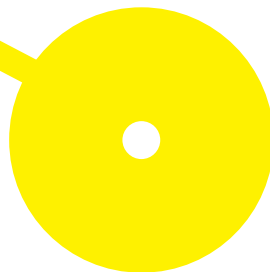




Determinar os valores normativos para a atenção de adolescentes no desempenho do jogo de Realidade Virtual – Whack-a-Mole (Virtuleap)

Ondina Trindade Coelho

07/2023





**ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE**



labrps

LABORATÓRIO DE
REABILITAÇÃO PSICOSSOCIAL

**Determinar os valores normativos para a atenção de adolescentes no desempenho do
jogo de Realidade Virtual – Whack-a-Mole (Virtuleap)**

Autor

Ondina Trindade Coelho

Orientadora

Prof^a Doutora Maria João Ribeiro Fernandes Trigueiro / ESS P. Porto

Co-Orientadores

Prof Doutor Bruno Bastos Vieira de Melo / ESS P. Porto

Prof Doutor Vítor Domingos Simões da Silva / ESS P. Porto

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em **Terapia Ocupacional – Ramo/Área de Especialização em Pediatria** pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos, sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grata.

Aos orientadores professora Maria João Trigueiro, professor Bruno Melo e professor Vítor Silva pela importante ajuda na revisão e zelo pelo rigor da escrita científica, total colaboração e por acreditarem neste projeto, o meu muito obrigado.

À Escola Secundária Viriato pela pessoa que ocupa a função de sua diretora, Dra. Ana Gueidão e aos seus colaboradores por confiarem no meu trabalho e prontamente me permitirem fazer a recolha de dados, oferecendo total disponibilidade e colaboração.

Um bem-haja muito especial à Professora Fernanda Ribeiro pelo apoio incondicional na recolha dos dados, sem ela teria sido impossível coordenar de forma tão eficiente a prática com a Escola Secundária Viriato. Também às professoras Arminda Machado, Ana Cristina e Fernanda Ribeiro, por acreditarem e desafiarem os seus alunos a colaborar neste estudo.

A todos que de uma forma ou de outra, manifestaram o seu apoio e a sua amizade durante este processo, o meu muito obrigado.

Por fim, e não menos importante à minha família pelo apoio incondicional, incentivo, paciência e por acreditarem em mim. A eles dedico este trabalho!

Resumo

Objetivo: Descrever os valores normativos para a atenção no jogo de Realidade Virtual (RV) – *Whack-a-Mole*, numa população de adolescentes.

Método: A amostra foi composta por 164 participantes (46,95% sexo feminino), dos 12 aos 16 anos. O jogo, permite avaliar e treinar a atenção mantida e o controlo motor. O *Rotation Mental Images (RMI)*, é um instrumento padronizado, aqui usado para medir o tempo médio de reação.

Resultados: As variáveis fornecidas pelos dados sociodemográficos e o tempo médio de reação do RMI, foram agrupadas em diferentes categorias para posterior análise. Os resultados do jogo de RV foram analisados, traduzindo diferenças estatisticamente significativas no sexo, intervalo de idades e o facto de já ter utilizado RV. Resultados concordantes com as diferenças verificadas no teste RMI, relativamente ao intervalo de idades. Todos os parâmetros do jogo de RV e o tempo médio de reação do RMI, mostraram correlações significativas.

Conclusão: Os dados normativos obtidos são relevantes para o uso do jogo *Whack-a-Mole*, para avaliar e intervir na atenção dos adolescentes. Mais estudos serão necessários para determinar a sensibilidade e especificidade deste jogo, para medir e intervir na atenção em diferentes populações.

Palavras-chave: Função executiva, atenção, realidade virtual, velocidade de processamento, dados normativos.

Abstract

Aim: This study describes the normative values for attention in the Virtual Reality (VR) game - Whack-a-Mole (Virtuleap), in adolescents.

Methodology: The sample was composed of 164 participants (46.95% female), aged 12-16 years. The game allows assessing and training the sustained attention and motor control. The Rotation Mental Images (RMI) is a standardized instrument, here used to measure the average reaction time.

Results: The variables provided by the sociodemographic data and the average reaction time of the RMI were grouped into different categories for further analysis. The results of the VR game were analysed, reflecting statistically significant differences in sex, age range and the fact of having already used VR. Results were concordant with the differences verified in the average time of the RMI test, in the age range. All parameters of the VR game and the mean reaction time showed significant correlations.

Conclusion: The normative data obtained are relevant for the use of the game Whack-a-Mole, to assess and intervene in the adolescents' level of attention. Further studies will be needed to determine the sensitivity and specificity of this game to measure and intervene in different age groups' attention.

Keywords: Executive function, attention, virtual reality, processing speed, normative data.

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Métodos.....	6
2.1.	Desenho do Estudo.....	6
2.2.	Participantes.....	7
2.3.	Instrumentos de recolha de dados.....	7
2.4.	Procedimentos.....	9
2.5.	Análise estatística.....	11
3.	Resultados.....	11
3.1.	Descrição da amostra.....	11
3.2.	Jogo de RV– <i>Whack-a-Mole</i>	12
3.3.	<i>Rotation Mental Images</i> (RMI).....	13
3.4.	Relação entre o jogo de RV e o RMI.....	14
4.	Discussão.....	15
5.	Conclusão.....	18

1. Introdução

As Funções Executivas (FE) referem-se a um conjunto de funções cognitivas, que permitem aos indivíduos regularem de forma flexível as suas ações, emoções, pensamentos e desempenharem comportamentos adaptáveis e orientados por objetivos (1). É consensual que existem três FE principais: inibição (também chamada de *controlo inibitório*), memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (2-5). Estas são as bases para as FE de ordem superior, como o raciocínio, a resolução de problemas e o planeamento (6-8).

A inibição inclui o controlo da atenção, dos comportamentos, dos pensamentos e/ou das emoções para fazer o que é mais apropriado ou necessário. Refere-se à capacidade de inibir ou anular deliberadamente um comportamento dominante, automático (5, 9). Possibilita uma atenção seletiva, focada e mantida que estabelece prioridades para a ação, uma vez que interage com a memória de trabalho e o controlo cognitivo para gerir comportamentos adaptativos, como reter ou anular uma resposta que não é relevante nesse momento ou inibir a recuperação de informações irrelevantes da memória (10-12).

A memória de trabalho é entendida como a retenção de informações durante a execução de tarefas complexas, como raciocínio, compreensão e aprendizagem, sendo fundamental para dar sentido a eventos que ocorrem ao longo do tempo (5). Está relacionada com a capacidade de reter e trabalhar temporariamente com a informação, para compreender a leitura de um parágrafo ou fazer um cálculo matemático, por exemplo (12).

A flexibilidade cognitiva está relacionada com a capacidade de mudar o nosso ponto de vista e a nossa capacidade de mudança em relação ao pensamento (5), permite-nos aplicar regras diferentes em contextos diferentes, encontrar erros e corrigi-los e, considerar algo a partir de outro ponto de vista (5-8, 12).

As FE têm sido associadas ao funcionamento do lobo frontal, embora evidências mais recentes mostrem que regiões posteriores e subcorticais também desempenham um papel crucial no processamento das FE, especialmente na integração de informações sensoriais e das emoções (11). Em 2019 Christofori et al. reuniram vários estudos, que sugerem que as FE dependem principalmente das redes neurais do córtex pré-frontal apesar de que outras regiões cerebrais corticais (por exemplo, córtex parietal e temporal) e subcorticais (por exemplo, substância branca, *corona radiata* anterior e fascículo longitudinal superior),

conectadas ao córtex pré-frontal, podem influenciar o funcionamento correto das FE (11, 13-22).

