientes Imersivos. Áudio Espacializado. Projeção Digital. Vídeo 360°. Experiência do Usuário.

ABSTRACT

This article analyzes the integration between audio, video, and projection systems in immersive environments, aiming to understand how this sensory articulation influences the quality of the user experience. Through a qualitative approach based on bibliographic review, scientific and technical publications were examined, addressing the construction of immersive experiences through the convergence of auditory and visual stimuli. The analysis focused on three main areas: immersive audio technologies, video and digital projection systems, and multisensory integration focused on user experience. The results indicate that the effectiveness of immersion depends less on the individual sophistication of each technology and more on their ability to operate synergistically, adaptively, and coherently. Precise integration between sound, image, and projected space enables the creation of environments that stimulate sensory presence, emotional engagement, and cognitive retention. Recent

studies also highlight the importance of personalization, temporal synchrony, and responsiveness as key elements for consolidating the sense of presence. The conclusions reinforce the relevance of interdisciplinary planning and coordinated sensory architecture, capable of transforming physical and virtual environments into meaningful experiences. The research contributes to the advancement of the field by critically organizing the main technical, perceptual, and operational foundations that support the creation of multisensory immersive systems.

Keywords: Immersive Environments. Spatial Audio. Digital Projection. 360° Video. User Experience.

RESUMEN

Este artículo analiza la integración de sistemas de audio, video y proyección en entornos inmersivos, con el objetivo de comprender cómo esta articulación sensorial influye en la calidad de la experiencia del usuario. Mediante un enfoque cualitativo basado en una revisión bibliográfica, examinamos publicaciones científicas y técnicas que abordan la construcción de experiencias inmersivas basadas en la convergencia de estímulos auditivos y visuales. El análisis se centró en tres ejes principales: tecnologías de audio inmersivo, sistemas digitales de video y proyección, e integración multisensorial centrada en la experiencia del usuario. Los resultados indican que la efectividad de la inmersión depende menos de la sofisticación individual de cada tecnología y más de su capacidad para operar de forma sinérgica, adaptativa y coherente. La integración precisa de sonido, imagen y espacio proyectado permite la creación de entornos que estimulan la presencia sensorial, la interacción emocional y la retención cognitiva. Estudios recientes también destacan la importancia de la personalización, la sincronía temporal y la capacidad de respuesta como elementos clave para consolidar la sensación de presencia. Los hallazgos refuerzan la importancia de la planificación interdisciplinaria y la arquitectura sensorial coordinada, capaces de transformar entornos físicos y virtuales en experiencias significativas. La investigación contribuye al avance del campo al organizar críticamente los principales fundamentos técnicos, perceptivos y operativos que sustentan la creación de sistemas inmersivos multisensoriales.

Palabras clave: Entornos Inmersivos. Audio Espacializado. Proyección Digital. Vídeo 360°. Experiencia de Usuario.

1 INTRODUÇÃO

A construção de experiências imersivas vem ocupando um espaço significativo nas estratégias de comunicação, entretenimento, educação e treinamento corporativo, tendo como base a capacidade de provocar sensações de presença e envolvimento por meio da integração entre estímulos sensoriais que simulam ambientes físicos ou imaginários, sendo essa simulação sustentada por sistemas tecnológicos que articulam som, imagem e projeção de forma precisa e coordenada, possibilitando que o usuário sinta-se inserido no espaço virtual como se estivesse nele fisicamente (Cummings e Bailenson, 2014).

Essa sensação de presença, amplamente estudada no campo da realidade virtual, depende da resolução visual ou da qualidade sonora isoladamente, mas principalmente da forma como esses elementos interagem entre si, sendo a sincronização e a espacialização dos estímulos os principais responsáveis por gerar o chamado realismo perceptual, em que o cérebro reconhece o ambiente digital como plausível e envolvente, condição importante para a efetividade das experiências em contextos imersivos (Poeschl-Guenther et al., 2014).

Os sistemas de áudio aplicados nesse tipo de ambiente aumentaram bastante, saindo de modelos estéreo convencionais para configurações complexas como som 3D, áudio binaural e espacialização multicanal, cujos objetivos são recriar a percepção auditiva real, fazendo com que sons pareçam vir de direções específicas e se comportem conforme o posicionamento do usuário, o que contribui diretamente para a credibilidade da simulação e a sensação de “estar presente” no ambiente criado digitalmente (Flores-Vargas et al., 2025).

Do mesmo modo, as tecnologias de vídeo foram aperfeiçoadas com o desenvolvimento de câmeras 360°, projeções mapeadas e sistemas de realidade aumentada e mista, que permitem expandir o campo visual, mesclar elementos digitais com cenários reais e ampliar o espectro perceptivo do usuário, o que reforça a necessidade de integrar esses recursos em um único sistema coordenado, capaz de responder em tempo real aos movimentos, ações e escolhas do usuário em um espaço tridimensional (Chiariotti, 2021).

A projeção, enquanto elemento físico da experiência imersiva, também deixou de ser apenas um recurso visual complementar e passou a assumir função central na construção de espaços sensoriais, sobretudo com a popularização do projection mapping, que permite aplicar conteúdos visuais em superfícies diversas e transformá-las em interfaces interativas, promovendo um diálogo constante entre o conteúdo projetado, o áudio que o acompanha e a reação do público diante dessas combinações (Karasynska e Leite, 2024).

