



Matilde Ferreira Sousa

**Atividade Física e Funções Executivas em Crianças com
Hiperatividade e Défice de Atenção: Uma Revisão
Sistemática da Literatura**

Trabalho realizado sob a orientação da:
Professora Doutora Marisa Gomes Felipe Richter-Trummer

fevereiro 2023



Matilde Ferreira Sousa

**Atividade Física e Funções Executivas em Crianças com
Hiperatividade e Défice de Atenção: Uma Revisão
Sistemática da Literatura**

Dissertação apresentada na Universidade Lusófona do Porto
Para obtenção do Grau de Mestre em Psicologia Clínica e da Saúde
Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto
No dia 15/02/2023, perante o júri seguinte:

Presidente: Professor Doutor Diogo Jorge Pereira do Vale Lamela da Silva,

Arguente: Professora Doutora Célia Regina Gomes Oliveira

Orientadora: Professora Doutora Marisa Gomes Felipe Richter-Trummer

fevereiro 2023

É autorizada a reprodução integral desta tese/dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Agradecimentos

À Doutora Marisa Filipe, por toda a orientação sem a qual este trabalho não teria sido possível. A sua disponibilidade, motivação, e ensinamentos tornaram este percurso mais fácil, permitindo-me aprender e desenvolver competências de investigação e escrita.

À minha família pelos valores que me transmitiram, pelo apoio em todas as etapas e em todas as decisões, o meu muito obrigada. Mãe e Pai, os meus maiores apoios nesta jornada, foi graças a vocês que aqui cheguei, obrigada por sempre me incentivarem a seguir os meus sonhos e a dar sempre o melhor de mim. À minha irmã Carlota, da qual tenho muito orgulho e que graças à sua calma e sabedoria me ajudou a superar os desafios. Sandra, por estar sempre disponível para me ouvir e ajudar. Ao Francisco, o meu afilhado, a única pessoa que, sem saber, me dá toda a força que preciso. Aos meus queridos avós que contribuíram muito para que me tornasse na pessoa que sou hoje. Em especial ao meu avô que, certamente, estará orgulhoso das minhas conquistas.

Ao Pedro, por ser o melhor ouvinte. Foste a minha paz nos momentos mais difíceis. Obrigada pela paciência, motivação e constante apoio ao longo deste percurso.

Aos amigos que tive o prazer de conhecer ao longo desta caminhada, Pedro, Maria Inês, Leonardo e António. Um obrigada especial à Sofia que me tornou uma pessoa melhor e que me ajudou nos momentos mais desafiantes. À Helena que sem ela a finalização deste percurso tinha sido mais difícil. Um agradecimento às minhas amigas de sempre.

A todos os meus colegas de curso que foram cruciais para a minha formação. Agradecer ainda aos professores da Universidade Lusófona do Porto que contribuíram para para o meu crescimento pessoal e profissional.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

Atividade Física e Funções Executivas em Crianças com Hiperatividade e Déficit de Atenção: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Resumo

A Perturbação de Hiperatividade e Déficit de Atenção (PHDA) é uma perturbação do neurodesenvolvimento, caracterizada por um padrão persistente de desatenção e/ou impulsividade-hiperatividade, que interfere com o funcionamento ou desenvolvimento do indivíduo. Diversos autores associam estas dificuldades ao comprometimento das funções executivas (FE; e.g., controlo inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva). São vários os estudos empíricos que analisam o impacto de diferentes programas de intervenção para promover as FE na PHDA. Neste contexto, a prática de atividade física (AF) tem recebido particular atenção por parte dos investigadores. Assim, o objetivo principal do presente trabalho foi analisar, criticar e sintetizar a literatura existente sobre o impacto da implementação de programas de AF nas FE de crianças com PHDA através de uma revisão sistemática da literatura.

De forma a garantir o rigor metodológico, esta revisão seguiu os critérios PICO e as diretrizes PRISMA. Para a pesquisa foram selecionadas as bases de dados *ERIC*, *APA PsycInfo* e *Academic Search Complete* e as seguintes palavras-chave: *ADHD OR attention deficit hyperactivity disorder OR ADD OR attention deficit disorder and executive function AND physical activity OR exercise OR fitness OR physical exercise OR sport*. Inicialmente, foram encontrados cerca de 370 artigos. Após a fase de elegibilidade, foram incluídos sete estudos por respeitarem os critérios de inclusão/exclusão previamente estabelecidos. Na sequência da implementação de programas de AF, tais como o EXCIR (*Exercise for cognitive improvement and rehabilitation*), corrida, aeróbica e *Exergaming*, os resultados evidenciaram efeitos positivos ao nível das FE, nomeadamente no controlo inibitório, na flexibilidade cognitiva e na memória de trabalho. Contudo, nem todos os estudos encontraram efeitos significativos.

Em conclusão, a implementação de programas de AF em crianças com PHDA parece promissora. Porém, não existe consenso acerca do seu efeito e a interpretação dos resultados deve ter em consideração as limitações presentes nos estudos incluídos.

Palavras-chave: Perturbação de Hiperatividade e Déficit de Atenção; Funções Executivas; Atividade Física

Physical Activity and Executive Functions in Children with Hyperactivity and Attention Deficit: A Systematic Review of the Literature

Abstract

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder characterized by a persistent pattern of inattention and/or impulsivity-hyperactivity, which interferes with an individual's functioning or development. Several authors associate these difficulties with the impairment of executive functions (EF; e.g., inhibitory control, working memory and cognitive flexibility). There are several empirical studies that analyze the impact of different intervention programs to promote EF in ADHD and in this context, the practice of physical activity (PA) has received particular attention from researchers. So, the main objective of the presente work was to analyze, criticize and synthesize the existing literature on the impact of the implementation of PA programs on the EF of children with ADHD through a systematic literature review.

In an effort to ensure methodological rigor, this review followed the PICO criteria and the PRISMA guidelines. The ERIC, APA PsycInfo and Academic Search Complete databases were selected for the research and the following keywords were selected: ADHD OR attention deficit hyperactivity disorder OR ADD OR attention deficit disorder and executive function AND physical activity OR exercise OR fitness OR physical exercise OR sport. Initially, around 370 articles were found. After the eligibility phase, seven studies were included since they met the previously established inclusion/exclusion criteria. Following the implementation of PA programs, such as EXCIR (exercise for cognitive improvement and rehabilitation), running, aerobics and Exergaming, the results showed positive effects in terms of EF, namely in inhibitory control, cognitive flexibility and working memory. However, not all studies found significant effects.

In conclusion, the implementation of PA programs in children with ADHD seems promising. However, there is no consensus about its effectiveness and the interpretation of results must contemplate the limitations presented in the included studies.

Keywords: Attention Deficit Hyperactivity Disorder; Executive Functions; Physical activity

Índice

I. Revisão da literatura	1
1.1. Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção (PHDA)	1
1.2. Funções executivas (FE) e PHDA	3
1.2.1 Definição das FE	4
1.2.2. FE e funcionamento cerebral	4
1.2.3. FE na PHDA	5
1.3. FE e atividade física.....	6
1.4. AF e PHDA	8
II. Método	11
2.1. Pesquisa.....	11
2.1.1. Questão de investigação.....	11
2.1.2. Bases de dados:	11
2.1.3. Palavras-chave:	11
2.1.4. Critérios de elegibilidade.....	11
2.2. Procedimentos	12
2.2.1 Avaliação do risco de viés	12
2.2.2. Estratégia de análise de dados	13
III. Resultados.....	14
3.2. Características dos estudos.....	16
3.2.2. Tipo de intervenção	16
3.2.3. Grupos de Controlo	16
3.2.4. Duração.....	16
3.2.6. Alvos de intervenção	17
3.2.7. Medidas de avaliação	17
3.2.8. Risco de viés	17

3.2.9. Efeitos da intervenção	19
IV. Discussão.....	24
4.1. Discussão por domínio executivo	24
4.1.1. Controle inibitório	24
4.1.2. Flexibilidade cognitiva.....	25
4.1.3. Memória de trabalho	25
4.1.4. FE globais.....	26
4.2. Tipo de AF	26
4.3. Frequência, duração e intensidade	27
4.4. Limitações e direções futuras.....	28
4.4.1. Limitações gerais dos estudos incluídos.....	28
4.4.2. Forças e fraquezas da presente revisão	29
V. Conclusão	30
Referências	31

Índice de Tabelas

Tabela 1: PICO (População, Intervenção, Comparação, Outcomes).....	11
Tabela 2: Análise dos Dados Recolhidos de Cada Artigo	22

Índice de Figura

Figura 1: Fluxograma PRISMA (<i>preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses</i>)	15
Figura 2: Análise do Risco de Viés: Gráfico de semáforo da avaliação do viés RCT	18
Figura 3: Análise do Risco de viés: Gráfico de resumo ponderado do tipo geral de viés encontrado em RCTs.....	19

Lista de abreviaturas

AF	Atividade física
AWMA-S	<i>Automated working memory assessment system – short version</i>
BDNF	<i>Brain-derived neurotrophic factor</i>
BRIEF-2	<i>Behavior Rating Inventory of Executive Functioning-2</i>
CBCL	<i>Child Behavior Checklist</i>
CPF	Cortéx pré-frontal
DRD4	<i>Dopamine receptor D4</i>
EXCIR	<i>Exercise for cognitive improvement and rehabilitation</i>
FE	Funções executivas
HIIT	<i>High intensity interval training</i>
M-ABC 2	<i>Movement assessment battery for children</i>
PICO	População, intervenção, comparação e “outcomes”
PRISMA	<i>Preferred reporting items for systematic reviews and meta analyses</i>
PHDA	Perturbação de hiperatividade e déficit de atenção
RCT	<i>Randomized control trial</i>
SSIS	<i>Social skills improvement system</i>
SLC6A3	<i>Solute carrier family 6 member 3</i>
TGMD-2	<i>Test of Gross Motor Development</i>
WCST	<i>Wisconsin Card Sorting Task</i>

I. Revisão da literatura

1.1. Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção (PHDA)

Curiosamente, uma das primeiras referências aos sintomas da Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção (PHDA) foi realizada no ano de 1902, por George Still (Caliman, 2010). Após isto, no ano de 1980, surge a primeira tentativa de definir os critérios de diagnóstico de PHDA (American Psychiatric Association [APA], 1980). Esta perturbação foi inicialmente designada de perturbação de défice de atenção podendo estar aliada ou não à hiperatividade (APA, 1980). Nesta publicação, os critérios englobavam inatenção (Critério A), a impulsividade (Critério B) e/ou hiperatividade (Critério C). Especificamente a inatenção incluía: (1) dificuldades em terminar tarefas; (2) a maior parte das vezes parece não ouvir; (3) distrai-se com facilidade; (4) dificuldades em concentrar-se (APA, 1980). Ao nível da impulsividade encontravam-se destacados critérios como: (1) age antes de pensar a maior parte do tempo; (2) muda constantemente de uma atividade para outra; (3) dificuldades em organizar o trabalho; (4) necessidade de supervisão; (5) dificuldades em aguardar a sua vez (APA, 1980). Por fim, a hiperatividade englobava sintomas como: (1) corre ou sobe coisas; (2) dificuldades em ficar parado; (3) dificuldades em ficar sentado; (4) move-se excessivamente durante o sono; (5) está constantemente “em movimento” (APA, 1980).