Existe uma forte relação entre a atenção e a consciência. A atenção assume o papel de domínio geral da cognição, estando envolvida em muitas outras funções cognitivas, tais como a aprendizagem, raciocínio e regulação de ações, pensamentos e emoções (23). A atenção é a base para o desenvolvimento do controlo executivo, que se traduz no desempenho académico, na regulação socioemocional, bem como nas diferenças individuais na saúde, riqueza e socialização na vida adulta (24-27). A atenção permite-nos selecionar os estímulos mais relevantes do ambiente para processarmos, enquanto filtramos as informações menos relevantes (28). Prestar atenção consiste em sincronizar a cognição com o ambiente, de forma consciente e controlada, a fim de permitir a adaptação estratégica e flexível das respostas, de acordo com as motivações e objetivos internos (4, 23, 29).

Sabe-se que a atenção controla o processamento sensorial; controla os sinais de cima para baixo do córtex pré-frontal e parietal que fortalecem a representação dos estímulos relevantes para a tarefa (24). As noções de ativação ou alerta, seleção ou orientação e controlo ou autorregulação estão envolvidas nesta função (25).

A atenção requer um nível mínimo de ativação ou alerta do sistema nervoso, muito relacionada com regiões do tronco cerebral que modulam o nível de excitação do córtex cerebral, através de neuromoduladores noradrenérgicos (25).

O processo de seleção ou orientação inclui a atenção de cima para baixo, intencional e voluntária e a atenção de baixo para cima, que é impulsionada pelo estímulo visual. Os dois processos são definidos pela origem da informação, da periferia sensorial e das áreas corticais superiores, respetivamente. Estão associados a mecanismos e necessidades neuronais bastante distintas (21).

O controlo ou autorregulação da atenção é o controlo eficiente do próprio mecanismo atencional (deslocamento e alternância de atenção (20). Portanto os termos ativação, seleção e controlo, são descritos como redes distintas porque servem diferentes funções, têm diferentes anatomias neuronais e envolvem diferentes neuromoduladores (25).

A rede de ativação ou alerta, envolve o sistema de norepinefrina do cérebro, surge no mesencéfalo, faz contato com o lobo frontal e áreas parietais. A rede da seleção ou orientação envolve as áreas parietais inferior e superior bem como os campos oculares frontais. A rede

da autorregulação, situada sobretudo no cingulo anterior, funciona para monitorizar e resolver conflitos entre as outras redes cerebrais (25).

Na primeira infância, os sinais externos guiam predominantemente a atenção, o alerta, a orientação e o controlo, funcionando predominantemente através do campo ocular frontal e das áreas parietais relacionadas à orientação (30). Por volta dos 4 anos de idade, uma rede de atenção executiva assume gradualmente o controlo dos sistemas de alerta e orientação e torna-se o fator dominante no controlo cognitivo à medida que as crianças desenvolvem a capacidade de usar regras, estratégias e planos para guiar o seu comportamento (28-30). A melhoria do controlo cognitivo começa então nessa altura e assume uma trajetória de desenvolvimento íngreme, que diminui gradualmente em declive e atinge-se por volta dos 14-15 anos. Simultaneamente, a autorregulação e a atenção executiva continuam a desenvolver-se durante a infância e até a adolescência (27). Tanto os fatores biológicos intrínsecos como os fatores ambientais extrínsecos influenciam reciprocamente o desenvolvimento do controlo atencional (31). Já a inibição, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva, desenvolvem-se rapidamente durante a infância e amadurecem até o final da adolescência (1). Todavia, as FE podem continuar a mudar ao longo da vida. Ferguson (2021) explorou as trajetórias de desenvolvimento das FE de uma grande amostra na comunidade, dos 10 aos 86 anos (32). Mostrou que a capacidade de memória de trabalho, a flexibilidade cognitiva, a inibição e o planeamento continuam a desenvolver-se durante a adolescência e no início da vida adulta. As medidas da função executiva utilizadas no seu estudo mostraram resultados crescentes na faixa etária dos adolescentes e jovens adultos. Os declínios foram identificados já na terceira década de vida, no controlo inibitório, na memória de trabalho e no planeamento (32). Já Schaie (1996) afirmou que o declínio cognitivo afeta várias funções, das quais a velocidade de processamento e o nível de atenção e é mais evidente após os 55 anos (33). Alley et al. (2007), Le Carret et al. (2003), Tun e Lachman (2008) avaliaram a influência da idade sobre a atenção e, reconheceram que o nível educacional mais alto se revela como protetor do declínio da mesma (34-36). Numa tentativa de comparar o nível de atenção entre jovens adultos e idosos, Lufi et al. (2015) reconheceram que a impulsividade e a atenção mantida é semelhante nas duas faixas etárias, enquanto que o tempo de reação e a capacidade de manter um nível consistente de atenção ao longo das tarefas são francamente mais baixos no grupo mais velho (37).

A velocidade de processamento, é descrita como a capacidade do indivíduo em manter o foco atencional enquanto realiza rapidamente tarefas simples e automatizadas, em situações que necessitam manter a atenção (38). É a capacidade cognitiva que permite processar informações e criar uma resposta adequada dentro de um tempo limitado (39).

Intervenções psicológicas e treino das funções executivas podem melhorar francamente o funcionamento executivo (40) e, sabe-se que o treino direto de competências cognitivas melhora o funcionamento nas competências treinadas (41, 42).

Hopfinger e Slotnick (2020) investigaram sobre os mecanismos neuronais subjacentes à atenção e outros processos de controlo executivo, na percepção e na ação. Revelaram novas hipóteses sobre a dinâmica da rede cerebral com base nos mecanismos do controlo atencional e da função executiva (43). Nesse contexto surgem pesquisas, que fundamentam a analogia da prática desportiva como meio terapêutico não farmacológico para melhorar as funções cognitivas e emocionais dos adolescentes e, argumentam que a atividade física promove uma influência positiva na atenção (44–47). Uma meta-análise de Liang em 2021 revelou que, uma intervenção de exercício físico de intensidade e periodicidade variável, tem efeito positivo de moderado a grande nas FE gerais, controlo inibitório e flexibilidade cognitiva em crianças e adolescentes com Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção (PHDA) (48). Hyland-Monks et al. (2018) estudaram que o exercício tem impacto direto na função executiva, como é evidente no desempenho de tarefas pré-frontais dependentes e na hemodinâmica cerebral (9). Por outro lado, também a música foi reconhecida com capacidade comprovada para melhorar a atenção (49). A relação entre a atividade física, função executiva, autorregulação e desempenho de resistência, sustentam os processos autorregulatórios de cima para baixo envolvidos na função executiva (9).

Diamond (2012) considerou que a motivação seria uma vantagem para a intervenção em FE nas crianças, pois elas mostram dedicar mais tempo e esforço às atividades que gostam (50). O treino das FE ou a atividade aeróbica parecem ser mais eficazes para melhorar as FE, quando combinadas com o desenvolvimento emocional, social e da personalidade das crianças (50, 51).

Diamond e Ling (2015) estudaram diversas abordagens utilizadas para melhorar as FE e reconheceram que, não se sabe ao certo quanto as FE podem melhorar, ou quanto tempo duram os benefícios. As pessoas melhoram naquilo que praticam, mas apenas naquilo que praticam e isso generaliza-se para outros contextos onde essas competências são

necessárias. (51). Também Marzocchi et al. (2020) referiram que, as abordagens para melhorar as FE são altamente discrepantes, produzem efeitos inconsistentes e têm transferência limitada para as competências não treinados. Há pouco consenso sobre os mecanismos que são necessários para estimular o desenvolvimento das FE (52). Investigadores propõe que o treino de FE use tecnologia e, recorra a aspetos emocionais e motivacionais, para aumentar a probabilidade de transferência dos resultados para o contexto real (52).

Os videojogos, cuja finalidade não é exclusivamente o entretenimento, são denominados de *jogos sérios*, têm impacto direto no comportamento dos utilizadores nos diversos contextos e, têm mostrado um enorme potencial para mudar o pensamento e o comportamento das crianças e jovens (53, 54). O potencial dos jogos sérios resulta das suas principais características, designadamente a possibilidade de imersão do utilizador num mundo perceptivo criado pelo computador, ou seja, a emulação laboratorial da realidade e a sensação do utilizador lá estar realmente (55). Monitorizam-se os comportamentos do utilizador, levando-o a alcançar pequenos objetivos, com vista à aquisição de competências, bem como à generalização de comportamentos aprendidos para a vida diária (56). Há já duas décadas, que foi reconhecido o efeito dos videojogos na melhoria da atenção visual, na organização espacial e nas competências motoras (57).