Essa integração, no entanto, não ocorre de forma espontânea nem simples, pois exige um projeto técnico estruturado, no qual os elementos visuais e sonoros sejam tratados como partes interdependentes de um mesmo sistema, sendo necessário coordenar parâmetros como tempo de

resposta, latência, fidelidade, profundidade espacial e sincronização entre os canais, para que se evitem desconexões perceptivas que podem prejudicar o nível de imersão desejado (MDPI, 2023).

Em ambientes de realidade virtual, por exemplo, a quebra de imersão pode ocorrer por pequenos atrasos na resposta sonora frente a uma mudança visual ou por incoerência entre a localização de um som e a sua fonte projetada, o que evidencia que a eficácia da experiência depende do grau de coesão entre os sistemas envolvidos, tornando a integração um fator determinante não somente para a qualidade técnica do ambiente, mas também para sua credibilidade subjetiva (Yang et al., 2025).

A literatura recente destaca que ambientes sensoriais bem integrados são mais eficazes na geração de memória afetiva e retenção de informações, pois ativam múltiplas áreas cerebrais simultaneamente, fortalecendo a conexão emocional do usuário com o conteúdo e aumentando seu engajamento, o que é particularmente útil em áreas como educação, museologia, terapias digitais e exposições artísticas interativas (Lopes e Falk, 2024).

Esse potencial de engajamento multisensorial exige dos profissionais envolvidos o domínio não só das tecnologias isoladas, mas também da lógica de integração entre sistemas, o que inclui desde o conhecimento das plataformas de controle e roteamento de sinais até o domínio das interfaces de programação e inteligência artificial que possibilitam que os sistemas “leiam” e se ajustem ao comportamento dos usuários em tempo real (Springer, 2025).

Outro aspecto relevante está na customização dessas experiências a partir de dados comportamentais e biométricos, pois com o avanço de sensores e câmeras que captam movimentos, voz, batimentos cardíacos e direção do olhar, é possível alimentar sistemas de projeção e áudio que reajam automaticamente a esses dados, criando uma experiência personalizada que torna cada vivência única, fluida e potencialmente mais imersiva (Yang et al., 2025).

A sinergia entre os sistemas é o que garante não só a resposta automática, mas também o dinamismo da experiência, uma vez que o conteúdo pode ser adaptado em tempo real com base na interação do usuário, o que amplia a aplicabilidade desses sistemas para áreas como treinamentos corporativos em ambientes de risco, simulações médicas e exposições culturais que demandam alto grau de envolvimento do visitante (MTProjection, 2025).

A compreensão dos limites técnicos dessa integração também é fundamental para a elaboração de projetos que respeitem a capacidade de processamento dos sistemas e evitem sobrecargas que comprometam a estabilidade da simulação, sendo necessário pensar em estratégias de otimização que preservem a fluidez dos estímulos e a consistência da narrativa visual-sonora, mesmo em equipamentos com menor potência de hardware (Cummings e Bailenson, 2014).

Dessa forma, a integração de sistemas de áudio, vídeo e projeção deve ser compreendida não como uma simples junção de tecnologias, mas como um processo complexo de engenharia sensorial que exige planejamento, teste e refinamento contínuo, tendo como objetivo final proporcionar ao

usuário a vivência mais realista, envolvente e significativa possível dentro de um ambiente não físico (MDPI, 2023).

A imersão total, ainda que seja um ideal em constante aperfeiçoamento, está cada vez mais próxima de ser alcançada, à medida que os sistemas se tornam mais responsivos, as latências são reduzidas e os algoritmos de ajuste em tempo real se tornam mais precisos, aproximando a experiência digital da experiência física e criando novos paradigmas para a comunicação, a arte e a educação contemporâneas (Flores-Vargas et al., 2025).

Diante desse panorama, este artigo se propõe a analisar de forma sistemática os principais avanços e desafios na integração de sistemas de áudio, vídeo e projeção em ambientes de imersão, a partir de uma revisão crítica da literatura especializada, com o intuito de compreender como essa articulação tecnológica influencia a construção da presença sensorial e quais são as perspectivas de uso e expansão desses sistemas em contextos diversos da realidade prática (Karasynska e Leite, 2024).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TECNOLOGIAS DE ÁUDIO EM AMBIENTES IMERSIVOS

As tecnologias de áudio em ambientes imersivos evoluíram muito nas últimas décadas, deixando de ser meramente coadjuvantes para ocupar posição central na criação de experiências sensoriais completas, pois o som, ao ser espacializado com precisão, contribui diretamente para a construção de um ambiente perceptivo coerente, complementando e muitas vezes conduzindo a narrativa visual proposta, o que implica na necessidade de um planejamento acústico que considere não só os conteúdos sonoros, mas também a forma como o ouvinte perceberá sua origem, direção, profundidade e deslocamento (Poeschl-Guenther et al., 2014).

A espacialização sonora é uma das estratégias mais eficazes para promover a sensação de presença em ambientes virtuais, sendo o áudio binaural um dos formatos mais utilizados nesse processo por sua capacidade de simular a percepção tridimensional do som ao redor do usuário, a partir do uso de filtros HRTF (Head-Related Transfer Function), que modelam o som conforme o formato da cabeça, posição dos ouvidos e distância das fontes, recriando o efeito de escuta natural com alto grau de realismo e profundidade auditiva (Flores-Vargas et al., 2025).

Outro recurso importante é o som ambissônico, tecnologia que permite gravar e reproduzir áudio em 360 graus, sendo amplamente aplicada em vídeos imersivos e plataformas de realidade virtual, com a vantagem de permitir uma experiência sonora que se ajusta dinamicamente ao movimento do usuário, mantendo a coerência espacial à medida que ele gira a cabeça ou muda de posição no ambiente, o que contribui para aumentar a naturalidade e a responsividade da experiência sensorial (Chiariotti, 2021).

