



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Silvia de Freitas Affonso Franco

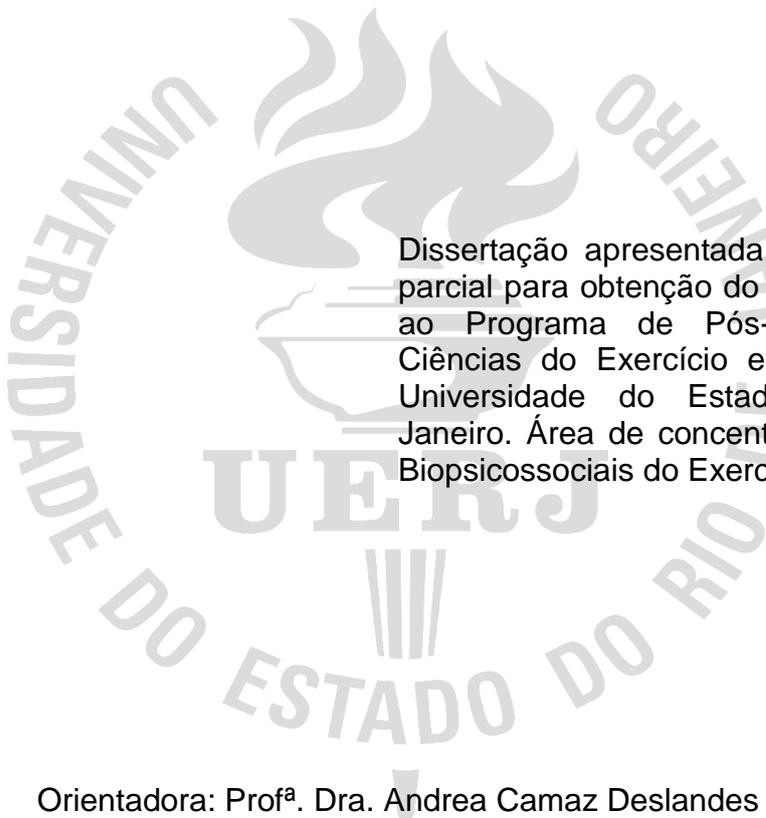
**O efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de
crianças e adolescentes**

Rio de Janeiro

2021

Silvia de Freitas Affonso Franco

O efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Andrea Camaz Deslandes

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

F825 Franco, Silvia Freitas Affonso.
O efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de
crianças e adolescentes / Silvia Freitas Affonso Franco. – 2021.
206 f. : il.

Orientadora: Andrea Camaz Deslandes.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Aptidão física - Teses. 2. Exercício físico - Teses. 3. Crianças
– Desenvolvimento - Teses. 4. Adolescentes – Desenvolvimento –
Teses. 5. Cognição – Teses. 6. Função executiva – Teses. I.
Deslandes, Andrea Camaz. II. Universidade do Estado do Rio de
Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 613.71-053.2/.6

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum. CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial
desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Silvia de Freitas Affonso Franco

O efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 30 de setembro de 2021.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Andrea Camaz Deslandes (Orientadora)
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Daniel das Virgens Chagas
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Paulo de Tarso Maciel Pinheiro
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2021

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, que tornaram tudo possível em minha vida e por terem feito de mim a pessoa que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação é fruto de um esforço pessoal muito grande, mas que sozinho não teria sido suficiente. O apoio de diversas pessoas e instituições, direta ou indiretamente, foi essencial para que esse processo acadêmico fosse elaborado e concluído, contribuindo para a minha evolução pessoal e acadêmica. Por esse motivo, manifesto aqui os meus sinceros e eternos agradecimentos:

Aos meus pais, Alcione Franco e Sergio Franco, por toda a doação e amor incondicionais. Agradeço ao meu amado pai por sempre ter me ensinado o valor da Educação e por ser minha primeira e verdadeira inspiração profissional. Agradeço à minha mãe, minha rainha, por ser incansável comigo, acolhendo, ensinando e sendo abrigo em todos os momentos. Vocês são a razão da minha vida!

Ao meu companheiro de vida, Rodrigo Ferreira, com quem tenho a sorte de compartilhar todos os meus dias. Obrigada por ser tão companheiro e querer sempre o meu melhor. Ainda temos o resto de nossas vidas. Nosso amor é poesia que transborda.