Até chegar ao conceito atual, foi necessário um longo processo. Hoje, a definição desta perturbação já é bem mais complexa, ainda que suscite algum desacordo a diversos níveis (Castellanos et al., 2006). Atualmente a PHDA é considerada uma perturbação do neurodesenvolvimento que afeta, em média, 5% das crianças, sendo mais comum no sexo masculino (APA, 2013). Esta perturbação condiciona quer o funcionamento quer o desenvolvimento do indivíduo, sendo que em cerca de 57% dos casos os sintomas parecem persistir na idade adulta (APA, 2013).

Atualmente, os critérios de diagnóstico da PHDA, de acordo com o Manual de Diagnóstico e Estatística das Perturbações Mentais (APA, 2013), são os seguintes: (Critério A) padrão persistente de desatenção e/ou hiperatividade-impulsividade que interfere com o funcionamento ou desenvolvimento; (Critério B) vários dos sintomas de desatenção ou hiperatividade - impulsividade surgem antes dos 12 anos de idade; (Critério C) vários dos sintomas de desatenção ou hiperatividade - impulsividade estão presentes em dois ou mais contextos; (Critério D) existem provas de que os sintomas interferem ou

reduzem a qualidade do funcionamento acadêmico ou ocupacional; e (Critério E) os sintomas não ocorrem exclusivamente durante o curso de esquizofrenia ou outra perturbação psicótica e não são mais bem explicados por outra perturbação mental. Importa salientar que as características mencionadas não estão presentes de forma linear em todos os casos de PHDA (APA, 2013).

É também relevante referir que a PHDA pode manifestar-se de três formas: (i) manifestação combinada, onde estão presentes os critérios relativos à desatenção e à hiperatividade-impulsividade; (ii) manifestação predominantemente desatenta estando apenas cumprido o critério da desatenção; e (iii) manifestação predominantemente hiperatividade-impulsiva, sendo apenas preenchido o critério hiperatividade-impulsividade (APA, 2013).

Como resultado destas dificuldades, crianças com esta perturbação tendem a apresentar condicionamentos na aprendizagem, no estabelecimento de relações com os pares bem como dificuldades no cumprimento de regras e de objetivos (APA, 2013).

Segundo a literatura, a etiologia da PHDA demonstra ser bastante complexa (Geoffrey et al., 2019) e, de um modo geral parece ser derivada de múltiplos fatores (e.g., genéticos, neurológicos, biológicos e/ou ambientais) (Margari et al., 2013). Relativamente à influência genética e fisiológica, estas desempenham um papel significativo no desenvolvimento desta perturbação (Barkley, 2016). É comum crianças com PHDA terem familiares de primeiro grau com a mesma perturbação (APA, 2013), sendo que, estudos realizados com irmãos gêmeos monozigóticos e familiares de primeiro grau notam uma percentagem de 70/80% de influência genética (Brikell et al. 2020).

Ainda a nível genético, a investigação científica sugere alterações nos recetores dopaminérgicos, nomeadamente nos genes dos recetores D4 e D5, sendo que cada um pode influenciar o desenvolvimento da PHDA (Kirley et al., 2002). O SLC6A3 (*solute carrier family 6 member 3*) e DRD4 (*dopamine receptor D4*) foram os genes mais intensamente estudados (Sánchez-Mora et al., 2012). Estes, por sua vez codificam o material genético para o transportador e recetor de dopamina D4 (Sánchez-Mora et al., 2012). Posteriormente, outras alterações genéticas foram também associadas à PHDA, como por exemplo nos sistemas de neurotransmissão noradrenérgicos ou serotoninérgicos e ainda genes ligados a fatores neurotróficos (Sánchez-Mora et al., 2012).

Contudo os genes e os neurotransmissores envolvidos na PHDA, bem como as relações genômicas entre os sintomas da perturbação e as variantes genéticas precisam de ser melhor estabelecidas (Barkley, 2016).

De qualquer forma, podemos correlacionar as bases genéticas com as alterações que ocorrem a nível neurológico, existindo evidências robustas de diferenças em áreas cerebrais e/ou níveis de neurotransmissores que suportam funções cognitivas vitais (Castellanos et al., 2006). Estas diferenças podem ser verificadas ao nível cerebral, funcional e neuroquímico em indivíduos com PHDA (Castellanos et al., 2006). De forma consistente, a investigação demonstra que existem áreas cerebrais que apresentam um tamanho inferior comparativamente ao que é esperado no desenvolvimento típico e que levam, por exemplo, a alterações nos gânglios de base, substância branca do córtex pré-frontal (CPF), corpo caloso e vermis cerebelar (Tripp & Wickens, 2009).

Tal é explicado por Swanson et al. (2007), as componentes que constituem os gânglios de base como o núcleo caudado e o globo pálido, que por sua vez contêm uma elevada densidade de recetores dopaminérgicos, aparentam ter um tamanho inferior em crianças com PHDA (Rege, 2021). Mais ainda, o estriado ventral, incluído na via de recompensa (influenciada pela dopamina) aparenta também estar reduzido nesta perturbação (Tripp & Wickens, 2009). Desta forma, como consequência da redução de determinadas áreas cerebrais podem estar presentes défices de determinadas hormonas e neurotransmissores como a dopamina e/ou a noradrenalina (Geoffrey et al., 2019).

Quanto aos fatores ambientais, estes provam ter uma influência crucial para o desenvolvimento desta perturbação (APA, 2013), sendo frequentemente destacadas a prevalência de infeções (e.g., encefalite), tabagismo e/ou obesidade materna bem como a exposição materna a poluentes (e.g., chumbo) (APA, 2013). Porém, a investigação refere que o conhecimento acerca da etiologia da PHDA é, ainda, limitado (Barkley, 2016).

1.2. Funções executivas (FE) e PHDA

Segundo a investigação atual é possível verificar que indivíduos com PHDA tendem a demonstrar comprometimento em diferentes domínios executivos (Christiansen et al., 2019). Tais défices podem ser evidenciados pela dificuldade em controlar a impulsividade, pelo comprometimento em planear tarefas e ainda pela frequente distração e desorganização (Christiansen et al., 2019).

1.2.1 Definição das FE

As funções executivas (FE) seguem uma trajetória de desenvolvimento com o seu início durante a infância, existindo vários períodos críticos para o seu desenvolvimento ao longo do ciclo de vida de cada indivíduo (Otero & Barker, 2014). Definir FE é um processo complexo visto que as opiniões divergem entre autores. No entanto, para a maioria dos investigadores a definição de FE é caracterizada como sendo multifatorial, isto é, envolve múltiplos processos responsáveis pela regulação de pensamentos, emoções e comportamentos (Diamond, 2013). Desta forma, as FE dizem respeito a um conjunto de processos cognitivos organizados *top to bottom*, essenciais para a realização de determinadas funções vitais (Diamond, 2013). São frequentemente destacados na literatura três principais domínios executivos: o controlo inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (Diamond, 2013).

De um modo específico, o controlo inibitório pode ser definido pela capacidade do indivíduo regular e controlar pensamentos e emoções (Diamond & Ling, 2016). Esta aptidão permite adaptar os seus comportamentos às circunstâncias do quotidiano, impedindo que ajam por impulso (Diamond & Ling, 2016). Assim, este domínio desmonstra ser crucial, uma vez que exerce a possibilidade de “substituir uma forte predisposição interna ou atração externa e, em vez disso, fazer o que é mais apropriado ou necessário (...)” (Diamond, 2013, p. 137).

A definição de memória de trabalho evoluiu a partir do conceito de memória a curto prazo (Baddeley, 1992). A memória de trabalho refere-se a um sistema cerebral que permite armazenar temporariamente e manipular informações necessárias para tarefas cognitivas complexas (e.g., compreensão, linguagem e aprendizagem) (Baddeley, 1992).

Por flexibilidade cognitiva, entende-se a capacidade do ser humano de se adaptar às mudanças assim como a competência de adotar diferentes perspetivas para cada situação (Diamond & Ling, 2016). Esta envolve duas características importantes, tais como o envolvimento da flexibilidade cognitiva nos processos de aprendizagem e a necessidade de adaptação de estratégias de processamento cognitivo (Cañas et al., 2015).

1.2.2. FE e funcionamento cerebral

A complexidade da definição das FE é ainda acentuada pela dificuldade em compreender os circuitos neuronais envolvidos, já que os processos executivos englobam várias ligações e redes neuronais específicas (i.e., tálamo, gânglios de base e córtex pré-

frontal) (Willcutt et al., 2005) e que, por sua vez não se encontram localizadas numa região cerebral concreta (Fiske & Holmboe, 2019). No entanto, é notório que o CPF é uma região determinante para o funcionamento executivo (Fiske & Holmboe, 2019).

O CPF estabelece conexões cerebrais, cruciais, com as regiões corticais, subcorticais e límbicas (Osion & Luciana, 2008, cit. por Fiske & Holmboe, 2019), sendo que estas conexões, de forma conjunta, formam um complexo sistema que serve ao funcionamento executivo (Aron, 2008). De forma mais específica, os CPF dorsal e lateral são responsáveis pela regulação da atenção e do comportamento, já a área ventral e medial regula as funções relacionadas com as emoções (Arnsten, 2009).

A investigação distingue duas componentes executivas: as “frias” e as “quentes”. As FE “frias” são ativadas em tarefas relacionadas com a cognição e deixam de parte o envolvimento dos fatores emocionais. Por sua vez, as FE “quentes” são ativadas em processos afetivos (Castellanos et al., 2006; Zelazo & Carlson, 2012). Apesar desta distinção provocar desacordo entre a comunidade científica, segundo alguns autores as FE “frias” podem englobar funções como o controlo inibitório, a memória de trabalho, a flexibilidade cognitiva e a resolução de problemas (Zelazo & Carlson, 2012; Salehinejad et al., 2021). Estas funções ativam a área cortical que inclui o CPF dorsal, CPF lateral, córtex cingulado anterior e córtex frontal inferior, envolvendo também, áreas subcorticais como hipocampo e o gânglio basal (Salehinejad et al., 2021).

Já no que concerne aos domínios executivos “quentes”, podemos destacar a regulação emocional, motivação, tomada de decisão e cognição social (Zelazo & Carlson, 2012). Neste caso, as áreas corticais envolvidas são, o CPF medial, o CPF ventrolateral e o córtex orbitofrontal e as áreas subcorticais englobam a amígdala, insula, sistema límbico e striatum (Salehinejad et al., 2021). Um exemplo claro que permite a avaliação dos processos executivos “quentes” é a capacidade de as crianças adiarem a gratificação, que como referido, remete-nos para a capacidade de as crianças resistirem a uma determinada tentação (Müller & Kerns, 2015).

1.2.3. FE na PHDA

A disfunção executiva é uma característica subjacente à PHDA (Willcutt et al., 2005), complementada pela correlação entre processos como o controlo inibitório e a memória de trabalho, essenciais para que seja possível a mudança do comportamento no indivíduo (Anderson, 2002).

