

Neuropsicologia, Realidade Aumentada e Realidade Virtual em contexto de ERPI - Abordagens inovadoras para o bem-estar dos idosos

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.012-031>

Carolline Stefanyoli

Universidade Lusófona, Porto, Portugal
E-mail: carollinestefanyoli@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-3983>

Diamantino Ribeiro

Universidade Lusófona, Porto, Portugal
E-mail: diamantinojtribeiro@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7168-8821>

Paula Rocha

Universidade Lusófona, Porto, Portugal
E-mail: paularocha@keepcorporate.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4080-2161>

Maiara Praça

Universidade Lusófona, Porto, Portugal
E-mail: maiarapracapsicologia@gmail.com

Paulo Jerónimo

Universidade Lusófona, Porto, Portugal
E-mail: paulo350jeronimo@gmail.com

RESUMO

Este estudo investiga o potencial da tecnologia de realidade aumentada e de realidade virtual para melhorar o bem-estar cognitivo dos pacientes com patologias diagnosticadas, residentes em Estruturas Residenciais para Pessoas Idosas.

O estudo tem por objetivo rever a literatura existente sobre a utilização da realidade virtual e aumentada na neuropsicologia, em particular no que diz respeito às funções cognitivas, e identificar estudos de caso ou projetos-piloto bem sucedidos em contextos semelhantes.

Esta investigação pretende também constituir-se como uma âncora teórica para a implementação de projetos de realidade aumentada e realidade virtual em contexto real e contribuir para o crescente conjunto de conhecimentos sobre as potenciais aplicações da tecnologia de realidade aumentada na promoção do bem-estar cognitivo e da qualidade de vida de idosos.

Em termos metodológicos, o trabalho foi suportado nas técnicas de revisão da literatura, análise de conteúdo, observação e estudo de caso.

Os resultados permitiram obter uma visão geral da eficácia das atividades com utilização de realidade aumentada e da realidade virtual na melhoria da função cognitiva, do humor e da qualidade de vida entre os idosos, bem como uma perspetiva relativa às melhores práticas para a conceção e implementação de experiências de realidade aumentada e realidade virtual em ambiente de cuidado aos idosos.

Palavras-chave: Bem-estar cognitivo, Neuropsicologia, Realidade Aumentada, Realidade Estendida, Realidade Virtual.



1 INTRODUÇÃO

A Realidade Estendida (*Extended Reality*, XR) é um termo genérico utilizado para englobar todas as tecnologias imersivas, incluindo a realidade aumentada (RA), a realidade virtual (RV) e a realidade mista (RM). A XR ultrapassa os limites da realidade tradicional, integrando elementos digitais na percepção que o utilizador tem do mundo físico, criando assim experiências imersivas e interativas.

O termo "Realidade Estendida" ou "Alargada" (XR) tem vindo a ser utilizado para abranger o espectro mais vasto de tecnologias imersivas para além da realidade virtual. Embora a origem exata do termo não seja atribuída a um único indivíduo, este ganhou maior destaque à medida que o desenvolvimento da tecnologia imersiva se expandia para incluir uma variedade de experiências digitais que ampliam, aumentam ou alteram a realidade. Os principais autores e investigadores no domínio da XR incluem:

Jeremy Bailenson: Diretor-fundador do *Virtual Human Interaction Lab* (VHIL) da Universidade de Stanford. A investigação de Bailenson centra-se na psicologia da realidade virtual e aumentada.

Steve Aukstakalnis: Autor de "*Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR*", Aukstakalnis é um especialista em tecnologias de realidade aumentada e virtual.

Tom Furness: Conhecido como o "Avô da Realidade Virtual", Furness deu contributos significativos para o campo da XR através da sua investigação e desenvolvimento de sistemas de RV e RA.

Jason Jerald: Autor de "*The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*", Jerald é considerado uma autoridade em tecnologia de RV e nas suas aplicações em vários domínios.

A convergência da tecnologia e dos cuidados de saúde vem trazer uma mudança de paradigma na forma como abordamos o bem-estar das populações idosas, em particular as que residem em residências seniores ou assistidas. Neste novo contexto de inovação, a realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) destacam-se como dois ramos importantes da tecnologia imersiva, apresentando novas opções para enfrentar os complexos desafios associados à saúde cognitiva das pessoas idosas.

Enquanto que a realidade virtual permite aos utilizadores entrar ou imergir em ambientes totalmente gerados por computador, a Realidade Aumentada sobrepõe informação digital ao mundo real, integrando perfeitamente elementos virtuais com o ambiente físico, como referimos. Esta característica única da RA tem implicações profundas para as intervenções terapêuticas, especialmente no contexto dos cuidados aos idosos. Ao aumentar o ambiente vivido com melhorias digitais, as sessões de RA proporcionam uma plataforma dinâmica e interativa para envolver os doentes idosos em atividades terapêuticas adaptadas às suas capacidades cognitivas e necessidades individuais.

Neste estudo, analisamos o potencial da tecnologia de realidade aumentada e de realidade virtual para reforçar o bem-estar cognitivo dos doentes idosos no contexto de residência sénior. Especificamente, exploramos a intersecção destas XR's e da neuropsicologia, procurando



compreender como as experiências de ambas XR's podem abordar e melhorar as funções cognitivas afetadas por patologias relacionadas com a idade. Através da revisão da literatura e da consulta de estudos de caso e projetos-piloto bem sucedidos, este estudo procura apresentar evidências científicas sobre a eficácia e a viabilidade da integração de atividades com RA e da RV em ambiente de cuidados a idosos.

Para além disso, este estudo tem por objetivo constituir-se como uma das bases teóricas para a implementação prática de projetos de RA e RV, apresentando informações sobre as melhores práticas de conceção e implementação em contextos do mundo real. Pretende-se também compreender a eficácia das sessões de terapia de RA e RV na melhoria da função cognitiva, do humor e da qualidade de vida global dos idosos bem como o potencial impacto positivo da tecnologia.

A metodologia aplicada neste estudo inclui a revisão da literatura, observação e análise de estudos de caso. As fontes consultadas são essencialmente de fontes abertas (*open source*) disponíveis na Internet.

2 REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA EM NEUROPSICOLOGIA

No domínio das tecnologias imersivas, a realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) representam duas abordagens distintas mas complementares, sendo que cada uma apresenta formas específicas de alterar e melhorar a nossa perceção da realidade.

Assim, em termos concetuais, a RA é uma tecnologia que sobrepõe informações digitais ou objetos virtuais ao ambiente do mundo real, melhorando a perceção e a interação do utilizador com o que o rodeia. Os sistemas de RA utilizam normalmente dispositivos como smartphones, tablets ou óculos de RA para sobrepor conteúdos digitais ao mundo físico. Tal como definido por Milgram e Kishino (1994), a RA situa-se numa linha contínua entre o ambiente virtual e o ambiente real, oferecendo aos utilizadores uma experiência mista que enriquece a sua entrada sensorial sem a substituir completamente (Milgram & Kishino, 1994; Skarbez et al., 2021).

A realidade aumentada, surgiu como uma ferramenta promissora na neuropsicologia, aportando formas inovadoras de avaliar e reabilitar as funções cognitivas em indivíduos com perturbações neurológicas. Ao sobrepor estímulos digitais ao ambiente do mundo real, a utilização de RA pode criar avaliações ecologicamente válidas e experiências terapêuticas adaptadas às necessidades específicas dos pacientes. Este uso personalizado permite aos clínicos abranger domínios cognitivos como a atenção, a memória, a função executiva e a consciência espacial em contextos que se assemelham muito a cenários da vida real (Rose et al., 2000).

A realidade virtual, por outro lado, permite que os utilizadores seja transportados para ambientes totalmente gerados por computador, simulando uma sensação de presença e imersão numa realidade sintética. As tecnologias de RV envolvem frequentemente ecrãs montados na cabeça (*Head-*

Mounted Display - HMD) e dispositivos especializados para criar uma experiência totalmente imersiva que leva os utilizadores para mundos virtuais. De acordo com Steuer (1992), a RV é uma forma única de realidade mediada, na qual os utilizadores se sentem presentes no ambiente virtual, permitindo assim interações ricas e imersivas (Steuer, 1992).

Portanto, a realidade estendida (XR), que tal como vimos, engloba a RA, a RV e a realidade mista (RM), amplia as capacidades das avaliações e intervenções neuropsicológicas tradicionais, proporcionando experiências imersivas e interativas.

No domínio da neuropsicologia, as tecnologias XR têm o potencial de simular ambientes e atividades complexas, facilitando avaliações completas da função cognitiva e permitindo realizar sessões orientadas para a reabilitação (Parsons et al., 2007).

3 REVISÃO DA LITERATURA SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS TRABALHADAS EM TERAPIAS COM REALIDADE AUMENTADA E COM REALIDADE VIRTUAL

Em primeiro lugar é necessário compreender em que consiste a reabilitação neuropsicológica.

Trata-se de um conjunto de intervenções desenhadas para otimizar a funcionalidade e reduzir a incapacidade de pessoas com problemas de saúde na interação com o seu ambiente. Faz parte essencial dos cuidados de saúde, em conjunto com a promoção de saúde, prevenção de doenças, tratamentos e cuidados paliativos (WHO, 2024).

O objetivo da reabilitação neuropsicológica é ajudar a pessoa a ser tão independente quanto possível nas suas atividades de vida diária, e permitir a participação na educação, trabalho, lazer, e em importantes papéis da vida, como tomar conta da família. Pode incluir terapias individuais ou em grupo, reabilitação cognitiva, psicoterapia, psicoeducação e intervenções psicossociais (WHO, 2024).

Existem três principais abordagens na reabilitação neuropsicológica, de acordo com os estudos de Clare et al. (2003):

1. Estimulação cognitiva: Envolvimento em atividades e discussões que objetivam a melhoria generalizada do funcionamento cognitivo e social, normalmente em contexto de grupo.
2. Treino cognitivo: Prática repetida em tarefas específicas que refletem processos cognitivos subjacentes, como a memória e a atenção. Pode ser individual ou grupal, presencial ou remota.
3. Reabilitação cognitiva: Abordagem individualizada que se apoia nos pontos fortes do funcionamento da pessoa e compensa as áreas mais deficitárias, com base numa avaliação compreensiva do funcionamento cognitivo, funcionalidade, social e emocional. Utiliza tarefas, psicoeducação e estratégias compensatórias.

Estas abordagens têm eficácia amplamente documentada, por exemplo, em pessoas com *déficit* cognitivo ligeiro e perturbações neurocognitivas (Clare & Woods, 2003). Em Lazar et. al (2014) é



observada uma revisão sobre programas de novas tecnologias implementados em estimulação e treinos cognitivos, com o objetivo claro de promover uma melhoria no funcionamento cognitivo dos indivíduos, e com sucesso em todos os casos analisados na revisão (Lazar et al., 2014).

A reabilitação neurológica, foi então, o ponto de partida para aprofundarmos as funções cognitivas específicas trabalhadas em terapias com RA e RV.

3.1 FUNÇÕES COGNITIVAS TRABALHADAS EM TERAPIAS COM REALIDADE AUMENTADA

A realidade aumentada tem suscitado um grande interesse devido ao potencial para influenciar os processos relativos à atenção, incluindo a atenção seletiva e a atenção sustentada.