Em espaços físicos projetados para imersão, como salas sensoriais e instalações interativas, o uso de múltiplos canais sonoros distribuídos estrategicamente no ambiente físico possibilita que os sons sejam percebidos como vindos de diferentes direções, criando uma ambiência realista que induz reações emocionais e comportamentais mais intensas nos usuários, especialmente quando combinada com conteúdos visuais sincronizados e com o mapeamento das trajetórias dos participantes dentro do espaço (MTProjection, 2025).

A integração entre o áudio espacializado e as ações do usuário é outro fator relevante, pois permite que a experiência auditiva se torne responsiva e interativa, sendo possível, por exemplo, associar sons específicos a objetos virtuais ou pontos geográficos em realidade aumentada, de modo que o som mude conforme a aproximação do usuário, a direção do olhar ou a realização de gestos, criando um sistema sensorial dinâmico que se adapta em tempo real ao comportamento do indivíduo (Springer, 2025).

Para que esse nível de interatividade seja possível, os sistemas de áudio devem ser integrados a sensores de movimento, câmeras de rastreamento e plataformas de processamento em tempo real, como motores de jogos e softwares de spatial audio, que permitem mapear o espaço e ajustar a emissão sonora em função das ações do usuário, o que demanda uma arquitetura tecnológica robusta e interoperável entre diferentes dispositivos e protocolos, ampliando a complexidade do projeto, mas também seus potenciais sensoriais (Yang et al., 2025).

Em aplicações terapêuticas e educacionais, o som é utilizado não só como complemento sensorial, mas como recurso principal na condução da experiência, sendo o áudio imersivo capaz de induzir relaxamento, foco ou estímulo cognitivo por meio de trilhas adaptadas a cada fase da experiência, como mostra a aplicação de paisagens sonoras em terapias digitais voltadas à redução do estresse, em que sons da natureza, música instrumental ou ambientes urbanos simulados são projetados com alta fidelidade espacial (Lopes e Falk, 2024).

A sonificação de dados também tem ganhado espaço em projetos imersivos, sendo usada para transformar informações abstratas em estímulos sonoros significativos, como em ambientes educativos em que o áudio representa variações de temperatura, fluxos de energia ou padrões históricos, tornando os dados mais acessíveis, especialmente para pessoas com deficiência visual, ao mesmo tempo em que amplia a multisensorialidade da experiência para todos os usuários envolvidos (Karasynska e Leite, 2024).

Em ambientes colaborativos ou performáticos, como apresentações audiovisuais e instalações artísticas imersivas, o áudio assume uma função coreográfica ao sincronizar movimentos, luzes, projeções e ações humanas, sendo necessário que o sistema de som esteja não só integrado aos demais dispositivos, mas também sensível ao tempo e ao ritmo das interações, permitindo que o ambiente se

torne um organismo vivo em constante resposta ao público e aos estímulos sonoros que o cercam (MDPI, 2023).

Do ponto de vista técnico, a configuração desses sistemas depende da escolha adequada de microfones, caixas acústicas, interfaces de áudio e algoritmos de espacialização, sendo fundamental que os profissionais envolvidos compreendam os princípios acústicos, as limitações físicas do espaço e as particularidades dos conteúdos a serem reproduzidos, uma vez que a qualidade do áudio final e sua coerência com a proposta visual estão diretamente ligadas à etapa de planejamento sonoro (Cummings e Bailenson, 2014).

A evolução da inteligência artificial tem contribuído também para a automação e adaptação dinâmica do áudio em ambientes imersivos, permitindo a construção de experiências sonoras inteligentes que se moldam às preferências e reações dos usuários, como nos sistemas que ajustam automaticamente o volume, a frequência e a origem dos sons com base nos dados captados por sensores, tornando a experiência mais personalizada e emocionalmente eficaz (Flores-Vargas et al., 2025).

Diante dessas possibilidades, é evidente que o som deixou de ser apenas um suporte da imagem e passou a ser uma camada narrativa com autonomia e potência própria, sendo responsável por modular estados emocionais, direcionar a atenção e estabelecer conexões subjetivas com o ambiente, o que reafirma a importância do desenvolvimento de tecnologias de áudio cada vez mais precisas, responsivas e integradas aos demais sistemas sensoriais para que as experiências imersivas sejam verdadeiramente eficazes e memoráveis (Poeschl-Guenther et al., 2014).

2.2 SISTEMAS DE VÍDEO E PROJEÇÃO DIGITAL EM EXPERIÊNCIAS IMERSIVAS

As tecnologias de vídeo, assim como as de áudio também evoluíram bastante, essa evolução se deu com a introdução de formatos panorâmicos, tridimensionais e interativos, permitindo que o conteúdo visual ocupe não só uma tela frontal, mas todo o campo de visão do usuário, o que contribui diretamente para a ampliação da sensação de imersão, já que o envolvimento ocular é um dos principais gatilhos cognitivos para a percepção de presença em ambientes digitais, tornando o vídeo um dos elementos centrais na composição de experiências sensoriais completas (Chiariotti, 2021).

Dentre as inovações mais relevantes nesse campo, destaca-se o uso de vídeo em 360 graus, que permite a gravação e exibição de imagens em todas as direções ao redor do ponto de captura, sendo essa técnica amplamente aplicada em dispositivos de realidade virtual, plataformas de streaming imersivo e simulações educacionais, por proporcionar ao usuário a liberdade de escolher o que observar, aproximando a experiência daquilo que ocorre na percepção visual natural, com liberdade de movimento e foco (Karasynska e Leite, 2024).