De acordo com a teoria de Barkley (1997), o controlo inibitório foi destacado como sendo uma característica central das FE. Barkley (1997) evidenciou ainda o controlo inibitório como sendo o défice primário em indivíduos com PHDA.

Por exemplo, crianças com PHDA demonstram menor capacidade em efetuar tarefas relacionadas com o controlo inibitório o que, consequentemente, contribui para dificuldades relacionadas com o autocontrolo, cumprimentos de instruções ou socialização (Barkley, 1997), bem como dificuldades na memória de trabalho, que desta forma influenciam a consciência e a perceção de tempo (Montalva-Valenzuela et al., 2022).

Além do controlo inibitório existem várias funções comprometidas na PHDA, como o tempo de reação, a flexibilidade cognitiva, o planeamento, a organização de tarefas (Montalva-Valenzuela et al., 2022), a impulsividade, a memória de trabalho e a atenção (Christiansen et al., 2019). Ainda assim, importa ter em conta que apesar da associação feita de forma mais consistente, entre as FE e PHDA, é crucial lembrar que os estudos demonstram que os défices que ocorrem nas FE não são a única causa da PHDA, tal como verificamos anteriormente (Willcutt et al., 2005).

1.3. FE e atividade física

Uma vez que são evidentes alterações executivas em indivíduos com PHDA, a intervenção neste domínio torna-se essencial e tem cativado o interesse de investigadores. Neste âmbito, a prática a atividade física (AF) tem sido apontada como uma possível intervenção (Erickson et al., 2018). Por AF, de um modo geral, entende-se o movimento corporal que resulta num gasto de energia, por sua vez produzido pelos músculos esqueléticos (Erickson et al., 2018). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2020), as formas mais populares de AF incluem caminhadas, ciclismo, corrida e desportos de grupo, sendo que esta pode ser realizada com intensidade leve, moderada ou vigorosa.

Assim, ainda que não seja apenas esta a função da AF, podemos notar que, de acordo com a comunidade científica, parece existir uma influência positiva da AF nas FE (Palasz, 2020). Esta pode ser explicada pelo efeito da AF no BDNF (*brain-derived neurotrophic factor*), isto é, um fator que promove neuroprotecção e neuroregeneração (Palasz, 2020), desempenhando assim um papel crucial no desenvolvimento do sistema nervoso (Palasz, 2020).

Deste modo, o BDNF aumenta a sobrevivência e a neurotransmissão dopaminérgica, bem como o melhoramento do funcionamento motor (Palasz, 2020). O BDNF demonstra uma maior expressão em áreas cerebrais como o hipocampo, mesencéfalo, córtex frontal, amígdala e hipotálamo (Tapia et al., 2008), áreas que, como foi mencionado anteriormente, se encontram envolvidas nas FE. Podemos, então, perceber a elevada probabilidade de ocorrer uma influência positiva por parte da AF nas FE.

De forma simplificada, o BDNF contribui para a função dos sistemas responsáveis pela produção de dopamina (Liegro et al., 2019). A dopamina, um dos neurotransmissores referido como relevante para o funcionamento cerebral e como pertinente na PHDA, encontra-se em áreas distintas do córtex cerebral, tendo maior incidência na parte compacta da substância negra e na área tegmental ventral (Arnsten, 2009).

Quando ocorrem as projeções relacionadas com a área tegmental ventral, sendo esta das partes centrais do encéfalo, pode haver influência na função cognitiva, motivacional e afetiva (Arnsten, 2009). Em concreto, o nível da motivação inadequado para atingir objetivos e comportamento ocorre, em parte pelo déficit de dopamina (Liegro et al., 2019). Além disto a dopamina influencia vários processos, como a alimentação, a locomoção e a memória a longo prazo (Liegro et al., 2019). No entanto, apesar de não existirem resultados concretos acerca da influência de dopamina nas FE, Diamond (2001, cit. por Fiske & Holmboe, 2019), evidenciou o papel crucial deste neurotransmissor no CPF, área relevante para o desempenho das FE (Fiske & Holmboe, 2019).

Outro dos neurotransmissores que pode ser relacionado com as FE e que pode sofrer influência da AF é a noradrenalina, juntamente com a dopamina e outros transmissores, exercem influência no humor e na alimentação (Fiske & Holmboe, 2019). Podemos observar que, níveis moderados de noradrenalina podem melhorar o funcionamento do CPF, já que a ativação deste neurotransmissor fortalece a conectividade da rede neuronal (Arnsten, 2009). Em contrapartida níveis elevados deste neurotransmissor aparentam prejudicar a função eficaz do CPF (Arnsten, 2009). Desta forma, o equilíbrio dos neurotransmissores anteriormente mencionados demonstra ser benéfico, permitindo, por sua vez, o funcionamento adequado do CPF (Rege, 2021).

De forma simplificada, a AF tende a melhorar o funcionamento cerebral bem como o fluxo sanguíneo (Praag, 2008). Estudos realizados com idosos verificaram que o aumento do fluxo sanguíneo potencia alterações na estrutura cerebral assim como o aumento da angiogênese (i.e., mecanismo que potencia o crescimento de novos vasos sanguíneos a

partir dos já existentes) e neurogênese (i.e., processo de formação de novos neurônios presente no cérebro), que contribuem para melhorar o funcionamento cognitivo e a neuroplasticidade (Praag, 2008).

1.4. AF e PHDA

Como é conhecido, uma das principais intervenções utilizada para a diminuição da sintomatologia da PHDA baseia-se na utilização de fármacos como o metilfenidato cloridrato, que desta forma têm como função principal potenciar de forma direta ou indireta o equilíbrio entre os neurotransmissores anteriormente mencionados (Qian et al., 2018; Miklós et al., 2020).

Apesar da literatura referir que a intervenção farmacológica diminui alguns comportamentos e potenciar outros, como por exemplo, o maior foco nas tarefas, a redução da atividade motora, conduzindo a uma maior autoestima e menor probabilidade de ocorrência de acidentes (Smith & Shapiro, 2015), o uso da medicação parece apresentar efeitos colaterais num curto espaço de tempo (Smith & Shapiro, 2015). Dos efeitos adversos podem ser mencionados a insónia, diminuição de apetite, dores de cabeça ou ainda leves aumentos da frequência cardíaca (Smith & Shapiro, 2015).

Além do referido, outra possível limitação das intervenções farmacológicas é que o efeito é evidente apenas durante a sua administração, num curto período, e que acaba por se dissipar no tempo se esta toma for descontinuada (Hoza et al., 2016).

Face a isto, segundo alguns autores, a prática da AF, administrada de forma precoce, é uma intervenção promissora para a diminuição da sintomatologia desta perturbação e de algum modo potenciar a mudança de trajetória da PHDA (O'Neill et al., 2016). Já que uma das teorias refere que esta perturbação parece ser caracterizada pelo défice de dopamina e/ou noradrenalina, que por sua vez têm um papel importante no CPF, a AF tem o potencial de melhorar os sintomas desta perturbação (Barudin-Carreiro et al., 2022). Como referido anteriormente, o impacto que a AF aparenta ter no fluxo sanguíneo e, por sua vez no CPF, parece melhorar a sintomatologia associada à PHDA (Barudin-Carreiro et al., 2022). Como verificado o CPF desempenha um papel crucial nas FE que, por sua vez, parecem estar comprometidas na PHDA (Miklós et al., 2020; Nga et al., 2017).

Existem diversos estudos que apontam a relação entre a AF e as FE, como é o caso de um estudo realizado por Davis et al. (2011), que demonstrou que a prática de exercício físico promoveu o aumento da atividade no CPF em crianças com idades entre os sete e 11 anos. Ainda, um estudo longitudinal realizado por Ericsson e Karlsson (2014), concluiu

que a AF apresenta efeitos positivos na capacidade cognitiva de crianças com PHDA e, além disto, evidenciaram que esta forma de intervenção apresenta benefícios duradouros.

Ainda, Tottori et al. (2019) estudaram o impacto do programa HIIT (*high intensity interval training*), ao longo de três sessões, durante quatro semanas cerca de 10 minutos por semana nas FE de crianças com idades entre os oito e os 12 anos. Foram verificadas melhorias na memória de trabalho e efeitos reduzidos na flexibilidade cognitiva (Tottori et al., 2019).

Miklós et al. (2020), avaliaram 150 crianças com idades entre os seis e os 12 anos e revelam que a AF demonstra melhorias na memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e no controlo inibitório.

No entanto, para que sejam conhecidos os efeitos reais da AF na PHDA é importante perceber quais os exercícios que demonstram ter maior influência, bem como a sua intensidade, duração e frequência. É relevante também perceber quais são as diferentes FE potenciadas por esta intervenção, já que a expressão do BDNF parece correlacionar com estes aspetos (Liegro et al., 2019).

Relativamente ao tipo de AF selecionada para avaliar os efeitos nos domínios executivos, embora Scherder et al. (2005) tenham evidenciado que qualquer forma de AF promove as FE, uma meta-análise realizada por Fedewa e Ahn (2011) demonstrou que o exercício relacionado com a aeróbica mostra efeitos mais significativos do que a educação física no geral. O mesmo foi evidenciado por uma revisão sistemática realizada por Hoza et al. (2016), que concluiu que a maioria dos artigos apresentava a aeróbica como AF crucial para desenvolver as FE. Ainda, a revisão da literatura de Waelvelde et al. (2020) analisou 26 estudos, que incluíram crianças com idades entre os seis e os 12 anos, apresentou evidência de que a aeróbica influencia de forma positiva a memória de trabalho, o controlo inibitório e a flexibilidade cognitiva.

Quanto à intensidade necessária para que existam efeitos significativos na sintomatologia da PHDA, parece haver algum entendimento entre os estudos e respetivos autores. Autores, como por exemplo Scherder et al. (2005), verificaram que qualquer nível de intensidade da AF potencia as FE. Kibbe et al. (2011, cit. por Cornelius et al., 2017) evidenciaram, também, que independentemente dos níveis de intensidade é possível notar efeitos significativos.

Relativamente à duração da AF, parece não haver consenso. No estudo realizado por Miklós et al. (2020) foi verificado que apenas 20 minutos de AF de elevada intensidade

tiveram um impacto positivo nas FE. Já Mebler et al. (2016) evidenciaram que o treino de alta intensidade com intervenções de 30 a 60 minutos por dia, durante pelo menos três vezes por semana, influencia de forma positiva as FE. De ressaltar uma revisão sistemática da literatura realizada por Montalva-Valenzuela et al. (2022), após a análise de 10 artigos os autores concluíram que, pelo menos 20 minutos de AF essencialmente relacionada com aeróbica, apresenta resultados favoráveis nas FE de crianças com PHDA.

No que concerne à frequência com que a atividade é praticada, Fedewa e Ahn (2011) mostraram que três sessões de exercício por semana trazem mais benefícios para as crianças do que com uma menor frequência.

Desta forma, existem ainda dúvidas sobre qual a melhor forma de intervir com esta população, devido à complexidade e heterogeneidade da PHDA. Assim, é clara a necessidade de encontrar novas formas de atuar, tendo como objetivo promover a diminuição da sintomatologia em crianças com PHDA. Em conclusão, uma vez que os estudos atuais criam uma perspectiva favorável relativamente à relação entre a prática de AF e a melhoria dos sintomas da PHDA, parece ser relevante destacar e analisar o que existe atualmente na investigação.