Investigadores verificaram que comparativamente com as tecnologias de visualização tradicional, o uso de RV tem maior potencial para melhorar a atenção, o comportamento geral e a capacidade de aprendizagem das crianças com PHDA (58). Os cenários de RV fornecem um alto grau de realismo, que provoca comportamentos naturais aos participantes (59). A RV tem vindo a aumentar a sua preponderância nos últimos anos, revelando-se uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de ambientes virtuais realistas e imersivos, desperta emoções e permite trabalhar competências cognitivas (60, 61). Fornece um meio terapêutico, que combina competências motoras e cognitivas, como uma forma de treino em dupla tarefa utilizando, ao mesmo tempo, as propriedades do jogo para aumentar a adesão e a motivação de populações distintas (62).

Gamito et al. (2016) reconheceram a validade de uma plataforma de RV interativa e imersiva, para avaliar funções cognitivas, tradicionalmente feitas por testes não ecológicos de papel e lápis. O principal objetivo, foi identificar os valores normativos para o desempenho cognitivo numa aplicação de RV, com vista a servir de base para estudos clínicos (63). A pesquisa de

Coenem et al. (2020) enfatiza que é crucial validar os jogos sérios, especialmente antes de os utilizar no contexto terapêutico (64). Numa revisão sistemática de 2022 também reconhecem a falta de dados de controlo e amostras pequenas, sugerindo estudos futuros que possam colmatar esse problema (60).

Nessa perspetiva, e como ainda existe uma grande carência de instrumentos e medidas validadas para avaliação e treino das FE com recurso à RV, surge este estudo que pretende representar um importante contributo. É importante a definição dos valores normativos para cada idade, uma vez que as FE mudam ao longo do desenvolvimento (32). Investigação atual (2021), relativa ao desenvolvimento das FE, destaca a importância de estudar os adolescentes e os adultos de meia-idade, no sentido de fornecer uma descrição mais abrangente da vida útil (32). Além disso, o final da infância e a adolescência constituem um período sensível para o desenvolvimento cognitivo (45, 65). Nesse sentido estudou-se a adolescência, por ser uma fase de grande relevo no desenvolvimento e consolidação das FE (32, 65). É importante a definição dos valores normativos para estas idades, não só para o desenvolvimento de novas ferramentas de avaliação, mas também para o planeamento de intervenções (63). Pretende-se com este estudo determinar os valores normativos para o desempenho cognitivo num aplicativo de RV, numa população de adolescentes. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo determinar os valores normativos da atenção em adolescentes dos 12 aos 16 anos, com recurso a um jogo de realidade virtual (*Whack-a-Mole* da *Virtuleap*) (66).

2. Métodos

2.1. Desenho do Estudo

Este estudo classifica-se como quantitativo, observacional e descritivo. A utilização da metodologia quantitativa reflete-se no facto dos dados recolhidos serem apresentados e traduzidos em dados numéricos, e analisados através de procedimentos estatísticos (67). Considera-se um estudo observacional, pois não ocorre intervenção direta com a amostra, apenas a observação dos seus dados e características (67). Designa-se como um estudo descritivo, visto que o conhecimento sobre a utilização de jogos de RV, para avaliação e treino das FE com recurso à RV em adolescentes, ainda é reduzido. Permite ao investigador comparar os dados demográficos com os resultados da utilização do jogo de RV- *Whack-a-Mole* (66) e, determinar valores normativos (67).

2.2. Participantes

A amostra deste estudo foi constituída por 164 participantes, alunos do terceiro ciclo de escolas do distrito do Porto e Viseu, onde decorreu o levantamento de dados. Seguiu um método de amostragem não-probabilístico por conveniência, pela facilidade de acesso à população em causa e pelo custo-eficácia (68, 69). Dessa amostra inicial selecionou-se, também por conveniência, 30 participantes para avaliar o tempo de reação no instrumento *Rotation of Mental Images* (RMI) (70).

A seleção dos participantes realizou-se através do contacto com instituições que atuam junto da população de interesse, mais concretamente com Escolas Básicas e Secundárias (distrito do Porto e Viseu).

Foram definidos critérios de seleção: como critérios de inclusão, ter domínio da língua portuguesa, de forma a compreender as instruções do jogo. Foram excluídos alunos com incapacidade motora que os impedisse de utilizar o equipamento de RV ou com alguma condição de saúde, como epilepsia, cuja utilização do equipamento de RV pudesse levar a um agravamento ou ao aparecimento de problemas/sintomas. Foram convidados a participar no estudo, 205 adolescentes, aceitaram participar 165, dos quais foi excluído apenas um participante porque não conseguia utilizar os dois comandos pela sua condição motora.

2.3. Instrumentos de recolha de dados

Questionário sociodemográfico:

Desenvolvido pelo investigador, com intuito de caracterizar a amostra, descreve as variáveis sociodemográficas dos participantes como; a idade; o sexo; o ano de escolaridade; a localidade; se já utilizou RV e a regularidade de utilização; se tem algum problema de saúde; se tem algum problema de desenvolvimento, se toma medicação e qual; se tem acompanhamento terapêutico e qual.

Equipamento:

Head-mounted display (HMD) – óculos do modelo “*Quest*”, fabricados pela empresa Meta com um processador *qualcomm snapdragon 835*, memória RAM de 4Gb, memória interna de 64Gb, resolução por olho em pixéis: 1400 x 1600, refresh rate de 72Hz, com uma capacidade de bateria de 2 a 3 horas, com um peso de 571 gramas e dois controladores de movimento manual.

Instrumento de avaliação:

Rotation of Mental Images (RMI) – é um instrumento padronizado construído com base numa medida conhecida de avaliação de competências espaciais, chamada Teste de Rotações Mentais de Vandenberg e Kuse (1978). A confiabilidade do teste é satisfatória com uma consistência interna de 0.88 (71, 72). Consiste numa ferramenta pensada para medir a capacidade de orientação espacial de uma pessoa, ou seja, a capacidade de antecipar ou reconhecer a aparência de um objeto depois de rodado, avalia a capacidade de representar e transformar mentalmente as relações espaciais (73).

O teste RMI consiste, mais concretamente, em identificar se uma letra apresentada está na sua forma canónica ou espelhada (70). A letra é apresentada 50% das vezes espelhada e as restantes vezes não espelhada, quando não está espelhada poderá estar apenas rodada e não se encontrar em posição normal. São apresentadas 7 letras aleatoriamente (F, G, L, N, P, Q, R) em posições diversas (espelhada verticalmente ou horizontalmente, espelhada rodada em vários ângulos, posição normal ou posição normal rodada em vários ângulos). A tarefa consiste em pressionar a tecla 1 se a apresentação da letra for normal ou rodada, pressionar a tecla 2, se a letra se apresenta espelhada, e a tecla espaço para continuar. Tem um tempo de duração aproximado de 4 minutos e inclui uma fase experimental e outra de teste com registo do número e percentagem de respostas certas em cada fase e o tempo médio (70, 74).

Neste estudo, apenas foi considerado o parâmetro – tempo médio da fase teste, que se traduz no tempo médio que decorre entre o início da apresentação da letra e a resposta do participante, ou seja é o tempo médio por questão (tempo médio por questão = soma do tempo por questão/número de questões respondidas), para cada participante. É feita uma média do tempo de reação em milissegundos e isso fornece-nos uma medida fidedigna da velocidade do processamento da informação (74).

