

REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA: UMA ANÁLISE DO DESIGN INSTRUCIONAL COM BASE NAS DIRETRIZES DA AECT

IMMERSIVE VIRTUAL REALITY: AN ANALYSIS OF INSTRUCTIONAL DESIGN BASED ON AECT GUIDELINES

REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA: UN ANÁLISIS DEL DISEÑO INSTRUCCIONAL BASADO EN LAS DIRECTRICES DE LA AECT

Daniel Santos¹ [0009-0008-9317-4339]

Maria Castelhano² [0000-0001-8659-9023]

Daniela Pedrosa³ [0000-0001-9536-4234]

Leonel Morgado⁴ [0000-0001-5517-644X]

¹Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal / CIDTFF, danielboia97@gmail.com

²Universidade do Porto, Porto, Portugal / INESC TEC / CIDTFF, mfmcastelhano@gmail.com

³Instituto Politécnico de Santarém, Santarém, Portugal / CIDTFF / INESC TEC / CIEQV, daniela.pedrosa@ese.ipsantarem.pt

⁴Universidade Aberta & INESC TEC, Portugal, Leonel.Morgado@uab.pt

Resumo

Com a evolução da Realidade Virtual (RV), recomenda-se que educadores e *designers* instrucionais reformulem as suas abordagens para potenciar benefícios educativos da utilização de ambientes imersivos. O Design Instrucional (DI) aplicado à Realidade Virtual imersiva (iVR, *immersive virtual reality*) permite refletir acerca das estratégias educativas, da experiência do utilizador e das potencialidades tecnológicas. No projeto REVEALING – REalisation of Virtual rEality LearnING Environments, foram realizados pilotos de aulas do Ensino Superior com a utilização da iVR baseadas nos princípios de Merrill e nos objetivos pedagógicos segundo a taxonomia de Bloom. Neste trabalho, apresenta-se uma análise às planificações de aulas (n=4) de acordo com as diretrizes da Association for Educational Communications and Technology (AECT). Os resultados evidenciaram que, embora as planificações analisadas integrem princípios de DI, subsistem lacunas significativas no alinhamento com as diretrizes da AECT, especialmente no que respeita à avaliação do design, personalização da aprendizagem, preparação dos estudantes e incorporação de momentos de reflexão. Conclui-se que a aplicação da iVR no Ensino Superior exige a formulação de um modelo de DI mais sistemático, fundamentado e centrado no estudante, sendo recomendada a adoção rigorosa dos padrões da AECT adaptados às especificidades pedagógicas da imersão.

Palavras-chave: Realidade Virtual Imersiva, Design Instrucional, AECT, REVEALING.

Abstract

With the evolution of Virtual Reality (VR), educators and instructional designers are encouraged to rethink their approaches to enhance the educational benefits of using immersive environments. Instructional Design (ID) applied to immersive Virtual Reality (iVR) enables reflection on educational strategies, user experience, and technological potential. Within the REVEALING project – REalisation of Virtual rEality LearnING Environments, pilot higher education classes were conducted using iVR, based on Merrill's principles and pedagogical objectives according to Bloom's taxonomy. This study presents an analysis of lesson plans (n=4) according to the guidelines of the Association for Educational Communications and Technology (AECT). The results showed that although the analyzed lesson plans integrate ID principles, significant gaps remain in alignment with AECT guidelines, especially regarding design evaluation, personalized learning, student preparation, and the inclusion of reflective moments. We conclude that the application of iVR in higher education requires the development of a more systematic, evidence-based, and

student-centered instructional design model, with a strong recommendation for the rigorous adoption of AECT standards adapted to the pedagogical specificities of immersive learning.

Keywords: Immersive Virtual Reality, Instructional Design, AECT, REVEALING.

Resumen

Con la evolución de la Realidad Virtual (RV), se recomienda que los educadores y diseñadores instruccionales reformulen sus enfoques para potenciar los beneficios educativos del uso de entornos inmersivos. El Diseño Instruccional (DI) aplicado a la Realidad Virtual inmersiva (iVR, *immersive virtual reality*) permite reflexionar sobre las estrategias educativas, la experiencia del usuario y el potencial tecnológico. En el proyecto REVEALING – REalisation of Virtual iReality LearnINg Environments, se llevaron a cabo pilotos de clases en la educación superior utilizando iVR, basados en los principios de Merrill y en los objetivos pedagógicos según la taxonomía de Bloom. Este trabajo presenta un análisis de los planes de clase (n=4) según las directrices de la Association for Educational Communications and Technology (AECT). Los resultados evidenciaron que, aunque los planes de clase analizados integran principios de DI, persisten lagunas significativas en la alineación con las directrices de la AECT, especialmente en lo que respecta a la evaluación del diseño, la personalización del aprendizaje, la preparación de los estudiantes y la incorporación de momentos de reflexión. Se concluye que la aplicación de la iVR en la educación superior exige la formulación de un modelo de DI más sistemático, fundamentado y centrado en el estudiante, recomendándose la adopción rigurosa de los estándares de la AECT adaptados a las especificidades pedagógicas de la inmersión.

Palabras-clave: Realidad Virtual Inmersiva, Diseño Instruccional, AECT, REVEALING.

INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual Imersiva (iVR, *immersive virtual reality*), é uma tecnologia que aplicada a contextos educativos poderá ser promissora ao proporcionar experiências imersivas e interativas. Este aspeto tem impulsionado um crescente interesse na sua aplicação educacional, como é o caso das simulações do mundo real aplicadas ao treino e aprendizagem simulada.

O emprego da nomenclatura Realidade Virtual Imersiva (iVR) surge neste trabalho associada à utilização da RV mediada por dispositivos como *head-mounted displays* (HMDs), uma vez que o utilizador obtém através deste equipamento uma experiência sensorial, que engloba estímulos visuais, auditivos e, em alguns casos, táteis (Brey, 2014), que promove a presença no ambiente virtual e a dissociação do mundo físico (Morgado, 2022).

Apesar das evidências presentes em revisões sistemáticas sobre os benefícios das aplicações da iVR no Ensino Superior (Natale et al., 2020; Radiani et al., 2020), a literatura aponta para a necessidade de investigações que estudem como as teorias e métodos de aprendizagem aplicados podem ser organizados para orientar a utilização desta tecnologia como ferramenta pedagógica (Christopoulos, 2024; Doğan, 2023). Mediante estes estudos pretende-se fornecer orientações aos docentes para que estes disponham de guias/diretrizes que os apoiem no planeamento e implementação de aulas (Castelhano et al., 2024; Radiani et al., 2020), dado que a sua carência poderá limitar a aplicação da iVR, porque sem compreensão das potencialidades e limitações poderão ficar os educadores relutantes (Castelhano et al., 2025).

Este artigo visa contribuir para o avanço do conhecimento nesta área, através da análise de quatro planificações de aulas onde se aplicou o design instrucional (DI) na iVR para o Ensino Superior. O objetivo foi identificar pontos fortes, lacunas e oportunidades de melhoria nestas planificações, utilizando como lentes analíticas as diretrizes da AECT (Piña, 2017; Piña, 2018), os Princípios de Merrill (Merrill, 2002) e a taxonomia de Bloom revista por Anderson & Krathwohl (2001), comparando estas observações com o panorama mais amplo da investigação em iVR educacional.