A atenção seletiva refere-se à capacidade de concentrar os recursos cognitivos em estímulos relevantes, filtrando simultaneamente as distrações irrelevantes. Foi demonstrado que as intervenções de RA melhoram a atenção seletiva ao dirigir a atenção dos utilizadores para estímulos digitais específicos sobrepostos no ambiente do mundo real. O estudo liderado por Josef Buchner, em 2022, demonstrou que as tarefas de formação baseadas na RA melhoraram a capacidade dos participantes para organizar seletivamente objetos-alvo numa cena visual desordenada, levando a um melhor desempenho da tarefa e à redução da distração (Buchner et al., 2022). Para além disso, as tecnologias de RA podem ajustar dinamicamente os estímulos digitais com base nas preferências do utilizador e nas exigências da tarefa, facilitando ainda mais os processos de atenção seletiva. Esta característica adaptativa dos sistemas de RA permite implementar técnicas relacionadas com a atenção personalizada, adaptadas às necessidades e com objetivos cognitivos individuais (Marougkas et al., 2023b).

A atenção sustentada, também conhecida como vigilância, refere-se à capacidade de manter a concentração e o estado de alerta durante um período prolongado. As terapias que recorrem à RA têm-se revelado promissoras para melhorar a vigilância, proporcionando experiências dinâmicas e interativas que mantêm o interesse e o envolvimento dos utilizadores ao longo do tempo. A investigação da equipa de Ngeemasara Thapa, por exemplo, demonstrou que as tarefas de treino cognitivo baseadas na RA conduziram a melhorias no desempenho da vigilância entre os idosos, com os participantes a exibirem uma maior vigilância e a reduzirem os lapsos de atenção durante a conclusão da tarefa (Thapa et al., 2020a).

Observa-se, então, que a natureza imersiva das experiências de RA pode promover a vigilância, minimizando as distrações externas e mantendo o envolvimento dos utilizadores com estímulos relevantes para a tarefa. Logo, ao integrar elementos interativos e técnicas de ramificação, as terapias ou intervenções com RA podem contribuir para manter a atenção e a motivação dos utilizadores, facilitando um ambiente de treino cognitivo mais imersivo e gratificante (Marougkas et al., 2023a).



Tem sido também possível verificar que as atividades com recurso a RA têm surgido como ferramentas promissoras para melhorar vários aspetos da memória, incluindo a memória espacial e a memória episódica. A investigação nesta área tem vindo a aprofundar a eficácia da RA na facilitação dos processos de codificação, recuperação e consolidação da memória, dando a conhecer uma perspetiva do seu potencial como técnica de melhoria da memória.

A memória espacial refere-se à capacidade de recordar e navegar em ambientes espaciais. As terapias com RA tiram partido da natureza imersiva e interativa da tecnologia para proporcionar experiências espaciais enriquecidas que estimulam os processos de memória espacial. Os estudos liderados por José Manuel Cimadevilla demonstraram que os dispositivos de navegação baseados na RA melhoraram o desempenho da memória espacial dos utilizadores, permitindo-lhes recordar informações espaciais de forma mais precisa e eficiente (Cimadevilla et al., 2023).

É interessante notar que as aplicações de RA podem sobrepor marcadores ou pistas digitais em ambientes do mundo real, proporcionando aos utilizadores informações contextuais adicionais para apoiar a recuperação da memória espacial. De acordo com alguns autores, este aumento espacial melhora os cenários, facilitando a recuperação da memória e as tarefas envolvidas na terapia (Hoe et al., 2019; Keil et al., 2020).

A memória episódica, por seu turno, envolve a lembrança de eventos e experiências específicas ligadas a um determinado tempo e lugar. As terapias com RA oferecem experiências imersivas de narração de histórias que envolvem os utilizadores em narrativas interativas, facilitando a codificação e a recuperação da memória episódica. A investigação levada a cabo por Dingler *et. al.* (2019) demonstrou que as aplicações de narração de histórias baseadas em RA melhoraram a memória episódica dos participantes, levando a uma melhor precisão de recordação e vivacidade das memórias (Dingler et al., 2021).

Paralelamente, a tecnologia de RA pode criar pistas de memória personalizadas ou ‘gatilhos’ incorporados em contextos do mundo real, provocando memórias episódicas associadas a locais ou objetos específicos. Estas pistas de memória servem como estímulos de recuperação, facilitando a recordação de memórias autobiográficas e aumentando a riqueza das experiências de memória episódica (Sheldon et al., 2020).

Em síntese, observa-se que os estudos científicos relativos à melhoria da memória através de terapias que usam a realidade aumentada (RA) põem em evidência o potencial da tecnologia de RA para melhorar tanto a memória espacial como os processos de memória episódica.

Vejam agora, o papel da RA na melhoria das funções executivas. A realidade aumentada tem também suscitado interesse como potencial ferramenta para melhorar as funções executivas, incluindo o planeamento, a resolução de problemas e a tomada de decisões. A investigação nesta área tem

explorado a eficácia das terapias com RA na melhoria dos processos cognitivos associados à função executiva, mostrando uma perspectiva do seu potencial como técnica de melhoria cognitiva.

No que diz respeito ao planeamento, as atividades envolvem a capacidade de definir objetivos, desenvolver estratégias e organizar tarefas para alcançar os resultados desejados. São criados ambientes de planeamento interativos que envolvem os utilizadores em comportamentos orientados para objetivos e processos de tomada de decisão. Defendem Han et. al (2021) que as ferramentas de planeamento baseadas em RA, melhoram a capacidade dos utilizadores de criar e executar planos em contextos reais, levando a uma conclusão mais eficiente das tarefas e à realização de objetivos (Han et al., 2021).

Para além disso, as tecnologias de RA podem fornecer aos utilizadores *feedback* em tempo real e representações visuais dos seus planos, facilitando a auto-monitorização e as estratégias de planeamento adaptativo. Este mecanismo de *feedback* em tempo real aumenta a consciência dos utilizadores sobre o seu processo de planeamento e permite-lhes ajustar os seus planos em resposta a circunstâncias ou restrições variáveis (Geisen & Klatt, 2022; Liu et al., 2012).

Quanto à resolução de problemas, atividade que envolve a capacidade de identificar, analisar e implementar soluções para problemas complexos, as terapias com RA têm como vantagem desenhar ambientes imersivos de resolução de problemas que apresentam aos utilizadores desafios e cenários interativos. As tarefas de resolução de problemas baseadas em RA melhoram a capacidade dos participantes para gerar soluções criativas e superar obstáculos, promovendo o pensamento flexível e a inovação (Alzahrani, 2020; Chang et al., 2013).

Em relação à tomada de decisões, o processo envolve a avaliação de alternativas em realizar escolhas com base nas informações e preferências disponíveis, as atividades que utilizam a RA incluem simulações de tomada de decisão, colocando os utilizadores em cenários realistas de tomada de decisão. Os estudos demonstram que as tarefas de tomada de decisão baseadas na RA podem melhorar a capacidade dos participantes para tomarem decisões informadas em situações de incerteza, conduzindo a escolhas mais exatas e confiantes (Guntur et al., 2020; Hoppenstedt et al., 2021).

Importa agora verificar os efeitos da RA na cognição espacial e nas capacidades de navegação.

A cognição espacial engloba os processos mentais envolvidos na perceção, compreensão e manipulação da informação espacial. As terapias de RA proporcionam ambientes de aprendizagem espacial interativos que envolvem os utilizadores em tarefas orientadas para o espaço, como a leitura de mapas, a localização de caminhos e tarefas de memória espacial. Alguns trabalhos demonstraram que sessões de terapia espacial baseadas na RA melhoraram as capacidades de raciocínio espacial e de rotação mental dos participantes de vários escalões etários, incluindo em idosos, conduzindo a um melhor desempenho da cognição espacial. Observou-se que as tecnologias de RA podem fornecer aos utilizadores visualizações dinâmicas e simulações interativas de conceitos espaciais, facilitando a

exploração ativa e a experimentação de relações espaciais. Este aspeto interativo das intervenções de RA promove a aprendizagem experimental e aprofunda a compreensão dos conceitos e princípios espaciais por parte dos utilizadores (Lee et al., 2016).

Em relação às capacidades de navegação, estas envolvem a possibilidade de navegar através de ambientes físicos e tarefas orientadas para o espaço, como o planeamento de rotas, o reconhecimento de pontos de referência e a orientação. As terapias com RA proporcionam ajuda de navegação interativas que sobrepõem informações digitais a ambientes do mundo real, mostrando aos utilizadores pistas e orientações para melhorar a experiência. Os sistemas de navegação baseados em AR melhoraram a eficiência e a precisão da navegação dos utilizadores, permitindo-lhes navegar em ambientes desconhecidos com maior facilidade e confiança referem (Fick et al., 2021).

Observa-se, por isso, que as tecnologias de RA podem melhorar a consciência espacial dos utilizadores, produzindo informações e visualizações contextualmente relevantes que facilitam a orientação e a atualização espacial. A sobreposição de marcadores digitais ou pistas em imagens do mundo real melhora a consciência situacional dos utilizadores e apoia estratégias de navegação eficazes, como a navegação baseada em pontos de referência e o planeamento de rotas (Jiang & Subakti, 2023; Khan et al., 2022).

Em resumo, os diferentes estudos relativos às funções cognitivas utilizadas em sessões de terapia de RA, vêm aportar informações valiosas sobre o potencial da tecnologia de RA como ferramenta de melhoria cognitiva. Com base nas perspetivas dos autores referenciados, são vários os pontos-chave que realçam os diversos benefícios da utilização de RA para a função cognitiva:

— **Maior envolvimento e imersão**

As intervenções de RA proporcionam experiências imersivas e interativas que envolvem os utilizadores em tarefas e atividades cognitivas, fomentando a participação ativa e o envolvimento em processos espaciais, de memória, de função executiva e de atenção.

— **Aprendizagem personalizada e adaptação**

As tecnologias de RA proporcionam experiências de aprendizagem personalizadas, adaptadas às necessidades e preferências cognitivas individuais, permitindo *feedback* adaptativo e personalização com base nos perfis cognitivos e objetivos de aprendizagem dos utilizadores.

— **Contextualização no mundo real**

As atividades com RA contextualizam as tarefas cognitivas em ambientes do mundo real, proporcionando aos utilizadores experiências de aprendizagem mais relevantes que preenchem a lacuna entre conceitos abstratos e aplicações práticas.

— **Aprendizagem colaborativa e social**

As tecnologias de RA facilitam as experiências de aprendizagem colaborativa e social, permitindo aos utilizadores interagir com objetos virtuais e colaborar com outros em tempo real, fomentando o trabalho em equipa, a comunicação e as competências coletivas de resolução de problemas.

— **Transferibilidade para contextos do mundo real**

As intervenções de RA promovem a transferência de competências e conhecimentos cognitivos para contextos do mundo real, permitindo aos utilizadores aplicar os conceitos e estratégias aprendidos em situações da vida quotidiana, como a orientação, a tomada de decisões e as tarefas de resolução de problemas.

Portanto, a integração de atividades de realidade aumentada (RA) em programas de terapia e reabilitação cognitiva é muito promissora para melhorar as funções cognitivas em diversas populações e contextos. Desta maneira, ao tirar partido da natureza interativa e imersiva das tecnologias de RA, os investigadores e os profissionais podem desenvolver terapias inovadoras destinadas a melhorar, nomeadamente, a atenção, a memória, a função executiva e a consciência espacial.

3.2 FUNÇÕES COGNITIVAS TRABALHADAS NAS INTERVENÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual (RV) surgiu como uma ferramenta versátil para o melhoramento cognitivo. Os investigadores têm vindo a aprofundar o seu potencial para melhorar a atenção, a memória, a função executiva e a consciência espacial através de terapias imersivas e interativas, tal como acontece com a RA.