Ao meu amado irmão e amigo, Airton Franco, por estar ao meu lado desde sempre e para sempre. Obrigada, especialmente, por sempre me fazer rir nos momentos difíceis.

Àqueles que completam o meu núcleo familiar, Pretinho e Hércules, por terem sido minhas únicas companhias nas inúmeras noites em claro, e pela pureza e grandiosidade do amor.

À minha orientadora Profa. Dra. Andrea Camaz Deslandes, não só por todos os ensinamentos acadêmicos, mas também por aqueles sobre a vida. Agradeço o cuidado e a generosidade ao longo de toda essa jornada. É um privilégio ser orientada por alguém que tanto admiro.

Ao Prof. Me. Felipe de Oliveira, por toda a paciência e disponibilidade durante o processo, e por todos os ensinamentos que se tornaram base para que os estudos fossem realizados. Obrigada por ter me estendido a mão e me direcionado.

Ao Prof. Me. Valter Fernandes, mais conhecido como Mestre Curumim, por ter sido o primeiro a acreditar no meu potencial e ter aberto os caminhos.

À minha família, por todo o amor, carinho e apoio oferecidos. Um agradecimento especial à minha querida avó, por quem tenho imenso amor e carinho e que tanto cuida de mim.

Aos meus queridos amigos e companheiros de laboratório, Desirée Mahet e Leonardo Amoedo, por compartilharem as dores e as alegrias da vida acadêmica, vocês tornaram o processo mais leve.

Aos amigos que sempre estiveram aqui, sem os quais a vida não teria graça. Um agradecimento especial à Juliana Bispo, Gabriele Santana, Rosalia Santos e Thamyres Fernandes, minhas amadas amigas, por cada história compartilhada, e pela certeza de uma amizade para a vida toda.

Aos meus companheiros do Laboratório de Neurociência do Exercício (LaNEx/UFRJ), por todo o conhecimento, apoio e experiências acadêmicas compartilhados.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte (PPGCEE/UERJ), por todos os auxílios prestados para que essa etapa fosse cumprida. Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Elirez Bezerra, por toda gentileza e grandiosidade acadêmicas. Obrigada por todos os ensinamentos.

Aos professores membros da banca examinadora, Prof. Dr. Paulo de Tarso e Prof. Dr. Daniel Chagas, por engrandecerem essa dissertação e compartilharem seus conhecimentos.

A todos os professores que tive ao longo do processo educacional, em especial aos professores do Colégio Pedro II, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e da Universidade Estácio de Sá. Os ensinamentos extrapolam as paredes da sala de aula e marcam toda uma vida.

À FAPERJ, pela concessão da bolsa de estudos que permitiu que eu me dedicasse à pesquisa científica.

Ao Colégio Lemos de Castro, pela colaboração e por permitir que parte dos estudos fossem nele realizados.

Ao Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelo ambiente acolhedor ao qual frequento desde 2017 impulsionando o meu crescimento acadêmico.

A todos acima citados, a minha eterna gratidão.

Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos.