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo conduzir uma revisão sistemática da literatura existente sobre os benefícios que a prática da AF pode ter nas FE e consequentemente na redução dos sintomas da PHDA. Uma vez que diversos estudos têm evidenciado uma relação entre a AF e as FE, torna-se relevante analisar e destacar quais as evidências científicas existentes no momento atual. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo perceber qual o impacto da AF nas FE em crianças com PHDA através de uma revisão sistemática da literatura.

II. Método

2.1. Pesquisa

2.1.1. Questão de investigação: Foi utilizada a estratégia PICO que se refere ao acrónimo População, Intervenção, Comparação e “Outcomes” (Eriksen & Frandsen, 2018), apresentada na Tabela 1. Assim sendo, a questão de investigação que orientou toda a pesquisa foi “Em crianças com PHDA, qual o impacto da atividade física nas funções executivas, em comparação com outros tipos de intervenção ou grupos de controlo?”.

Tabela 1

PICO (População, Intervenção, Comparação, Outcomes)

População	Crianças com PHDA
Intervenção	Atividade Física
Comparação	Outros tipos de intervenção ou grupo de controlo
Resultado	Benefícios em pelo menos um domínio das funções executivas

2.1.2. Bases de dados: Foram utilizadas as bases de dados, ERIC, APA Psycinfo, e Academic Search Complete, através do motor de busca EBSCOhost. Esta recolha foi efetuada a 25 de janeiro de 2022.

2.1.3. Palavras-chave: *adhd OR attention deficit hyperactivity disorder OR add OR attention deficit disorder and executive function and physical activity OR exercise OR fitness OR physical exercise OR sport.*

2.1.4. Critérios de elegibilidade

Critérios de inclusão: (1) estudos realizados entre os anos 2011 e 2021; (2) estudos que incluam intervenção apenas com crianças com idades compreendidas entre os cinco e 12 anos, diagnosticadas com PHDA; (3) intervenções baseadas na prática de AF; (4) resultados relacionados com pelo menos uma FE; (5) utilização de medidas quantitativas; (6) amostra superior a 15 participantes, visto que este é um número ajustado para promover

o máximo de discussão em torno de um tema, levando a resultados mais precisos e a diversas perspectivas (Busanello et al., 2013); (7) estudos clínicos randomizados controlados (i.e., *randomized controlled trials*; RCT) uma vez que, através deste desenho experimental é possível avaliar a relação causa-efeito de um determinado conjunto de variáveis (dependentes e independentes), em comparação com um grupo de controlo, sendo claras as vantagens em relação a outros modelos experimentais (Sharma et al., 2020).

Crítérios de exclusão: (1) estudos sem intervenção direcionada a crianças com PHDA; (2) artigos publicados em outras línguas, que não a inglesa; (3) meta-análises, dissertações ou capítulos de livros; (4) estudos não randomizados; (5) estudos que não incluam avaliação de pelos menos uma FE.

2.2. Procedimentos

Este processo ocorreu em duas fases. Numa fase inicial, após a remoção dos duplicados, através da leitura dos títulos e dos resumos foi realizada a seleção dos artigos, seguindo os critérios de elegibilidade estabelecidos. Numa segunda fase, os artigos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra. Para este processo foi utilizado o software Rayyan (Ouzzani et al., 2016). É de reforçar que o processo de inclusão e exclusão de cada artigo foi realizado por dois avaliadores independentes. Quando houve desacordo entre os avaliadores, cada artigo foi analisado em conjunto de modo a compreender o que poderia suscitar dúvidas e assim chegar a um consenso.

2.2.1 Avaliação do risco de viés

Foi realizada a avaliação do risco de viés, isto é, o erro ou o desvio nos resultados que pode condicionar de forma negativa a avaliação dos mesmos (Toma et al., 2017). Para tal foi aplicada a Ferramenta da Colaboração *Cochrane*, mais especificamente o Rob2 (Higgins et al., 2019). Este instrumento avalia as seguintes dimensões: (1) viés decorrente do processo de randomização; (2) risco de viés devido a desvios das intervenções pretendidas; (3) viés devido aos dados perdidos, quando existem dados de participantes em falta e quando se dá a exclusão de participantes devido a informação em falta; (4) viés nas medidas de avaliação, quando não existe *blindness*, isto é, quando os informantes estão conscientes da intervenção; e (5) viés na seleção dos resultados, ou seja quando os autores optam por partilhar apenas os resultados que confirmam as suas hipóteses (Sterne et al.,

2019).

2.2.2. Estratégia de análise de dados

Cada artigo foi analisado seguindo as diretrizes PRISMA. O processo de seleção de artigos encontra-se representado no fluxograma PRISMA (Moher et al., 2009) (cf. Figura 1).

Para cada artigo selecionado foram recolhidos e analisados os seguintes dados: desenho experimental/ método, a intervenção selecionada, a idade dos/as participantes, a duração e intensidade da intervenção, o alvo da intervenção, as medidas usadas para avaliar o resultado, o número de participantes, os grupos de controlo, o valor de significância dos efeitos e o tamanho de efeito.

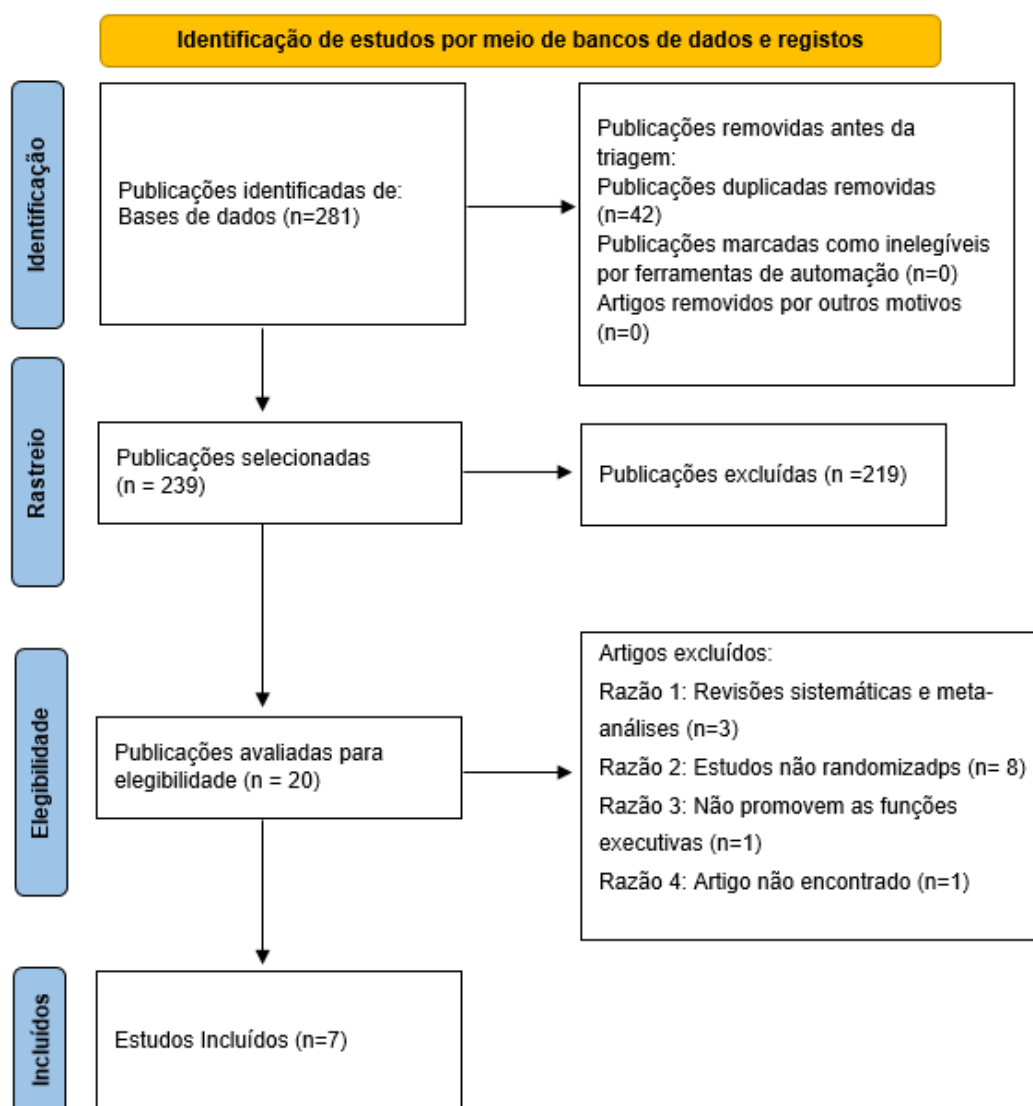
III. Resultados

Inicialmente, foram encontrados cerca de 281 artigos relevantes para a presente revisão. Destes, 42 foram excluídos por estarem duplicados, restando 239 artigos. Após a análise dos critérios de inclusão e exclusão, a partir da leitura do título e respectivo resumo, foram excluídos 219 artigos.

Desta primeira análise foram selecionados 20 artigos, que posteriormente foram analisados na sua totalidade. Depois de uma segunda análise, 13 destes artigos foram excluídos por não cumprirem os critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. As razões que levaram à exclusão total de 13 artigos, foram as seguintes: (1) três estudos eram revisões sistemáticas da literatura e/ou meta-análises; (2) oito estudos não eram randomizados; (3) um artigo não promoveu as FE; (4) apesar dos esforços e da tentativa de contacto com os autores, o texto completo de um artigo não foi encontrado e, por isso, não incluído. Todo o processo desenvolvido para a seleção dos artigos encontra-se descrito no fluxograma PRISMA (Moher et al., 2009), demonstrado na Figura 1.

Figura 1

Fluxograma PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)



3.2. Características dos estudos

3.2.2. Tipo de intervenção

É possível verificar que os estudos incluídos nesta revisão sistemática utilizaram intervenções distintas, nomeadamente a aeróbica (Bustamante et al., 2016; Chang et al., 2012), programas específicos de AF (e.g., toca-e-foge, basquetebol três contra três, salto à corda, pistas de obstáculos [Fedewa et al., 2020; Ziereis & Jansen, 2015]; e.g., bola ao cesto, *bowling*, recolher bolas coloridas [Memarmoghaddam et al., 2016]), o *Exergaming* (i.e., atividades físicas baseadas em tecnologia, que exigem que os/as participantes sejam fisicamente ativos [Benzing e Schmidt, 2019]) e por fim, o EXCIR (*Exercise for Cognitive Improvement and Rehabilitation*; tarefas para melhoria cognitiva e reabilitação [Benzing & Schmidt, 2019; Nejati & Derakhshan, 2021]).