Jogo de RV – *Whack-a-mole (Virtuleap)*:

O Jogo *Whack-a-Mole*, tem a duração média de 3 minutos e é inspirado no Teste de Vigilância Psicomotora (PVT), que é uma ferramenta utilizada para avaliar a atenção (75). Consiste numa tarefa de reação, que exige uma ação específica (por exemplo, pressionar teclas), quando um estímulo aparece no ecrã. No PVT, aparece especificamente um círculo vermelho em intervalos aleatórios e o participante precisa de carregar numa tecla assim que o vê aparecer. A tarefa torna-se mais difícil à medida que o intervalo entre a apresentação dos estímulos diminui e a frequência dos estímulos aumenta. O jogo *Whack-a-Mole* é concebido para avaliar

e treinar a atenção mantida e as capacidades de controlo motor. Requer que o participante mantenha a concentração na tarefa e reaja da forma mais rápida e precisa possível, à apresentação aleatória de estímulos (66, 76). As toupeiras surgem dos buracos em intervalos aleatórios e o objetivo é atingi-las antes que desapareçam. Elas aparecem em diferentes intervalos e em diferentes posições, no mesmo nível. A dificuldade aumenta conforme aumenta a velocidade que surgem as toupeiras e, conseqüentemente, aumenta a quantidade de toupeiras a surgir em simultâneo. Este jogo tem como objetivo avaliar e treinar a atenção, a capacidade de codificar a informação recebida, processar essa informação, e produzir uma resposta que resulte numa ação com um efeito no ambiente (66).

2.4. Procedimentos

Numa fase inicial, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre RV e funções executivas, nas plataformas *Pubmed* e *Google Scholar*, com o objetivo de recolher informação e identificar necessidades de investigação sobre esta temática (77). Posteriormente, foi submetido à Comissão de Ética da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto (ESS IPP), o pedido de autorização para realizar este estudo. Tendo sido aprovado com o número do processo CE0109C/2022, faz parte de um estudo mais alargado do Laboratório de Reabilitação Psicossocial (LabRP) intitulado; *“Intervenção em défices cognitivos com recurso à Realidade Virtual”*.

Foi cumprido o Código de Conduta Europeu para a Integridade da Investigação (ALLEA), as normas internacionais (EU) e a legislação nacional (78). Nesta investigação, realizada em humanos, foram considerados os princípios éticos expressos na Declaração de Helsínquia (79), respeitadas as regras da privacidade, proteção de dados e comportamentos no melhor interesse dos participantes. A recolha, tratamento e armazenamento de dados pessoais cumpriu o Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento e do Conselho Europeu e a Lei Portuguesa 58/2019 (80). Desta forma, o investigador atribuiu um código a cada participante e aos dados relativos aos questionários aplicados.

Os dados em papel e em formato digital são guardados durante 10 anos, sendo da responsabilidade do investigador a sua conservação e posterior eliminação; os dados em formato digital foram armazenados em ficheiro próprio protegido por palavra-chave ao qual apenas terá acesso o investigador sendo eliminados/apagados no final do tempo

regulamentar; os dados em papel serão guardados em local trancado e fisicamente destruídos na mesma altura.

Fizeram-se contatos com as Escolas, no sentido de pedir colaboração, explicaram-se os objetivos da investigação e discutiram-se os procedimentos práticos para o levantamento de dados. O recrutamento foi feito nas escolas através de um primeiro contato com os alunos, onde foi apresentado o estudo e foram convidados os interessados a participar. Nesse momento, entregaram-se os documentos para os encarregados de educação; o consentimento informado (79), onde se assegurou a anonimidade e o questionário sociodemográfico, onde se garantiu o cumprimento dos critérios de elegibilidade. O investigador explicou detalhadamente o estudo e a importância de os indivíduos participarem e valorizou o esforço e empenho dedicado à sua participação. A garantia de confidencialidade foi, igualmente, uma forma de assegurar a participação efetiva. Os encarregados de educação voluntários, interessados que os seus educandos participassem no estudo preencheram os documentos e seguiu-se a recolha dos mesmos pelo investigador. Deu-se então início à aplicação dos jogos RV aos alunos ainda no mês de fevereiro de 2023, tendo finalizado a recolha no final do mês de março do mesmo ano. A aplicação dos jogos decorreu numa sala da escola, de forma individual e na posição de sentado, com respeito ao perímetro de segurança livre de obstáculos em sua volta. Durante a intervenção, o investigador responsável pela investigação (terapeuta ocupacional), esteve na sala juntamente com o participante e providenciou a ajuda necessária para a colocação dos óculos e o início do jogo.

O conjunto de jogos de RV aplicados, do qual fazia parte o jogo *Whack-a-Mole*, foi disponibilizado pela empresa *Virtuleap* (81, 82), não tendo sido introduzidas quaisquer alterações aos jogos originais. O jogo foi acedidos através da plataforma *Enhance* (83), num *head-mounted display (HMD)* óculos *Quest*. O desempenho de cada participante no jogo *Whack-a-Mole*, ficou registado na plataforma *Enhance* (83) com o propósito do investigador analisar os resultados para a função executiva que se propôs estudar – a atenção, com base nos resultados da utilização do jogo *Whack-a-Mole* (66).

Antes da sessão de RV, foi aplicado o instrumento de avaliação RMI a alguns participantes. Este instrumento foi aplicado num computador designado para o efeito, pertencente ao LabRP. através da ferramenta *E-Prime 3.0*, da *Psychology Software Tools*, (70, 74), cuja licença foi adquirida pelo LabRP, da ESSIPP.Porto. Gerou um conjunto de dados que documentou as respostas dos participantes ao RMI, e a quantidade de tempo necessário para

fornecer essa resposta, após a conclusão de cada teste. Cada conjunto de dados foi então registado e pontuado na aplicação da *Microsoft Excel* (84).

2.5. Análise estatística

As respostas dos questionários sociodemográficos foram transcritas, manualmente, para um ficheiro *Excel* (84), e, posteriormente codificadas. Quando analisada a variável quantitativa idade, a dispersão pelos vários grupos não permitiu retirar conclusões significativas tendo-se, por isso, optado por categorizar as idades dos participantes em dois grupos; sendo o primeiro grupo com idades compreendidas entre os 12 e 13 anos e, o segundo com idades compreendidas entre os 14 e os 16 anos. Por fim, o último ficheiro *Excel* foi transferido para o software *IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, versão 28 para *Windows* (85). Com a utilização do software referido, realizou-se a análise e o tratamento estatístico, recorrendo aos seguintes testes: 1) estatística descritiva, com frequências absolutas (n) e relativas (%), medidas de tendência central e de dispersão – média e desvio padrão; 2) teste *Kolmogorov-Smirnov* para testar a normalidade; 3) Teste *t de Student* para amostras independentes e *ANOVA* 1 fator, foram usados para comparar diferenças no desempenho do jogo, de acordo com o sexo, o ano escolar, intervalo de idades, utilização anterior de RV, regularidade de utilização e problemas de desenvolvimento; 4) Correlação de *Spearman* para comparar o desempenho no jogo de RV com o desempenho no RMI (86).

3. Resultados

3.1. Descrição da amostra

O estudo contou com a participação de 164 adolescentes, com idades compreendidas entre os 12 e os 16 anos, sendo que 77 (46,95%) são do sexo feminino e 87 (53,05%) do sexo masculino. Relativamente ao local de residência, 103 (62,80%) são do distrito do Porto e 61 (37,20%) do distrito de Viseu. No que diz respeito ao ano escolar que frequentam, 60 (36,59%) frequentam o sétimo ano, 53 (32,32%) frequentam o oitavo e 51 (31,10%) frequentam o nono ano.

Relativamente à utilização de RV, 107 (65,24%) adolescentes nunca utilizaram jogos de RV e 57 (34,76%) já utilizaram alguma vez. Destes últimos, 49 (85,96%) teve uma utilização

esporádica dessa tecnologia, cinco (8,77%) utiliza 1 a 2 vezes por semana e, três (5,26%) utilizam 3 ou mais vezes por semana. Da amostra, oito alunos (4,9%) têm perturbações do desenvolvimento enquanto 156 (95,1%) não têm. Na tabela 1 são apresentadas as características da amostra.