Albert Einstein

RESUMO

FRANCO, Silvia de Freitas Affonso. *O efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes*. 2021. 206 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Além da importância do estilo de vida ativo como estratégia profilática e terapêutica de doenças físicas e mentais, estudos recentes apontam os efeitos agudos promissores do exercício físico no desempenho cognitivo de crianças e adolescentes. As funções executivas podem impactar na qualidade de vida, assim como no aprendizado, raciocínio, solução de problemas e sucesso em aspectos sociais e emocionais durante a vida. Com objetivo de investigar as relações entre funções executivas e capacidades físicas; e o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes, foram desenvolvidos três estudos para essa dissertação. Estudo 1: Uma revisão sistemática e metanálise com objetivo de analisar estudos que avaliaram o efeito agudo de uma sessão de exercício físico no desempenho das funções executivas de crianças e adolescentes. Foram identificados 5.991 estudos através da busca nas bases de dados e, ao final das etapas de seleção, foram incluídos 25 estudos na metanálise. Foi identificado resultado positivo do efeito agudo do exercício físico no controle inibitório de crianças entre 5 e 17 anos de idade (SMD= 0,11; CI95%= 0,03 – 0,20; p= 0,006). Os melhores resultados foram observados após treinamentos aeróbios, com intensidade moderada e duração de 16 a 35 minutos. Estudo 2: Um estudo de corte transversal com objetivo de investigar a relação entre funções executivas, capacidades físicas e competências socioemocionais de crianças entre 8 e 12 anos de idade. Das oito variáveis de capacidades físicas incluídas na análise, sete apresentaram ao menos um resultado significativo de correlação com as funções executivas, destacando como resultado mais expressivo a relação entre controle inibitório e coordenação motora óculo-manual. Nenhum resultado significativo foi encontrado em relação às competências socioemocionais. Estudo 3: Um estudo controlado randomizado com objetivo de analisar o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças. Foram incluídas 24 crianças entre 9 e 10 anos de idade que foram aleatoriamente alocadas no grupo controle (GC), que não realizou exercício, e no grupo exercício (GE), que realizou uma aula de Educação Física. Os testes cognitivos (Teste de Stroop e Tarefa de Dígitos) foram realizados antes e imediatamente após as sessões de cada um dos grupos. O GE foi dividido em dois subgrupos de acordo com o tempo de duração (25 e 45 minutos). A ANOVA 2-way e a comparação dos deltas (pós – pré sessão) mostraram não haver diferença significativa entre os grupos nas funções executivas investigadas. A partir do resultado dos três estudos da presente dissertação, conclui-se que o efeito agudo do exercício físico pode beneficiar temporariamente a cognição de crianças e adolescentes, além de evidenciar a provável relação positiva entre capacidades físicas e funções executivas, com destaque para a capacidade da coordenação motora óculo-manual predizer de 25 a 34% o desempenho do controle inibitório de crianças. O desenvolvimento de um programa de exercícios físicos de caráter aeróbio, com intensidade moderada e duração de 16 a 35 minutos pode favorecer o desempenho das funções executivas de crianças e adolescentes de forma aguda, assegurando maiores níveis atencionais e favorecendo, inclusive, o aprendizado.

Palavras-chave: Cognição. Desenvolvimento infantil. Atividade física. Efeito agudo.

ABSTRACT

FRANCO, Silvia de Freitas Affonso. *The acute effect of physical exercise on executive functions of children and adolescents*. 2021. 206 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Besides the importance of an active lifestyle as a prophylactic and therapeutic strategy for physical and mental illnesses, recent studies indicate promising acute effects of physical exercise on cognitive performance of children and adolescents. Executive functions can affect learning, reasoning, problem solving skills as well as influence in social and emotional aspects, which directly affects the quality of life during the life. In order to investigate the relationship between executive functions and physical abilities; and the acute effect of physical exercise on executive functions of children and adolescents, three studies were developed: Study 1: A systematic review and meta-analysis of the acute effect of a single session of physical exercise on the performance of executive functions of children and adolescents. Throughout database research, 5,991 studies were identified, at the end of the selection stages, 25 studies were included in the meta-analysis. A positive result indicating the acute effect of physical exercise on the inhibitory control of children between 5 and 17 years old was identified (SMD= 0,11; CI95%= 0,03 – 0,20; p= 0,006). The best results were observed after aerobic training, at moderate intensity and lasting between 16 and 35 minutes. Study 2: A cross-sectional study aiming to investigate the relationship between executive functions, physical abilities and socio-emotional skills in 8-12 years old children. Eight physical abilities were included in the analysis, and seven of them resulted in at least one significant result of correlation with executive functions, highlighting as the most expressive result the relationship between inhibitory control and eye-hand coordination. No significant results were found to socioemotional skills. Study 3: A randomized controlled trial aiming to analyze the acute effect of physical exercise on executive functions of children. Twenty-four children between 9 and 10 years old were included in the study. They were randomly allocated to control group (CG), which remained physically inactive, or exercise group (EG), which participated in a Physical Education class. Cognitive assessments (Stroop Test and Digit Span test) were performed before and immediately after the sessions of each group. EG was divided into two subgroups according to their durations (25 and 45 minutes). Two-way ANOVA and the comparison of deltas (post – pre session) showed no significant difference between the groups in executive functions. Based on the results of the three studies in this dissertation, it is concluded that the acute effect of physical exercise can temporarily benefit the cognition of children and adolescents. In addition, it highlights the likely positive relationship between physical capacities and executive functions, with emphasis on capacity of the eye-hand coordination to predict from 25 to 34% the performance of inhibitory control in children. The development of an aerobic physical exercise program, at moderate intensity lasting between 16 to 35 minutes, can acutely benefit the performance of executive functions in children and adolescents, ensuring higher levels of attention and also supporting learning.