1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1 Realidade Virtual Imersiva

A Realidade Virtual (RV) é entendida como a combinação de sistemas de hardware e software que procuram promover envolvência por um ambiente virtual (Radianti et al., 2020). No contexto educativo, a exploração dos benefícios e aplicações da RV tem sido objeto de investigação (Radianti et al., 2020; Won et al., 2023; Jongbloed et al., 2024; Lui et al., 2023; Castelhano et al., 2023; Castelhano et al., 2024; Hamilton et al., 2021), em particular, a iVR pela sua capacidade de proporcionar aos utilizadores a sensação de estarem fisicamente dentro do ambiente virtual (Radianti et al., 2020; Castelhano et al., 2024).

A iVR distingue-se da RV dita "não imersiva" (como a RV em computadores *laptop/desktop* ou os sistemas CAVE – Cave Automatic Virtual Environment) por a iVR se referir a tecnologias que permitem ao utilizador imergir totalmente no ambiente virtual, sem percepção visual do ambiente físico em redor (Radianti et al., 2020; Jongbloed et al., 2024; Castelhano et al., 2024). As tecnologias de iVR incluem soluções de RV baseadas em dispositivos móveis (e.g., Google Cardboard, Samsung Gear), HMD tradicionais (*Head-Mounted Displays*, vg. "óculos de RV") de gama alta (e.g., Oculus Rift, HTC Vive) e RV complementada (que combina os HMD com luvas de VR gloves (luvas hapticas) ou *bodysuits* (fatos sensoriais) (Radianti et al., 2020; Castelhano et al., 2024; Lui et al., 2023; Castelhano et al., 2023). Estes dispositivos oferecem visualização a 360°, estimulação auditiva através de auscultadores e, de forma cada vez mais habitual, *feedback* proprioceptivo dos membros, contribuindo para uma experiência multissensorial (Lui et al., 2023; Hamilton et al., 2021; Castelhano et al., 2024). Os HMD utilizam ecrãs que apresentam imagens ligeiramente diferentes a cada olho para criar percepção de profundidade e um amplo campo de visão (Castelhano et al., 2024). A disponibilidade crescente de HMD economicamente acessíveis tornou a adoção da iVR mais viável para as instituições de ensino superior em geral (Hamilton et al., 2021; Lui et al., 2023; Castelhano et al., 2024).

Os elementos centrais da experiência em RV são a imersão sistémica, a presença e a interatividade (Lui et al., 2023; Won et al., 2023; Radianti et al., 2020). A imersão sistémica refere-se às características tecnológicas do sistema que reproduzem o ambiente físico, contribuindo para a sensação de estar presente (Castelhano et al., 2024; Radianti et al., 2020; Castelhano et al., 2023). De acordo com Morgado (2022), a imersão é um fenómeno multifacetado, abrangendo várias dimensões conceptuais, entendida como um estado em que a atenção do indivíduo se afasta dos estímulos do espaço físico e se concentra intensamente numa experiência específica (Morgado, 2022). Pode ser analisada a partir de três dimensões principais: 1) Imersão pelo sistema: a sensação de envolvência pelo ambiente, seja através da tecnologia utilizada, do mundo físico ou outros aspetos; 2) Imersão pela narrativa: captação e retenção da atenção do utilizador através do contexto semiótico ou de um enredo (e seus elementos); 3) Imersão pela agência: a captação e retenção da atenção através da capacidade do utilizador agir de forma significativa para si, de interagir, tomar decisões ou refletir sobre as suas possibilidades de ação (ou de inação) (Morgado, 2022).

Já a presença é a sensação psicológica de "estar lá" no ambiente virtual, que pode ser proporcionada pela imersão, nas dimensões anteriormente descritas, mas depende do sujeito que vivencia a imersão (Radianti et al., 2020; Hamilton et al., 2021; Castelhano et al., 2024). Condições equivalentes de imersão podem originar, em sujeitos diferentes, diferentes sensações de presença ou mesmo, paradoxalmente, de ausência (Nilsson et al., 2016). Por sua vez, a interatividade é a capacidade do utilizador de manipular o ambiente virtual e testar variáveis, incluindo a interação com objetos, avatares ou outros utilizadores (Lui et al., 2023; Castelhano et al., 2024; Won et al., 2023). A interatividade pode variar em níveis, desde a observação passiva onde o utilizador não interage, a interações básicas com objetos virtuais, movimento livre no ambiente e interações mais complexas como manipulação de objetos em tempo real ou interações com outros utilizadores ou agentes virtuais (Radianti et al., 2020; Lui et al., 2023; Castelhano et al., 2024). A agência é promovida pela interatividade, desde que essa interatividade possa promover atos significativos por parte do utilizador, mais do que a mera reatividade. O movimento corporal e as ações embodied (incorporadas) na RV são particularmente relevantes, especialmente em tarefas procedimentais (Lui et al., 2023; Jongbloed et al., 2024; Won et al., 2023). Isto deve-se à sua capacidade de permitir a prática segura e realista de habilidades complexas e perigosas, como procedimentos cirúrgicos ou de segurança contra incêndios, ativando uma aprendizagem mais profunda através da cognição corporificada (Lui et al., 2023; Jongbloed et al., 2024). Além disso, promovem o envolvimento, a motivação e uma transferência de conhecimento eficaz para o desempenho dessas tarefas no mundo real, superando a mera proficiência no ambiente virtual (Lui et al., 2023; Jongbloed et al., 2024; Won et al., 2023).

A iVR é considerada uma ferramenta de visualização 3D que pode mudar a forma como as pessoas percecionam e vivenciam ambientes virtuais (Lui et al., 2023; Radianti et al., 2020). O seu potencial reside na capacidade de permitir aos estudantes experimentar ambientes ou situações difíceis de replicar com métodos tradicionais, praticar tarefas complexas em segurança e facilitar a aprendizagem experiential (Jongbloed et al., 2024; Lui et al., 2023).

Apesar do crescente interesse, a aplicação da iVR no Ensino Superior ainda se encontra numa fase experimental para a maioria dos estudos (Radianti et al., 2020; Wu et al., 2020). Existe a falta de compreensão homogénea de termos como "imersão" e "realismo" dentro da comunidade de investigação (Radianti et al., 2020; Hamilton et al., 2021). No entanto, identificaram-se domínios de aplicação, indicando uma receptividade da tecnologia em várias disciplinas, com destaque para a engenharia e ciência da computação. Outras áreas frequentes incluem medicina/saúde, ciências (biologia, química, física) e procedimentais que permitem a realização de simulações de atividades de risco com segurança (Radianti et al., 2020; Lui et al., 2023).

A eficácia da iVR como ferramenta pedagógica tem sido demonstrada, especialmente para conteúdos que exigem visualização complexa ou compreensão experiential (Lui et al., 2023; Jongbloed et al., 2024). As tarefas procedimentais, que requerem a execução de uma sequência de ações, beneficiam particularmente da prática segura proporcionada pela iVR (Jongbloed et al., 2024; Radianti et al., 2020). Estudos demonstram um efeito positivo da formação procedural imersiva em iVR nos resultados de aprendizagem, incluindo a transferência de conhecimento para tarefas no mundo real (Jongbloed et al., 2024; Lui et al., 2023). Contudo, a relação entre imersão/presença e resultados de aprendizagem não é linear e pode ser influenciada por outros fatores, como o DI (Lui et al., 2023; Radianti et al., 2020; Won et al., 2023; Castelhano et al., 2023; Hamilton et al., 2021).

Desta forma, são necessários estudos adicionais que avaliem a eficácia pedagógica da RV a longo prazo, em comparação com métodos tradicionais, assim como descrições detalhadas de práticas pedagógicas que utilizem ambientes de aprendizagem imersivos (Pedrosa & Morgado, 2024).