No âmbito da neuropsicologia, a RV surgiu como uma ferramenta promissora para melhorar o controlo da atenção e a concentração, através da criação de ambientes imersivos e interativos que envolvem os utilizadores em tarefas e atividades que exigem atenção.

O controlo da atenção refere-se à capacidade de atribuir seletivamente recursos cognitivos a estímulos, inibindo simultaneamente as distrações e a informação irrelevante. As terapias que utilizam RV permitem criar programas imersivos, para treinar a atenção, que levam os utilizadores a desafiar a sua capacidade de controlo em ambientes dinâmicos e realistas. Para Freeman *et. al.* (2017) as tarefas destinadas a captar a atenção baseadas na RV melhoraram a capacidade dos participantes para manter a atenção focada e resistir a distrações, conduzindo a um maior controlo da atenção e concentração (Freeman et al., 2017). Outros autores, como a equipa de Iriarte et. al. (2016), referem que as tecnologias de RV permitem simular cenários e ambientes exigentes em termos de atenção que imitam de perto as situações do mundo real, criando oportunidades para o utilizador praticar e aperfeiçoar as suas competências de controlo da atenção em contextos ecologicamente válidos (Iriarte et al., 2016).

A concentração envolve o foco sustentado e o esforço mental necessário para manter a atenção numa tarefa ou estímulo ao longo do tempo. As plataformas de RV oferecem exercícios de treino de concentração envolventes e imersivos que desafiam a capacidade dos utilizadores de manter a atenção e resistir à fadiga mental. Diversos autores, entre eles Moulai et. al. (2024) demonstraram que as tarefas para praticar a concentração baseadas na RV melhoraram a capacidade dos participantes para manter a atenção e manter níveis de desempenho ótimos durante tarefas cognitivas prolongadas, o que conduziu a uma melhor concentração e desempenho nas tarefas (Moulai et al., 2024). Vemos então que as tecnologias de RV podem ajustar dinamicamente a dificuldade e a complexidade das tarefas com base no desempenho e no estado de atenção dos utilizadores, através de regimes adaptativos que otimizam os níveis de concentração e o envolvimento cognitivo (Ishibashi et al., 2023; Plancher et al., 2012).

Em relação ao impacto na memória, a realidade virtual (RV) tem-se mostrado promissora como ferramenta para melhorar a retenção e a recordação da memória através de experiências imersivas e interativas que envolvem os utilizadores em tarefas e atividades relacionadas com a memória. As pesquisas nesta área tem procurado perceber a eficácia das terapias de RV na melhoria de vários aspetos da memória, mostrando uma perspectiva do seu potencial como técnica de melhoria cognitiva.

A retenção da memória envolve a capacidade de armazenar e manter informações ao longo do tempo. As atividades com RV podem apresentar ambientes imersivos de codificação da memória que envolvem múltiplas modalidades sensoriais para melhorar os processos de consolidação da memória. O trabalho de Riva *et. al.* (2012) demonstrou que as tarefas de codificação da memória baseadas na RV melhoraram a retenção da memória dos participantes para informações espaciais e episódicas, levando a um aumento da precisão da recordação e da vivacidade das memórias (Riva et al., 2012).

Complementarmente, as tecnologias de RV podem fornecer indicadores contextuais e contextos espaciais que facilitam os processos de codificação e recuperação da memória, aumentando a saliência e a acessibilidade das memórias codificadas (Maples-Keller et al., 2017).

Em termos de recuperação de memória, ou seja, a capacidade de recuperar informações armazenadas na memória quando necessário, as intervenções de RV permitem aplicar exercícios interativos de recuperação da memória que desafiam as capacidades de recuperação dos utilizadores em ambientes realistas e dinâmicos. Neste domínio, o estudo realizado por Rose et. al. (2023) demonstrou que as tarefas de recuperação da memória baseadas na RV melhoraram a capacidade dos participantes para recuperar memórias autobiográficas e informações factuais, conduzindo a uma maior precisão da recuperação e coerência temporal (Betts et al., 2023).

De referir ainda que, neste contexto, as tecnologias de RV podem realizar simulações de recuperação de memória que facilitam esses processos, apoiando a recuperação de memórias associadas e reforçando os traços de memória (Freeman et al., 2017).



No âmbito da função executiva, as terapias de realidade virtual (RV) foram desenvolvidas para trabalhar áreas como a flexibilidade cognitiva, a inibição e a memória de trabalho. Estas intervenções oferecem experiências imersivas e interativas que desafiam as competências de função executiva dos utilizadores em ambientes dinâmicos e realistas. As pesquisas nesta área tem vindo a centrar-se na eficácia para a melhoria de vários aspetos da função executiva, oferecendo uma perspetiva do seu potencial como técnica de melhoria cognitiva.

No domínio da flexibilidade cognitiva, por exemplo, que diz respeito à capacidade de adaptação e de alternância entre diferentes tarefas ou conjuntos mentais, a RV tem permitido criar programas para treinar a flexibilidade cognitiva que mostram aos utilizadores cenários variáveis e imprevisíveis, exigindo que ajustem o seu comportamento e estratégias em conformidade. Estudos demonstraram que as tarefas para praticar a flexibilidade cognitiva baseadas em RV melhoraram a capacidade dos participantes de alternar entre tarefas e conjuntos mentais, levando a uma maior flexibilidade cognitiva e comportamento adaptativo (Ibrahim et al., 2016; Sadeghi et al., 2021).

Para além disso, outros autores têm vindo a defender que as tecnologias de RV podem simular ambientes complexos e dinâmicos que desafiam a flexibilidade cognitiva dos utilizadores em cenários realistas e ecologicamente válidos, proporcionando a transferência dos efeitos das simulações para situações do mundo real (Tortora et al., 2024; Zulueta et al., 2018).

No que diz respeito à inibição (que envolve a capacidade de suprimir estímulos e respostas irrelevantes ou interferentes), as terapias com RV permitem realizar exercícios de treino da inibição que desafiam as capacidades de controlo inibitório dos utilizadores em ambientes de distração e desafio (Manasse et al., 2023; Yu et al., 2023). As tecnologias de RV podem proporcionar aos utilizadores *feedback* e reforço interativos para reforçar os processos de controlo inibitório, facilitando a autorregulação e o controlo dos impulsos (Oei & Patterson, 2013; Oh et al., 2022).

Em relação à memória de trabalho, ou seja, a memória relativa à capacidade de reter e manipular informações na mente durante períodos curtos, as terapias de RV permitem criar tarefas de treino que envolvem os utilizadores em processos de codificação, manutenção e recuperação da memória em ambientes imersivos. Estudos demonstraram que as tarefas de treino da memória de trabalho baseadas em RV melhoraram a capacidade da memória de trabalho dos participantes e o desempenho em tarefas de memória de trabalho, conduzindo a um melhor funcionamento cognitivo e desempenho de tarefas (Ansado et al., 2018; De Luca et al., 2023; He et al., 2022; H. Kim et al., 2022; Prats-Bisbe et al., 2024).

Outros estudos referem também que as tecnologias de RV, podem proporcionar aos utilizadores ambientes para treinar a memória de trabalho adaptativos e personalizados que ajustam a dificuldade e a complexidade das tarefas com base nas capacidades cognitivas individuais e nos níveis de desempenho, otimizando os resultados práticos (Caglio et al., 2012).

Vejam agora o impacto das terapias de RV nas capacidades cognitivas espaciais. As terapias para treinar a navegação espacial envolvem a aquisição e o aperfeiçoamento de competências de navegação, incluindo o planejamento de rotas, o reconhecimento de pontos de referência e a orientação espacial. As terapias com RV permitem criar ambientes de navegação imersivos que simulam cenários e desafios do mundo real, exigem que os utilizadores naveguem através de paisagens e ambientes virtuais. Serino et. al (2018) conseguiram demonstrar que as tarefas de treino de navegação espacial baseadas em RV melhoraram as capacidades de orientação espacial e o desempenho de navegação dos participantes, conduzindo a melhores capacidades espaciais cognitivas e competências de navegação (Serino et al., 2017).

Complementarmente, as tecnologias de RV podem fornecer aos utilizadores *feedback* interativo e orientação para apoiar a aprendizagem da navegação e o desenvolvimento de competências, facilitando a aprendizagem espacial e os processos de consolidação da memória (Coughlan et al., 2018).

Em relação ao impacto das terapias destinadas a treinar as capacidades espaciais cognitivas (que englobam uma série de competências relacionadas com a perceção espacial, o mapeamento mental e a consciência ambiental), a RV tem vindo a demonstrar um elevado potencial para melhorar as capacidades espaciais cognitivas, criando condições para aperfeiçoar as capacidades de raciocínio e navegação espacial em ambientes realistas. Defendem vários autores que o treino de navegação espacial baseado no uso de RV melhorou as capacidades espaciais cognitivas dos participantes, incluindo a rotação mental, a memória espacial e o raciocínio espacial, conduzindo a um melhor desempenho em tarefas e avaliações cognitivas espaciais (Liao et al., 2019; Ren et al., 2024; Thapa et al., 2020b; Zhu et al., 2022).

Estudos referem também que as tecnologias de RV poderem fornecer aos utilizadores um *feedback* multissensorial e pistas espaciais que melhoram a consciência espacial e facilitam os processos de aprendizagem espacial, promovendo a transferência dos efeitos do treino para tarefas de navegação no mundo real (D.-R. Kim et al., 2023; Park, 2022).

Em síntese, a abordagem e implementação de ferramentas de realidade virtual (RV) para o aperfeiçoamento cognitivo revela um grande potencial para melhorar vários aspetos da função cognitiva, incluindo a atenção, a memória, a função executiva e a consciência espacial. Podemos, então, por em destaque as seguintes mais-valias:

— **Integração do *feedback* multissensorial**

As tecnologias de RV proporcionam aos utilizadores um *feedback* multissensorial e ambientes imersivos que envolvem múltiplas modalidades sensoriais, melhorando a relevância e o realismo das tarefas de treino cognitivo. Ao integrar meios visuais, auditivos

e tácteis, as terapias com RV constituem experiências de aprendizagem enriquecidas que promovem o envolvimento e a retenção de competências cognitivas.

— **Treino personalizado e adaptativo**

As atividades com RV podem ser adaptadas às necessidades e preferências cognitivas individuais através de programas ou terapias de treino personalizadas e adaptadas, que ajustam a dificuldade e a complexidade das tarefas com base no desempenho e no progresso dos utilizadores. Esta abordagem adaptada otimiza os resultados e promove a transferência de competências para contextos do mundo real, aumentando a eficácia e a relevância destas terapias.

— **Aplicação no mundo real e transferência dos efeitos do treino**

A natureza realista e ecologicamente válida dos ambientes de RV facilita a transferência dos efeitos do treino para tarefas e atividades do mundo real. Ao simular situações e desafios quotidianos, as atividades de RV preparam os utilizadores para tarefas de navegação, tomada de decisões e resolução de problemas no mundo real, facilitando a generalização e a aplicação das competências aprendidas em diversos contextos.

Embora a RV se mostre promissora como uma ferramenta de melhoria cognitiva, mais investigação é necessária para explorar os seus efeitos a longo prazo e eventuais limitações. Estudos futuros deverão explorar os protocolos de treino de ideais, dosagem e duração das sessões de RV, bem como fatores que influenciam as diferenças individuais na resposta ao treino cognitivo. Para além disso, a abordagem dos desafios técnicos e de utilização da tecnologia de RV pode melhorar a acessibilidade e a escalabilidade dos programas de treino cognitivo.