Keywords: Cognition. Child development. Physical activity. Acute effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Fluxograma da seleção de estudos.....	67
Figura 2 –	Mapa das sedes dos estudos.....	70
Figura 3 –	<i>Forest plot</i> do efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de indivíduos até 18 anos.....	80
Figura 4 –	<i>Funnel plot</i> ajustado de acordo com todos os estudos incluídos na metanálise.....	81
Figura 5 –	<i>Forest plot</i> da subanálise de tipo de estudo.....	82
Figura 6 –	<i>Forest plot</i> da subanálise das funções executiva.....	83
Figura 7 –	<i>Forest plot</i> da subanálise de tipo de exercício.....	84
Figura 8 –	<i>Forest plot</i> da subanálise de duração do exercício.....	85
Figura 9 –	<i>Forest plot</i> da subanálise de intensidade do exercício.....	86
Figura 10 –	<i>Forest plot</i> da subanálise de tempo para iniciar a avaliação cognitiva no momento pós.....	87
Figura 11 –	<i>Forest plot</i> da subanálise de medida da avaliação cognitiva (tempo de resposta e acurácia).....	88
Figura 12 –	Imagem da aplicação e disposição dos materiais no teste de agilidade.....	117
Figura 13 –	Esquema de disposição da tábua de execução do Teste de Toque em Disco.....	119
Figura 14 –	Execução do Teste de Toque em Disco do EUROFIT.....	119
Figura 15 –	Fluxograma da seleção dos sujeitos.....	122
Figura 16 –	Gráfico de matriz de correlação entre variáveis de desempenho físico, desempenho de funções executivas e desempenho de habilidades socioemocionais.....	126
Figura 17 –	Correlação TTD x Capacidades físicas e TTD x Variáveis de desempenho cognitivo.....	130
Figura 18 –	Procedimento de Pareamento e Randomização.....	150

Figura 19 – Procedimento experimental do estudo de efeito agudo para ambas as turmas.....	151
Figura 20 – Fluxograma da seleção dos sujeitos.....	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características gerais dos estudos incluídos	71
Tabela 2 –	Qualidade metodológica dos estudos de acordo com a Escala de Jadad.....	76
Tabela 3 –	Análise descritiva da amostra.....	124
Tabela 4 –	Associação entre os componentes das funções executivas e as variáveis independentes.....	128
Tabela 5 –	Análise descritiva da amostra.....	159
Tabela 6 –	Comparação das variáveis de funções executivas entre os grupos.....	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Atividade Física
AFLM	Atividade Física Leve a Moderada
AFMV	Atividade Física Moderada a Vigorosa
ANOVA	Análise de variância
ANT	<i>Attention Network Test</i>
BDNF	<i>Brain Derived Neurotrophic Factor</i>
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CI	<i>Confidence Interval</i> (Intervalo de Confiança)
CMA	<i>Comprehensive Meta-Analysis</i>
CO	<i>Crossover</i>
COR	<i>Crossover</i> randomizado
CPF	Córtex Pré-Frontal
DCCS	<i>Dimensional Change Card Sort</i>
DOD	Dígitos de Ordem Direta
DOI	Dígito de Ordem Indireta
DP	Desvio Padrão
DSST	<i>Digit Symbol Substitution Test</i>
DTC	<i>Determination Test for Children</i>
ECR	Ensaio Clínico Randomizado
EF	Educação Física
EUA	Estados Unidos da América
FCMáx	Frequência Cardíaca Máxima
GC	Grupo Controle
GDNF	<i>Glial cell line-Derived Neurotrophic Factor</i>
GE	Grupo Exercício
GRADE	<i>Grading of recommendations, assessment, development, and evaluations</i>
IA	Imediatamente Após
IGF1	<i>Insulin-like Growth Factor-1</i>
IMC	Índice de Massa Corporal

Lab	Laboratório
LIG	Leve
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
MOD	Moderada
OMS	Organização Mundial da Saúde
PROESP-Br	Projeto Esporte Brasil
QI	Quociente de Inteligência
RCE	Relação Cintura Estatura
RCT	<i>Randomized Controlled Trial</i>
RML	Resistência Muscular Localizada
RVP	<i>Rapid Visual Information Processing</i>
SMD	<i>Standardized Mean Difference</i>
SNC	Sistema Nervoso Central
SSRS	<i>Social Skills Rating System</i> (Inventário de Habilidades Sociais, Problemas Comportamento e Competência Acadêmica para Crianças)
T	Teste T independente
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade
TR	Tempo de Resposta
TTD	Teste do Toque em Disco
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
VEGF	<i>Vascular Endothelial Growth Factor</i>
VIG	Vigorosa
WISC-IV	<i>Wechsler Intelligence Scale for Children – fourth edition</i> , Escala Wechsler de Inteligência para crianças – quarta edição