3.2.3. Grupos de Controlo

Para a intervenção, todos os estudos utilizaram grupos de controlo, uma vez que tal correspondia a um critério de inclusão. Os grupos de controlo são grupos em lista de espera (Benzing & Smith, 2019; Ziereis & Jansen, 2015) e grupos sem intervenção (Fedewa et al., 2020; Memarmoghaddam et al., 2016). Diversos estudos incluíram ainda grupos de controlo ativos que incluíram atividades sedentárias e observação de AF em vídeo (Bustamante et al., 2016; Chang et al., 2012; Nejati & Derakhshan, 2021).

3.2.4. Duração

No que concerne à duração da intervenção, o tempo variou em todos os estudos, sendo que a maioria recorreu à intervenção três vezes por semana (cf. tabela 2). A periodicidade oscilou de uma sessão por semana (Chang et al., 2012; Ziereis & Jansen, 2015) a cinco sessões por semana (Bustamante et al., 2016).

A duração mínima foi de 30 minutos (Benzing & Smith, 2019; Chang et al., 2012; Fedewa et al., 2020; Memarmoghaddam et al., 2016), e a máxima duas horas e 45 minutos (Bustamante et al., 2016), sendo que o mais frequente foram 30 minutos de AF.

Já no que diz respeito ao número de semanas, o menor número foi oito (Benzing & Smith, 2019; Memarmoghaddam et al., 2016) e 15 semanas foi o mais elevado entre os estudos (Nejati & Derakhshan, 2021).

3.2.6. Alvos de intervenção

Como alvos de intervenção, quatro dos estudos analisados avaliaram os efeitos no controlo inibitório (cf. tabela 2). Além destes, Chang et al. (2012) e Nejati e Derakhshan (2021) estabeleceram como alvo de intervenção a flexibilidade cognitiva. Foi ainda avaliada a memória de trabalho em três dos estudos incluídos (Bustamante et al., 2016; Nejati & Derakhshan, 2021; Ziereis & Jansen, 2015). Por fim, Fedewa et al. (2020) definiu como alvo de intervenção as FE globais (construto definido pelos autores para se referirem ao estudo de múltiplas FE através de questionários).

3.2.7. Medidas de avaliação

De modo a avaliar as diversas FE, foram usadas diferentes medidas de avaliação. Na sua maioria foram utilizadas medidas neuropsicológicas baseadas no desempenho como: (1) *Automated Working Memory Assessment System – Short Version* (AWMA-S; Alloway, 2007); (2) *Digit Span E Letter - Number- sequencing* (Miller, 1956); (3) *Task of the HAWIK – IV* (Petermann & Petermann, 2010); (4) *Wisconsin Card Sorting Task* (WCST; Grant & Berg, 1948); (5) *Go/No-Go Task* (Donders, 1969); (6) *One-Back Task* (Kirchner, 1958); (7) *Simon Task* (Simon, 1969); (8) *Flanker Task* (Eriksen & Eriksen, 1974); (9) *Color Span Backward Task* (Pickering et al., 2001); (10) *Teste De Stroop* (Jensen & Rohwer, 1966) e o teste de performance (11) *Battery for Attention Testing for Children* (KITAP; Zimmermann et al., 2002).

Além destes foi aplicado o questionário *Behavior Rating Inventory of Executive Functioning-2* (BRIEF-2; Gioia et al., 2005).

Para avaliara sintomatologia associada à PHDA, aplicaram-se escalas e/ou questionários como: (1) Escala de comportamentos PHDA *Rating Scale 5* (DuPaul et al., 2016); (2) *Child Behavior Checklist* (CBCL; Achenbach, 2001); (3) *Social Skills Improvement System* (SSIS); (4) Formulário de Avaliação Externa para PHDA (FBB-ADHS; Dopfner et al., 2006); (5) Escala de Connors (Connors, 1997).

De forma a medir a intensidade da AF foram utilizados acelerômetros de frequência cardíaca.

3.2.8. Risco de viés

No que diz respeito ao risco de viés, é possível verificar que a maioria dos estudos apresenta, um risco de viés moderado no processo de randomização. Em relação ao viés de

medição dos resultados dois estudos apresentaram um risco elevado (Benzing & Schmidt, 2019; Ziereis & Jansen, 2015). Já no que concerne à seleção dos resultados relatados o risco não foi claro, uma vez que muitos dos artigos não incluíram a informação necessária para o avaliar. Os restantes domínios aparentam, no geral, ter um risco de viés baixo (cf. Figura 2 e 3).

Figura 2

Análise do Risco de Viés: Gráfico de Semáforo da Avaliação do Viés RCT

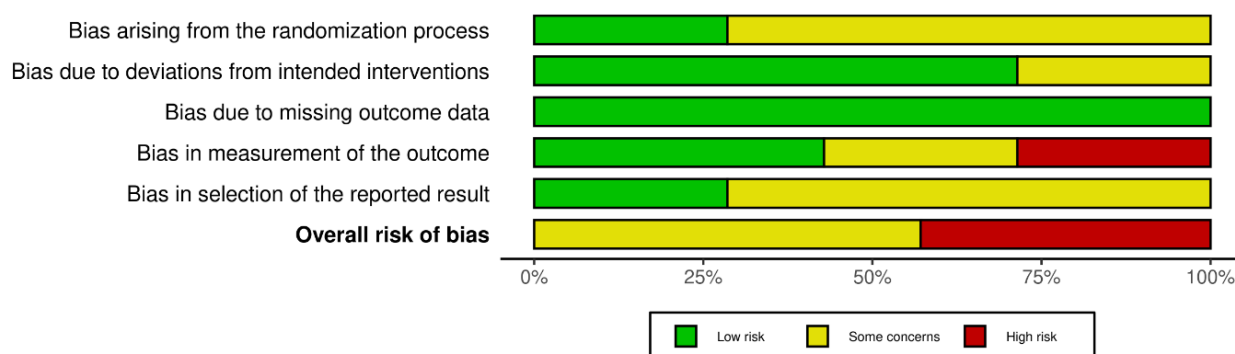
	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Study						
Chang et al. (2012)	-	+	+	-	+	-
Ziereis & Jansen (2015)	-	-	+	X	-	X
Bustamante et al. (2016)	+	-	+	+	-	-
Memarmoghaddam et al. (2016)	-	+	+	+	-	-
Benzing & Schmidt (2019)	+	+	+	X	+	X
Fedewa et al. (2020)	-	+	+	+	-	-
Nejati e Derakhshan (2021)	-	+	+	-	-	X

Domains:
D1: Bias arising from the randomization process.
D2: Bias due to deviations from intended intervention.
D3: Bias due to missing outcome data.
D4: Bias in measurement of the outcome.
D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement
X High
- Some concerns
+ Low

Figura 3

Análise do Risco de Viés: Gráfico de Resumo Ponderado Geral de Viés Encontrado em RCTS



3.2.9. Efeitos da intervenção

Como representado na tabela 2, quatro dos sete artigos avaliaram os efeitos no controlo inibitório, dois estudos tiveram como alvo a flexibilidade cognitiva, três analisaram a memória de trabalho e um incluiu a avaliação das FE globais. Observando os efeitos das intervenções aplicadas para medir as FE, foi possível verificar que 100% dos estudos evidenciaram efeitos positivos significativos da AF no controlo inibitório, na flexibilidade cognitiva e na memória de trabalho. Por fim, não foram apresentados resultados positivos no estudo que avaliou as FE globais.

3.3.1. Controlo inibitório

O controlo inibitório foi potenciado em todos os estudos, sendo possível verificar melhorias significativas no grupo de intervenção quando comparado com o grupo de controlo. O estudo de Memarmoghaddam et al. (2016) decorreu em duas etapas (pré e pós intervenção). Este foi realizado dentro de um pavilhão desportivo. Os primeiros 15 minutos foram dedicados a exercícios de aeróbica e o tempo restante a exercícios como: lançar a bola ao cesto, *bowling*, saltar no arco de cor específica e recolher bolas coloridas. Após isto, verificaram que as crianças com PHDA obtiveram melhores resultados em todos os componentes medidos nos testes *Go-No-Go* e *Stroop* (cf. Tabela 2).

Chang et al. (2012) utilizaram quatro etapas para perceber qual o efeito da AF nas FE. A primeira diz respeito à confirmação (i.e., assinatura do consentimento por parte dos pais), a segunda ao pré-teste, a terceira à intervenção e a última à avaliação pós-teste. Os

exercícios realizados pelo grupo de intervenção incluíram o aquecimento (5 minutos), aeróbica (20 minutos) e relaxamento (5 minutos). Após a intervenção os resultados evidenciaram melhorias significativas no teste de *Stroop* e no tempo de resposta no teste WCST (cf. Tabela 2).

Benzing e Schmidt (2019), recorreram a dois momentos de avaliação (pré e pós intervenção). A intervenção decorreu em casa de cada participante e foi realizado conforme a disponibilidade de cada criança. Posteriormente, o tempo que cada participante despendia na intervenção era guardado pelo programa. Assim, a intervenção evidenciou resultados significativos positivos nas tarefas de *Simon* e de *Flanker* (cf. Tabela 2). Este estudo demonstrou ainda melhorias na psicopatologia em geral ($p=0,022$; $d=0,68$). Desta forma concluiu que o *exergaming* cognitivo e fisicamente mais exigente potencia as FE, principalmente em relação aos tempos de reação na inibição e na mudança (Benzing & Schmidt, 2019).

Por fim, na investigação de Nejati e Derakhshan (2021) ambos os grupos foram avaliados em três fases (pré, pós-intervenção e acompanhamento), a avaliação de desempenho demonstrou resultados significativos, essencialmente, na tarefa *Go/No-Go*. Um mês depois da intervenção os grupos foram novamente avaliados, o programa EXCIR demonstrou reduzir os sintomas da PHDA. Os resultados revelaram ainda que, tarefas mais exigentes ao nível cognitivo apresentam melhores resultados, e que o programa EXCIR promove mais efeitos do que a aeróbica (Nejati & Derakhshan, 2021).

3.3.2. Flexibilidade cognitiva

O estudo de Chang et al. (2012) utilizou a prática de exercício físico intenso com o objetivo de perceber qual o seu efeito nas FE, desta intervenção resultou melhorias significativas no teste de desempenho WCST (cf. Tabela 2) e consequentemente neste domínio executivo. Recorrendo à mesma medida de avaliação, tal como no domínio anterior, o estudo de Nejati e Derakhshan (2021) evidenciou efeitos significativos positivos quanto à flexibilidade cognitiva (cf. tabela 2).

3.3.3. Memória de trabalho

Bustamante et al. (2016) procederam à avaliação em duas fases (pré e pós intervenção). Notaram que houve pequenos efeitos quando relacionada a AF e as FE em crianças com PHDA. Na intervenção as crianças participaram em jogos estruturados e não estruturados,

sendo que manipulação experimental ocorreu durante o jogo estruturado. No grupo de intervenção, o jogo estruturado consistiu em jogos competitivos e fisicamente ativos visando maximizar a participação e a atividade aeróbica, foram ainda incluídas alternativas (e.g., saltar à corda). Para avaliar os efeitos foram utilizadas medidas direcionadas à memória de trabalho verbal e visuoespacial (cf. Tabela 2). Após a avaliação preenchida pelos pais não foram notórias diferenças nos sintomas das crianças, em contrapartida, as medidas de desempenho apresentaram melhorias na memória de trabalho visuoespacial (cf. Tabela 2).