1.2 Design Instrucional

O DI consiste num processo sistemático de planeamento, conceção, desenvolvimento, implementação e avaliação de produtos e experiências de aprendizagem, com o objetivo de promover aprendizagens eficazes, significativas e alinhadas às necessidades dos estudantes. Este processo requer uma análise cuidadosa dos perfis dos estudantes e das suas necessidades formativas, a formulação de objetivos de aprendizagem claros e mensuráveis, a seleção de estratégias pedagógicas adequadas, e a organização lógica e coerente dos conteúdos. Igualmente, o DI contempla a criação de recursos relevantes e contextualizados, a definição de atividades de aprendizagem apropriadas aos objetivos definidos e a incorporação de tecnologias educativas (e.g. plataformas digitais, recursos multimédia, simulações interativas ou RV). O processo integra mecanismos de avaliação da aprendizagem e pressupõe uma abordagem interativa de revisão e melhoria contínua, com base no feedback dos participantes, no desempenho registado e nas mudanças nas exigências educativas (Filatru, 2008; Morrison et al., 2019; Piña, 2017, 2018).

O DI aplicado à RV deve considerar as especificidades dessa tecnologia, como o grau de imersão, a interatividade e eventualmente o potencial para gamificação. As intervenções em RV, quando alinhadas com as necessidades e interesses dos aprendizes, podem melhorar significativamente o desempenho académico e promover maior sensibilidade cultural (Christopoulos, 2024). Além disso, a qualidade da imersão proporcionada pelos *headsets* é um fator determinante para o envolvimento e a motivação dos utilizadores (Yang, 2023). Contudo, é fundamental que o DI em RV equilibre a intensidade da experiência imersiva com a clareza das informações apresentadas, evitando a sobrecarga cognitiva (Natale et al., 2020; Leeuwen et al., 2018). A integração de elementos colaborativos e o foco na ergonomia e usabilidade também são apontados como essenciais para maximizar o impacto das experiências educativas em RV (Doğan, 2023; Vuillaume, 2024).

A utilização de instrumentos de planificação no DI para RV é fundamental para garantir a estruturação, monitorização e avaliação eficazes das experiências educativas. Ferramentas como roteiros, *storyboards* e matrizes de objetivos de aprendizagem permitem alinhar os conteúdos e as atividades às metas e às especificidades do ambiente virtual (Doğan, 2023). Além disso, a planificação facilita a integração de avaliações formativas e somativas, promovendo ajustes contínuos baseados em evidências durante a implementação das soluções em RV (Natale et al., 2020). Dessa forma, os instrumentos de planificação contribuem para a criação de experiências mais eficazes, seguras e centradas no utilizador, otimizando os recursos tecnológicos disponíveis e promovendo melhores resultados educativos (Mehrabi et al., 2022).

Neste trabalho, a análise das planificações de aulas em RV fundamentou-se em três pilares essenciais: as diretrizes da Associação para as Comunicações e Tecnologia Educacional (AECT) (Piña, 2017; Piña, 2018), os Princípios de Merrill (Merrill, 2002) e a Taxonomia de Bloom (Anderson & Krathwohl, 2001).

Este enquadramento é crucial, pois, como destacado na literatura, os estudos sobre iVR na educação frequentemente carecem de uma base teórica explícita para o design das aplicações e das aulas (Castelhano et al., 2023; Radianti et al., 2020; Hamilton et al., 2021). A maioria dos estudos foca-se no desenvolvimento e testes de usabilidade, carecendo da avaliação dos resultados de aprendizagem ou na fundamentação pedagógica (Hamilton et al., 2021, Jongbloed et al., 2024; Radianti et al., 2020).

1.3 Associação para as Comunicações e Tecnologia Educacional (AECT) – Normas para a Aprendizagem a Distância

A AECT é uma organização que se dedica a garantir a qualidade da instrução e o desenvolvimento de sistemas instrucionais, estabelecendo diretrizes para o DI (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018). As suas normas para a aprendizagem a distância fornecem uma estrutura abrangente para planear e avaliar experiências de aprendizagem, incluindo aquelas que envolvem tecnologias imersivas como a iVR (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018). O instrumento de análise das planificações foi criado com o propósito metodológico de avaliar as planificações, com base em 10 destas normas definidas pela AECT, nomeadamente:

- **Propósito (Purpose):** Refere-se à articulação clara entre os objetivos de aprendizagem, as metas e a colaboração entre a estrutura do curso e o estudante. É fundamental que os objetivos sejam bem definidos, operacionalizados, e alinhamento entre eles, as atividades e a estrutura do ambiente de iVR, articulando a experiência imersiva com os resultados esperados.
- **Pressupostos (Assumptions):** Tem em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e da sua familiaridade com a tecnologia, bem como a familiaridade e existência de suporte tecnológico para os docentes. As planificações devem demonstrar como os conhecimentos anteriores são ativados e como o suporte técnico é prestado, para evitar que a novidade da tecnologia de iVR impeça a aprendizagem (Hamilton et al., 2021; Castelhano et al., 2023).
- **Sequência (Sequence):** Aborda o percurso de aprendizagem, garantindo uma progressão lógica e um aumento gradual do nível de dificuldade nas tarefas. A experiência deve ser estruturada em fases coerentes (início, meio, fim) (Castelhano et al., 2023).
- **Atividades (Activities):** Foca-se na adaptação do conteúdo e dos objetivos de aprendizagem às atividades. Espera-se um equilíbrio entre observação, exploração, ação e reflexão, promovendo o envolvimento ativo do estudante (Castelhano et al., 2023).
- **Recursos (Resources):** Refere-se à adequação, funcionalidade e acessibilidade dos recursos tecnológicos, e à utilização de diferentes meios para acomodar as preferências dos estudantes, garantindo que apoiam a experiência imersiva sem causar confusão ou sobrecarga de informação (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018).
- **Aplicação (Application):** Trata-se da criação de oportunidades para os estudantes aplicarem os novos conhecimentos em tarefas contextualizadas, incluindo a resolução de problemas e tomada de decisões, com feedback imediato (Castelhano et al., 2023; Merrill, 2002; Piña, 2018).
- **Avaliação (Assessment):** Envolve a definição clara dos critérios de avaliação, a utilização de avaliação formativa e contínua, e a consideração do desempenho dos estudantes na utilização da iVR. É um ponto de fragilidade comum nos estudos, pois muitas vezes foca-se na usabilidade em vez dos resultados de aprendizagem (Castelhano et al., 2023; Hamilton et al., 2021; Jongbloed et al., 2024; Radianti et al., 2020).
- **Reflexão (Reflection):** Inclui momentos explícitos para os estudantes refletirem sobre o que e como aprenderam, integrando a iVR com momentos de síntese (Castelhano et al., 2023; Merrill, 2002).
- **Aprendizagem Independente (Independent Learning):** Promove a autonomia dos estudantes na exploração e aprendizagem, com opções de personalização e autoavaliação (Castelhano et al., 2023).
- **Avaliação do Design (Evaluation):** Refere-se à previsão de mecanismos de avaliação do próprio DI, incluindo a autoavaliação do professor/designer e o *feedback* dos estudantes para melhoria futura. Esta é uma lacuna comum identificada nos estudos (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018; Won et al., 2023).