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
m	Metro
m ²	Metros ao quadrado
≤	Menor ou igual
cm	Centímetro
kg	Quilograma
>	Maior
r _s	Rho de Spearman
s	Segundos
n	Amostra, número de sujeitos
p	Nível de significância
B	Coeficientes não padronizados
R ²	Coeficiente de determinação
Δ	Delta
min	Minutos
I ²	Heterogeneidade
<	Menor
F%	Percentual do sexo feminino
x	<i>Versus</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	17
1	REVISÃO DA LITERATURA	26
1.1	Funções executivas	26
1.1.1	<u>O conceito de funções executivas</u>	26
1.1.2	<u>O desenvolvimento das funções executivas</u>	29
1.2	Exercício físico e funções executivas	30
1.2.1	<u>Relação entre capacidades físicas e funções executivas</u>	32
1.2.2	<u>Efeito agudo do exercício físico nas funções executivas</u>	35
1.2.3	<u>Adaptações neurofisiológicas e neurobiológicas após uma sessão de exercício físico</u>	38
2	ESTUDO 1 – O EFEITO AGUDO DE UMA SESSÃO ÚNICA DE EXERCÍCIO FÍSICO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS DE CRIANÇAS EM IDADE ESCOLAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE	56
3	ESTUDO 2 – A CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÕES EXECUTIVAS, CAPACIDADES FÍSICAS E HABILIDADES SOCIOEMOCIONAIS: UM ESTUDO DE CORTE TRANSVERSAL	104
4	ESTUDO 3 – O EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO FÍSICO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS DE CRIANÇAS: UM ESTUDO RANDOMIZADO E CONTROLADO	143
	CONCLUSÃO	174
	REFERÊNCIAS	175
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	190
	APÊNDICE B – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	193
	APÊNDICE C – Ficha de avaliação da bateria PROESP-Br	196
	ANEXO A – Carta de Aceite Colégio Lemos de Castro	198
	ANEXO B – Teste de Stroop	199
	ANEXO C – Tarefa de Dígitos de Ordem Direta e de Ordem Inversa	200
	ANEXO D – Inventário de habilidades socioemocionais SSRS:	

Formulário de aplicação para professores.....	201
ANEXO E – Inventário de habilidades socioemocionais SSRS:	
Formulário de aplicação para crianças.....	205

INTRODUÇÃO

A implementação de hábitos saudáveis é reconhecidamente importante para as condições gerais de saúde (GARBER; BLISSMER; DESCHENES; FRANKLIN *et al.*, 2011), podendo, inclusive, reduzir os custos relacionados a mesma (DING, DING; LAWSON, KENNY D.; KOLBE-ALEXANDER, TRACY L.; FINKELSTEIN, ERIC A. *et al.*, 2016). A prática regular de exercício físico se apresenta como fator contribuinte para a manutenção da saúde dos indivíduos, promovendo inúmeras vantagens. Contudo, apesar de todo o conhecimento acerca dos benefícios do exercício físico para a saúde do ser humano, o sedentarismo apresenta-se como uma pandemia global com forte impacto na saúde pública, sendo a inatividade física um dos principais fatores de risco de mortalidade (DING, DING; LAWSON, KENNY D.; KOLBE-ALEXANDER, TRACY L.; FINKELSTEIN, ERIC A. *et al.*, 2016). Indivíduos moderadamente ativos têm menor risco de desenvolverem transtornos mentais quando comparados a indivíduos sedentários, sugerindo a relação entre o exercício físico e a saúde mental (DESLANDES; MORAES; FERREIRA; VEIGA *et al.*, 2009). Quando se trata de criança, o movimento tem papel fundamental e torna-se indispensável para um desenvolvimento motor e cognitivo de qualidade (FERRAZ, 1996), e a falta de exercício físico nessa fase da vida pode gerar reflexos negativos durante a vida (FREIRE, 1999).