O estudo de Ziereis e Jansen (2015) consistiu em duas etapas (pré e pós avaliação). Este utilizou dois grupos de intervenção, o primeiro grupo teve como foco as habilidades cognitivas e o segundo praticou desportos sem um foco específico (e.g., lançar e saltar, treino de equilíbrio, tênis, vôlei de praia, handebol e exercícios de coordenação). Os resultados evidenciaram resultados positivos a longo prazo (cf. Tabela 2). Porém não notaram diferenças entre o programa de treino específico e não específico (Ziereis & Jansen, 2015). Não tendo sido usado qualquer instrumento para medir a intensidade da AF.

Foi ainda possível verificar que o estudo de Nejati e Derakhshan (2016) evidenciou também efeitos significativos na memória de trabalho (cf. Tabela 2).

3.3.4. FE globais

Por último, Fedewa et al. (2020), avaliaram os efeitos da AF moderada a vigorosa nas FE, contudo não foram definidas as FE analisadas. Saliente-se que maioria da intervenção foi realizada num espaço fechado e depois da escola. A AF implicava jogos de basquetebol, saltar à corda e o jogo toca-e-foge, no grupo de controlo as atividades eram sedentárias (e.g., jogos de tabuleiros e cartas). Foram aplicadas o BRIEF-2 e a escala de avaliação da PHDA aos pais e professores, antes e após a intervenção, não tendo sido observados efeitos nas FE das crianças (cf. Tabela 2).

Tabela 2

Análise dos Dados Recolhidos de Cada Artigo

Autores	Ano	Intervenção	Grupo de controlo	Idade	Duração/ Intensidade	Alvo de intervenção	Medidas de avaliação das FE	Intervenção (n)	Controlo (n)	Tamanho de efeito	Valor de p
Chang YK., et al.	2012	Aeróbica	Observação de um vídeo de corrida e exercício	8-15 anos	1x30 min.	Controlo inibitório e flexibilidade cognitiva	Stroop e WCST	20	20	Stroop 0,57 WCST 0.17	Stroop <0,01 WCST <0.05
Ziereis, S., & Jansen, P.	2015	Atividade física	Waiting-list	7 -12 anos	1 x 60 min. (12semanas)	Memória de trabalho e controlo inibitório	Digit Spane Letter - Number-Sequencing Task of the HAWIK - IV	n1 = 13 n2=14	16	-	Digit Spane Letter – Number <0.001 HAWIK – IV <0.05
Memarmoghaddam et al.	2016	Programa específico de exercícios	Sem intervenção	7-11 anos	3 x 30 (8 sessões)	Controlo inibitório	Stroop Go-No-Go	19	17	-	Stroop <0.01 Go-No-Go <0.01

Bustamante et. al.	2016	Aeróbica	Atividades sedentárias	6 -12 anos	5 x 2h45	Memória de trabalho	<i>BRIEF-2; STOPIT task; AWMA-S; GEC</i>	19	16	BRIEF -0,01 AWMA-S 0.67	BRIEF <0.01 AWMA-S <0.01
Benzing, V., & Schmidt, M.	2019	Exergaming	Waiting-list	8-12 anos	3 x 30 (8 semanas)	Controlo inibitório	<i>Simon Task; Flanker task; Color Span Backward</i>	28	23	<i>Simon task</i> 0.58 <i>Flanker task</i> 0.65	<i>Simon task</i> .049 <i>Flanker task</i> .029
Fedewa et al.	2020	Atividade física	Sem intervenção	7-11 anos	3 x 30 (8 sessões)	FE globais	<i>BRIEF-2; ADHD rating scale 5</i>	29	30	-	>0.05
Nejati, V., & Derakhshan, Z.	2021	EXCIR; corrida; aeróbica	Ativo	9 anos	3 x 45/50 (12 a15 sessões)	Flexibilidade cognitiva; memória de trabalho e controlo inibitório	<i>WCST; Go/No-Go e One-Back</i>	15	15	WCST 0.17 Go/No-Go 0,43 One-Back 0.13	WCST 0.01 Go/No-Go 0.02 One-Back 0.01

Nota. WCST (Wisconsin Card Sorting Test); BRIEF (Behavioral Rating Inventory of Executive Functioning); AWMA-S (Automated Working Memory Assessment System – Short Version); GEC (Global Executive Composite).

IV. Discussão

O presente estudo teve como principal objetivo analisar, criticar e sintetizar a literatura existente acerca do impacto da AF nas FE em crianças com PHDA. Assim, através da revisão da literatura pretendeu-se identificar quais são as possíveis lacunas existentes na investigação e, desta forma fornecer diferentes perspetivas para os estudos futuros. Após a análise dos critérios de inclusão foram excluídos 232 artigos, tendo sido analisados sete no total. De uma forma geral, os resultados evidenciaram que a implementação de programas de AF apresentaram efeitos positivos no controlo inibitório, na flexibilidade cognitiva e na memória de trabalho. Não tendo sido evidenciado efeitos nas FE globais, contrariamente ao que é relatado pela investigação atual. Podendo ter sido influenciado por fatores como o tipo de AF, pela sua duração, intensidade e frequência ou pelas medidas de avaliação utilizadas.

4.1. Discussão por domínio executivo

4.1.1. Controlo inibitório

Os resultados obtidos nos artigos analisados evidenciara uma relação significativa entre a AF e o controlo inibitório (Benzing & Schmidt, 2019; Chang et al., 2012; Memarmoghaddam et al., 2016; Nejati & Derakhshan, 2021), deste modo estas conclusões vão ao encontro do que era esperado. Conforme o estudo analisado na introdução (Miklós et al., 2020), bem como as revisões da literatura de Montalva-Valenzuel et al. (2022) e Waelvelde et al. (2020) e de Hoza et al. (2016), que sugerem uma relação significativa entre a AF e este domínio executivo. Ainda de ressaltar a revisão sistemática de Chang et al., (2014) que relacionou a prática de natação com o controlo inibitório e obteve resultados significativos neste domínio.

Mais ainda, Christiansen et al. (2019) referem que crianças com maior nível de AF demonstram um melhor controlo inibitório. Esta evidência é sustentada pela investigação que sugere que AF tende a melhorar o funcionamento cerebral, bem como o fluxo sanguíneo que, por sua vez, contribuem para melhorar o funcionamento cognitivo (Mekari et al., 2015).

No entanto, num dos estudos incluídos (Benzing & Schmidt, 2019) o ambiente não foi controlado, visto que os jogos foram instalados na casa de cada um dos/as

participantes. Consequentemente, a ausência de profissionais para observar o desempenho da criança pode ter condicionado os resultados obtidos.

4.1.2. Flexibilidade cognitiva

A flexibilidade cognitiva, tal como o domínio anterior, apresentou resultados significativos em todos os estudos que a avaliaram. Assim, os resultados evidenciados vão ao encontro do que era esperado. Como é observado no estudo de Miklós et al. (2020), estes recorreram à comparação de dois grupos (crianças com PHDA com e sem uso de medicação), que demonstraram efeitos significativos neste domínio, em ambos. Concordando também com as conclusões obtidas nas revisões da literatura mencionadas na introdução. Contudo, resultados ligeiramente diferentes foram obtidos por Tottori et al. (2019), já que os valores demonstraram ser pouco significativos na flexibilidade cognitiva.

Porém, apesar das evidências, importa ter em conta as limitações dos estudos acima referidos, nomeadamente o de Chang et al. (2012) onde o grupo de controlo acompanhou vídeos sobre AF, o que pode ter levado à desmotivação e assim ao menor empenho nas tarefas propostas.

4.1.3. Memória de trabalho

No que toca à memória de trabalho, foram notórios resultados positivos nos estudos que a avaliaram. Pode assim dizer-se que estas conclusões concordaram com a investigação atual, tal é possível verificar nos estudos de Tottori et al. (2019) e de Miklós et al. (2020), onde entre as FE analisadas foi a memória de trabalho que evidenciou tamanhos de efeito superiores. Os resultados reforçaram ainda as conclusões obtidas nas revisões sistemáticas analisadas na introdução. Além do mais a evidência aponta a AF como uma das principais intervenções na memória de trabalho (Diamond & Ling, 2019).

Esta influência é confirmada pela literatura que salienta, que a AF potencia o BDNF, que se expressa em diversas áreas, nomeadamente no hipocampo que por sua vez, se encontra envolvido na memória de trabalho (Bekinschtein et al., 2008; De Vincenti et al., 2019), evidenciando assim um impacto positivo da AF neste domínio.

Porém importa ter em conta que, no estudo de Bustamante et al. (2016) o grupo de controlo realizou atividades sedentárias (e.g., dominó ou damas), que desta forma poderá ter influenciado os resultados, visto que estas atividades podem, também, ter

potenciado efeitos nas FE. Além do mais não houve a avaliação através de medidas de desempenho, o que pode resultar em interpretações pouco fiáveis em relação as FE.

4.1.4. FE globais

Os resultados obtidos no estudo de Fedewa et al. (2020), não demonstraram uma relação entre a prática da AF e a promoção das FE, ao contrário do que era de esperar. Visto que todos resultados obtidos nos artigos incluídos nesta revisão foram significativos em pelo menos uma FE. O mesmo é referido pela investigação atual (Hoza et al., 2016; Miklós et al., 2020; Montalva-Valenzuel et al., 2022; e Waelvelde et al., 2020).

Contudo, os efeitos obtidos por Fedewa et al. (2020), podem ter sido influenciados pela discrepância de participantes entre o grupo de controlo e o grupo de intervenção, bem como pelos métodos de avaliação utilizados, visto que não utilizaram medidas de desempenho. Além do mais, existiam mais participantes do sexo feminino no grupo de controlo (58%) e mais participantes do sexo masculino no grupo de intervenção (57%), evidenciando assim um desequilíbrio na alocação dos/as participantes.

4.2. Tipo de AF

Uma das formas de compreender a influência da AF nas FE é identificar qual a atividade que potencia melhorias significativas nos domínios executivos. Bustamante et al. (2016) e Chang et al. (2012), notaram efeitos positivos nos domínios após a intervenção com aeróbica. Assim, tal como previsto, esta conclusão foi ao encontro da investigação. Por exemplo, a meta-análise realizada por Fedewa e Ahn (2011) demonstrou que a aeróbica tem efeitos mais significativos do que a AF no geral. Ainda, as revisões da literatura realizadas por Hoza et al. (2016), Montalva-Valenzuel et al. (2022) e Waelvelde et al. (2020), apresentaram efeitos significativos derivados da prática de aeróbica.

No entanto os estudos de Nejati e Derakhshan (2021) e de Benzing e Schmidt (2019), revelaram melhores resultados nas FE após a aplicação de programas de AF com exigência cognitiva, quando comparados com grupo exposto à AF sem exigência cognitiva. Nejati e Derakhshan (2021), concluem ainda que o programa EXCIR tem efeitos superiores à aeróbica. Deste modo, é também possível concordar com Diamond e Ling (2019) que defende que apesar da aeróbica apresentar efeitos significativos nas FE, não demonstra ser a atividade que mais as potencia.