Tabela 1 – Caracterização da amostra

Características		Amostra (n=164) N (%)
Sexo	Feminino	77 (46,95)
	Masculino	87 (53,05)
Intervalo de idades	12-13	87 (53)
	14-16	77 (47)
Localidade	Porto	103 (62,80)
	Viseu	61 (37,20)
Ano escolar	7º ano	60 (36,59)
	8º ano	53 (32,32)
	9º ano	51 (31,10)
Utilização RV	Sim	57 (34,76)
	Não	107 (65,24)
	Nunca	107 (65,24)
Regularidade de RV	Utilização esporádica	49 (29,88)
	1 a 2 vezes por semana	5 (3,05)
	3 ou mais vezes por semana	3 (1,83)
Perturbação do desenvolvimento	Sim	8 (4,9)
	Não	156 (95,1)

Nota: N=número; M=média; dp=desvio padrão.

3.2. Jogo de RV – *Whack-a-Mole*

A tabela 2 mostra os resultados obtidos pela amostra (N=164) no jogo de RV – *Whack-a-Mole*, relativamente ao nível alcançado e à pontuação final média de acordo com o sexo, o intervalo de idades, a localidade, o ano escolar que frequentam, se já utilizou RV, a sua regularidade de utilização e a presença ou não de perturbações do desenvolvimento. Verificam-se diferenças estatisticamente significativas no sexo, intervalo de idades e na utilização ou não de RV. No que se refere às diferenças entre sexo masculino e feminino, verifica-se que, no geral, a pontuação foi superior no sexo masculino (nível \bar{x} =13,55; pontuação final média \bar{x} =64,09) por comparação com o feminino (nível \bar{x} =12,06; pontuação final média \bar{x} =56,53). Estas diferenças são estatisticamente significativas (nível $p=0,004$; pontuação final média $p=0,003$). Os adolescentes dos 14 aos 16 anos atingiram pontuação superior (nível \bar{x} = 13,45,

pontuação final média $\bar{x} = 63,74$), comparativamente com os adolescentes de 12 e 13 anos (nível $\bar{x} = 12,32$, pontuação final média $\bar{x} = 57,71$). Estas diferenças são estatisticamente significativas (nível $p=0,024$; pontuação final média $p=0,018$). No grupo dos adolescentes que já tinham utilizado jogos de RV, houve resultados superiores (nível $\bar{x} = 13,56$, pontuação final média $\bar{x} = 64,14$) em comparação com os outros que nunca tinham utilizado (nível $\bar{x} = 12,48$; pontuação final média $\bar{x} = 58,62$). As diferenças são estatisticamente significativas (nível $p=0,042$; pontuação final média $p=0,039$).

Tabela 2 – Resultados do jogo de RV – Whack-A-Mole

Variáveis		Nível (máx. 20)		Pontuação final média	
		M (dp)	p- value	M (dp)	p- value
Sexo	Feminino	12,06 (3,67)	0,004 ^a	56,53 (18,30)	0,003 ^a
	masculino	13,55 (2,68)		64,09 (13,52)	
Intervalo de idades	12-13	12,32 (3,52)	0,024 ^a	57,71 (17,37)	0,018 ^a
	14-16	13,45 (2,83)		63,74 (14,55)	
Localidade	Viseu	13,31 (2,73)	0,167 ^a	62,71 (13,54)	0,192 ^a
	Porto	12,58 (3,52)		59,26 (17,73)	
Ano escolar	7 ^o	12,57 (3,083)	0,107 ^b	58,92 (15,009)	0,064 ^b
	8 ^o	12,42 (3,880)		58,13 (19,500)	
	9 ^o	13,65 (2,599)		64,95 (13,413)	
Utilização RV	Sim	13,56 (3,05)	0,042 ^a	64,14 (15,16)	0,039 ^a
	não	12,48 (3,32)		58,62 (16,69)	
Regularidade de RV	Nunca	12,45 (3,32)	0,130 ^b	58,51 (16,73)	0,116 ^b
	Esporádica	13,47(3,22)		63,6545 (16,05)	
	1/2vezes	13,20 (0,84)		62,2520 (3,50)	
	3 ou mais vezes	15,67 (1,53)		75,2933 (5,25)	
Perturbação do desenvolvimento	Sim	11,50 (3,59)	0,229 ^a	53,44 (17,51)	0,208 ^a
	Não	12,92 (3,24)		60,91 (16,25)	

Nota: M=média; dp=desvio padrão; a Teste T para amostras independentes; b Teste ANOVA 1 fator (Teste F)

3.3. Rotation Mental Images (RMI)

A tabela 3 mostra os resultados da aplicação do instrumento RMI, a 30 dos adolescentes estudados, de acordo com o sexo, o intervalo de idades e o ano escolar que frequentam.

O grupo dos 12-13 anos teve pontuação superior ($\bar{x} = 1342,08$), o que representa maior tempo utilizado na resolução do teste RMI, por comparação com o grupo dos 14-16 anos ($\bar{x} = 926,23$). Estas diferenças são estatisticamente significativas ($p < 0,001$). Em concordância relativamente ao ano de escolaridade constatou-se que, quanto maior é o ano, mais baixo é o tempo na resolução do teste RMI ($\bar{x} = 1360,50$ para o 7º ano, $\bar{x} = 1076,07$ para o 8º e $\bar{x} = 937,45$ para o 9º ano. Com diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,024$).

Tabela 3 – Resultados do instrumento *Rotation Mental Images*

Variáveis	N	Valores	M (dp)	P value
Sexo	12	Feminino	1285,00 (410,39)	0,110 ^a
	18	masculino	1056,69 (282,77)	
Intervalo de idades	16	12-13	1342,08 (321,83)	<0,001 ^a
	14	14-16	926,23 (238,96)	
Ano escolar	11	7º	1360,50 (311,57)	0,024 ^b
	12	8º	1076,07 (346,25)	
	7	9º	937,45 (267,27)	

N= número de indivíduos; M=média; dp=desvio padrão; a=Teste T para amostras independentes; b=Teste ANOVA 1 fator (Teste F)

3.4. Relação entre o jogo de RV e o RMI

A tabela 4 mostra a relação do jogo de RV – *Whack-A-Mole* e o tempo médio na resolução do instrumento RMI.

Verifica-se uma correlação negativa estatisticamente significativa para os dois parâmetros do jogo, ou seja, quanto melhor o desempenho no jogo menor é o tempo na resolução do teste RMI. A correlação foi de $r = -0,475$ ($p = 0,008$) e $r = -0,487$ ($p = 0,006$), para o nível e pontuação final média respetivamente.

Tabela 4 – Correlação entre o jogo de RV – *Whack-A-Mole* e o instrumento RMI

<i>Whack-a-Mole</i>	N	RMI – tempo médio	
		R	Sig (2extremidades)
Nível	30	-0,475	0,008 ^c
Pontuação final média	30	-0,487	0,006 ^c

Notas: N=Número de indivíduos; R=coeficiente de correlação; c =Teste Spearman = a correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

4. Discussão

Este estudo teve como objetivo analisar os resultados da utilização do jogo de RV – *Whack-a-Mole da Virtuleap* (66) e, determinar os valores normativos para a atenção em adolescentes dos 12 aos 16 anos. Os nossos resultados mostram que os adolescentes do sexo masculino têm melhor desempenho no jogo de RV. Um estudo sobre o efeito do jogo *Pokémon Go* em realidade aumentada, de Ruiz-Ariza et al. (2018) foi ao encontro dos nossos resultados, referiram que os rapazes se envolvem mais na prática do jogo, acumulam mais pontos e alcançam um nível superior (87). De Castell et al (2019) estudaram o desempenho num jogo virtual, de dois grupos com vários graus de experiência em videojogos e, também reconheceram que o sexo masculino provou ser mais rápido, mais preciso e teve melhores resultados em tarefas de rotação mental (88). Já no âmbito das Ciências da Aprendizagem, Bailenson (2008) verificou que, o sexo masculino também obteve melhores resultados no uso de RV (89). Os nossos participantes masculinos mostraram melhor concentração na tarefa, com resposta mais rápida e precisa à apresentação aleatória de estímulos do jogo *Whack-A-Mole* e, embora sem significado estatístico, também tiveram menor tempo de reação nas tarefas de rotação do instrumento RMI. Esta semelhança de desempenho encontrada, consistente com o género, poderá justificar-se pela orientação espacial ser geralmente melhor nos homens e também por estes apresentarem melhor desempenho do que as mulheres em tarefas de rotação mental (90, 91).