Hábitos saudáveis também estão relacionados ao desenvolvimento adequado das habilidades motoras e cognitivas (DIAMOND, 2015b), podendo o exercício físico fomentar o aprimoramento das funções cognitivas de adultos (MASLEY; ROETZHEIM; GUALTIERI, 2009) e de crianças (DIAMOND; LEE, 2011). Dentre as funções cognitivas mais beneficiadas pela prática regular de exercício físico estão, especificamente, as funções executivas (HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008), que são, por sua vez, um conjunto de habilidades cognitivas imprescindíveis para a execução de tarefas e atividades de vida diária, para o desenvolvimento cognitivo e psicomotor (MIYAKE; FRIEDMAN; EMERSON; WITZKI *et al.*, 2000); e para as relações sociais e emocionais ao longo da vida (MOFFITT; ARSENEAULT; BELSKY; DICKSON *et al.*, 2011).

As funções executivas, definidas de forma ampla, englobam os processos cognitivos responsáveis por orientar o comportamento humano e que são

comandados, principalmente, pela atividade do córtex pré-frontal (BEST; MILLER, 2010). Diamond (2013) define as funções executivas como um conjunto de três habilidades cognitivas principais – o Controle Inibitório, a Memória de Trabalho e a Flexibilidade Cognitiva – que dão origem às chamadas “funções executivas de ordem superior”, determinadas como habilidades cognitivas mais complexas – o raciocínio, o planejamento e a solução de problemas. As funções executivas permitem que o indivíduo interaja com o mundo de forma ajustada, direcionando e regulando as esferas intelectuais, emocionais e sociais (LEÓN; RODRIGUES; SEABRA; DIAS, 2013). Sugere-se que o desenvolvimento das funções executivas na infância tenha reflexo na qualidade de vida futura (COMITÊ CIENTÍFICO DO NÚCLEO CIÊNCIA PELA INFÂNCIA, 2016). Dois estudos longitudinais – um de 32 anos e outro de 30 anos – apresentaram resultados favoráveis à essa relação. Em ambos os estudos, indivíduos que apresentaram melhores desempenhos nas funções executivas quando crianças, aparentemente tornaram-se adultos com melhores condições de vida, apresentando menos envolvimento em brigas; melhores condições de emprego; melhores desempenhos no âmbito acadêmico; melhores resultados relacionados à saúde física e mental; entre outros (FERGUSON; BODEN; HORWOOD, 2013; MOFFITT; ARSENEAULT; BELSKY; DICKSON *et al.*, 2011). Moffitt *et al.* (2011), em um estudo longitudinal, verificaram que as funções executivas podem ser mais importantes que o quociente de inteligência (QI) ou o status socioeconômico para o sucesso acadêmico, financeiro e sócio afetivo, o que motiva a busca por intervenções capazes de aprimorá-las. Estudos presentes na literatura apontam a possibilidade dessas funções cognitivas serem aperfeiçoadas em qualquer idade através de treinamento e prática, inclusive através da prática regular de exercício físico (DIAMOND; LEE, 2011; DIAMOND; LING, 2016).

A relação entre as funções executivas e capacidades físicas tem sido investigada em diferentes faixas etárias, sendo especialmente importante na infância e no envelhecimento por sua relação com as atividades de vida diária, além do crescimento e desenvolvimento (MIYAKE; FRIEDMAN; EMERSON; WITZKI *et al.*, 2000). Uma revisão sistemática recente teve como foco a relação entre a cognição e habilidades motoras específicas em crianças. A partir da análise dos diversos estudos selecionados, foi apontada uma forte afinidade da coordenação bilateral com a inteligência fluida, enquanto as habilidades motoras finas apresentaram uma

relação moderada a forte com o processamento visual, sendo elas aptidões cognitivas imprescindíveis para a execução de tarefas motoras complexas (VAN DER FELLS; TE WIERIKE; HARTMAN; ELFERINK-GEMSER *et al.*, 2015). A literatura evidencia que algumas regiões encefálicas mais ativadas durante atividades específicas, como o cerebelo na regulação do movimento e na aprendizagem motora, ou o córtex pré-frontal em tarefas cognitivas e de regulação de emoções, as mesmas são co-ativadas durante a execução de diversas atividades motoras e cognitivas (DIAMOND, 2000). Scudder *et al.* (2016), em um estudo longitudinal, verificaram que as crianças que apresentaram maiores níveis de aptidão cardiorrespiratória no início da pesquisa, assim como aquelas que apresentaram melhores ganhos nesse âmbito ao longo dos três anos de estudo, também apresentaram melhores resultados no desempenho das funções executivas. Outro estudo mostrou que níveis mais elevados de aptidão aeróbia estão relacionados com uma maior capacidade de controle inibitório (BUCK; HILLMAN; CASTELLI, 2008). Estudos com crianças em idade escolar também encontraram correlação positiva entre a aptidão cardiorrespiratória, controle cognitivo, atenção seletiva e memória visual (CHADDOCK; ERICKSON; PRAKASH; VANPATTER *et al.*, 2010).