Já o estudo realizado por Ziereis e Jansen (2015) comparou dois grupos de intervenção, um com foco nas habilidades cognitivas e outro sem foco específico, onde não foram notórias diferenças entre ambos. Porém, Fedewa et al. (2020), recorreu à AF no geral e não evidenciou nenhum resultado significativo. Deste modo, entra em desacordo com o estudo elaborado por Scherder et al. (2005) que demonstrou que qualquer AF potencia as FE.

4.3. Frequência, duração e intensidade

A duração, frequência e intensidade com que a AF é realizada pode, também, ter consequências nos resultados obtidos. Cerca de quatro dos sete estudos apresentados realizaram a intervenção no mínimo três vezes por semana, obtendo resultados positivos. De acordo está o estudo Fedewa e Ahn (2011), que refere que quando é realizado menos vezes não é possível obter resultados.

No entanto, como é notório ao longo desta revisão, os estudos realizados com a AF menos de três vezes por semana apresentam resultados positivos em pelo menos uma das FE (Chang et al., 2012; Ziereis & Jansen, 2015). Aliás, segundo Heijer et al. (2017) uma única sessão de exercícios pode melhorar a função cognitiva, bem como promover o BDNF e consequentemente a neuroplasticidade cerebral.

Quanto à frequência, para a maioria dos estudos desta revisão o tempo mínimo de intervenção foi de 30 minutos. Resultados semelhantes foram notados no estudo de Mebler et al. (2016) que referem que intervenções de 30 a 60 minutos por dia, influenciam de forma positiva as FE. Já Miklós et al. (2020) afirmam que 20 minutos de AF foi o suficiente para obter resultados nas FE. O mesmo foi evidenciado na revisão da literatura de Montalva- Valenzuel et al. (2022).

Contudo, uma meta-análise realizada por Dinoff et al. (2017) chegou à conclusão que quando a AF é realizada em menos do que 30 minutos não promove alterações no BDNF, e assim não potencializar as FE.

Por fim, no que diz respeito à intensidade, verifica-se que quatro dos estudos analisados utilizaram a AF moderada ou vigorosa, resultando em valores positivos na maioria dos estudos. Assim, esta revisão vai ao encontro das conclusões dos estudos atuais (Mebler et al., 2016; Pastor et al., 2021; Tottori et al., 2019) que revelam que a AF vigorosa potencia as FE. Acrescentando a isto, um estudo sugere que comparando 30 minutos de AF leve com AF moderada foram notórios aumentos do BDNF apenas na segunda (Ferris et al., 2007).

4.4. Limitações e direções futuras

4.4.1. Limitações gerais dos estudos incluídos

A respeito dos estudos incluídos nesta revisão é importante mencionar características metodológicas cruciais, nomeadamente, no que toca ao sexo dos/as participantes. É notório um desequilíbrio entre o sexo feminino e masculino, na medida em que, as crianças eram, na sua maioria, do sexo masculino o que condiciona a generalização dos resultados. Isto poderá acontecer porque, apesar de o maior número de diagnósticos de PHDA ser fornecido ao sexo masculino, as crianças do sexo feminino apresentam características mais predominantes na forma desatenta e, por isso o diagnóstico não é fornecido da forma correta ou é dado de forma mais tardia (Antunes et al., 2020).

Para uma maior fiabilidade nos resultados alguns estudos excluíram crianças com comorbilidades (e.g., oposição e desafio, perturbação de conduta e perturbação do espectro do autismo; [Benzing & Schmidt, 2019; Fedewa et al., 2020; Memarmoghaddam et al., 2016]). Quatro incluíram crianças com comorbilidades e um estudo não controlou a presença de comorbilidades. Assim, a inclusão de crianças com outras perturbações pode promover a dificuldade em compreender de forma clara influência da AF na PHDA.

A falta monitorização da intervenção farmacológica foi mais uma das limitações. Houve três estudos que impuseram a ausência do seu uso (Fedewa et al., 2020; Memarmoghaddam et al., 2016; Ziereis & Jansen, 2015), sendo que os restantes não mencionaram o controlo do uso de medicação pelos/as participantes.

É crucial compreender que o uso de fármacos tem efeitos em áreas cerebrais relacionadas com as FE (e.g., ativação das áreas frontoparietais e estriado-talâmica, do CPF ventrolateral, das áreas fronto-temporoestriatais; [Sanchez et al., 2020]). Desta forma, pode ter havido influência nos resultados na medida em que, os efeitos nos diferentes domínios podem não depender unicamente da AF.

Além do mais, a falta de controlo da AF fora do ambiente de intervenção pode, também, influenciar os resultados obtidos posteriormente. Assim sendo, poderia ser uma mais valia para cada estudo monitorizar a AF realizada por cada participante.

De salientar ainda que a maioria destes estudos utilizou medidas de desempenho e questionários na pré-intervenção, o que é um aspeto positivo. Em contrapartida, nos pós intervenção foram utilizadas, maioritariamente, medidas de desempenho o que pode ter

condicionado os resultados obtidos. Visto que a fiabilidade dos testes de desempenho gera alguma controvérsia, já que pode não ser representativa das dificuldades quotidianas dos indivíduos (Russel, 2015).

Note-se ainda que nenhum estudo apresentou um risco de viés baixo, contudo três estudos apresentaram um risco de viés elevado.

4.4.2. Forças e fraquezas da presente revisão

Com isto, foram identificados como pontos fortes destes estudos: (1) diferentes protocolos de intervenção; (2) o número de participantes de cada estudo; (3) atualidade dos estudos; e (4) incluídos apenas estudos RCT. Como pontos menos positivos podemos notar: (1) a falta de avaliadores cegos no risco de viés; (2) a heterogeneidade das intervenções; (3) devido à curta duração das intervenções desconhecem-se os efeitos a longo prazo; (4) número de estudos incluídos reduzido; (5) o uso de fármacos dos estudos.

Assim sendo, como recomendação para estudos futuros sugere-se a ausência de artigos com uso de fármacos; uma distribuição mais proporcional quanto ao sexo dos/as participantes; uso de instrumentos de avaliação mais variados; homogeneidade nas intervenções; maior número de artigos incluídos; e inclusão de artigos que avaliem os efeitos a longo prazo.

V. Conclusão

A investigação acerca do impacto da AF nas FE (flexibilidade cognitiva, controlo inibitório e memória de trabalho) de crianças com PHDA tem vindo a ter maior destaque.

Após a análise de cada artigo é possível concluir que a AF pode potenciar as FE. Apesar da maioria dos estudos utilizar a aeróbica como intervenção, não é possível identificar de forma clara quais os exercícios adequados. No que diz respeito à intensidade, a prática de AF de forma moderada demonstra ser a mais eficaz para que haja efeitos nas FE. Quanto à duração, de acordo com os estudos, no mínimo 30 minutos de AF, pelo menos uma vez por semana aparenta ser o suficiente para promover alterações nas FE. Contudo, a investigação sugere que é necessário haver uma correlação entre a duração e intensidade para que sejam notados resultados. De salientar que estas conclusões devem ser interpretadas tendo em conta as limitações metodológicas dos estudos incluídos.

Referências

Associação Americana de Psiquiatria. (2013). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais* (5ªed.). Clempsi.

<https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>

Associação Americana de Psiquiatria. (1980). *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais* (3ªed.). Clempsi.

Antunes, N., Rodrigues, A., & Jesus, C. (2020). Perturbação de hiperatividade e déficit de atenção. Em N. Antunes (Eds) *Sentidos: O grande livro das perturbações do desenvolvimento e comportamento* (4ª ed., pp. 219–260). Lua de Papel.

Arnsten, A. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410–422.

<https://doi.org/10.1038/nrn2648>

Aron, A. (2008). Progress in executive-function research: From tasks to functions to regions to networks. *Current Directions in Psychological science*, 17(2), 124–129.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00561.x>

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.

<https://doi.org/10.1126/science.1736359>

Barkley, R. A. (1997). Attention-deficit/hyperactivity disorder, self-regulation, and time: Toward a more comprehensive theory. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 18(4), 271–279. <https://doi.org/10.1097/00004703-199708000-00009>

Barkley, R. A. (2016). Recent longitudinal studies of childhood attention-deficit/hyperactivity disorder: Important themes and questions for further research. *Jornal de Psicologia*, 125(2), 248–255. <http://dx.doi.org/10.1037/abn0000125>

Barudin-Carreiro, A. M., Camhi, S. M., Lindsay, A. C., & Wright, J. A. (2022). Physical activity and executive function in children with ADHD: A systematic review. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1249/TJX.0000000000000183>

Bekinschtein, P., Cammarota, M., Katche, C., Slipczuk, L., Rossato, J. I., Goldin, A., Izquierdo, I., & Medina, J. H. (2008). BDNF is essential to promote persistence of long-

term memory storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2711–2716. <https://doi.org/10.1073/pnas.0711863105>

Benzing, V., & Schmidt, M. (2019). The effect of exergaming on executive functions in children with ADHD: A randomized clinical trial. *Scandinavian Journal Medicine Sciences & Sports*, 29, 1243–1253. <https://doi.org/10.1111/sms.13446>

Brikell, I., Larsson, H., Lu, E., Pettersson, E., Chen, Q., Kuja-Halkola, R., Karlsson, R., Benjamin, L., Lichtenstein P., & Martin, J. (2020). The contribution of common genetic risk variants for ADHD to a general factor of childhood psychopathology. *Molecular Psychiatry*, 25, 1809–1821. <https://doi.org/10.1038/s41380-018-0109-2>

Cañas, J., Fajardo, I., & Salmerón, L. (2006). Cognitive flexibility. *Human Factors and Ergonomics*, 296–300. <https://doi.org/10.13140/2.1.4439.6326>

Castellanos, X., Tannock, R., Sonuga-Barke, E., & Milham, M. (2006). Characterizing cognition in ADHD: Beyond executive dysfunction. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.011>

Cornelius, C., Fedewa, L. A., & Ahn, S. (2017). The effect of physical activity on children with adhd: A quantitative review of the literature. *Journal of Applied School Psychology*, 33(2), 137–170. <https://doi.org/10.1080/15377903.2016.1265622>

Chang YK., Liu S., Yu HH., & Lee YH. (2012). Effect of acute exercise on executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27(2), 225–237. <https://doi.org/10.1093/arclin/acr094>

Christiansen, L., Beck, M., Bilenberg, N., Wienecke, J., Astrup, A., & Lundbye-Jensen, J. (2019). Effects of exercise on cognitive performance in children and adolescents with adhd: Potential mechanisms and evidence-based recommendations. *Journal of Clinical Medicine*, 8(6), 1–51. <https://doi.org/10.3390/jcm8060841>

Davis, C., Tomporowski, P., McDowell E., Austin, B., Miller, P., Yanasak, N., & Naglieri, J. (2011) Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychol*, 30(1), 91–8. <https://doi.org/10.1037/a0021766>

De Vincenti, A. P., Ríos, A. S., Paratcha, G., & Ledda, F. (2019). Mechanisms that modulate and diversify BDNF functions: Implications for hippocampal synaptic plasticity. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 13 (135), 2–7.