Curiosamente Díaz et al. (2014) e Iriarte et al. (2016) estudaram a eficácia da realidade virtual na atenção de crianças e adolescentes e, encontraram um padrão geral de diferenças de género oposto ao nosso; mostraram uma tendência de desempenho pior no sexo masculino do que no feminino (92, 93). O presente estudo encontra semelhanças ao de Iriarte et al. (2016), na melhoria dos resultados para a atenção conforme aumenta a idade. Este mesmo autor mostra que os erros de omissão e o tempo médio de reação necessário para fornecer respostas corretas tendem a diminuir com a idade (93). No presente estudo, também os adolescentes mais velhos (14-16 anos), mostram melhores resultados para a atenção no nível e pontuação final média do jogo de RV, comparativamente com os mais novos (12-13 anos). Situação em concordância com o tempo de reação na resolução da medida RMI dos adolescentes mais velhos (14-16 anos), aqui também foram mais rápidos, ou seja, a velocidade de processamento destes na tarefa de rotação mental foi melhor. Estes resultados vão ao

encontro do estudo de Kramer et al. (2005), que investigou o desenvolvimento do controlo oculomotor e da atenção, numa amostra dos 8 aos 25 anos e, reconheceu melhorias no desempenho com a idade (94). Coyle, et al. (2011) também mostraram que, o aumento da velocidade de processamento, acompanha o crescimento da inteligência geral dos adolescentes (95). Concorda também com o estudo de Ferguson (2021), já aqui referido, que mostrou resultados crescentes nas medidas da função executiva nos adolescentes (10-16 anos) e jovens adultos (18-29anos) (32). Portanto, reconhecemos como evidente o melhor desempenho atencional para a faixa etária 14-16 anos, em relação à faixa etária 12-13 anos, o que corrobora com Gyurkovics et al. (2020) que reconheceu que determinadas funções cognitivas ainda estão a amadurecer na adolescência (65). A maturação do cérebro na adolescência, suportada pelos mecanismos de plasticidade e mielinização, poderá justificar o aumento significativo da velocidade de processamento e da atenção, encontrados nos participantes mais velhos deste estudo (96).

Verificamos que o facto de já ter utilizado RV, favoreceu o desempenho dos participantes, traduzindo resultados melhores. Situação semelhante ao estudo de Castell et al. (2019), cujos jogadores com experiência também pontuaram significativamente mais alto do que aqueles menos experientes (88). Embora não tenhamos informação sobre o tipo de experiência em RV que os participantes tiveram anteriormente, reconhecemos como facilitador o facto de não ser uma experiência nova. Situação que induz maior familiarização e confiança no equipamento e poderá também estar associado a um efeito de previsibilidade, ou seja, antecipação de acontecimentos e comportamentos já experimentados anteriormente (97). Concordamos que a experiência de jogo em RV, está associada a uma orientação espacial melhor, que aqui se traduziu em respostas mais rápidas e precisas à apresentação aleatória de estímulos do jogo *Whack-A-Mole* (88).

À semelhança dos resultados encontrados para o intervalo de idades, verificamos que, quanto maior o nível escolar, menor é o tempo de reação na tarefa de orientação espacial do RMI. Resultados que corroboram em parte os resultados da aplicação do jogo *Whack-a-Mole*, já que, ainda que sem significado estatístico, o nível e a pontuação final média alcançados no desempenho no jogo de RV, foram melhores nos alunos do 9º ano de escolaridade. Os nossos resultados são concordantes com o estudo de Tun e Lachman (2008), que reconheceram que o nível educacional mais alto se relaciona com latências de resposta significativamente mais rápidas e menos erros de resposta a tarefas complexas, o que se traduz numa maior

capacidade de inibição e flexibilidade cognitiva (36). Os dados deste estudo confirmam que, o desempenho cognitivo, nomeadamente a atenção e a velocidade de processamento, melhoram ao longo da adolescência em concordância com a escolaridade (94, 95).

Os resultados do jogo de RV e o tempo médio de resposta no RMI mostram-se grandemente correlacionados. Traduzindo que, os adolescentes com velocidade de processamento maior também têm maior capacidade de manter um nível consistente de atenção, com um controlo motor preciso ao longo das tarefas rápidas, aleatórias e simultâneas do jogo de RV – *Whack-a-Mole*. Verifica-se que, a velocidade de processamento está envolvida em tarefas que exigem a atenção mantida, que se reflete na velocidade psicomotora e cognitiva (98). Estes resultados reforçam o estudo de Kibby et al. (2019) que identificou que, as dificuldades de atenção podem reduzir a precisão e a eficiência da atenção aos detalhes e em consequência disso, há compromisso na velocidade de processamento (99). Também no estudo de Věchetová et al. (2022) os défices nas funções executivas, estiveram diretamente relacionadas com o baixo desempenho nas tarefas de velocidade de processamento (100). Manter a atenção, parece ser determinante para o desempenho rápido e preciso da tarefa. Isso reforça a importância de estudar a atenção quando se investiga a relação entre o desempenho motor e as funções executivas (43, 101). Portanto, reconhecemos que a atenção tem uma influência positiva no tempo de reação, tal como o estudo de Huerta et al. (2022), que estudou a relação da atenção no tempo de reação de adolescentes (102).

Reconhecemos como limitações do estudo, o método de seleção da amostra por conveniência, o que limita a generalização dos resultados. Além do RMI, utilizado para medir o tempo médio de reação, seria relevante usar outros instrumentos padronizados, para complementar o conhecimento da atenção dos participantes no seu funcionamento executivo.

Levando em conta as limitações da pesquisa já descritas, para estudos futuros, sugere-se que sejam colmatadas essas limitações e valeria a pena, determinar a sensibilidade e especificidade deste jogo de RV, para avaliar e intervir na atenção de diferentes populações clínicas e em vários grupos etários, no sentido de fornecer uma descrição mais abrangente da vida útil.

5. Conclusão

Os dados normativos obtidos são relevantes para o uso do jogo de RV – *Whack-a-Mole (Virtuleap)*, para avaliar e intervir na atenção dos adolescentes. Identificaram-se padrões de desempenho atencional coerentes com as variáveis estudadas, concordantes com os resultados do tempo médio de reação do instrumento padronizada RMI e foram também ao encontro daquilo que a investigação atual refere. Portanto, o jogo de RV– *Whack-a-Mole* poderá tornar-se numa metodologia validada para monitorizar e treinar a atenção dos adolescentes.

Contudo, apesar dos resultados promissores, destaca-se a necessidade de determinar a sensibilidade e a especificidade deste jogo de RV, para medir e intervir na atenção em amostras mais representativas de toda a vida útil e em diferentes populações clínicas. Mais estudos serão necessários nesta área, visto que as novas tecnologias e mais especificamente a RV, tem sido cada vez mais utilizada no contexto terapêutico.