Além da relação entre capacidades físicas e cognitivas, uma sessão única de exercício físico promove alterações imediatas, conhecidas como efeitos agudos que podem contribuir para a melhora da resposta cognitiva de crianças e adolescentes. Entretanto, os resultados das pesquisas realizadas nessa área são controversos. Estudos recentes relataram resultados significativos para o efeito agudo da prática de exercício físico no desempenho de habilidades cognitivas, como, por exemplo, os trabalhos de Budde *et al.* (2008), Chen *et al.* (2014), Gallotta *et al.* (2012) e Niemann *et al.* (2013). Hillman *et al.* (2009) encontraram resultado significativo do efeito agudo de uma sessão de exercício aeróbio no desempenho das habilidades cognitivas infantis, sendo este resultado positivo para as funções executivas. Palmer *et al.* verificaram que crianças obtiveram melhores resultados em testes relacionados à atenção logo após a prática de exercício (PALMER; MILLER; ROBINSON, 2013). A fim de colaborar com a prevenção dos problemas com déficit de concentração nas escolas, o estudo de Budde *et al.* (2008) identificaram que exercícios físicos com maior complexidade motora são capazes de promover, de forma aguda, melhora significativa no desempenho do controle inibitório, sendo esta uma função cognitiva importante no controle da atenção (DIAMOND; LING, 2016). Além do déficit de

concentração, a atenção reduzida e o aumento de agitação também são queixas frequentes de membros do corpo discente de escolas (BUDDE; VOELCKER-REHAGE; PIETRABYK-KENDZIORRA; RIBEIRO *et al.*, 2008). Nesse sentido, o exercício físico apresenta-se como um provável colaborador para a resolução desses problemas uma vez que entre os efeitos agudos obtidos através da sua prática, destaca-se uma possível melhora no desempenho das funções executivas de crianças em idade escolar (BUDDE; VOELCKER-REHAGE; PIETRABYK-KENDZIORRA; RIBEIRO *et al.*, 2008; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; VERBURGH; KONIGS; SCHERDER; OOSTERLAAN, 2014).

Em contrapartida, foram publicados recentemente outros estudos que encontraram resultados inconclusivos nesse campo de pesquisa, como van den Berg *et al.* (2018) e van den Berg *et al.* (2016). Diante de controvérsias científicas, o presente estudo busca contribuir com a elucidação acerca do efeito de uma única sessão de exercício físico no desempenho cognitivo de crianças e adolescentes.

Apesar de ser crescente o volume de publicações sobre o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas, um problema recorrente nesta área é a pouca abrangência das características dos estudos, como a faixa etária investigada, o tipo de exercício físico e o tempo de avaliação após a sessão (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). As pesquisas possuem características semelhantes, sendo a ampla maioria ligada à investigação na população jovem adulta (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019), e até mesmo aquelas que investigam o impacto na cognição de crianças também possuem uma tendência central que, nesse caso, é a utilização de exercícios físicos de caráter aeróbio como forma de intervenção (DIAMOND; LING, 2016). Recentes meta-análises apontam para resultados mais significativos no aprimoramento das funções executivas através de exercícios com maior complexidade motora e maior engajamento cognitivo (ALVAREZ-BUENO; PESCE; CAVERO-REDONDO; SANCHEZ-LOPEZ *et al.*, 2017; DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018; VAZOU; PESCE; LAKES; SMILEY-OYEN, 2016).

O presente estudo busca avaliar o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças em idade escolar, assim como analisar as prováveis correlações existentes entre desempenho cognitivo, desempenho físico e desempenho socioemocional. Este projeto é composto por três estudos: 1) uma

revisão sistemática e metanálise sobre o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes; 2) um estudo original de corte transversal sobre a relação entre funções executivas, capacidades físicas e competências socioemocionais em crianças; e 3) um estudo original randomizado e controlado com objetivo de avaliar o impacto de uma aula de Educação Física e uma aula de vídeo nas funções executivas de crianças.