1.4 Primeiros Princípios de Merrill (Merrill's First Principles of Instruction)

Merrill (2002) propôs um conjunto de "primeiros princípios" de DI, que visam ser o ponto de concordância fundamental entre várias teorias de design. Estes princípios são centrados no aprendiz e na aprendizagem significativa:

- **Problema (Problem-Centered):** A aprendizagem é promovida quando os estudantes se envolvem na resolução de problemas do mundo real (Merrill, 2002). A iVR é particularmente eficaz para este fim, ao replicar cenários reais e permitir a aplicação de competências procedimentais (Jongbloed et al., 2024; Merrill, 2002).
- **Ativação (Activation):** A aprendizagem é promovida através da valorização e ativação das experiências anteriores dos estudantes (Merrill, 2002). Isso envolve estimular os modelos mentais existentes para incorporar novos conhecimentos (Merrill, 2002).
- **Demonstração (Demonstration):** A aprendizagem é promovida quando a instrução demonstra o que deve ser aprendido, de forma consistente com o desempenho desejado (Merrill, 2002). A iVR, com a sua capacidade de visualização 3D e replicação de ambientes, oferece um meio poderoso para demonstrações. Estudos mostram que iVR é eficaz na visualização de conceitos abstratos (Hamilton et al., 2021; Lui et al., 2023; Merrill, 2002).
- **Aplicação (Application):** A aprendizagem é promovida quando os estudantes são incentivados a utilizar os conhecimentos e competências na resolução de problemas (Merrill, 2002). Isto requer múltiplas oportunidades de prática e feedback. A iVR permite a interação física e manipulação de objetos virtuais, o que é vital para a aplicação de conhecimento procedural (Merrill, 2002; Piña, 2018).
- **Integração (Integration):** A aprendizagem é promovida quando os estudantes são incentivados a integrar novos conhecimentos na sua vida quotidiana e a ir "além da instrução" (Merrill, 2002). Isso pode ser feito através de reflexão, discussão e aplicação em contextos variados (Merrill, 2002).

1.5 Taxonomia de Bloom (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives)

A Taxonomia de Bloom (1956), posteriormente revista por Anderson & Krathwohl (2001), classifica os objetivos de aprendizagem em domínios, sendo o cognitivo o mais relevante para esta análise. A versão revista (Anderson & Krathwohl, 2001) utiliza verbos operacionais para descrever processos cognitivos, o que facilita a definição de objetivos mensuráveis:

- **Lembrar (Remembering):** Recuperar conhecimento relevante da memória de longo prazo .
- **Compreender (Understanding):** Construir significado a partir de mensagens instrucionais.
- **Aplicar (Applying):** Usar um procedimento numa dada situação.
- **Analizar (Analyzing):** Dividir o material em partes constituintes e determinar como as partes se relacionam entre si e com uma estrutura ou propósito global.
- **Avaliar (Evaluating):** Fazer julgamentos baseados em critérios e padrões.
- **Criar (Creating):** Juntar elementos para formar um todo coerente ou funcional; reorganizar elementos numa nova estrutura.

A análise das planificações sob a perspetiva de Bloom permite avaliar se as tarefas propostas de iVR promovem apenas competências cognitivas de baixo nível (como a memorização de factos ou o "Lembrar"), ou se, estimulam níveis mais elevados de pensamento, como a análise, avaliação e criação. A literatura sugere que muitos estudos com iVR têm-se focado em competências cognitivas de baixo nível (Hamilton et al., 2021), sendo um desafio para o DI de iVR visar resultados de aprendizagem mais profundos e complexos (Hamilton et al., 2021; Jongbloed et al., 2024; Radianti et al., 2020; Pedrosa & Morgado, 2024).

Esta avaliação tripartida – AECT para a estruturação pedagógica e a avaliação abrangente (Piña, 2018), Merrill para os princípios de design centrados na aprendizagem e aplicação (Merrill, 2002), e a Taxonomia de Bloom para a profundidade dos objetivos cognitivos (Anderson & Krathwohl, 2001) – permite uma avaliação holística e rigorosa das planificações de iVR na educação. Ao aplicar estes critérios, é possível identificar não só a presença de elementos de design, mas também a sua qualidade, alinhamento e potencial para promover a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências de alto nível nos estudantes. É um passo crucial para o avanço de um campo que, embora promissor, ainda requer consolidação das suas bases teóricas e metodológicas (Radianti et al., 2020).

2 METODOLOGIA

Adotou-se uma abordagem qualitativa comparativa, centrada na análise documental de quatro planificações de aulas do Ensino Superior que integraram iVR: 1) Medição de Ouriços-do-Mar (*Underwater World*), 2) Gestão de Redes Sociais, 3) Tecnologia da Grécia Antiga (AGTI em VRChat) e 4) Expedição ao Chimborazo (Chimborazo Expedition). Na tabela 1, são descritas as diferenças quanto ao planeamento das aulas: de referir que, na planificação da Gestão das Redes Sociais, o cenário de aprendizagem foi uma adaptação, de um já existente, às necessidades e objetivos da unidade curricular, e a planificação da aula Expedição ao Chimborazo que não seguiu o mesmo *template* das restantes planificações, pois, em vez de preencher o modelo das aulas com as categorias previstas, optaram por um texto descritivo, apresentando a narrativa e os objetivos pretendidos. Este foi complementado com um PowerPoint dos conteúdos.

Tabela 1

Tabela Comparativa sobre a Contextualização das Planificações relativamente ao Design dos Cenários e ao Modelo de Planificação adotado.

Nº	Nome da Planificação	Planeada antes do design do cenário VR	Baseada no modelo de planificação do projeto REVEALING
1	Medição de Ouriços-do-Mar (<i>Underwater World</i>)	Sim	Sim
2	Gestão de Redes Sociais	Não (após o cenário VR estar pronto)	Sim
3	Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat)	Sim	Sim
4	Expedição ao Chimborazo	Sim	Não

A análise foi conduzida por dois investigadores (Investigador 1 e Investigador 2), que avaliaram as planificações com base num instrumento de avaliação construído pelos autores e previamente validado por um investigador sénior na área. Este instrumento de avaliação foi desenvolvido para garantir uma análise sistemática, onde contempla 10 dimensões pedagógicas, cada uma subdividida em critérios avaliativos. Cada critério é classificado numa escala qualitativa de 1 (Muito insuficiente) a 5 (Excelente), acompanhado por uma justificação da pontuação atribuída e uma sugestão de melhoria concreta.

Para esta análise, foi utilizada uma grelha de avaliação para avaliação das quatro planificações de aula, especificamente concebidas para o Ensino Superior. Este instrumento de avaliação baseia-se em critérios orientados pelas diretrizes da AECT, pelos Princípios de Merrill e pela Taxonomia de Bloom, permitindo avaliar a qualidade pedagógica e instrucional das planificações.

A metodologia de análise seguiu os seguintes passos:

- Análise de conteúdo das grelhas: cada grelha foi examinada individualmente pelos investigadores para extraír as avaliações, justificações e lacunas identificadas.
- Quadro de análise comparativa: os dados extraídos foram comparados transversalmente para identificar padrões, pontos fortes e lacunas recorrentes nas planificações de DI para iVR.
- Quadro de convergência analítica (entre investigadores): Os dados extraídos das grelhas foram organizados num quadro comparativo transversal, no qual se analisaram as pontuações e percentagens atribuídas por cada investigador, permitindo identificar padrões, pontos fortes e lacunas recorrentes nas planificações de design instrucional para iVR.