Referências Bibliográficas

1. Karbach J, Unger K. Executive control training from middle childhood to adolescence. *Frontiers in Psychology*. 2014;5.
2. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol*. 2000;41(1):49-100.
3. Ji S, Wang H. A study of the relationship between adverse childhood experiences, life events, and executive function among college students in China. *Psicol Reflex Crit*. 2018;31(1):28.
4. Rueda MR, Moyano S, Rico-Picó J. Attention: The grounds of self-regulated cognition. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. 2023;14(1):e1582.
5. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64:135-68.
6. Christoff K, Ream JM, Geddes L, Gabrieli JD. Evaluating self-generated information: anterior prefrontal contributions to human cognition. *Behavioral neuroscience*. 2003;117(6):1161.
7. Collins A, Koechlin E. Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS biology*. 2012;10(3):e1001293.
8. Lunt L, Bramham J, Morris RG, Bullock PR, Selway RP, Xenitidis K, et al. Prefrontal cortex dysfunction and 'Jumping to Conclusions': Bias or deficit? *Journal of neuropsychology*. 2012;6(1):65-78.
9. Hyland-Monks R, Cronin L, McNaughton L, Marchant D. The role of executive function in the self-regulation of endurance performance: A critical review. *Prog Brain Res*. 2018;240:353-70.
10. Dias NM, Seabra AG. Funções executivas: desenvolvimento e intervenção. *Temas sobre desenvolvimento*. 2013;19(107):206-12.
11. Cristofori I, Cohen-Zimmerman S, Grafman J. Executive functions. *Handb Clin Neurol*. 2019;163:197-219.
12. Shonkoff JP, Duncan GJ, Fisher PA, Magnuson K, Raver C. Building the brain's "air traffic control" system: How early experiences shape the development of executive function. *Contract*. 2011;11.
13. Semendeferi K, Lu A, Schenker N, Damasio H. Humans and great apes share a large frontal cortex. *Nat Neurosci*. 2002;5(3):272-6.
14. McGarry LM, Carter AG. Prefrontal Cortex Drives Distinct Projection Neurons in the Basolateral Amygdala. *Cell Rep*. 2017;21(6):1426-33.

15. Patterson R, Rothstein J, Barbey AK. Reasoning, cognitive control, and moral intuition. *Front Integr Neurosci.* 2012;6:114.
16. al-Adawi S, Powell JH, Greenwood RJ. Motivational deficits after brain injury: a neuropsychological approach using new assessment techniques. *Neuropsychology.* 1998;12(1):115-24.
17. Robbe D, Alonso G, Chaumont S, Bockaert J, Manzoni OJ. Role of p/q-Ca²⁺ channels in metabotropic glutamate receptor 2/3-dependent presynaptic long-term depression at nucleus accumbens synapses. *J Neurosci.* 2002;22(11):4346-56.
18. Goldman-Rakic PS. Cellular basis of working memory. *Neuron.* 1995;14(3):477-85.
19. Smith EE, Jonides J. Neuroimaging analyses of human working memory. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1998;95(20):12061-8.
20. Baddeley AD, Kopelman MD, Wilson BA. *The handbook of memory disorders*: John Wiley & Sons; 2003.
21. Audoin B, Ibarrola D, Au Duong MV, Pelletier J, Confort-Gouny S, Malikova I, et al. Functional MRI study of PASAT in normal subjects. *Magma.* 2005;18(2):96-102.
22. Harlé KM, Shenoy P, Stewart JL, Tapert SF, Yu AJ, Paulus MP. Altered neural processing of the need to stop in young adults at risk for stimulant dependence. *J Neurosci.* 2014;34(13):4567-80.
23. Posner MI, Rothbart MK, Sheese BE. Attention genes. *Developmental science.* 2007;10(1):24-9.
24. Panichello MF, Buschman TJ. Shared mechanisms underlie the control of working memory and attention. *Nature.* 2021;592(7855):601-5.
25. Coull JT, Nobre AC, Frith CD. The noradrenergic alpha2 agonist clonidine modulates behavioural and neuroanatomical correlates of human attentional orienting and alerting. *Cereb Cortex.* 2001;11(1):73-84.
26. Posner MI, DiGirolamo GJ. *18 Executive Attention: Conflict, Target Detection, and Cognitive Control.* 1998.
27. Epstein KA, Kumra S. Executive attention impairment in adolescents with schizophrenia who have used cannabis. *Schizophr Res.* 2014;157(1-3):48-54.
28. Katsuki F, Constantinidis C. Bottom-up and top-down attention: different processes and overlapping neural systems. *Neuroscientist.* 2014;20(5):509-21.
29. Grossberg S. Attention: Multiple types, brain resonances, psychological functions, and conscious states. *J Integr Neurosci.* 2021;20(1):197-232.
30. Rothbart MK, Sheese BE, Rueda MR, Posner MI. Developing Mechanisms of Self-Regulation in Early Life. *Emot Rev.* 2011;3(2):207-13.

31. Swingler MM, Perry NB, Calkins SD. Neural plasticity and the development of attention: Intrinsic and extrinsic influences. *Dev Psychopathol.* 2015;27(2):443–57.
32. Ferguson HJ, Brunsdon VE, Bradford EE. The developmental trajectories of executive function from adolescence to old age. *Scientific reports.* 2021;11(1):1–17.
33. Schaie KW. Intellectual development in adulthood. *Handbook of the psychology of aging*, 4th ed. The handbooks of aging. San Diego, CA, US: Academic Press; 1996. p. 266–86.
34. Alley D, Suthers K, Crimmins E. Education and Cognitive Decline in Older Americans: Results From the AHEAD Sample. *Res Aging.* 2007;29(1):73–94.
35. Le Carret N, Lafont S, Mayo W, Fabrigoule C. The effect of education on cognitive performances and its implication for the constitution of the cognitive reserve. *Dev Neuropsychol.* 2003;23(3):317–37.
36. Tun PA, Lachman ME. Age differences in reaction time and attention in a national telephone sample of adults: education, sex, and task complexity matter. *Dev Psychol.* 2008;44(5):1421–9.
37. Lufi D, Segev S, Blum A, Rosen T, Haimov I. The Effect of Age on Attention Level: A Comparison of Two Age Groups. *Int J Aging Hum Dev.* 2015;81(3):176–88.
38. Levitt T, Fugelsang J, Crossley M. Processing speed, attentional capacity, and age-related memory change. *Exp Aging Res.* 2006;32(3):263–95.
39. Weiler MD, Bernstein JH, Bellinger DC, Waber DP. Processing speed in children with attention deficit/hyperactivity disorder, inattentive type. *Child Neuropsychol.* 2000;6(3):218–34.
40. Diamond A, Lee K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science.* 2011;333(6045):959–64.
41. Jedlicka EJ. LearningRx Cognitive Training for Children and Adolescents Ages 5–18: Effects on Academic Skills, Behavior, and Cognition. *Frontiers in Education.* 2017;2.
42. Gibson K, Carpenter D, Moore AL, Mitchell T. Training the brain to learn: beyond vision therapy. *Vis Dev Rehab.* 2015;1(2):119–28.
43. Hopfinger JB, Slotnick SD. Attentional Control and Executive Function. *Cogn Neurosci.* 2020;11(1–2):1–4.
44. Kadri A, Slimani M, Bragazzi NL, Tod D, Azaiez F. Effect of Taekwondo Practice on Cognitive Function in Adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(2).
45. Bidzan-Bluma I, Lipowska M. Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(4).

46. de Greeff JW, Bosker RJ, Oosterlaan J, Visscher C, Hartman E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2018;21(5):501-7.
47. Hoza B, Shoulberg EK, Tompkins CL, Martin CP, Krasner A, Dennis M, et al. Moderate-to-vigorous physical activity and processing speed: predicting adaptive change in ADHD levels and related impairments in preschoolers. *J Child Psychol Psychiatry*. 2020;61(12):1380-7.
48. Liang X, Li R, Wong SHS, Sum RKW, Sit CHP. The impact of exercise interventions concerning executive functions of children and adolescents with attention-deficit/hyperactive disorder: a systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2021;18(1):68.
49. Fernandez NB, Trost WJ, Vuilleumier P. Brain networks mediating the influence of background music on selective attention. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2019;14(12):1441-52.
50. Diamond A. Activities and Programs That Improve Children's Executive Functions. *Curr Dir Psychol Sci*. 2012;21(5):335-41.
51. Diamond A, Ling DS. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Dev Cogn Neurosci*. 2016;18:34-48.
52. Marzocchi GM, Usai MC, Howard SJ. Editorial: Training and Enhancing Executive Function. *Front Psychol*. 2020;11:2031.
53. Fitzgerald M, Ratcliffe G. Serious games, gamification, and serious mental illness: a scoping review. *Psychiatric Services*. 2020;71(2):170-83.
54. Granic I, Lobel A, Engels RC. The benefits of playing video games. *American psychologist*. 2014;69(1):66.
55. Slater Mea. Inducing illusory ownership of a virtual body. *Frontiers in neuroscience*. 2009:29.
56. Schuurmans AA, Nijhof KS, Engels RC, Granic I. Using a videogame intervention to reduce anxiety and externalizing problems among youths in residential care: an initial randomized controlled trial. *Journal of psychopathology and behavioral assessment*. 2018;40(2):344-54.
57. Green CS, Bavelier D. Action video game modifies visual selective attention. *Nature*. 2003;423(6939):534-7.
58. Goharinejad S, Goharinejad S, Hajesmaeel-Gohari S, Bahaadinbeigy K. The usefulness of virtual, augmented, and mixed reality technologies in the diagnosis and treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children: an overview of relevant studies. *BMC Psychiatry*. 2022;22(1):4.