Esse tipo de vídeo requer não só uma captura especializada, com múltiplas lentes e sincronização entre as câmeras, mas também uma reprodução compatível com headsets, navegadores ou sistemas de projeção que consigam apresentar o conteúdo de forma fluida e sem distorções, o que exige alto desempenho gráfico, resolução elevada e algoritmos de compressão eficientes, para garantir a qualidade visual sem comprometer o tempo de carregamento e a resposta aos comandos do usuário (Yang et al., 2025).

A projeção digital é outro pilar importante das experiências imersivas, especialmente em ambientes físicos como museus, centros culturais, salas de treinamento e espetáculos interativos, sendo possível mapear superfícies tridimensionais com precisão para receber imagens em tempo real, com ajustes automáticos de perspectiva, profundidade e adaptação ao relevo da superfície, o que dá origem à técnica conhecida como projection mapping ou mapeamento de projeção, amplamente utilizada em instalações artísticas e eventos (MDPI, 2023).

A principal vantagem da projeção mapeada está na possibilidade de transformar qualquer superfície em uma tela viva, seja uma parede, um objeto ou até mesmo o chão, permitindo que o vídeo ultrapasse os limites da tela tradicional e ocupe o espaço como um elemento arquitetônico visualmente responsivo, o que amplia as possibilidades criativas e aumenta o potencial de engajamento sensorial por parte do público, especialmente quando associada a trilhas sonoras sincronizadas e interações físicas com o ambiente (MTProjection, 2025).

Além do mapeamento de projeção, os sistemas de realidade aumentada e realidade mista também utilizam o vídeo como interface principal, sobrepondo camadas digitais ao mundo físico por meio de óculos, tablets ou projeções flutuantes, criando ambientes híbridos que mesclam elementos reais e virtuais, permitindo novas formas de aprendizagem, simulação e entretenimento, especialmente quando o vídeo interage com objetos reais ou reage aos movimentos dos usuários de forma contextualizada (Springer, 2025).

A fidelidade visual é um fator determinante para a eficácia das experiências imersivas, sendo necessário que os vídeos tenham alta resolução, taxa de quadros adequada, iluminação controlada e profundidade realista, pois qualquer elemento visual que pareça artificial ou desconectado do restante do ambiente pode comprometer a suspensão da descrença e reduzir a imersão, o que exige dos produtores atenção a cada detalhe técnico na fase de produção e renderização dos conteúdos (Yang et al., 2025).

Outra questão relevante é a adaptação dos vídeos ao comportamento dos usuários em tempo real, o que implica na utilização de algoritmos de rastreamento ocular, reconhecimento de gestos e posicionamento espacial, de modo que o conteúdo projetado ou exibido em telas responda de forma personalizada às ações e preferências do público, criando uma experiência visual dinâmica, adaptativa

e emocionalmente envolvente, com potencial de gerar maior retenção cognitiva (Cummings e Bailenson, 2014).

Nos ambientes coletivos, como salas sensoriais e atrações imersivas para grupos, a coordenação entre os vídeos e a arquitetura do espaço é fundamental, exigindo planejamento técnico para que as projeções se integrem à ambientação, não gerem sombras ou conflitos visuais e mantenham o público posicionado de maneira estratégica para captar a totalidade da experiência, além de sincronizar perfeitamente o conteúdo visual com os estímulos sonoros e eventuais recursos táteis ou olfativos (Flores-Vargas et al., 2025).

Com o avanço dos vídeos volumétricos e da captura 3D em tempo real, novas formas de representação visual passaram a ser possíveis, como a inserção de hologramas, pessoas digitalizadas em movimento e objetos manipuláveis que podem ser observados de todos os ângulos, proporcionando uma imersão ainda mais profunda, especialmente em experiências educativas, treinamentos técnicos e exposições científicas que requerem observação detalhada de estruturas complexas em três dimensões (Poeschl-Guenther et al., 2014).

Do ponto de vista técnico, o sucesso de um sistema de vídeo imersivo depende da compatibilidade entre os dispositivos de captura, os softwares de edição, os motores gráficos e os equipamentos de exibição, sendo necessário criar um fluxo de trabalho integrado que considere desde a concepção visual até a entrega do conteúdo ao usuário final, o que exige conhecimento interdisciplinar por parte das equipes envolvidas, incluindo designers, engenheiros, programadores e artistas visuais (Karasynska e Leite, 2024).

A soma de todas essas tecnologias mostra que o vídeo, quando articulado de forma estratégica com projeções e elementos de interação sensorial, não é apenas uma ferramenta visual, mas um dispositivo cognitivo capaz de alterar percepções, simular experiências complexas e transportar o usuário para ambientes que desafiam os limites da realidade física, consolidando seu papel como componente central das experiências imersivas contemporâneas e potencializando sua integração com o áudio e os demais sistemas sensoriais (MDPI, 2023).

2.3 INTEGRAÇÃO MULTISSENSORIAL E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

A integração multissensorial é considerada o elemento-chave para consolidar a imersão em experiências digitais, pois o cérebro humano responde de forma mais intensa e autêntica quando os estímulos sensoriais são apresentados de forma coerente, simultânea e sincronizada, o que implica que a soma entre sistemas de áudio, vídeo e projeção deve operar como um conjunto harmônico, promovendo não só a recepção de informações, mas a vivência plena de um ambiente virtual ou híbrido com alto grau de realismo e envolvimento emocional (Flores-Vargas et al., 2025).