- Revisão da literatura: as tendências observadas foram confrontadas com resultados de revisões sistemáticas e meta-análises recentes sobre iVR na educação, incluindo estudos de Radianti et al. (2020), Hamilton et al. (2021), Jongbloed et al. (2024), Lui et al. (2023), Castelhano et al. (2023), de modo a contextualizar as observações e aferir o alinhamento das planificações com as melhores práticas e desafios identificados na área.

Os critérios de avaliação do instrumento de avaliação incidem sobre dimensões como: Propósito (clareza dos objetivos), Pressupostos (conhecimentos prévios e familiaridade com iVR), Sequência (estrutura progressiva das tarefas), Atividades (relevância, equilíbrio entre observação, exploração, ação e reflexão, incorporação dos princípios de Merrill), Recursos (adequação tecnológica e acessibilidade), Aplicação (tarefas contextualizadas, resolução de problemas, feedback imediato), Avaliação (coerência com objetivos, avaliação formativa e contínua, desempenho em RV), Reflexão (momentos explícitos de reflexão e promoção da autonomia) e Avaliação do Design (mecanismos de avaliação do DI, feedback de estudantes e professores).

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos através da análise de dados foram resumidos nas tabelas 2 e 3, que sistematizam as principais conclusões da avaliação comparativa realizada pelos investigadores. Os resultados obtidos permitem identificar não só as mais valias na forma como os docentes integram elementos de design instrucional no planeamento das suas aulas com iVR, como também as lacunas persistentes nesse planeamento, nomeadamente a ausência de mecanismos formais de avaliação, a insuficiente personalização da experiência e o apoio limitado a docentes e estudantes.

Assim, para sistematização dos dados estes foram agregados em duas tabelas comparativas nas quais estão presentes as avaliações de cada investigador e as concordâncias entre eles. Na Tabela 2, encontramos uma visão geral dos pontos fortes e fracos identificados pelos investigadores. Por sua vez, numa perspetiva mais específica foi realizada a Tabela 3 que apresenta as lacunas identificadas, indo ao encontro do objetivo de para além de identificar os pontos fortes identificar as lacunas como foram de orientar elementos guia para a planificação de aula neste contexto.

Tabela 2

Comparação dos resultados por planificação

Nome da Planificação	Observações do Investigador 1	Observações do Investigador 2	Nível de concordância dos investigadores
Medição de Ouriços-do-Mar (Underwater World)	<ul style="list-style-type: none"> - Caso elogiado como modelo de integração pedagógica de VR; - Reflexão crítica e guiada; - Autonomia elevada. <p>Pontuações maioritariamente de 4s e 5s.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Princípios de Merrill aplicados - Avaliação e reflexão bem estruturadas. <p>Pontuações consistentemente altas de 4s e 5s.</p>	Muito elevada
Gestão de Redes Sociais	<ul style="list-style-type: none"> - Foco em tarefas práticas e simulação realista (4s e 5s); - Desenvolvimento de competências criativas e comunicacionais (4s e 5s); - Ausência de feedback automático e mecanismos formais de avaliação (2s e 3s). <p>Pontuações variáveis entre 2s a 5s.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Boas pontuações em propósito, alinhamento e atividades (4s e 5s) - Pontuações baixas (2s) em feedback na VR, avaliação do design, autoavaliação docente, e personalização. <p>Pontuações variáveis entre 2s a 5s.</p>	Elevada
Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat)	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura clara e objetivos definidos (4s); - Boa utilização do ambiente VR(4s); - Falta de reflexão estruturada, feedback automático e personalização (3s e 2s). 	<ul style="list-style-type: none"> - Pontuações baixas (2s) em familiaridade com VR, suporte tecnológico, personalização e avaliação do design. 	Elevada

	Pontuações variáveis entre 2s a 4s	Pontuações boas (3s e 4s) em vários critérios, mas com tópicos a 2s	
Expedição ao Chimborazo	<ul style="list-style-type: none"> - Narrativa rica e tarefas contextualizadas (5). - Falta de estrutura de avaliação, reflexão guida e apoio docente (1s, 2s e 3s). <p>Pontuações baixas na maioria dos critérios. Porém, presença de uma narrativa forte e bem contextualizada com pontuação 5.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ausência de papel do docente e avaliação instrucional. <p>Pontuações mais baixas em quase todos os critérios (1s e 2s).</p>	Muito Elevada

Tabela 3

Tabela Comparativa sobre a Contextualização das Planificações relativamente ao Design dos Cenários e ao Modelo de Planificação adotado.

Tema	Dimensões AECT	Observações do Investigador 1	Observações do Investigador 2	Avaliação do Design Instrucional	Nível de concordância dos investigadores
Avaliação do Design Instrucional	Avaliação do Design	Destaca a ausência de mecanismos de avaliação do design em todas as planificações. Pontuações de 1s e 2s apenas 4 na Medição de Ouriços-do-Mar.	Pontuações de 1s e 2s no critério correspondente	Falta de mecanismos de avaliação evidenciada nas planificações	Muito elevada
Feedback Imediato na VR	Aplicação	Identifica como lacuna recorrente. Pontuações de 1s, 2s e 3s.	Pontuações de 2s e 3s confirmam a ausência de feedback automático	Feedback automático praticamente inexistente	Elevada
Personalização Aprendizagem e Autonomia	Aprendizagem Independente	Falta de escolhas personalizadas e autonomia nas tarefas. Pontuações de 2s e 3s apenas 5 e 4 na Medição de Ouriços-do-Mar.	Pontuações de 2s e 3s nos critérios de personalização	Baixa oferta de personalização e autonomia	Elevada
Preparação para a VR	Pressupostos	Aponta ausência ou parcialidade na preparação de docentes e estudantes. Pontuações de 1s, 2s e 3s. Apenas pontuações de 4s e 5s na Medição de Ouriços-do-Mar.	Pontuações baixas (2s e 3s) para familiaridade com RV e suporte técnico	Preparação insuficiente para uso da RV	Muito Elevada
Reflexão sobre Aprendizagem	Reflexão	Falta de momentos estruturados de metacognição. Pontuação de 2s na planificação Expedição ao Chimborazo; Pontuação de 3s e 4s nas planificações Tecnologia da Grécia Antiga e Gestão de Redes Sociais. Pontuações de 5s	Pontuações de 2s e 3s nos critérios de reflexão	Pouca estrutura para reflexão metacognitiva	Média

nas planificação Medição de Ouriços-do-Mar.

Justificação Pedagógica	Propósito			Média
	Fundamentação pedagógica explícita nas planificações, mas com necessidade de ajustes. Pontuações de 3s, 4s e 5s.	Apresenta avaliações de 4s e 5s.	Apesar de presente, a justificação pedagógica carece de ajustes, nomeadamente na formulação dos objetivos. Verifica-se uma lacuna na transição entre os objetivos e as etapas das sessões.	

4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com a análise das quatro grelhas de análise, procedeu-se a uma avaliação detalhada das 4 planificações de DI para iVR, revelando uma os pontos fortes e lacunas, tendo em consideração as 10 guidelines de DI (Tabela 1).

4.1 Propósito (Purpose)

O Propósito refere-se à clareza, relevância e operacionalização dos objetivos educacionais (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018), um aspeto amplamente discutido em teorias de design instrucional (Merrill, 2002; Gagné et al., 2005). A definição de objetivos claros e alinhados com as atividades é fundamental para assegurar a eficácia pedagógica em ambientes imersivos de VR, como sugerem Dalgarno & Lee (2010), que destacam a importância do alinhamento entre objetivos, tarefas e a experiência imersiva para promover a aprendizagem experiencial.