59. Riva G, Wiederhold BK, Mantovani F. Neuroscience of Virtual Reality: From Virtual Exposure to Embodied Medicine. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2019;22(1):82-96.
60. Borgnis F, Baglio F, Pedroli E, Rossetto F, Uccellatore L, Oliveira JAG, et al. Available Virtual Reality-Based Tools for Executive Functions: A Systematic Review. *Front Psychol*. 2022;13:833136.
61. Kim BR, Chun MH, Kim LS, Park JY. Effect of virtual reality on cognition in stroke patients. *Ann Rehabil Med*. 2011;35(4):450-9.
62. Perez-Marcos D. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2018;15(1):113.
63. Gamito P, Morais D, Oliveira J, Ferreira Lopes P, Picareli LF, Matias M, et al. Systemic Lisbon Battery: Normative Data for Memory and Attention Assessments. *JMIR Rehabil Assist Technol*. 2016;3(1):e5.
64. Coenen F, Scheepers FE, Palmén SJM, de Jonge MV, Oranje B. Serious Games as Potential Therapies: A Validation Study of a Neurofeedback Game. *Clin EEG Neurosci*. 2020;51(2):87-93.
65. Gyurkovics M, Stafford T, Levita L. Cognitive control across adolescence: Dynamic adjustments and mind-wandering. *J Exp Psychol Gen*. 2020;149(6):1017-31.
66. Whack-a-Mole: Virtuleap; 2020 [Available from: <https://virtuleap.com/brain-training/whack-a-mole>].
67. Creswell JW, Creswell JD. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*: Sage publications; 2017.
68. Elfil M, Negida A. Sampling methods in Clinical Research; an Educational Review. *Emerg (Tehran)*. 2017;5(1):e52.
69. Munnangi S, Boktor SW. *Epidemiology of study design*. 2017.
70. Rotation of Mental Images [30147]. 2020.
71. Peters M, Laeng B, Latham K, Jackson M, Zaiyouna R, Richardson C. A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotations test: different versions and factors that affect performance. *Brain Cogn*. 1995;28(1):39-58.
72. Vandenberg SG, Kuse AR. Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Percept Mot Skills*. 1978;47(2):599-604.
73. Boone AP, Hegarty M. Sex differences in mental rotation tasks: Not just in the mental rotation process! *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2017;43(7):1005-19.
74. E-Prime 3 Live Stream: Rotation of Mental Images Experiment Creation. 2017.

75. Dinges DF, Powell JW. Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. 1985;17:652-5.
76. Enhance VR Games Overview. 2022.
77. Falagas ME, Pitsouni EI, Malietzis GA, Pappas G. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *Faseb j*. 2008;22(2):338-42.
78. Integrity2017. Available from: https://www.allea.org/wp-content/uploads/2018/11/ALLEA-European-Code-of-Conduct-for-Research-Integrity-2017-Digital_PT.pdf.
79. World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *Bull World Health Organ*. 2001;79(4):373-4.
80. República Ad. Diário da Republica nº58/2019, I série [Internet]. 2019 [8 de agosto de 2019]:[Available from: <https://dre.pt/dre/detalhe/lei/58-2019-123815982>].
81. Virtuleap. Treinamento Cerebral em RV 2022 [Available from: <https://virtuleap.com/>].
82. Brugada-Ramentol V, Bozorgzadeh A, Jalali H. Enhance VR: A Multisensory Approach to Cognitive Training and Monitoring. *Front Digit Health*. 2022;4:916052.
83. Enhance [Internet]. 2023. Available from: <https://api.virtuleap.com/manage/login>.
84. Microsoft. Microsoft Excel. 365 ed2019.
85. Windows Ssf. IBM SPSS Statistics for Windows. 28 ed2022.
86. Marôco J. *Análise Estatística com o SPSS Statistics*: 7ª edição: ReportNumber, Lda; 2018.
87. Ruiz-Ariza A, Casuso RA, Suárez-Manzano S, Martínez-López EJ. Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. *Comput Educ*. 2018;116:49-63.
88. de Castell S, Larios H, Jenson J. Gender, videogames and navigation in virtual space. *Acta Psychol (Amst)*. 2019;199:102895.
89. Bailenson JN, Yee N, Blascovich J, Beall AC, Lundblad N, Jin M. The use of immersive virtual reality in the learning sciences: Digital transformations of teachers, students, and social context. *The Journal of the Learning Sciences*. 2008;17(1):102-41.
90. Coluccia E, Louse G. Gender differences in spatial orientation: A review. *Journal of environmental psychology*. 2004;24(3):329-40.
91. Cimadevilla JM, Piccardi L. Spatial skills. *Handb Clin Neurol*. 2020;175:65-79.

92. Díaz-Orueta U, Garcia-López C, Crespo-Eguílaz N, Sánchez-Carpintero R, Climent G, Narbona J. AULA virtual reality test as an attention measure: convergent validity with Conners' Continuous Performance Test. *Child Neuropsychol.* 2014;20(3):328-42.
93. Iriarte Y, Diaz-Orueta U, Cueto E, Irazustabarrena P, Banterla F, Climent G. AULA-Advanced Virtual Reality Tool for the Assessment of Attention: Normative Study in Spain. *J Atten Disord.* 2016;20(6):542-68.
94. Kramer AF, de Sather JC, Cassavaugh ND. Development of attentional and oculomotor control. *Dev Psychol.* 2005;41(5):760-72.
95. Coyle TR, Pillow DR, Snyder AC, Kochunov P. Processing speed mediates the development of general intelligence (g) in adolescence. *Psychol Sci.* 2011;22(10):1265-9.
96. Luna B. Developmental changes in cognitive control through adolescence. *Adv Child Dev Behav.* 2009;37:233-78.
97. Frank GA, Helms R, Voor D, editors. Determining the right mix of live, virtual, and constructive training. Proceedings of the 21st Interservice/Industry Training Systems and Education Conference; 2000: Citeseer.
98. Lopes RMF, do Nascimento RFL, Bandeira DR. valiação do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade em adultos (TDAH): uma revisão de literatura. *Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment.* 2005;4(1):65-74.
99. Kibby MY, Vадnais SA, Jagger-Rickels AC. Which components of processing speed are affected in ADHD subtypes? *Child Neuropsychol.* 2019;25(7):964-79.
100. Věchetová G, Nikolai T, Slovák M, Forejtová Z, Vranka M, Straková E, et al. Attention impairment in motor functional neurological disorders: a neuropsychological study. *J Neurol.* 2022;269(11):5981-90.
101. van der Fels IMJ, Smith J, de Bruijn AGM, Bosker RJ, Königs M, Oosterlaan J, et al. Relations between gross motor skills and executive functions, controlling for the role of information processing and lapses of attention in 8-10 year old children. *PLoS One.* 2019;14(10):e0224219.
102. Huerta Ojeda Á, Lizama Tapia P, Pulgar Álvarez J, González-Cruz C, Yeomans-Cabrera MM, Contreras Vera J. Relationship between Attention Capacity and Hand-Eye Reaction Time in Adolescents between 15 and 18 Years of Age. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(17).