Em suma, a integração de atividades de realidade virtual (RV) no treino cognitivo e na reabilitação, apresenta-se bastante promissora para melhorar a função cognitiva em diversas populações e contextos. Ao criar ambientes de treino imersivos e interativos, as terapias que usam RV proporcionam abordagens inovadoras para melhorar as competências cognitivas e para promover o bem-estar cognitivo, com implicações nos cuidados de saúde, em especial da população sénior.

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA

No domínio da reabilitação e melhoria cognitiva, a realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) surgiram como tecnologias transformadoras que oferecem vias únicas de intervenção. Uma análise comparativa dos seus efeitos nas funções cognitivas, observados em 3.1 e 3.2, revela informações importantes sobre os respetivos pontos fortes e limitações, como se salienta a seguir:

3.3.1 Efeitos nas funções cognitivas:

— **Atenção**

As atividades com RV proporcionam em geral ambientes imersivos e visualmente estimulantes que podem captar e manter a atenção dos idosos de forma eficaz.

As atividades com RA, por outro lado, sobrepõem informações digitais ao mundo real, melhorando potencialmente a atenção seletiva ao direcionar o foco dos utilizadores para estímulos relevantes.

— **Memória**

A tecnologia RV pode criar contextos vívidos e imersivos de codificação e recuperação da memória, promovendo a consolidação e a recordação da memória.

A RA pode facilitar a codificação da memória, criando pistas contextuais e associações espaciais em ambientes do mundo real.

— **Função executiva**

As experiências com RV proporcionam ambientes dinâmicos e interativos que desafiam a flexibilidade cognitiva, a inibição e a memória de trabalho através de tarefas e simulações imersivas.

As experiências de RA podem fornecer *feedback* e orientação em tempo real, para apoiar a tomada de decisões e a resolução de problemas em contextos do mundo real, melhorando potencialmente as competências da função executiva.

— **Consciência espacial**

As sessões que utilizam a RV, proporcionam ambientes imersivos de treino de navegação espacial que desafiam a cognição espacial e as competências de navegação dos utilizadores, enquanto que as sessões de RA sobrepõem pistas espaciais digitais em ambientes do mundo real, melhorando potencialmente a consciência espacial e a navegação em ambientes familiares.

3.3.2 Pontos fortes e limitações:

— **Pontos fortes da RA**

As experiências com RA integram-se perfeitamente em ambientes do mundo real, fornecendo informações contextualmente relevantes e melhorando a consciência situacional.

As tecnologias de RA são frequentemente mais acessíveis e fáceis de utilizar, exigindo um equipamento e uma configuração mínimos em comparação com os sistemas de RV.

— **Limitações da RA**

As sessões com RA podem ser limitadas pela disponibilidade e exatidão dos dados espaciais do mundo real, o que pode afetar a eficácia do aumento espacial.

As tecnologias de RA podem ter dificuldade em criar experiências imersivas e envolventes em comparação com a RV, limitando eventualmente a sua eficácia em determinadas tarefas de treino cognitivo.

— **Pontos fortes da RV**

As experiências com RV permitem um controlo total sobre o ambiente virtual, permitindo cenários de treino adaptados e personalizáveis.

As tecnologias de RV podem proporcionar simulações imersivas e realistas de cenários e ambientes complexos, promovendo a transferência dos efeitos do treino para tarefas do mundo real.

— **Limitações da RV**

A utilização de RV pode exigir equipamento e configuração especializados, limitando a acessibilidade e a escalabilidade, particularmente para os idosos ou indivíduos com problemas de mobilidade.

As tecnologias de RV podem induzir desconforto em alguns utilizadores, com potencial impacto no seu envolvimento e na adesão aos programas de treino.

Podemos então inferir que, tanto as sessões de RA como as de RV, constituem oportunidades únicas para a reabilitação e o aperfeiçoamento cognitivos, com vantagens e desafios diferenciados. Ao compreender este contexto, os técnicos e terapeutas podem tomar decisões mais informadas sobre a seleção e implementação de tecnologias de RA e RV em programas de treino cognitivo.

Embora as experiências de realidade aumentada e de realidade virtual apresentem vantagens e desafios distintos, a sua natureza complementar permite antever grandes oportunidades para o futuro da reabilitação e do aperfeiçoamento cognitivos. Ao tirar partido dos pontos fortes das tecnologias de RA e RV, os investigadores e os profissionais podem continuar a inovar e a melhorar os programas de treino cognitivo em geral, e em especial, no contexto dos idosos residentes em unidades especializadas.

4 ESTUDOS DE CASO E PROJETOS-PILOTO BEM SUCEDIDOS

Nos últimos anos, as tecnologias de realidade aumentada (RA) e de realidade virtual (RV) têm surgido como ferramentas promissoras para melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos idosos, tal como temos vindo a demonstrar. Desde a reabilitação cognitiva à promoção da atividade física e ao envolvimento social, as terapias com RA e RV constituem-se como soluções inovadoras para responder às diversas necessidades de uma parte da população sénior em contexto de cuidados assistidos ou residências sénior.

Neste capítulo, apresentamos uma visão geral de estudos de caso e projetos-piloto bem-sucedidos que utilizam tecnologias de RA e RV em idosos, destacando as suas aplicações, resultados e implicações para a prática e a investigação.

Através da observação de projetos concretos, obtemos informações adicionais, que consideramos muitos relevantes, sobre o potencial transformador da RA e da RV na promoção da saúde, da independência e melhor qualidade de vida dos idosos.

Fig. 1 - Using Augmented Reality for Dementia Diagnostics and Therapeutics¹



Fonte: Neelem Sheikh (2022)

A seguir apresenta-se uma síntese de alguns dos projetos consultados (podendo dizer-se, que já são em número significativo e focam uma grande diversidade de abordagens):

— **Effectiveness of an Exercise Program for Older Adults Using an Augmented Reality Exercise Platform: A Pilot Study²**

Eficácia de um programa de exercício para adultos idosos utilizando uma plataforma de exercício de realidade aumentada: Um estudo piloto

Autores: Park, TS & Shin, MJ.

Principais resultados: Os resultados deste estudo confirmaram alterações nas funções físicas e cognitivas de mulheres idosas que participaram num programa de exercício baseado em RA durante 6 semanas. O programa de exercícios foi confirmado como sendo eficaz (mesmo com o curto período de intervenção de 6 semanas. No futuro, devem ser realizados mais programas de exercício baseados na comunidade para idosos, com base no equipamento de exercício de RA utilizado neste estudo. É importante manter os idosos que vivem na comunidade interessados em participar em programas de exercício para gerir a sua saúde.

¹ Fonte: <https://altoida.com/blog/using-augmented-reality-for-dementia-diagnostics-and-therapeutics/>

² Bibliografia: Park TS, Shin MJ. Effectiveness of an Exercise Program for Older Adults Using an Augmented Reality Exercise Platform: A Pilot Study. *Ann Geriatr Med Res.* 2023 Mar;27(1):73-79. doi: 10.4235/agmr.23.0016. Epub 2023 Mar 22. PMID: 36945873; PMCID: PMC10073971.

— **Effect of virtual reality exercises on balance and fall in elderly people with fall risk: a randomized controlled trial³**

Efeito dos exercícios de realidade virtual no equilíbrio e nas quedas em idosos com risco de queda: um ensaio aleatório controlado

Autores: Zahedian-Nasab, N., Jaber, A., Shirazi, F., & Kavousipor, S.

Principais resultados: De acordo com os resultados investigação, 6 semanas de exercícios de equilíbrio com RV podem melhorar o equilíbrio e o medo de cair entre os idosos que vivem em lares de idosos.

— **The Effect of Reminiscence Therapy Using Virtual Reality on Apathy in Residential Aged Care: Multisite Nonrandomized Controlled Trial⁴**

O Efeito da Terapia de Reminiscência Usando Realidade Virtual na Apatia em Cuidados Residenciais para Idosos: Ensaio controlado não aleatório em vários locais

Autores: Saredakis D, Keage HA, Corlis M, Ghezzi ES, Loffler H, Loetscher T.

Principais resultados: Embora não tenha sido encontrada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre o grupo de RV e o grupo de controlo ativo, o estudo demonstra que a RV pode ser implementada num contexto de cuidados a idosos usando protocolos corretos e que os residentes em unidades de cuidados a idosos gostam do processo de recordação. A utilização da RV permite o acesso a uma vasta gama de conteúdos, que está sempre a aumentar, e as instalações de cuidados a idosos podem ser capazes de utilizar a RV noutros contextos, por exemplo, em atividades de estilo de vida, de música ou viagens.

— **NavMarkAR: A Landmark-based Augmented Reality (AR) Wayfinding System for Enhancing Spatial Learning of Older Adults⁵**

NavMarkAR: Um sistema de orientação por Realidade Aumentada (RA) baseado em marcos para melhorar a aprendizagem espacial dos idosos

Autores: Qiu, Z., Ashour, M., Zhou, X., & Kalantari, S.

Principais resultados: Os resultados do estudo deram três grandes contribuições para este domínio. Em primeiro lugar, demonstraram que a orientação de navegação multimodal em RA pode ser altamente eficaz para ajudar os idosos a chegar ao seu destino; em segundo lugar, o *design* baseado em pontos de referência foi eficaz para os ajudar a adquirir

³ Bibliografia: Zahedian-Nasab, N., Jaber, A., Shirazi, F., & Kavousipor, S. (2021). Effect of virtual reality exercises on balance and fall in elderly people with fall risk: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 21(1), 509. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02462-w>.

⁴ Bibliografia: Saredakis D, Keage HA, Corlis M, Ghezzi ES, Loffler H, Loetscher T., The Effect of Reminiscence Therapy Using Virtual Reality on Apathy in Residential Aged Care: Multisite Nonrandomized Controlled Trial *J Med Internet Res* 2021;23(9):e29210, doi: 10.2196/29210

⁵ Bibliografia: Qiu, Z., Ashour, M., Zhou, X., & Kalantari, S. (2023). NavMarkAR: A Landmark-based Augmented Reality (AR) Wayfinding System for Enhancing Spatial Learning of Older Adults. *ArXiv*, abs/2311.12220.

conhecimento aloccêntrico em ambientes interiores; por último, os inquéritos e entrevistas revelaram informações importantes sobre as perspectivas e necessidades dos idosos no contexto da utilização do sistema, conduzindo a um conjunto de recomendações de *design* específicas para ferramentas de navegação com RA.

— **Immersive Virtual Reality-Based Cognitive Intervention for the Improvement of Cognitive Function, Depression, and Perceived Stress in Older Adults With Mild Cognitive Impairment and Mild Dementia: Pilot Pre-Post Study⁶**

Intervenção Cognitiva Imersiva Baseada na Realidade Virtual para a Melhoria da Função Cognitiva, Depressão e Stress Aparentado em Adultos Idosos com Deficiência Cognitiva Ligeira e Demência Ligeira: Estudo Piloto.

Autores: Zhu, K., Zhang, Q., He, B., Huang, M., Lin, R., & Li, H.

Principais resultados: A utilização do sistema CVSM pode ser eficaz para melhorar a função cognitiva dos pacientes com DCL e DM, incluindo a função cognitiva geral, a memória, a função executiva e a atenção. A tecnologia IVR enriquece as abordagens de intervenção cognitiva e proporciona um treino cognitivo aceitável, profissional, personalizado e interessante para idosos com deficiência cognitiva.