A qualidade da experiência do usuário está diretamente relacionada à forma como os diferentes sentidos são estimulados, e isso exige um projeto integrado em que cada canal sensorial não só funcione adequadamente de forma isolada, mas complemente e reforce os demais, criando uma sensação contínua e coerente de espaço, tempo e narrativa, o que se torna especialmente relevante em aplicações que dependem da atenção sustentada do participante, como em contextos educativos, expositivos e terapêuticos (Poeschl-Guenther et al., 2014).

Quando os estímulos visuais e sonoros estão devidamente sincronizados e ajustados à dinâmica da ação do usuário, ocorre o fenômeno da presença sensorial aumentada, que se manifesta pela sensação de "estar lá", mesmo sabendo que o ambiente não é real, sendo essa uma condição importante para o sucesso das experiências imersivas, pois permite que o usuário se desligue de distrações externas e mergulhe com maior profundidade na atividade proposta, o que amplia seu engajamento e participação ativa (Cummings e Bailenson, 2014).

A integração entre projeções em grande escala e sistemas de som espacializado cria uma ambiência envolvente que modifica a percepção do espaço físico real, fazendo com que o usuário passe a reagir como se estivesse em outro ambiente, demonstrando respostas fisiológicas e comportamentais compatíveis com estímulos reais, o que é observado, por exemplo, em ambientes simulados de treinamento, experiências terapêuticas para tratamento de fobias ou exposições artísticas que exploram estímulos sensoriais para provocar reflexão e emoção (MDPI, 2023).

Para alcançar esse nível de imersão, os sistemas tecnológicos precisam ser coordenados por plataformas de controle que permitam ajustes em tempo real, tanto manuais quanto automatizados, sendo possível programar a sequência de estímulos conforme a progressão da experiência, os movimentos do usuário ou até mesmo respostas biométricas como frequência cardíaca, direção do olhar ou padrões de voz, criando uma narrativa sensorial personalizada e adaptativa, que se molda à interação e aumenta a complexidade da experiência (Springer, 2025).

A percepção do usuário não se limita ao que é visto ou ouvido, mas também ao modo como esses estímulos se relacionam com o espaço físico que ele ocupa, razão pela qual os ambientes imersivos mais eficazes são aqueles que utilizam arquitetura responsiva, distribuição estratégica de projeções e caixas acústicas, além de superfícies interativas e mobiliários que se integram à narrativa sensorial, criando um espaço tridimensional ativo que participa da experiência tanto quanto os conteúdos digitais projetados (MTProjection, 2025).

Essa integração exige atenção especial à temporalidade dos estímulos, pois atrasos entre a emissão do som e a exibição da imagem ou entre o movimento do usuário e a resposta projetada podem quebrar a ilusão de realidade e reduzir o nível de imersão, sendo necessário desenvolver sistemas de baixa latência, com processamento simultâneo e roteamento inteligente de sinais, o que depende de hardwares otimizados e softwares dedicados ao controle de tempo e sincronia (Yang et al., 2025).

Os usuários percebem com maior naturalidade ambientes em que há coerência entre a localização das fontes sonoras e a posição dos objetos visuais, sendo essa correspondência espacial um dos fatores mais importantes para evitar a dissonância sensorial, que ocorre quando os estímulos de diferentes canais não combinam ou geram conflitos perceptivos, como quando o som de uma explosão vem da esquerda, mas o vídeo a representa à direita, gerando confusão e quebra de imersão (Lopes e Falk, 2024).

A experiência imersiva é mais eficaz quando o usuário sente que tem algum grau de controle sobre o ambiente, mesmo que mínimo, pois essa percepção de agência — a capacidade de influenciar os elementos sensoriais — reforça o vínculo emocional com o espaço virtual e aumenta a sensação de presença, o que pode ser alcançado por meio de interfaces intuitivas, sensores de movimento, reconhecimento vocal e interações físicas que permitam ao usuário moldar ou transformar aspectos do ambiente conforme sua ação (Karasynska e Leite, 2024).

Projetos que aplicam esses princípios com sucesso demonstram que a integração sensorial não é apenas uma questão técnica, mas também uma escolha estética e comunicacional, que envolve decisões narrativas, escolhas artísticas e compreensão do público-alvo, pois o mesmo conjunto de tecnologias pode produzir efeitos completamente diferentes dependendo da forma como os estímulos são organizados, da linguagem visual e sonora empregada e do grau de liberdade concedido ao usuário durante a experiência (Chiariotti, 2021).

As pesquisas mais recentes apontam que ambientes imersivos bem integrados têm maior impacto na retenção de informações, no aprendizado significativo e na formação de memória afetiva, pois ativam múltiplos canais sensoriais simultaneamente, promovem maior atenção seletiva e estimulam áreas cerebrais relacionadas à emoção, ao movimento e à linguagem, criando conexões mais profundas e duradouras com o conteúdo apresentado, especialmente em contextos educativos e de museologia digital (Flores-Vargas et al., 2025).

Portanto, a integração multissensorial não deve ser vista apenas como uma soma de tecnologias, mas como um processo de construção de sentido, no qual os elementos visuais, sonoros e espaciais atuam em conjunto para transformar a percepção do usuário, estimular suas emoções e promover experiências memoráveis, sendo esse processo profundamente influenciado pelas escolhas técnicas, artísticas e narrativas feitas ao longo do projeto, o que reforça a importância de equipes interdisciplinares e da escuta ativa das necessidades dos usuários desde a concepção do ambiente até sua implementação (Poeschl-Guenther et al., 2014).