<https://doi.org/10.3389/fncel.2019.00135>

Heijer, A. E., Groen, Y., Tucha, L., Fuermaier, A., Koerts, J., Lange, K. W., Thome, J., & Tucha, O. (2017). Sweat it out? The effects of physical exercise on cognition and behavior in children and adults with ADHD: A systematic literature review. *Journal of Neural Transmission*, 124(1), 3–26. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1593-7>

Diamond, A. (2006). The Early Development of Executive Functions. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 70–95). <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195169539.003.0006>

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Diamond, A., & Ling, S. D. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>

Diamond, A., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.05.001>

Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., & Lanctot, K. L. (2017). The effect of acute exercise on blood concentrations of brain-derived neurotrophic factor in healthy adults: A meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46(1), 1635–1646. <https://doi.org/10.1111/ejn.13603>

Donders, F.C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, 30, 412–431. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(69\)90065-1](https://doi.org/10.1016/0001-6918(69)90065-1)

DuPaul, G., Power, T. J., Anastopoulos, A. D., & Reid, R. (2016). *ADHD Rating Scale—5 for Children and Adolescents - Revised edition: Checklists, norms, and clinical interpretation*, (2^aed.). Guilford.

Eriksen, M. B., & Frandsen, T. F. (2018). The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search strategy tool on literature search quality: A systematic review. *Journal of the Medical Library Association*, 106(4), 420–431. <https://doi.org/10.5195/jmla.2018.345>

Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>

Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2018). Physical activity, cognition, and brain outcomes: A review of the 2018 physical activity guidelines. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(6), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>

Ericsson, I., & Karlsson, M. K. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school: A 9-year intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), 273–278. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01458.x>

Fedewa, A., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: A meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 3(82), 521–535. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599785>

Ferris, L. T., Williams, J. S., & Shen, C. L. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 728–734. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802f04c7>

Fiske, A., & Holmboe, K. (2019). Neural substrates of early executive function development. *Developmental Review*, 52, 42–62. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2019.100866>

Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2015). *Behavior Rating Inventory of Executive Function* (2nd ed). Professional Manual.

Geoffrey A. D., Nigg, J., & Sullivan, E. (2019). Neuroinflammation as a risk factor for attention deficit hyperactivity disorder. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 182, 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2019.05.005>

Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, 38(4), 404–411. <https://doi.org/10.1037/h0059831>

Higgins J. P. T., Savović J., Page M. J., Elbers R. G., Sterne J. C. (2019). Chapter 8: Assessing risk of bias in a randomized trial. In J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, V. A. Welch (Eds). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (6^a ed.). <https://doi.org/10.1002/978111953664ch8>

Hoza, B., Martin, C. P., Pirog, A., & Shoulberg, E. K. (2016). Using physical activity to manage ADHD symptoms: The state of the evidence. *Current Psychiatry Reports*, 18(12), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11920-016-0749-3>

Jensen, A. R., & Rohwer, W. D. (1966). The Stroop color-word test: A review. *Acta Psychologica*, 25(1), 36–93. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(66\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0001-6918(66)90004-7)

Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352–358. <https://doi.org/10.1037/h0043688>

Kirley, A., Psych, M., Hawi, Z., Phil, M., Grainne, D., Daly, B., & Psych, A. M. (2002). Dopaminergic system genes in ADHD: Toward a biological hypothesis. *Neuropsychopharmacology*, 27(4), 608–619. https://doi.org/10.1007/7854_2011_155

Liegro, M. C., Schiera, G., Proia, P., & Liegro, A. (2019). Physical activity and brain health. *Genes*, 10(9), 720. <https://doi.org/10.3390/genes10090720>

Margari, F., Craig, F., Petruzzelli, M. G., Lamanna, A., Matera, E., & Margari, L. (2013). Parents psychopathology of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 34(3), 1036–1043. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.12.001>

Mebler, C. F., Holmberg, H.C., Sperlich, B. (2016) Multimodal therapy involving high-intensity interval training improves the physical fitness, motor skills, social

behavior, and quality of life of boys with ADHD: A randomized controlled study. *Journal of Attention Disorders*, 22(8), 806–812.

<https://doi.org/10.1177/1087054716636936>

Memarmoghaddam, M., Torbati, T., Sohrabi M., Mashhadi, A., & Kashi, A. (2016). Effects of a selected exercise program on executive function of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Medicine and Life*, 9(4), 373–379.

<https://doi.org/10.3390/IJERPH17114071>

Mekari, S., Fraser, S., Bosquet, L., Bonn  ry, C., Labelle, V., Pouliot, P., Lesage, F., & Bherer, L. (2015). The relationship between exercise intensity, cerebral oxygenation and cognitive performance in young adults. *European Journal of Applied Physiology*, 115(10), 2189–2197. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3199-4>

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97.

<https://doi.org/10.1037/h0043158>

Miklós, M., Kom  romy, D., Fut  , J., & Bal  zs, J. (2020). Acute physical activity, executive function, and attention performance in children with attention-deficit hyperactivity disorder and typically developing children: An experimental study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 2–26.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17114071>

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264–269. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>

Montalva-Valenzuela, F., Ramírez, O., & Paredes, C. (2022). Effects of physical activity, exercise and sport on executive function in young people with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review. *European Journal of Investigation Health Psychology and Education*, 12, 61–76. <https://doi.org/10.3390/ejihpe12010006>

M  ller, U., & Kerns, K. (2015). *The development of executive function*. In L. S. Liben, U. M  ller, & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Cognitive process* (pp. 571–623).

<https://doi.org/10.1002/9781118963418.childpsy214>

Nejati, V., & Derakhshan, Z. (2021). The effect of physical activity with and without cognitive demand on the improvement of executive functions and behavioral symptoms in children with ADHD. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 21(5), 607–614. <https://doi.org/10.1080/14737175.2021.1912600>

Nga, Q., Hob, Y. C., Chanb, H., Yonga, Z. B., & Yeo, W. (2017). Managing childhood and adolescent attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) with exercise: A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, 34, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2017.08.018>

O'Neill, S. C., Berwid, O. G., & Bédard, AC. V. (2016). *The exercise–cognition interaction and ADHD*. In T. McMorris (Ed.), *Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives* (pp.375–398). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800778-5.00018-9>

Organização Mundial da Saúde. (2020). Recomendações da OMS para atividade física e comportamento sedentário. 3–17.

Otero, T. M., Barker, L. A., & Naglieri, J. A. (2014). Executive function treatment and intervention in schools. *Applied Neuropsychology: Child*, 3(3), 205–214. <https://doi.org/10.1080/21622965.2014.897903>

Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>

Palasz, F., Wysocka, A., Gasiorowska, A., Chalimoniuk, M., Niewiadomski, W., & Niewiadomska, G. (2020). BDNF as a promising therapeutic agent in parkinson's disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 2–23. <https://doi.org/10.3390/ijms21031170>

Petermann, F., & Petermann, U. (2010). *HAWIK-IV Hamburg-Wechsler Intelligence Test for Children – IV* (3^a ed). Huber.

Pickering, S, Gathercole, S. E. (2001). *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*. Psychological Corporation.

Praag, V. H. (2008). Neurogenesis and exercise: Past and future directions. *Neuromolecular Medicine*, 10(2), 128–1240. <https://doi.org/10.1007/s12017-008-8028-z>

Qian, A., Wang, X., Liu, H., Tao, J., Zhou, J., Ye, Q., Li, J., Yang, C., Cheng, J., Zhao, K., & Wang, M. (2018). Dopamine D4 receptor gene associated with the frontal-striatal-cerebellar loop in children with ADHD: A resting-state fMRI study. *Neuroscience Bulletin*, 34(3), 497–506. <https://doi.org/10.1007/s12264-018-0217-7>

Ramsay, J. R. (2015). Psychological assessment of adults with ADHD. In R. A. Barkley (Ed.), *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment* (pp. 475–500). The Guilford Press.

Salehinejad, M., Ghanavati, E., Rashid, H., & Nitsche, M. (2021). Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. *Brain and Neuroscience Advances*, 5, 1–19. <https://doi.org/10.1177/23982128211007769>

Scherder, J. E., Van Paasschen, J., Deijen, J. B., Van Der, S., Orlebeke, J. F., Burgers, I., Devriese, P., Swaab, D., & Sergeant, J. (2005) Physical activity and executive functions in the elderly with mild cognitive impairment. *Aging Ment Health*, 9(3), 272–280. <https://doi.org/10.1080/13607860500089930>

Simon, J. R. (1969). Reactions towards the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 174–176. <https://doi.org/10.1037/h0027448>

Smith, B. H., & Shapiro, C. J. (2015). *Combined treatments for ADHD*. In R. A. Barkley (Ed.), *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment* (pp. 686–704). Guilford Press.

Sharma, N., Srivastav, K. A., & Samuel, A. (2020) Ensaio clínico randomizado: Padrão ouro de desenhos experimentais - importância, vantagens, desvantagens e preconceitos. *Revista Pesquisa Fisioterapia*, 10(3), 512–519. <https://doi.org/10.17267/2238-2704rpf.v10i3.3039>

Sterne, A. C., Hernán, M. A., McAleenan, A., Reeves, B. C., Higgins, J. T. (2019). *Assessing risk of bias in a non-randomized study*. In J. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, & V. A. Welch (Eds). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (2^a ed.). Wiley-Blackwell.

Swanson, J. M., Kinsbourne, M., Nigg, J., Lanphear, B., Stefanatos, G. A., Volkow, N., Taylor, E., Casey, B. J., Castellanos, F. X., Wadhwa, P. D. (2007). Etiologic subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder: Brain imaging, molecular genetic and environmental factors and the dopamine hypothesis. *Neuropsychology Revist*, 17(1), 39–59. <https://doi.org/10.1007/s11065-007-9019-9>

Tapia, A., Aliaga, L., Silhol, E., & Arancibia, M., S. (2008). New insights into brain BDNF function in normal aging and Alzheimer disease. *Brain Research Reviews*, 59, 201–22. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.007>

Toma, T. S., Pereira, T. da V., Vanni, T., & Barreto, J. O. M. (2017). Avaliação de tecnologias de saúde & políticas informadas por evidências. In *Temas de Saúde Coletiva*.

Tottori, N., Morita, N., Ueta, K., & Fujita, S. (2019) Effects of high intensity interval training on executive function in children aged 8–12 years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214127>

Tripp, G. & Wickensb, R. J. (2009). Neurobiology of ADHD. *Neuropharmacology*, 57(7), 579–589. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2009.07.026>

Waelvelde, H., Wyngaert, K., Mariën, T., Baeyens, D., & Calder, P. (2020). The relation between children's aerobic fitness and executive functions: A systematic review. *Infant and Child Development*, 29(3), 2–30. <https://doi.org/10.1002/icd.2163>

Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1336–1346. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006>

Zelazo, D. P., & Carlson, M. S. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354–360. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>

Ziereis, S. & Jansen, P. (2015). Effects of physical activity on executive function and motor performance in children with ADHD. *Research in Developmental Disabilities*, 38, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.12.005>

Zimmermann, P., Gondan, M. e Fimm, B. (2002). *Bateria de teste de atenção infantil* (KiTAP). Psicote.