— **Impact of Virtual Reality-Based Group Activities on Activity Level and Well-Being Among Older Adults in Nursing Homes: Longitudinal Exploratory Study⁷**

Impacto das Atividades de Grupo Baseadas na Realidade Virtual no Nível de Atividade e Bem-Estar dos Idosos em Lares de Idosos: Estudo Exploratório Longitudinal.

Autores: Li Y, Wilke C, Shiyanov I, Muschalla B.

Principais resultados: Este estudo apresenta uma perspectiva nova e original, produzindo novos conhecimentos sobre a utilização da RV em lares de idosos. A utilização da RV foi bem aceite e cumpriu o objetivo de aumentar a capacidade e o bem-estar. Pode ser uma atividade de grupo muito importante, para os idosos em unidades de residência sénior, para melhorar a interação social do grupo. Para obter provas mais sólidas, são necessários ensaios aleatórios controlados.

— **Fully Immersive Virtual Reality Using 360° Videos to Manage Well-Being in Older Adults: A Scoping Review⁸**

⁶ Bibliografia: Zhu, K., Zhang, Q., He, B., Huang, M., Lin, R., & Li, H. (2022). Immersive Virtual Reality-Based Cognitive Intervention for the Improvement of Cognitive Function, Depression, and Perceived Stress in Older Adults With Mild Cognitive Impairment and Mild Dementia: Pilot Pre-Post Study. *JMIR serious games*, 10(1), e32117. <https://doi.org/10.2196/32117>.

⁷ Bibliografia: Li Y, Wilke C, Shiyanov I, Muschalla B, Impact of Virtual Reality-Based Group Activities on Activity Level and Well-Being Among Older Adults in Nursing Homes: Longitudinal Exploratory Study. *JMIR Serious Games* 2024;12:e50796. doi: 10.2196/50796

⁸ Bibliografia: J. Restout, I. Bernache-Assollant, C. Morizio, A. Boujut, L. Angelini, A. Tchalla, A. Perrochon, (2023) Fully Immersive Virtual Reality Using 360° Videos to Manage Well-Being in Older Adults: A Scoping Review, *Journal of the*



Realidade Virtual Totalmente Imersiva Utilizando Vídeos 360° para Gerir o Bem-Estar em Idosos: Uma revisão de âmbito geral

Autores: J. Restout, I. Bernache-Assollant, C. Morizio, A. Boujut, L. Angelini, A. Tchalla, A. Perrochon,

Principais resultados: A utilização de vídeos de RV a 360° parece viável em idosos que vivem na comunidade ou em instalações residenciais de cuidados a idosos, uma vez que são seguros e proporcionam prazer. Constitui uma ferramenta terapêutica emergente e promissora para gerir perturbações psicossociais. Esta revisão reuniu considerações-chave para a conceção e implementação de intervenções utilizando vídeos de RV 360° na prática clínica.

— **Using a Nature-Based Virtual Reality Environment for Improving Mood States and Cognitive Engagement in Older Adults: A Mixed-Method Feasibility Study⁹**

Utilização de um ambiente de realidade virtual baseado na natureza para melhorar os estados de humor e o empenhamento cognitivo em idosos: Um estudo de viabilidade de método misto

Autores: Saleh Kalantari, Tong Bill Xu, Armin Mostafavi, Angella Lee, Ruth Barankevich, Walter R Boot, Sara J Czaja

Principais resultados: Os resultados indicaram melhorias significativas nas dimensões "bom humor" e "calma" após a exposição à RV, bem como melhorias nas atitudes em relação à tecnologia. Os resultados positivos foram significativamente maiores para os participantes com deficiências físicas, em comparação com aqueles sem deficiências. As entrevistas de *feedback* forneceram uma variedade de sugestões úteis sobre formas de melhorar o *design* e o conteúdo do equipamento de RV, para corresponder às necessidades de uma população mais idosa.

— **Using Virtual Reality for Cognitive Training of the Elderly¹⁰**

Utilização da realidade virtual para o treino cognitivo dos idosos

Autores: García-Betances RI, Jiménez-Mixco V, Arredondo MT, Cabrera-Umpiérrez MF.

Principais resultados: Os sistemas de treino cognitivo, baseados na realidade virtual são capazes de atingir os objetivos esperados nas pessoas afetadas por deficiências cognitivas

American Medical Directors Association, Volume 24, Issue 4, Pages 564-572, <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2022.12.026>.

⁹ Bibliografia: Saleh Kalantari, Tong Bill Xu, Armin Mostafavi, Angella Lee, Ruth Barankevich, Walter R Boot, Sara J Czaja, Using a Nature-Based Virtual Reality Environment for Improving Mood States and Cognitive Engagement in Older Adults: A Mixed-Method Feasibility Study, *Innovation in Aging*, Volume 6, Issue 3, 2022, igac015, <https://doi.org/10.1093/geroni/igac015>

¹⁰ Bibliografia: García-Betances RI, Jiménez-Mixco V, Arredondo MT, Cabrera-Umpiérrez MF. (2015) Using Virtual Reality for Cognitive Training of the Elderly. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*®.;30(1):49-54. doi:10.1177/1533317514545866

relacionadas com a idade. Apoiam os procedimentos de atenuação dos sintomas comportamentais e psicológicos de doentes com DCL e DA em fase inicial, para melhor satisfazer as necessidades específicas de reabilitação destes doentes, bem como os requisitos para a realização das sessões por parte dos prestadores de cuidados. Para além da relevância geral das contribuições para o estado atual da arte sobre o treino cognitivo, uma característica que se evidencia na implementação de sistemas de treino de TC com RV, é a dependência de uma intensa colaboração multidisciplinar durante as fases de inovação e conceção do sistema, bem como o elevado nível de envolvimento por parte dos doentes, médicos investigadores, especialistas técnicos e prestadores de cuidados.

— **A Review of Extended Reality Exercise Games for Elderly**¹¹

Uma análise dos jogos de exercício de realidade alargada para idosos

Autores: Fu, Y.; Hu, Y.; Sundstedt, V. and Forsell, Y.

Principais resultados: O efeito positivo destes jogos foi comum nos resultados da investigação. Mesmo que existam problemas, como o enjoo no simulador, os riscos de segurança, os problemas do dispositivo e o custo, ainda há oportunidades e espaço para investigação e desenvolvimento no futuro. A atitude globalmente positiva em relação aos jogos de exercício XR para idosos, pode ser vista tanto pelos investigadores como pelos criadores e utilizadores. No entanto, estas aplicações de jogos também apresentam alguns problemas e são necessárias melhorias futuras. A análise apresentada é benéfica para os investigadores e os criadores desenvolverem ou melhorarem futuras aplicações XR, aprendendo com o trabalho existente.

— **Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games**¹²

Treino cognitivo em doentes com AVC através de jogos baseados em realidade virtual

Autores: Pedro Gamito, Jorge Oliveira, Carla Coelho, Diogo Morais, Paulo Lopes, José Pacheco, Rodrigo Brito, Fábio Soares, Nuno Santos, and Ana Filipa Barata

Principais resultados: Os resultados globais apontam para a necessidade de mais apoio à utilização de aplicações de treino cognitivo com RV na reabilitação neuropsicológica.

— **PTSD Elderly War Veterans: A Clinical Controlled Pilot Study**¹³

PTSD em Veteranos de Guerra Idosos: Um Estudo Piloto Clínico Controlado

¹¹ Bibliografia: Fu, Y.; Hu, Y.; Sundstedt, V. and Forsell, Y. (2022). A Review of Extended Reality Exercise Games for Elderly. In Proceedings of the 15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2022) - HEALTHINF; ISBN 978-989-758-552-4; ISSN 2184-4305, SciTePress, pages 201-210. DOI: 10.5220/0010907800003123

¹² Bibliografia: Gamito et. al. (2015). Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disabil Rehabil, Early Online*: 1-4.

¹³ Bibliografia: Gamito et. al. (2010). PTSD Elderly War Veterans: A Clinical Controlled Pilot Study. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Volume 13, Number 1, 43-48.

Autores: Pedro Gamito, Jorge Oliveira, Pedro Rosa, Diogo Morais, Nuno Duarte, Susana Oliveira, and Tomaz Saraiva.

Principais resultados: Os doentes inscritos no grupo VG apresentaram uma redução estatística das perturbações associadas à PTSD, como a depressão e ansiedade. Longe de ser conclusivo, este estudo piloto apresenta, no entanto, alguns dados promissores sobre a utilização da RV em populações de veteranos de guerra.

— **Relaxing in virtual reality: one synthetic agent relaxes all¹⁴**

Relaxamento na realidade virtual: um agente sintético relaxa todos

Autores: Pedro Gamito, Teresa Souto, Ana Rita Conde, Ágata Salvador, Maria José Ferreira, João Alves de Sousa, Marco Ferreira, Fábio Dias, Shivani Atul, Rita Pereira, Edna Távora, Inês Maia, Jorge Oliveira.

Principais resultados: Os resultados sugerem que a presença de um personagem humanoide não familiar não foi percebida como um elemento dissonante no ambiente e não influenciou negativamente o resultado do relaxamento. Este estudo lança as bases para estudos futuros que possam apresentar uma visão sobre as características ótimas de um SyA, contribuindo para o desenvolvimento de aplicações digitais acessíveis e benéficas para uma vasta gama de indivíduos em contextos clínicos e não clínicos.

— **Virtual Reality-Based Cognitive Stimulation on People with Mild to Moderate Dementia due to Alzheimer’s Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial¹⁵**

Estimulação cognitiva baseada na realidade virtual em pessoas com Demência Ligeira a Moderada devido à Doença de Alzheimer: Um Ensaio Piloto Randomizado e Controlado

Autores: Jorge Oliveira, Pedro Gamito, Teresa Souto, Rita Conde, Maria Ferreira, Tatiana Corotnean, Adriano Fernandes, Henrique Silva and Teresa Neto

Principais resultados: Os resultados preliminares sugerem uma melhoria na função cognitiva global no grupo experimental, com um tamanho de efeito correspondente a um grande efeito na cognição global, o que sugere que esta abordagem é eficaz para a estimulação neurocognitiva em idosos com demência, contribuindo para a manutenção da função cognitiva na DA.

Estes estudos e projetos-piloto bem-sucedidos colocam em evidência o potencial transformador das tecnologias de realidade aumentada (RA) e de realidade virtual (RV) na melhoria do bem-estar e da qualidade de vida dos idosos em ambientes de cuidados residenciais. Desde a reabilitação cognitiva

¹⁴ Bibliografia: Gamito et. al. (2010). PTSD Elderly War Veterans: A Clinical Controlled Pilot Study. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Volume 13, Number 1, 43-48.

¹⁵ Bibliografia: Oliveira et. al. (2010). Virtual Reality-Based Cognitive Stimulation on People with Mild to Moderate Dementia due to Alzheimer’s Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 5290. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105290>.



e a promoção da atividade física até ao envolvimento social ao bem-estar emocional, a tecnologia de RA e RV tem vindo a permitir criar soluções versáteis para responder às diversas necessidades dos idosos, com o objetivo de criar uma maior independência, autonomia e melhor qualidade de vida.

Os projetos implementados no mundo real demonstram a viabilidade, a aceitabilidade e a eficácia das tecnologias de RA e RV no apoio a vários aspetos da vida sénior¹⁶, desde atividades quotidianas a sessões especializadas orientadas para condições de saúde específicos.