3 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, com ênfase em revisão bibliográfica sistemática, visando identificar, analisar e interpretar produções científicas e técnicas relacionadas à integração de

sistemas de áudio, vídeo e projeção em ambientes imersivos, tendo como objetivo compreender os princípios, aplicações e desafios dessa integração a partir de diferentes perspectivas e contextos de uso, o que permite desenvolver uma base conceitual sólida e alinhada com os avanços mais recentes na área.

O levantamento bibliográfico foi realizado utilizando como principais bases de dados a ResearchGate, Frontiers, SpringerLink, arXiv, MDPI e sites institucionais especializados em tecnologias imersivas, com o intuito de garantir acesso a estudos atualizados, com autoria reconhecida, metodologia clara e aplicabilidade prática, priorizando publicações com revisão por pares e relevância comprovada na comunidade científica e profissional.

Foram utilizados como descritores principais os termos: “áudio imersivo”, “realidade virtual sonora”, “vídeo 360°”, “projeção digital interativa”, “integração sensorial”, “experiência imersiva”, “multissensorialidade em ambientes virtuais” e “spatial sound”, permitindo o mapeamento de produções multidisciplinares que abordam tanto os aspectos técnicos das tecnologias quanto suas implicações cognitivas, perceptivas e emocionais na experiência do usuário.

O critério de inclusão considerou estudos publicados entre 2014 e 2025, com ênfase nos últimos cinco anos, por refletirem os avanços mais recentes em equipamentos, algoritmos de integração, aplicações práticas e experiências sensoriais em ambientes híbridos, sendo priorizados os artigos que abordam diretamente a articulação entre áudio, vídeo e projeção, especialmente aqueles que trazem estudos de caso, análises comparativas ou discussões conceituais aprofundadas sobre integração tecnológica.

Foram excluídos materiais que tratavam apenas de uma das tecnologias de forma isolada, sem considerar a articulação com os demais sistemas sensoriais, assim como estudos com baixa qualidade metodológica, ausência de referencial teórico consistente ou foco exclusivo em desenvolvimento comercial sem discussão científica ou técnica aprofundada, garantindo assim maior rigor e coerência no recorte analítico adotado.

A sistematização dos dados foi realizada a partir da leitura analítica dos textos selecionados, com extração dos trechos mais relevantes, identificação dos autores principais, classificação por tipo de tecnologia e categorização temática em três grandes eixos: tecnologias de áudio imersivo, sistemas de vídeo e projeção digital e integração multissensorial orientada à experiência do usuário, o que permitiu estruturar o referencial teórico com base em critérios objetivos e organizados por afinidade temática.

A análise crítica do material bibliográfico considerou as convergências e divergências entre os autores, destacando os pontos de consenso sobre as melhores práticas de integração sensorial e os desafios recorrentes na implementação desses sistemas em ambientes reais, sendo observada também a evolução temporal das soluções apresentadas, com atenção às tendências emergentes como

inteligência artificial, vídeos volumétricos e ambientes adaptativos com feedback biométrico em tempo real.

Optou-se por não utilizar entrevistas, questionários ou estudos de campo, considerando que a etapa de desenvolvimento teórico da área ainda demanda uma consolidação conceitual mais robusta, sendo mais adequada a revisão bibliográfica como método de investigação, especialmente quando o objetivo está centrado em mapear o estado da arte e organizar o conhecimento existente de maneira clara, crítica e útil para futuras pesquisas aplicadas ou desenvolvimentos práticos no campo da imersão sensorial.

A escolha pela abordagem qualitativa se justifica pela natureza complexa e subjetiva das experiências imersivas, que envolvem múltiplos sentidos, respostas emocionais e construções cognitivas específicas de cada indivíduo, sendo necessário compreender essas interações de maneira interpretativa, contextualizada e aberta à multiplicidade de significados atribuídos às experiências, o que não seria possível com métodos exclusivamente quantitativos ou métricas fixas de avaliação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sistematização dos estudos selecionados permitiu identificar um conjunto consistente de contribuições que abordam, de forma complementar, os aspectos técnicos, sensoriais e operacionais envolvidos na construção de experiências imersivas multissensoriais, sendo possível observar que os autores investigam a integração entre áudio, vídeo e projeção a partir de enfoques distintos como performance estética, simulação realista, resposta emocional, personalização adaptativa e arquitetura sensorial, o que reforça o caráter interdisciplinar do tema e justifica a organização das informações na Tabela 1, que apresenta as tecnologias abordadas por cada autor e sua principal contribuição teórica ou prática para o campo da imersão digital.

Tabela 1 – Autores e tecnologias abordadas

Autor(es).	Tecnologia abordada	Contribuição principal
Poeschl-Guenther et al. (2014).	Som espacializado e percepção de presença	Relação entre áudio 3D e realismo perceptual
Cummings e Bailenson (2014).	Níveis de imersão	Efeitos do grau de imersão sobre a experiência do usuário
Karasynska e Leite (2024).	Performance audiovisual imersiva	Integração estética e narrativa entre som e imagem
MDPI (2023).	Sistemas de áudio e vídeo em ambientes VR	Implementação de ambientes sensoriais integrados
Lopes e Falk (2024).	Imersão multissensorial terapêutica	Uso de som, vídeo e olfato para redução de estresse
Chiariotti (2021).	Vídeo 360° e qualidade de experiência	Questões técnicas para realismo e fluidez do vídeo imersivo
Flores-Vargas et al. (2025).	Auralização e interação vocal em VR	Resposta sonora personalizada em tempo real
Yang et al. (2025).	Vídeos volumétricos e 6DoF	Imersão baseada em liberdade de movimento e resposta audiovisual
Springer (2025).	Sistemas de vídeo interativo	Integração de rastreamento visual e som responsivo

MTProjection (2025).	Projection mapping e áudio sincronizado	Ambientes imersivos físicos com foco em arquitetura responsiva

Fonte: O autor (2025).