De acordo com o Investigador 2, em todas as grelhas, os objetivos são consistentemente avaliados como bem definidos e operacionalizáveis. Existe globalmente um bom alinhamento entre os objetivos, atividades e a estrutura do ambiente em iVR. As planificações articulam a experiência imersiva com os resultados esperados, potenciando a aprendizagem experiencial.

Por sua vez, o Investigador 1, apresenta uma maior diferenciação entre as planificações. Apesar de em duas delas ter avaliado este tópicos com valores similares de 4s e 5s (Gestão das Redes Sociais; Medição de Ouriços-do-Mar), nas planificações Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) avalia com 4s e Expedição ao Chimborazo com 3s e 4s, devido a lacunas observáveis na formulação dos objetivos tendo em conta a Taxonomia de Bloom e na transição entre os objetivos e as etapas das sessões.

4.2 Pressupostos (Assumptions)

Os Pressupostos referem-se ao reconhecimento e valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018), bem como à familiaridade de estudantes e docentes com o uso da tecnologia, fatores essenciais para o sucesso de experiências educativas em iVR (Gagné et al., 2005; Castelhano et al., 2023). Segundo Gagné et al. (2005), a ativação dos conhecimentos prévios constitui um dos passos centrais para a aprendizagem eficaz, permitindo a integração de novas informações com esquemas já existentes. Este aspeto é particularmente crítico em ambientes imersivos, onde a sobrecarga cognitiva pode ocorrer caso os alunos não estejam devidamente preparados (Dalgarno & Lee, 2010; Piña, 2018b).

A consideração dos conhecimentos prévios dos estudantes é avaliada pelo investigador 2 como excelente (5) nas planificações de Gestão de Redes Sociais e na Medição de Ouriços-do-Mar. Quanto à planificação Chimborazo Expedition avaliou-a com 4 e a Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) com 3. O investigador 1 deu pontuações mais baixas apenas a Medição de Ouriços-do-Mar com 5, as planificações de Gestão de Redes Sociais e de Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) com 3 e a Chimborazo Expedition com 2. Quanto à familiaridade dos estudantes com o uso de iVR, é igualmente inconsistente entre as planificações, porém as pontuações entre os investigadores são similares.

As planificações Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) e Chimborazo Expedition com 2. A planificação Medição de Ouriços-do-Mar com 5. Difere a opinião dos investigadores na Gestão de Redes Sociais, em que o investigador 1 avaliou com 3 e o investigador 2 com 4. A familiaridade dos docentes com a iVR e o suporte tecnológico para docentes é uma lacuna crítica em algumas planificações. Tanto na planificação Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) como na Chimborazo Expedition (Expedição ao Chimborazo), os investigadores apresentaram a mesma percepção, tendo avaliado com 2 a primeira e 1 na segunda, considerando o aspetto como não aplicável. Na planificação de Gestão de Redes Sociais, o investigador 1 avaliou com 2, enquanto o investigador 2 com 3. Por fim, na planificação de Medição de Ouriços-do-Mar, o investigador 1 avaliou com 4, mas deixando a nota de que falta formalizar a formação docente, sendo um dado mais implícito. O investigador 2 avaliou com 3.

4.3 Sequência (Sequence)

A Sequência refere-se à organização lógica e progressiva das atividades, assegurando uma transição gradual entre as fases da aprendizagem (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018). No contexto de ambientes imersivos em VR, uma sequência bem delineada é essencial para gerir a carga cognitiva e favorecer a construção de conhecimento (Dalgarno & Lee, 2010; Castelhano et al., 2023). Uma estrutura que articula início, desenvolvimento e conclusão contribui para uma experiência de aprendizagem fluida e eficaz.

Todas as planificações demonstram uma experiência bem estruturada em fases coerentes (início, meio, fim); tanto o Investigador 1 como o Investigador 2 avaliaram esta etapa com valores de 5 e 4. O percurso de aprendizagem em iVR está organizado em etapas progressivas, com um único valor mais baixo (3) atribuído pelo Investigador 2 na planificação Medição de Ouriços-do-Mar. Ainda assim, observa-se um aumento gradual da dificuldade, e o nível de complexidade das tarefas é adequado e evolui sequencialmente.

4.4 Atividades (Activities)

As Atividades dizem respeito ao tipo e qualidade das tarefas propostas, bem como à sua capacidade de promover a aprendizagem ativa e experiencial (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018). Em ambientes imersivos de VR, as atividades devem envolver os estudantes através de práticas que integrem exploração, experimentação e reflexão, em consonância com abordagens centradas no aluno e na aprendizagem experiencial (Dalgarno & Lee, 2010; Piña, 2018).

As atividades foram consistentemente avaliadas como altamente relevantes para os objetivos definidos. Constatou-se um equilíbrio entre observação, exploração, ação e reflexão, promovendo o envolvimento ativo dos estudantes. As atividades incorporam de forma notável os Princípios de Merrill, em particular a "Aplicação" e a "Demonstração", o que reforça a forte ligação entre iVR e abordagens de aprendizagem experiencial e baseada em problemas. Apesar desta avaliação globalmente positiva, ambos os investigadores indicaram que a integração dos princípios poderia ter sido mais aprofundada e refletida em algumas planificações.

4.5 Recursos (Resources)

Os Recursos referem-se à adequação e funcionalidade dos meios tecnológicos utilizados, bem como à sua capacidade de apoiar a aprendizagem sem causar sobrecarga cognitiva (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018). Em contextos imersivos de VR, a seleção e o uso criterioso dos recursos tecnológicos são fundamentais para garantir uma experiência fluida, envolvente e acessível aos estudantes (Dalgarno & Lee, 2010; Piña, 2018b).

De forma geral, os recursos tecnológicos foram considerados adequados e funcionais. A utilização de diferentes meios para acomodar preferências e necessidades dos estudantes destaca-se como uma força, assim como o suporte à experiência imersiva sem gerar sobrecarga de informação.

Ambos os investigadores atribuíram valores positivos, com destaque para as planificações Medição de Ouriços-do-Mar e Gestão de Redes Sociais, que receberam avaliações mais favoráveis no que respeita à adequação e eficácia dos recursos tecnológicos utilizados.

4.6 Aplicação (Application)

A Aplicação refere-se à oportunidade de os estudantes utilizarem ativamente os conhecimentos adquiridos em tarefas contextualizadas (Castelhano et al., 2023; Merrill, 2002; Piña, 2018), promovendo a resolução de problemas

e a tomada de decisões, aspectos centrais nas teorias de aprendizagem experencial e baseada em problemas (Merrill, 2002; Gagné et al., 2005; Castelhano et al., 2023). Em ambientes de iVR, estas práticas tornam-se especialmente relevantes para fomentar a transferência de aprendizagem para contextos reais (Dalgarno & Lee, 2010).

Nas planificações analisadas, observou-se uma preocupação consistente em permitir que os estudantes apliquem ativamente os conceitos em tarefas contextualizadas, tendo todas as planificações sido avaliadas por ambos os investigadores com valores elevados. O Investigador 1 atribuiu a pontuação máxima (5) às planificações Medição de Ouriços-do-Mar e Gestão de Redes Sociais, e valores de 4 às planificações Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) e Expedição ao Chimborazo. Por sua vez, o Investigador 2 avaliou com 5 as planificações Medição de Ouriços-do-Mar, Gestão de Redes Sociais e Expedição ao Chimborazo, atribuindo 4 à Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat).