Os resultados positivos observados em diferentes estudos destacam a importância de abordagens personalizadas e centradas na pessoa, nos exercícios com RA e RV, tendo em conta as preferências, capacidades e objetivos únicos dos idosos.

Em termos de perspetivas futuras, entendemos que esta é uma área de investigação em franco desenvolvimento, e que será possível aproveitar muito do potencial das tecnologias de RA e RV em contextos de cuidados a idosos. Isto inclui o desenvolvimento de novas aplicações, o aperfeiçoamento de protocolos de intervenção e a resolução de desafios técnicos e de utilização para melhorar a acessibilidade e a escalabilidade. Da mesma forma, preconizamos que a colaboração entre investigadores, profissionais, partes interessadas da indústria e os próprios idosos, são essenciais para co-criar e implementar soluções de RA e RV que satisfaçam verdadeiramente as necessidades e aspirações dos idosos que vivem em instalações de cuidados residenciais.

Em nossa opinião, os estudos de caso e os projetos-piloto de sucesso destacados neste ponto, servem como exemplos inspiradores de como as tecnologias de RA e RV podem capacitar os idosos a viverem vidas gratificantes e significativas, em especial em ambiente de residência sénior. Ao abraçar a inovação e alavancar a implementação de soluções com RA e RV, podemos continuar a avançar no campo dos cuidados aos idosos e promover a saúde, o bem-estar e a dignidade para todos os idosos.

5 PRINCIPAIS DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO

Para completar este estudo, importa compreender os principais desafios enfrentados atualmente na implementação de tecnologias de RA e RV, na população idosa.

As tecnologias de realidade aumentada (RA) e de realidade virtual (RV) são imensamente promissoras para melhorar vários aspetos dos cuidados aos idosos, desde a reabilitação cognitiva ao envolvimento social e à promoção da atividade física, como demonstrado na literatura consultada. No entanto, a implementação bem-sucedida de terapias com RA e RV nos idosos enfrenta vários desafios. Neste capítulo, elencamos os alguns dos principais obstáculos e considerações que impedem a adoção e utilização generalizada das tecnologias de RA e RV entre os idosos:

— Rejeição de dispositivos

¹⁶ Cf. Anexo 1.

Um dos principais desafios para a implementação de tecnologias de RA e RV nos cuidados com idosos, é a potencial resistência ou rejeição desses dispositivos. Os idosos podem perceber os dispositivos de RA e RV como desconhecidos ou intimidantes, levando à relutância em usá-los (Czaja et al., 2018). As preocupações com a complexidade, a utilização e o desconforto podem contribuir ainda mais para a rejeição do dispositivo entre os adultos idosos, impactando a eficácia e a aceitação das intervenções com RA e RV (Creed et al., 2023).

— **Questões de saúde**

Problemas de saúde, incluindo deficiências visuais, distúrbios vestibulares e enjoo, podem representar barreiras significativas para o uso de tecnologias de RA e RV na população idosa. As deficiências visuais, como a redução da acuidade e da sensibilidade ao contraste, podem afetar a capacidade de os idosos perceberem e interagirem eficazmente com os conteúdos de RA e RV (Bennett et al., 2019). Da mesma forma, os distúrbios vestibulares e a doença de movimento podem exacerbar o desconforto e a desorientação ao usar auscultadores de RV, limitando a viabilidade e a aceitação das sessões de RV (Doré et al., 2023).

— **Desafios técnicos**

Os desafios técnicos relacionados com limitações de hardware, compatibilidade de software e problemas de conectividade podem impedir a implementação de tecnologias de RA e RV em ambientes de cuidados a idosos. Os idosos podem encontrar dificuldades na configuração e calibração dos dispositivos de RA e RV, exigindo apoio e assistência adicionais dos cuidadores ou do pessoal técnico (Torous et al., 2019). Para além disso, os problemas de compatibilidade entre as plataformas, as aplicações e os sistemas operativos de RA e RV podem dificultar a integração e a interoperabilidade perfeitas, complicando a implementação de intervenções de RA e RV (Nazar & Subash, 2024; Tusher et al., 2024).

— **Custo e acessibilidade**

As considerações de custo e as barreiras de acessibilidade representam desafios importantes para a implementação de tecnologias de RA e RV em instalações de cuidados para idosos. O alto custo dos dispositivos de RA e RV, das licenças de software e serviços de suporte técnico, pode limitar a sua acessibilidade e disponibilidade, principalmente para organizações menores ou com poucos recursos (Chirico et al., 2023). Por outro lado, as preocupações de acessibilidade relacionadas com deficiências físicas, deficiências cognitivas e barreiras linguísticas podem restringir ainda mais o acesso dos idosos às terapias de RA e RV, exacerbando as disparidades na adoção de tecnologia e nos resultados de saúde (Hung et al., 2023).

— Questões éticas

As considerações éticas que envolvem a utilização de tecnologias de RA e RV nos cuidados a idosos também devem ser abordadas. Estas considerações incluem questões relacionadas com a privacidade, a segurança dos dados, o consentimento informado e os potenciais efeitos psicológicos não intencionais ou manipulação. Deve-se prestar atenção cuidadosa para garantir que a utilização de RA e RV siga os princípios éticos, respeitem a autonomia e a dignidade dos idosos e deem prioridade ao seu bem-estar (Creed et al., 2023b; Parsons, 2021; Zhou et al., 2023).

Um outro aspeto fundamental é o relacionado com questões de saúde para além das descritas anteriormente. Vários problemas de saúde, como os distúrbios vestibulares e enjoo, podem representar barreiras importantes para o uso de tecnologias de RA e RV entre a população sénior. Estas e outras condições médicas podem afetar a viabilidade, a segurança e a eficácia das terapias com RA e RV, exigindo uma análise cuidadosa e a adaptação de soluções baseadas na tecnologia. Entre as condições físicas mais relevantes, destacamos: epilepsia e enxaquecas, doenças cardíacas e outras doenças e condições similares (Doré et al., 2023; Wang et al., 2023).

As pessoas com epilepsia ou enxaquecas podem ser sensíveis a determinados estímulos visuais, como luzes intermitentes ou movimentos rápidos, que podem desencadear convulsões ou dores de cabeça. Por conseguinte, os conteúdos de RA e RV devem evitar elementos que possam provocar reações adversas em indivíduos suscetíveis. Os indivíduos com epilepsia devem também ser acompanhados de perto durante as experiências com RV, para garantir a sua segurança e bem-estar (Brinciotti et al., 2021; D’Agnano et al., 2023; Fisher et al., 2022; Gray et al., 2023).

Por seu turno, os idosos com problemas cardíacos, como arritmias ou doenças cardiovasculares, podem correr o risco de sofrer eventos cardiovasculares adversos durante experiências imersivas de RV. A exposição prolongada a ambientes de RV com atividade física intensa ou stress emocional, pode exacerbar problemas cardíacos subjacentes e deve ser evitada ou cuidadosamente monitorizada (Bouraghi et al., 2023; Micheluzzi et al., 2024; Szczepańska-Gieracha et al., 2021). Daí que os profissionais de saúde devem avaliar a saúde cardíaca dos idosos antes de recomendar intervenções de RV e fornecer orientação e supervisão adequadas.

As deficiências cognitivas, como a demência ou a doença de Alzheimer, podem afetar a capacidade dos utilizadores de navegar nas interfaces de RA e RV ou de compreender instruções complexas (Cushman et al., 2008; Matsangidou et al., 2023; Wenk et al., 2023). As intervenções e adaptações devem ser feitas de acordo com as necessidades e desafios específicos dos indivíduos com essas incapacidades. Daí que, apesar do imenso potencial das tecnologias de RA e RV nos cuidados com idosos, vários desafios devem ser abordados para facilitar sua implementação bem-sucedida e adoção generalizada. Ao compreender e abordar questões relacionadas à rejeição de dispositivos,

considerações de saúde, desafios técnicos e barreiras de custo e acessibilidade, investigadores, profissionais e formuladores de políticas, podem trabalhar juntos para superar esses obstáculos e aproveitar o poder transformador das tecnologias de RA e RV (Babalola et al., 2023; Creed et al., 2023a; Hung et al., 2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da literatura consultada, podemos inferir que a integração de tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e de Realidade Virtual (RV) no contexto de cuidados seniores é uma grande promessa para melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos idosos.

Relativamente aos benefícios da RA e RV, o recurso a estas tecnologias permite desenvolver soluções inovadoras para trabalhar vários aspetos dos cuidados aos idosos, incluindo a reabilitação cognitiva, a promoção da atividade física, o envolvimento social e o bem-estar emocional. Estas tecnologias demonstraram eficácia na melhoria da função cognitiva, na redução dos incidentes de quedas, na melhoria da interação social e na promoção do relaxamento entre idosos.

Através dos estudos de caso e dos projetos-piloto de sucesso, foi possível colocar em destaque várias ideias-chave sobre os potenciais benefícios e considerações dos exercícios com RA e RV nos cuidados a idosos.

Do ponto de vista dos desafios, observa-se que apesar dos benefícios evidenciados, a implementação de tecnologias de RA e RV, enfrenta vários obstáculos, tais como a rejeição de dispositivos, problemas de saúde, desafios técnicos e barreiras de custo e acessibilidade. A resolução destes obstáculos, especialmente os externos aos idosos, é crucial para garantir a adoção e a utilização bem sucedidas das sessões de RA e RV em ambiente de cuidados a idosos.

Do nosso ponto de vista, um outro aspeto muito relevante neste contexto, são as tendências futuras da Realidade Estendida ou Alargada (XR) para doentes idosos. Este campo, que como vimos, engloba a RA, a RV e a realidade mista (RM), está preparado para avançar ainda mais no domínio dos cuidados a idosos. As tendências futuras em XR para pacientes idosos podem incluir:

- **Exercícios personalizadas:** Utilizando as análises de dados avançadas e algoritmos de aprendizagem automática para adaptar as sessões de RA e RV às preferências, capacidades e necessidades de saúde individuais.
- **Experiências imersivas:** Melhorar o realismo e o envolvimento das experiências de RA e RV através do desenvolvimento de tecnologias imersivas, como *feedback* háptico, áudio espacial e gráficos ‘fotorrealistas’.
- **Monitorização remota e telessaúde:** Integração de tecnologias de RA e RV em plataformas de telessaúde para permitir a monitorização remota, a avaliação e a prestação de cuidados a doentes idosos nas suas casas ou em instalações de cuidados residenciais.

- **Aplicações terapêuticas:** Desenvolvimento de novas aplicações terapêuticas da RA e RV nos cuidados a idosos, incluindo a gestão da dor, a redução do stress, a terapia da reminiscência e a formação da atenção plena.
- **Relacionamento social:** Alavancar a RA e a RV para facilitar o relacionamento social e o envolvimento da comunidade entre idosos isolados ou retidos em casa através da socialização virtual, atividades de grupo e experiências partilhadas.

Paralelamente, é expectável que estudos futuros se foquem na investigação dos efeitos a longo prazo e a sustentabilidade das terapias com RA e RV nos resultados de saúde e na qualidade de vida dos idosos, tais como, compreender os mecanismos subjacentes aos benefícios terapêuticos das tecnologias de RA e RV, incluindo fatores neurobiológicos, psicológicos e sociais; abordar as disparidades no acesso e na adoção de terapias com RA e RV entre diversas populações de idosos, incluindo aqueles com deficiências físicas, deficiências cognitivas e desvantagens socioeconómicas; desenvolver diretrizes baseadas em evidências e melhores práticas para a conceção, implementação e avaliação dos exercícios com RA e RV em ambientes de cuidados a idosos.