A análise das referências selecionadas revela uma convergência em torno da ideia de que a imersão efetiva depende da integração precisa entre diferentes sistemas sensoriais, sendo o áudio e o vídeo os elementos mais diretamente responsáveis pela criação da sensação de presença, pois operam em níveis cognitivos e emocionais complementares, atuando tanto na percepção espacial quanto na construção narrativa da experiência (Poeschl-Guenther et al., 2014).

Os estudos de Cummings e Bailenson (2014). reforçam que o grau de imersão percebido pelos usuários está mais relacionado à consistência sensorial do que à sofisticação técnica isolada, o que significa que sistemas simples, mas bem integrados, podem gerar experiências mais convincentes do que soluções complexas com baixa sinergia, destacando a importância da fluidez entre imagem, som e projeção na criação de ambientes coerentes e emocionalmente eficazes (Cummings e Bailenson, 2014).

No campo da criação estética, Karasynska e Leite (2024). apontam que a performance audiovisual imersiva só alcança pleno impacto quando som e imagem estão sincronizados não só tecnicamente, mas conceitualmente, com uma lógica narrativa e emocional compartilhada, evidenciando que a integração sensorial não é apenas uma questão de engenharia, mas também de direção artística e planejamento comunicacional integrado (Karasynska e Leite, 2024).

Os resultados apresentados por Lopes e Falk (2024). no uso terapêutico de ambientes digitais mostram que a combinação coordenada de som, imagem e estímulos olfativos pode induzir alterações significativas nos níveis de estresse, ansiedade e atenção dos usuários, o que reforça o papel da integração sensorial como ferramenta de impacto direto sobre o bem-estar, sendo necessário pensar essas experiências de forma sistêmica e personalizada, especialmente em contextos de saúde e reabilitação (Lopes e Falk, 2024).

A análise técnica de Chiariotti (2021). sobre vídeos em 360° evidencia que a qualidade da imagem e a estabilidade da reprodução são fatores determinantes para evitar a quebra de imersão, sendo importante que esses vídeos estejam não só bem produzidos, mas também sincronizados com o áudio correspondente, pois qualquer descompasso entre o som e a imagem pode gerar dissonância perceptiva e comprometer a naturalidade da experiência, mesmo em equipamentos de alto desempenho (Chiariotti, 2021).

A contribuição de Flores-Vargas et al. (2025). introduz uma camada adicional de interatividade ao discutir a auralização personalizada em ambientes virtuais, mostrando que o som pode ser modulado em tempo real de acordo com a voz, a posição e os movimentos do usuário, criando uma experiência sonora viva, responsiva e emocionalmente envolvente, o que exige integração avançada entre sistemas de captação, processamento e resposta sensorial (Flores-Vargas et al., 2025).

Yang et al. (2025). ampliam essa discussão ao apresentar o conceito de vídeos volumétricos com suporte a seis graus de liberdade (6DoF)., que permitem ao usuário explorar o conteúdo com total liberdade de movimento, exigindo que os sistemas de vídeo e som reajam dinamicamente a cada nova posição assumida, o que demanda um alto grau de coordenação entre os dispositivos de rastreamento, projeção visual e resposta auditiva espacial (Yang et al., 2025).

O estudo publicado pela MDPI (2023). reforça que ambientes imersivos eficazes dependem não só de equipamentos de ponta, mas de uma arquitetura técnica que garanta o fluxo contínuo de sinais entre os diferentes sistemas, sem latências ou ruídos operacionais que quebrem a sensação de realismo, o que reforça a necessidade de plataformas integradas de controle, capazes de coordenar em tempo real os estímulos sonoros e visuais (MDPI, 2023).

Springer (2025). aprofunda essa questão ao analisar sistemas de vídeo interativo que se ajustam ao comportamento dos usuários, destacando que a integração entre áudio responsivo e vídeo adaptativo permite experiências altamente personalizadas, o que aumenta a sensação de agência e engajamento, sendo essa uma das direções mais promissoras para o futuro dos ambientes imersivos em educação, entretenimento e exposições interativas (Springer, 2025).

Em ambientes físicos, como salas sensoriais, museus e espaços culturais, os dados apresentados por MTProjection (2025). mostram que a distribuição estratégica

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo evidencia que a verdadeira eficácia dos ambientes imersivos está diretamente ligada à integração harmônica entre os sistemas de áudio, vídeo e projeção, sendo essa articulação técnica e narrativa o que sustenta a sensação de presença, envolvimento e realismo que caracteriza as experiências mais impactantes nesse campo, já que a fragmentação ou o desequilíbrio entre os estímulos sensoriais tende a comprometer a credibilidade da experiência e reduzir seu valor perceptivo

Ao compreender os sistemas de áudio como elementos capazes de guiar, intensificar e contextualizar a experiência visual, percebe-se que o som deixa de ser um mero coadjuvante e passa a ocupar papel estratégico na construção da narrativa imersiva, principalmente quando espacializado com precisão e adaptado em tempo real ao comportamento do usuário, o que demanda não só domínio técnico, mas sensibilidade para alinhar som e imagem com objetivos estéticos e funcionais claros