A inclusão de elementos de resolução de problemas e tomada de decisões foi igualmente bem avaliada, embora com algumas variações. O Investigador 1 atribuiu valores de 3 a todas as planificações, com exceção de Medição de Ouriços-do-Mar, que obteve 4. Já o Investigador 2 apresentou uma avaliação mais positiva, com 5 para as planificações Expedição ao Chimborazo e Gestão de Redes Sociais, 4 para Medição de Ouriços-do-Mar e 3 para Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat).

Relativamente ao feedback imediato no ambiente virtual, embora previsto nas planificações, as avaliações foram mais variáveis e tendencialmente mais baixas (valores entre 2 e 5). O Investigador 1 atribuiu o valor mais baixo (2) a todas as planificações, exceto Medição de Ouriços-do-Mar, que obteve 4. O Investigador 2 avaliou com 2 as planificações Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat) e Medição de Ouriços-do-Mar, com 4 Gestão de Redes Sociais e com 5 Expedição ao Chimborazo.

4.7 Avaliação (Assessment)

A Avaliação refere-se à clareza, relevância e coerência dos métodos de avaliação face aos objetivos pedagógicos, abrangendo tanto a vertente formativa como a sumativa, assim como a consideração da participação ativa nos ambientes de iVR (Castelhano et al., 2023; Hamilton et al., 2021; Jongbloed et al., 2024; Radianti et al., 2020). Em contextos imersivos, a avaliação deve estar claramente alinhada com as experiências propostas e apoiar a monitorização contínua da aprendizagem (Dalgarno & Lee, 2010).

Os resultados demonstram uma divergência entre os dois investigadores e entre as diferentes planificações. A planificação Expedição ao Chimborazo foi avaliada por ambos os investigadores com valores baixos, refletindo a ausência de uma avaliação claramente definida e coerente com os objetivos, nomeadamente no que se refere à avaliação formativa, contínua e à consideração da participação no ambiente imersivo.

Por outro lado, as planificações Medição de Ouriços-do-Mar e Gestão de Redes Sociais foram avaliadas de forma mais positiva por ambos os investigadores. Contudo, o Investigador 1 atribuiu valores ligeiramente inferiores em Gestão de Redes Sociais face ao Investigador 2, enquanto na planificação Medição de Ouriços-do-Mar ocorreu o inverso, com o Investigador 1 a atribuir valores superiores.

Na planificação Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat), o Investigador 1 atribuiu consistentemente o valor 3, enquanto o Investigador 2 avaliou com 4, denotando uma percepção ligeiramente mais favorável quanto à adequação dos processos de avaliação nesta planificação.

4.8 Reflexão (Reflection)/Aprendizagem Independente

A reflexão diz respeito à capacidade das planificações promoverem momentos estruturados de análise crítica, autorregulação e consolidação da aprendizagem, aspectos fundamentais em ambientes imersivos de realidade virtual (iVR) para estimular a aprendizagem independente e significativa (Pedrosa & Morgado, 2024). A inclusão de tarefas reflexivas e de autoavaliação é amplamente recomendada no design instrucional para iVR, favorecendo a personalização do percurso e o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

Apesar de todas as planificações incluírem um tópico designado como "Reflexão e Regulação", que prevê o acompanhamento do processo por parte do professor, através da monitorização dos comportamentos e da execução das tarefas, a forma como a reflexão é operacionalizada apresenta limitações. Embora existam momentos explícitos dedicados à reflexão e à consolidação da aprendizagem no final das experiências, a forma como os estudantes são incentivados a refletir sobre como aprenderam é pouco detalhada e pouco aprofundada.

A promoção da autonomia dos estudantes na exploração e na aprendizagem, bem como a personalização do percurso, varia entre as planificações. A incentivação à autorreflexão e à autoavaliação, aspetos centrais na aprendizagem independente, foi globalmente considerada baixa pelos investigadores.

Apesar destas lacunas, a reflexão está prevista nas planificações e as avaliações tenderam a ser globalmente positivas. No entanto, reforça-se que a integração mais sistemática e estruturada de momentos de autorreflexão constitui uma recomendação essencial para fortalecer o impacto pedagógico em iVR.

4.9 Avaliação do Design (Evaluation)

A avaliação do design refere-se à existência de mecanismos que permitam a análise crítica e a melhoria contínua do próprio design instrucional (Castelhano et al., 2023; Piña, 2018; Won et al., 2023), incluindo a autoavaliação do professor ou designer instrucional e a recolha de feedback dos estudantes para aperfeiçoamento futuro (Castelhano et al., 2023; Pedrosa & Morgado, 2024). Em todas as planificações analisadas, este aspeto foi consistentemente identificado como uma lacuna crítica, com avaliações mínimas atribuídas por ambos os investigadores. Importa, contudo, sublinhar que esta limitação também se encontra presente na própria grelha de análise utilizada, o que pode ter condicionado a identificação e a operacionalização deste tipo de avaliação nas planificações analisadas.

CONCLUSÕES/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise global das planificações de aprendizagem em ambientes imersivos de iVR revela uma abordagem instrucional, no geral, bem estruturada, ainda que com algumas inconsistências e lacunas em áreas específicas.

Os **objetivos educacionais (Propósito)** foram geralmente bem definidos e operacionalizáveis, com um bom alinhamento entre objetivos, atividades e a experiência imersiva, sobretudo nas planificações *Medição de Ouriços-do-Mar* e *Gestão de Redes Sociais*. Contudo, foram identificadas fragilidades pontuais, principalmente nas planificações *Tecnologia da Grécia Antiga (VRChat)* e *Expedição ao Chimborazo*, relacionadas com a formulação de objetivos e a sua articulação com as atividades, particularmente no que concerne à Taxonomia de Bloom.

No domínio dos **pressupostos (Assumptions)**, observou-se uma valorização dos conhecimentos prévios, embora com alguma variabilidade entre planificações e entre avaliadores. As planificações *Medição de Ouriços-do-Mar* e *Gestão de Redes Sociais* mostraram melhor integração dos conhecimentos prévios e da familiaridade dos estudantes com iVR. No entanto, a preparação e o suporte docente revelaram-se um ponto crítico transversal, com avaliações baixas, refletindo uma lacuna significativa de formação e apoio técnico.

A **sequência (Sequence)** das atividades foi, no geral, bem conseguida, com uma estrutura clara e progressiva ao longo das sessões, o que sugere uma preocupação com a gestão da carga cognitiva e a evolução gradual das tarefas.

As **atividades (Activities)** foram avaliadas como altamente relevantes e bem alinhadas com os objetivos, promovendo a participação ativa e a aprendizagem experiencial. Houve uma aplicação consistente dos Princípios de Merrill, em especial nos aspetos de *Demonstração e Aplicação*. Ainda assim, foi identificado potencial para aprofundar a integração teórica de forma mais intencional.

Os **recursos tecnológicos** foram considerados adequados e funcionais, facilitando a experiência imersiva sem causar sobrecarga de informação. As planificações *Medição de Ouriços-do-Mar* e *Gestão de Redes Sociais* destacaram-se pela melhor adequação dos recursos.

Na dimensão da **aplicação (Application)**, as planificações evidenciaram uma forte preocupação com a aplicação prática dos conhecimentos, através de tarefas contextualizadas e resolução de problemas. No entanto, o **feedback imediato** nos ambientes virtuais foi avaliado como insuficiente ou inconsistente, revelando uma área importante para melhoria.