Simultaneamente, a implementação bem sucedida de terapias com realidade estendida nos cuidados a idosos, requer a experiência de terapeutas com formação adequada, que possam adaptar as intervenções às necessidades e capacidades cognitivas de cada doente, colaborando estreitamente com os neurologistas, para garantir o alinhamento entre os objetivos clínicos e as considerações neurológicas.

Por fim, importa referir que este estudo sobre o estado da arte e revisão da literatura foi realizado no contexto de uma proposta de implementação da iniciativa ‘MindScape – Projeto de Realidade Aumentada e Realidade Virtual’ numa residência sénior situada na cidade do Porto, Portugal. O principal objetivo da iniciativa é o de aproveitar o poder da tecnologia da realidade aumentada e da realidade virtual, para melhorar o bem-estar cognitivo dos idosos internados. Após o teste piloto, a realizar no segundo semestre de 2024, pretende-se alargar a experiência a outras residências seniores portuguesas, através da implementação de programas devidamente estruturados e acompanhados. O projeto-piloto da iniciativa ‘MindScape’ contará com a colaboração de psicólogos, terapeutas e estudantes universitários a título *pro bono*, e com o patrocínio financeiro da Associação Positive Life. No futuro, será submetida uma candidatura a fundos disponibilizados pela União Europeia, no âmbito de programas de *Digital Health* ou da Economia Social, o que permitirá escalar o projeto de forma replica-lo no maior número possível de instituições seniores portuguesas.



REFERÊNCIAS

- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented Reality: A Systematic Review of Its Benefits and Challenges in E-learning Contexts. *Applied Sciences*, *10*(16), 5660. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Ansado, J., Chasen, C., Northoff, G., Bouchard, S., & Brulé, J. (2018). The Virtual Reality Working-Memory-Training Program (VR WORK M): Description of an individualized, integrated program. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, *16*, 101–108.
- Babalola, A., Manu, P., Cheung, C., Yunusa-Kaltungo, A., & Bartolo, P. (2023). A systematic review of the application of immersive technologies for safety and health management in the construction sector. *Journal of Safety Research*, *85*, 66–85. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.01.007>
- Bennett, C. R., Bex, P. J., Bauer, C. M., & Merabet, L. B. (2019). The Assessment of Visual Function and Functional Vision. *Seminars in Pediatric Neurology*, *31*, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2019.05.006>
- Betts, K., Reddy, P., Galoyan, T., Delaney, B., McEachron, D. L., Izzetoglu, K., & Shewokis, P. A. (2023). An Examination of the Effects of Virtual Reality Training on Spatial Visualization and Transfer of Learning. *Brain Sciences*, *13*(6), 890. <https://doi.org/10.3390/brainsci13060890>
- Bouraghi, H., Mohammadpour, A., Khodaveisi, T., Ghazisaeedi, M., Saeedi, S., & Familgarosian, S. (2023). Virtual Reality and Cardiac Diseases: A Systematic Review of Applications and Effects. *Journal of Healthcare Engineering*, *2023*, 1–20. <https://doi.org/10.1155/2023/8171057>
- Brinciotti, M., Wilkins, A. J., Penacchio, O., & Matricardi, M. (2021). Pattern-sensitive patients with epilepsy use uncomfortable visual stimuli to self-induce seizures. *Epilepsy & Behavior*, *122*, 108189. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2021.108189>
- Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2022). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, *38*(1), 285–303. <https://doi.org/10.1111/jcal.12617>
- Caglio, M., Latini-Corazzini, L., D'Agata, F., Cauda, F., Sacco, K., Monteverdi, S., Zettin, M., Duca, S., & Geminiani, G. (2012). Virtual navigation for memory rehabilitation in a traumatic brain injured patient. *Neurocase*, *18*(2), 123–131. <https://doi.org/10.1080/13554794.2011.568499>
- Chang, Y.-J., Kang, Y.-S., & Huang, P.-C. (2013). An augmented reality (AR)-based vocational task prompting system for people with cognitive impairments. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(10), 3049–3056. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.026>
- Chirico, A., Avellone, M., Palombi, T., Alivernini, F., Alessandri, G., Filosa, L., Pistella, J., Baiocco, R., & Lucidi, F. (2023). Exploring the Psychological Nexus of Virtual and Augmented Reality on Physical Activity in Older Adults: A Rapid Review. *Behavioral Sciences*, *14*(1), 31. <https://doi.org/10.3390/bs14010031>
- Cimadevilla, J. M., Nori, R., & Piccardi, L. (2023). Application of Virtual Reality in Spatial Memory. *Brain Sciences*, *13*(12), 1621. <https://doi.org/10.3390/brainsci13121621>
- Clare, L., & Woods, B. (2003). Cognitive rehabilitation and cognitive training for early-stage Alzheimer's disease and vascular dementia. In L. Clare (Ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003260>



Coughlan, G., Laczó, J., Hort, J., Minihane, A.-M., & Hornberger, M. (2018). Spatial navigation deficits — overlooked cognitive marker for preclinical Alzheimer disease? *Nature Reviews Neurology*, *14*(8), 496–506. <https://doi.org/10.1038/s41582-018-0031-x>

Creed, C., Al-Kalbani, M., Theil, A., Sarcar, S., & Williams, I. (2023a). Inclusive Augmented and Virtual Reality: A Research Agenda. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2247614>

Creed, C., Al-Kalbani, M., Theil, A., Sarcar, S., & Williams, I. (2023b). Inclusive Augmented and Virtual Reality: A Research Agenda. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2247614>

Cushman, L. A., Stein, K., & Duffy, C. J. (2008). Detecting navigational deficits in cognitive aging and Alzheimer disease using virtual reality. *Neurology*, *71*(12), 888–895. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000326262.67613.fe>

Czaja, S. J., Boot, W. R., Charness, N., Rogers, W. A., & Sharit, J. (2018). Improving Social Support for Older Adults Through Technology: Findings From the PRISM Randomized Controlled Trial. *The Gerontologist*, *58*(3), 467–477. <https://doi.org/10.1093/geront/gnw249>

D’Agnano, D., Lo Cascio, S., Correnti, E., Raieli, V., & Scirucchio, V. (2023). A Narrative Review of Visual Hallucinations in Migraine and Epilepsy: Similarities and Differences in Children and Adolescents. *Brain Sciences*, *13*(4), 643. <https://doi.org/10.3390/brainsci13040643>

De Luca, R., Bonanno, M., Marra, A., Rifichi, C., Pollicino, P., Caminiti, A., Castorina, M. V., Santamato, A., Quartarone, A., & Calabrò, R. S. (2023). Can Virtual Reality Cognitive Rehabilitation Improve Executive Functioning and Coping Strategies in Traumatic Brain Injury? A Pilot Study. *Brain Sciences*, *13*(4), 578. <https://doi.org/10.3390/brainsci13040578>

Dingler, T., Agroudy, P. El, Rzayev, R., Lischke, L., Machulla, T., & Schmidt, A. (2021). *Memory Augmentation Through Lifelogging: Opportunities and Challenges* (pp. 47–69). https://doi.org/10.1007/978-3-030-30457-7_3

Doré, B., Gaudreault, A., Everard, G., Ayena, J. C., Abboud, A., Robitaille, N., & Batcho, C. S. (2023). Acceptability, Feasibility, and Effectiveness of Immersive Virtual Technologies to Promote Exercise in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sensors*, *23*(5), 2506. <https://doi.org/10.3390/s23052506>

Fick, T., van Doormaal, J. A. M., Hoving, E. W., Willems, P. W. A., & van Doormaal, T. P. C. (2021). Current Accuracy of Augmented Reality Neuronavigation Systems: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, *146*, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.11.029>

Fisher, R. S., Acharya, J. N., Baumer, F. M., French, J. A., Parisi, P., Solodar, J. H., Szaflarski, J. P., Thio, L. L., Tolchin, B., Wilkins, A. J., & Kasteleijn-Nolst Trenité, D. (2022). Visually sensitive seizures: An updated review by the Epilepsy Foundation. *Epilepsia*, *63*(4), 739–768. <https://doi.org/10.1111/epi.17175>

Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, *47*(14), 2393–2400. <https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>

Geisen, M., & Klatt, S. (2022). Real-time feedback using extended reality: A current overview and further integration into sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(5), 1178–1194. <https://doi.org/10.1177/17479541211051006>

Gray, H. G., Tchao, D., Lewis-Fung, S., Pardini, S., Harris, L. R., & Appel, L. (2023). Virtual Reality Therapy for People With Epilepsy and Related Anxiety: Protocol for a 3-Phase Pilot Clinical Trial. *JMIR Research Protocols*, 12, e41523. <https://doi.org/10.2196/41523>

Guntur, M. I. S., Setyaningrum, W., Retnawati, H., & Marsigit. (2020). Can augmented reality improve problem-solving and spatial skill? *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1), 012063. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012063>

Han, K., Park, K., Choi, K.-H., & Lee, J. (2021). Mobile Augmented Reality Serious Game for Improving Old Adults' Working Memory. *Applied Sciences*, 11(17), 7843. <https://doi.org/10.3390/app11177843>

He, D., Cao, S., Le, Y., Wang, M., Chen, Y., & Qian, B. (2022). Virtual Reality Technology in Cognitive Rehabilitation Application: Bibliometric Analysis. *JMIR Serious Games*, 10(4), e38315. <https://doi.org/10.2196/38315>

Hoe, Z.-Y., Lee, I.-J., Chen, C.-H., & Chang, K.-P. (2019). Using an augmented reality-based training system to promote spatial visualization ability for the elderly. *Universal Access in the Information Society*, 18(2), 327–342. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0597-x>

Hoppenstedt, E., Radu, I., Schneider, B., & Joy, T. (2021). Augmented Reality in Collaborative Problem Solving: A Qualitative Study of Challenges and Solutions. *CSCL 2021 Proceedings*.