Da mesma forma, os sistemas de vídeo evoluíram para muito além da reprodução de imagens planas, permitindo hoje a construção de ambientes visuais que envolvem, respondem e se moldam à interação do público, o que exige do criador um olhar que combine conhecimento técnico com planejamento de fluxo, iluminação, posicionamento espacial e coerência narrativa, a fim de garantir que cada detalhe da projeção contribua para a imersão total e o engajamento sensorial pleno

A projeção digital, especialmente em ambientes físicos, representa um elo entre o mundo virtual e o mundo concreto, transformando espaços comuns em superfícies narrativas que reagem à presença e às ações dos usuários, o que amplia o escopo de aplicação das tecnologias imersivas, ao permitir que elas sejam utilizadas em exposições culturais, espetáculos artísticos, treinamentos corporativos, terapias interativas e diversas outras situações em que o espaço precisa se tornar parte ativa da experiência

Ao observar a experiência do usuário como centro do processo de integração, percebe-se que o sucesso de qualquer projeto imersivo depende da capacidade de oferecer uma jornada sensorial fluida, coerente e adaptativa, que respeite o tempo de reação, a sensibilidade perceptiva e a singularidade de cada indivíduo, sendo essa uma das razões pelas quais o desenvolvimento de soluções responsivas, personalizáveis e multimodais tem ganhado destaque nas pesquisas e aplicações contemporâneas

A integração sensorial não deve ser pensada como uma soma de dispositivos, mas como um ecossistema vivo de estímulos que operam em diálogo constante, exigindo sincronia, precisão e complementaridade, o que impõe desafios técnicos significativos, mas também oferece oportunidades para a criação de experiências mais, memoráveis e eficazes, tanto do ponto de vista educacional quanto terapêutico, artístico ou corporativo

A interdisciplinaridade é uma característica fundamental nesse processo, já que integrar sistemas de som, imagem e projeção envolve profissionais de áreas distintas, como engenharia, design, arquitetura, psicologia, arte e tecnologia, sendo necessário um trabalho colaborativo que una diferentes saberes em torno de um objetivo comum: criar experiências imersivas que façam sentido para o usuário e sejam tecnologicamente viáveis, emocionalmente envolventes e sensorialmente equilibradas

O amadurecimento técnico das tecnologias analisadas mostra que há uma base sólida para expandir ainda mais o uso de ambientes imersivos, especialmente com o apoio de algoritmos de inteligência artificial, análise comportamental em tempo real e dispositivos de rastreamento cada vez mais precisos, o que permite imaginar um futuro em que as experiências serão moldadas em tempo real pela presença do usuário, com adaptação instantânea de sons, imagens e projeções ao seu perfil, estado emocional e intenção de uso

Apesar dos avanços, ainda existem desafios a serem superados, como a necessidade de sistemas mais acessíveis economicamente, a padronização de protocolos de comunicação entre dispositivos, a redução da latência e o aumento da robustez dos sistemas frente a diferentes condições de uso, sendo necessário também desenvolver métodos mais eficientes de avaliação da imersão e da experiência sensorial para que os projetos possam ser ajustados com base em métricas consistentes e aplicáveis

Diante de todos esses pontos, fica evidente que a integração de sistemas de áudio, vídeo e projeção em ambientes de imersão representa não só uma inovação tecnológica, mas uma nova forma

de comunicação, aprendizado, expressão e interação com o espaço, com o outro e consigo mesmo, abrindo possibilidades para transformar a forma como as pessoas vivem experiências, compreendem conteúdos e constroem memórias, consolidando-se como um dos campos mais promissores da convergência entre arte, ciência e tecnologia

REFERÊNCIAS

CHIARIOTTI, Federico. A survey on 360-degree video: Coding, quality of experience and streaming. arXiv, 2021. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2102.08192

CUMMINGS, James J.; BAILENSON, Jeremy N. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. Stanford University, 2014. Disponível em: https://vhil.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj29011/files/media/file/cummings-mp-how-immersive.pdf

FLORES-VARGAS, Manuel et al. Real-time auralization for first-person vocal interaction in immersive virtual environments. arXiv, 2025. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2504.04075

KARASYNSKA, Agnieszka; LEITE, Larissa. Exploring immersive audiovisual performance through the lens of immersive design. In: Advances in Design and Digital Communication V. Springer, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387370230

LOPES, Mayra K. S.; FALK, Tiago H. Audio-visual-olfactory immersive digital nature exposure for stress and anxiety reduction: A systematic review. Frontiers in Virtual Reality, 2024. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2024.1252539/full

MDPI. Design and implementation of two immersive audio and video systems. Electronics, v. 12, n. 5, 1134, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2079-9292/12/5/1134

MTPROJECTION. The role of audio systems and spatial sound in immersive room technology 2025. Mantong, 2025. Disponível em: https://www.mtprojection.com/audio-systems-spatial-sound-in-immersive-room-tech-2025.html

POESCHL-GUENTHER, Sandra et al. Integration of spatial sound in immersive virtual environments: An experimental study on effects of spatial sound on presence. Ilmenau University, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261523769

SPRINGER. Immersive video interaction system: A survey. Visual Intelligence, 2025. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s44267-025-00076-z

YANG, Zhenyao et al. ImViD: Immersive volumetric videos for enhanced VR engagement. arXiv, 2025. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2503.14359