A **avaliação (Assessment)** revelou-se uma dimensão com grandes discrepâncias entre planificações e avaliadores. Apenas algumas planificações, como *Medição de Ouriços-do-Mar* e *Gestão de Redes Sociais*, apresentaram mecanismos de avaliação mais consistentes e alinhados com os objetivos. A avaliação formativa e contínua nas experiências em iVR mostrou-se, ainda, pouco consolidada.

A reflexão (Reflection)/Aprendizagem Independente esteve presente em todas as planificações, com momentos dedicados à consolidação da aprendizagem e à regulação do processo. Contudo, a promoção da autorreflexão, da autonomia e da aprendizagem independente mostrou-se insuficiente e pouco estruturada.

Por fim, a avaliação do design instrucional (Evaluation) foi a dimensão mais fragilizada, com ausência quase total de mecanismos formais de avaliação do próprio design, de autoavaliação docente e de recolha de feedback dos estudantes. Esta limitação reflete não apenas uma lacuna nas planificações, mas também na própria grelha de análise utilizada.

Os resultados desta análise sugerem a necessidade de revisão e aprofundamento da própria matriz de design instrucional utilizada. Como perspetiva futura, torna-se essencial realizar um trabalho de reformulação desta matriz, incorporando indicadores mais robustos nas áreas que revelaram maiores lacunas, nomeadamente: (1) Avaliação do Design Instrucional ao integrar critérios específicos para avaliar a autoavaliação docente e os mecanismos formais de recolha de feedback dos estudantes; (2) Avaliação Formativa e da Aula ao desenvolver métodos para avaliar não apenas o desempenho dos estudantes, mas também a eficácia da própria aula em contexto imersivo, incluindo a análise da experiência de aprendizagem e da dinâmica da sessão; (3) Reflexão e Autorregulação ao incluir elementos que avaliem de forma mais detalhada a promoção da autorreflexão, da aprendizagem independente e da regulação do processo pelos estudantes.

AGRADECIMENTOS

Declaração opcional para agradecer a outros contribuidores, assistência ou apoio financeiro. Financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da unidade de I&D com a referência UID/00194 – Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF) e da bolsa de iniciação à investigação (BII) com a referência BI/Ui57/12253/2025.

Agradecimento da bolsa Maria Castelhano à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pelo apoio financeiro através da Bolsa de Doutoramento (ref. 2024.05445.BD). Agradeço também às entidades de acolhimento do programa doutoral, o Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF) e o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESCTEC).

REFERÊNCIAS

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Brey, P. A. E. (2014). The physical and social reality of virtual worlds. In M. Grimshaw (Ed.), *The Oxford handbook of virtual reality* (pp. 42–54). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199826162.013.029>
- Castelhano, M., Morgado, L., & Pedrosa, D. (2023, janeiro). Instructional design models for immersive virtual reality – A systematic literature review. In *XXV Simpósio Internacional de Informática Educativa*, Porto, Portugal.
- Castelhano, M., Almeida, D., Morgado, L., & Pedrosa, D. (2024). Instructional design model for virtual reality: Testing and participant experience evaluation. In E. Brooks, A. Kalsgaard Møller, & E. Edstrand (Eds.), *Design, learning, and innovation* (pp. 62–75). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67307-8_6
- Castelhano, M., Pedrosa, D., Morgado, L., & Messias, I. (2025). Implementation of virtual reality in teacher training: A case study with VRChat and Oculus Quest 2. <http://hdl.handle.net/10400.2/19945>
- Christopoulos, A. (2024). The impact of immersive virtual reality on knowledge acquisition and adolescent perceptions in cultural education. *Information*, 15(5), 261. <https://doi.org/10.3390/info15050261>
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Doğan, E. (2023). Virtual reality environment in pharmacy education: A cyclical study on instructional design principles. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(1), 269–287. <https://doi.org/10.1111/jcal.12878>
- Filatru, A. (2008). *Design instrucional na prática*. Pearson Education do Brasil.

Gagne, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., Keller, J. M., & Russell, J. D. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). *Performance Improvement, 44*(2), 44–46. <https://doi.org/10.1002/pfi.4140440211>

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education, 8*(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

Jongbloed, J., Chaker, R., & Lavoué, E. (2024). Immersive procedural training in virtual reality: A systematic literature review. *Computers & Education, 221*, 105124. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105124>

Leeuwen, J., Hermans, K., Jylhä, A., Quanjer, A., & Nijman, H. (2018). Effectiveness of virtual reality in participatory urban planning (pp. 128–136). <https://doi.org/10.1145/3284389.3284491>

Lui, A. L. C., Not, C., & Wong, G. K. W. (2023). Theory-based learning design with immersive virtual reality in science education: A systematic review. *Journal of Science Education and Technology, 32*(3), 390–432. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10035-2>

Mehrabi, S., Muñoz, J. E., Basharat, A., Boger, J., Cao, S., Barnett-Cowan, M., & Middleton, L. E. (2022). Immersive Virtual Reality Exergames to Promote the Well-being of Community-Dwelling Older Adults: Protocol for a Mixed Methods Pilot Study. *JMIR Research Protocols, 11*(6), e32955. <https://doi.org/10.2196/32955>

Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development, 50*(3), 43–59.

Michalski, S., Szpak, A., & Loetscher, T. (2019). Using virtual environments to improve real-world motor skills in sports: A systematic review. *Frontiers in Psychology, 10*, 2159. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02159>

Morgado, L. (2022). Ambientes de aprendizagem imersivos. *Video Journal of Social and Human Research, 10*2–116. <https://doi.org/10.18817/vjshr.v1i2.32>

Morrison, G. R., Ross, S. M., Kemp, J. E., & Kalman, H. (2019). *Designing effective instruction*. John Wiley & Sons.

Natale, A., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology, 51*(6), 2006–2033. <https://doi.org/10.1111/bjet.13030>

Nilsson, N. C., Nordahl, R., & Serafin, S. (2016). Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology, 12*(2), 108–134. <https://doi.org/10.17011/ht.urn.201611174652>

Pedrosa, D., & Morgado, L. (2024). Immersive virtual reality, augmented reality and mixed reality for self-regulated learning: A review. In D. Crawford, J. Foss, N. Lambert, M. Reed, & J. Kriebel (Eds.), *Technology, innovation, entrepreneurship and education. TIE 2023* (Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol. 575, pp. 64–81). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59383-3_5

Piña, A. (2017). *Instructional design standards for distance learning*. Association for Educational Communications and Technology.

Piña, A. (2018a). AECT instructional design standards for distance learning. *TechTrends, 62*(3), 305–307. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0282-9>

Piña, A. A. (2018b). Instructional design models and theories: Preparing for the next generation of distance education. In M. G. Moore & W. C. Diehl (Eds.), *Handbook of distance education* (4th ed.). Routledge.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgemant, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Vuillaume, L. (2024). Collaborative virtual reality environment in disaster medicine: Moving from single player to multiple learners. *BMC Medical Education, 24*(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05429-8>

Won, M., Uengu, D. A. K., Matovu, H., Treagust, D. F., Tsai, C.-C., Park, J., Mocerino, M., & Tasker, R. (2023). Diverse approaches to learning with immersive virtual reality identified from a systematic review. *Computers & Education*, 195, 104701. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104701>

Yang, Y. (2023). Research on the perceived quality of virtual reality headsets in human–computer interaction. *Sensors*, 23(15), 6824. <https://doi.org/10.3390/s23156824>