Hung, L., Mann, J., Wallsworth, C., Upreti, M., Kan, W., Temirova, A., Wong, K. L. Y., Ren, H., To-Miles, F., Wong, J., Lee, C., Kar Lai So, D., & Hardern, S. (2023). Facilitators and Barriers to Using Virtual Reality and its Impact on Social Engagement in Aged Care Settings: A Scoping Review. *Gerontology and Geriatric Medicine*, 9, 233372142311663. <https://doi.org/10.1177/23337214231166355>

Ibrahim, M. S., Mattar, A. G., & Elhafez, S. M. (2016). Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(1), 20–26. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.20>

Iriarte, Y., Diaz-Orueta, U., Cueto, E., Irazustabarrena, P., Banterla, F., & Climent, G. (2016). AULA—Advanced Virtual Reality Tool for the Assessment of Attention. *Journal of Attention Disorders*, 20(6), 542–568. <https://doi.org/10.1177/1087054712465335>

Ishibashi, G. A., Santos, G. dos, Moreira, A. P. B., Verga, C. E. R., Silva, G. A. da, Ordonez, T. N., Moraes, L. C. de, Lessa, P. P., Brucki, S. M. D., & Silva, T. B. L. da. (2023). Effects of cognitive interventions with video games on cognition in healthy elderly people: a systematic review. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 81(05), 484–491. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1764413>

Jiang, J.-R., & Subakti, H. (2023). An Indoor Location-Based Augmented Reality Framework. *Sensors*, 23(3), 1370. <https://doi.org/10.3390/s23031370>

Keil, J., Korte, A., Ratmer, A., Edler, D., & Dickmann, F. (2020). Augmented Reality (AR) and Spatial Cognition: Effects of Holographic Grids on Distance Estimation and Location Memory in a 3D Indoor Scenario. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(2), 165–172. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00104-1>

Khan, D., Cheng, Z., Uchiyama, H., Ali, S., Asshad, M., & Kiyokawa, K. (2022). Recent advances in vision-based indoor navigation: A systematic literature review. *Computers & Graphics, 104*, 24–45. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.03.005>

Kim, D.-R., Moon, E., Shin, M.-J., Yang, Y.-A., & Park, J.-H. (2023). Effect of Individual Virtual Reality Cognitive Training Programs on Cognitive Function and Depression in Middle-Aged Women: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mental Health, 10*, e48912. <https://doi.org/10.2196/48912>

Kim, H., Jung, J., & Lee, S. (2022). Therapeutic Application of Virtual Reality in the Rehabilitation of Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Vision, 6*(4), 68. <https://doi.org/10.3390/vision6040068>

Lazar, A., Thompson, H., & Demiris, G. (2014). A Systematic Review of the Use of Technology for Reminiscence Therapy. *Health Education & Behavior, 41*(1_suppl), 51S-61S. <https://doi.org/10.1177/1090198114537067>

Lee, I.-J., Chen, C.-H., & Chang, K.-P. (2016). Augmented reality technology combined with three-dimensional holography to train the mental rotation ability of older adults. *Computers in Human Behavior, 65*, 488–500. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.014>

Liao, Y.-Y., Chen, I.-H., Lin, Y.-J., Chen, Y., & Hsu, W.-C. (2019). Effects of Virtual Reality-Based Physical and Cognitive Training on Executive Function and Dual-Task Gait Performance in Older Adults With Mild Cognitive Impairment: A Randomized Control Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience, 11*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00162>

Liu, C., Huot, S., Diehl, J., Mackay, W., & Beaudouin-Lafon, M. (2012). Evaluating the benefits of real-time feedback in mobile augmented reality with hand-held devices. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2973–2976*. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208706>

Manasse, S. M., Trainor, C., Payne-Reichert, A., Abber, S. R., Lampe, E. W., Gillikin, L. M., Juarascio, A. S., & Forman, E. M. (2023). Does virtual reality enhance the effects of inhibitory control training for loss-of-control eating? A pilot factorial experiment. *Eating Behaviors, 50*, 101749. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2023.101749>

Maples-Keller, J. L., Bunnell, B. E., Kim, S.-J., & Rothbaum, B. O. (2017). The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders. *Harvard Review of Psychiatry, 25*(3), 103–113. <https://doi.org/10.1097/HRP.0000000000000138>

Maroungkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023a). *Crafting Immersive Experiences: A Multi-Layered Conceptual Framework for Personalized and Gamified Virtual Reality Applications in Education* (pp. 230–241). https://doi.org/10.1007/978-3-031-44097-7_25

Maroungkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023b). How personalized and effective is immersive virtual reality in education? A systematic literature review for the last decade. *Multimedia Tools and Applications, 83*(6), 18185–18233. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15986-7>

Matsangidou, M., Solomou, T., Frangoudes, F., Ioannou, K., Theofanous, P., Papayianni, E., & Pattichis, C. S. (2023). Affective Out-World Experience via Virtual Reality for Older Adults Living with Mild Cognitive Impairments or Mild Dementia. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(4), 2919. <https://doi.org/10.3390/ijerph20042919>



Micheluzzi, V., Navarese, E. P., Merella, P., Talanas, G., Viola, G., Bandino, S., Idini, C., Burrari, F., & Casu, G. (2024). Clinical application of virtual reality in patients with cardiovascular disease: state of the art. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1356361>

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, *E77(D)*, 1321–1329. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.102.4646>

Moulaei, K., Sharifi, H., Bahaadinbeigy, K., & Dinari, F. (2024). Efficacy of virtual reality-based training programs and games on the improvement of cognitive disorders in patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*, *24*(1), 116. <https://doi.org/10.1186/s12888-024-05563-z>

Nazar, N., & Subash, Dr. T. D. (2024). Navigating Augmented Realities: A Review Of Advancements, Applications, And Future Prospects Article. *Educational Administration: Theory and Practice*, 4182–4182–4186. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i4.2173>

Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing Cognition with Video Games: A Multiple Game Training Study. *PLoS ONE*, *8*(3), e58546. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058546>

Oh, S. H., Park, J. W., & Cho, S.-J. (2022). Effectiveness of the VR Cognitive Training for Symptom Relief in Patients with ADHD. *Journal of Web Engineering*. <https://doi.org/10.13052/jwe1540-9589.21310>

Park, J.-H. (2022). Effects of virtual reality-based spatial cognitive training on hippocampal function of older adults with mild cognitive impairment. *International Psychogeriatrics*, *34*(2), 157–163. <https://doi.org/10.1017/S1041610220001131>

Parsons, T. D. (2021). Ethical Challenges of Using Virtual Environments in the Assessment and Treatment of Psychopathological Disorders. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(3), 378. <https://doi.org/10.3390/jcm10030378>

Parsons, T. D., Bowerly, T., Buckwalter, J. G., & Rizzo, A. A. (2007). A Controlled Clinical Comparison of Attention Performance in Children with ADHD in a Virtual Reality Classroom Compared to Standard Neuropsychological Methods. *Child Neuropsychology*, *13*(4), 363–381. <https://doi.org/10.1080/13825580600943473>

Plancher, G., Tirard, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2012). Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: Influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia*, *50*(5), 592–602. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.013>

Prats-Bisbe, A., López-Carballo, J., García-Molina, A., Leno-Colorado, D., García-Rudolph, A., Opisso, E., & Jané, R. (2024). Virtual Reality–Based Neurorehabilitation Support Tool for People With Cognitive Impairments Resulting From an Acquired Brain Injury: Usability and Feasibility Study. *JMIR Neurotechnology*, *3*, e50538. <https://doi.org/10.2196/50538>

Ren, Y., Wang, Q., Liu, H., Wang, G., & Lu, A. (2024). Effects of immersive and non-immersive virtual reality-based rehabilitation training on cognition, motor function, and daily functioning in patients with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, *38*(3), 305–321. <https://doi.org/10.1177/02692155231213476>



Riva, G., Baños, R. M., Botella, C., Wiederhold, B. K., & Gaggioli, A. (2012). Positive Technology: Using Interactive Technologies to Promote Positive Functioning. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 15(2), 69–77. <https://doi.org/10.1089/cyber.2011.0139>

Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M., Parslow, D. M., & Penn, P. R. (2000). Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. *Ergonomics*, 43(4), 494–511. <https://doi.org/10.1080/001401300184378>

Sadeghi, H., Jehu, D. A., Daneshjoo, A., Shakoor, E., Razeghi, M., Amani, A., Hakim, M. N., & Yusof, A. (2021). Effects of 8 Weeks of Balance Training, Virtual Reality Training, and Combined Exercise on Lower Limb Muscle Strength, Balance, and Functional Mobility Among Older Men: A Randomized Controlled Trial. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 13(6), 606–612. <https://doi.org/10.1177/1941738120986803>

Serino, S., Pedroli, E., Tuena, C., De Leo, G., Stramba-Badiale, M., Goulene, K., Mariotti, N. G., & Riva, G. (2017). A Novel Virtual Reality-Based Training Protocol for the Enhancement of the “Mental Frame Syncing” in Individuals with Alzheimer’s Disease: A Development-of-Concept Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00240>

Sheldon, S., Williams, K., Harrington, S., & Otto, A. R. (2020). Emotional cue effects on accessing and elaborating upon autobiographical memories. *Cognition*, 198, 104217. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104217>

Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino’s Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>

Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73–93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>

Szczepańska-Gieracha, J., Józwiak, S., Cieślik, B., Mazurek, J., & Gajda, R. (2021). Immersive Virtual Reality Therapy as a Support for Cardiac Rehabilitation: A Pilot Randomized-Controlled Trial. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 24(8), 543–549. <https://doi.org/10.1089/cyber.2020.0297>

Thapa, N., Park, H. J., Yang, J.-G., Son, H., Jang, M., Lee, J., Kang, S. W., Park, K. W., & Park, H. (2020a). The Effect of a Virtual Reality-Based Intervention Program on Cognition in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Randomized Control Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1283. <https://doi.org/10.3390/jcm9051283>

Thapa, N., Park, H. J., Yang, J.-G., Son, H., Jang, M., Lee, J., Kang, S. W., Park, K. W., & Park, H. (2020b). The Effect of a Virtual Reality-Based Intervention Program on Cognition in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Randomized Control Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1283. <https://doi.org/10.3390/jcm9051283>

Torous, J., Wisniewski, H., Bird, B., Carpenter, E., David, G., Elejalde, E., Fulford, D., Guimond, S., Hays, R., Henson, P., Hoffman, L., Lim, C., Menon, M., Noel, V., Pearson, J., Peterson, R., Susheela, A., Troy, H., Vaidyam, A., ... Keshavan, M. (2019). Creating a Digital Health Smartphone App and Digital Phenotyping Platform for Mental Health and Diverse Healthcare Needs: an Interdisciplinary and Collaborative Approach. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 4(2), 73–85. <https://doi.org/10.1007/s41347-019-00095-w>

Tortora, C., Di Crosta, A., La Malva, P., Prete, G., Ceccato, I., Mammarella, N., Di Domenico, A., & Palumbo, R. (2024). Virtual reality and cognitive rehabilitation for older adults with mild cognitive



impairment: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 93, 102146. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2023.102146>

Tusher, H. M., Mallam, S., & Nazir, S. (2024). A Systematic Review of Virtual Reality Features for Skill Training. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09713-2>

Wang, C., Kong, J., & Qi, H. (2023). Areas of Research Focus and Trends in the Research on the Application of VR in Rehabilitation Medicine. *Healthcare*, 11(14), 2056. <https://doi.org/10.3390/healthcare11142056>

Wenk, N., Penalver-Andres, J., Buetler, K. A., Nef, T., Müri, R. M., & Marchal-Crespo, L. (2023). Effect of immersive visualization technologies on cognitive load, motivation, usability, and embodiment. *Virtual Reality*, 27(1), 307–331. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00565-8>

WHO. (2024, March 3). *Rehabilitation 2030 initiative*. <https://www.who.int/initiatives/rehabilitation-2030>

Yu, D., Li, X., & Lai, F. H. (2023). The effect of virtual reality on executive function in older adults with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Aging & Mental Health*, 27(4), 663–673. <https://doi.org/10.1080/13607863.2022.2076202>

Zhou, S., Gromala, D., & Wang, L. (2023). Ethical Challenges of Virtual Reality Technology Interventions for the Vulnerabilities of Patients With Chronic Pain: Exploration of Technician Responsibility. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e49237. <https://doi.org/10.2196/49237>

Zhu, K., Lin, R., & Li, H. (2022). Study of virtual reality for mild cognitive impairment: A bibliometric analysis using CiteSpace. *International Journal of Nursing Sciences*, 9(1), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2021.12.007>

Zulueta, A., Díaz-Orueta, U., Crespo-Eguilaz, N., & Torrano, F. (2018). Virtual Reality-based Assessment and Rating Scales in ADHD Diagnosis. *Psicología Educativa*, 25(1), 13–22. <https://doi.org/10.5093/psed2018a18>