OBJETIVOS

Estudo 1: O efeito agudo de uma sessão única de exercício físico nas funções executivas de crianças em idade escolar: uma revisão sistemática e metanálise.

- Elaborar uma revisão sistemática e metanálise dos estudos que avaliaram o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes.
- Observar e analisar as características predominantes das intervenções que obtiveram resultados significativos, levando em consideração o tipo e a intensidade do exercício físico.

Estudo 2: A correlação entre funções executivas, capacidades físicas e competências socioemocionais: um estudo de corte transversal.

- Avaliar a correlação entre as variáveis de aptidão física para a saúde e desempenho esportivo, funções executivas e competências socioemocionais em crianças em idade escolar.

Estudo 3: O efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças: um estudo randomizado e controlado.

- Avaliar o efeito agudo do exercício físico no desempenho das funções executivas de crianças em idade escolar.

HIPÓTESES

- Impacto positivo do exercício físico no funcionamento executivo, de forma aguda, em crianças e adolescentes;
- Correlação positiva entre desfechos cognitivos, físicos e socioemocionais;
- Melhora do desempenho das funções executivas das crianças pertencentes ao grupo intervenção quando comparada às crianças do grupo controle.

JUSTIFICATIVA

A inatividade física figura como uma das principais causas relacionadas à mortalidade (HALLAL; ANDERSEN; BULL; GUTHOLD *et al.*, 2012) e, embora a expectativa de vida tenha aumentado ao longo dos anos, a população portadora de doenças crônicas não transmissíveis está cada vez maior (LEE; SHIROMA; LOBELO; PUSKA *et al.*, 2012), fazendo com que os gastos com a saúde pública sejam cada vez mais altos (DING, D.; LAWSON, K. D.; KOLBE-ALEXANDER, T. L.; FINKELSTEIN, E. A. *et al.*, 2016). Em 2015 um estudo apontou que a obesidade infantil alcançou níveis epidêmicos (SAHOO; SAHOO; CHOUDHURY; SOFI *et al.*, 2015). Existe uma forte evidência da influência do estilo de vida infantil na qualidade da saúde na fase adulta. Nesse sentido, um programa de conscientização e transformação da realidade da saúde infantil seria capaz de formar uma população mais saudável no futuro (BAILEY; HILLMAN; ARENT; PETITPAS, 2013).

Além da prática regular de exercícios físicos apresentar-se como fator relevante na manutenção da saúde do indivíduo (JANSSEN; LEBLANC, 2010; STRONG; MALINA; BLIMKIE; DANIELS *et al.*, 2005), também é capaz de beneficiar o desenvolvimento e aprimoramento das capacidades físicas e cognitivas de crianças (DIAMOND, 2015). Estudos indicam que o exercício físico pode gerar, inclusive, melhores resultados acadêmicos (COE; PIVARNIK; WOMACK; REEVES *et al.*, 2006; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016).

Revisões sistemáticas e metanálises responsáveis por investigar o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes indicam que além de não haver um comprometimento dos níveis de atenção, tampouco do desempenho cognitivo infantil geral, o exercício físico ainda é capaz de provocar uma melhora desses desempenhos (DALY-SMITH; ZWOLINSKY; MCKENNA; TOMPOROWSKI *et al.*, 2018; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; LI; O'CONNOR; O'DWYER; ORR, 2017). Sendo assim, essa prática inserida no dia a dia escolar pode contribuir não somente para a aptidão física dos sujeitos (JANSSEN; LEBLANC, 2010; STRONG; MALINA; BLIMKIE; DANIELS *et al.*, 2005), mas também no cumprimento de tarefas com alta demanda cognitiva, como é caso do aprendizado (DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

Intervenções dentro da própria sala de aula vêm sendo investigadas pois, além de contribuírem para a diminuição do comportamento sedentário ao longo do dia da criança, também colaboram com fatores associados ao desempenho cognitivo e acadêmico (CARSON; CASTELLI; BEIGHLE; ERWIN, 2014; DONNELLY; GREENE; GIBSON; SMITH *et al.*, 2009; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; STEWART; DENNISON; KOHL; DOYLE, 2004). Um estudo publicado em 2015 com crianças entre nove e onze anos de idade apontou que apenas quatro minutos de exercício físico praticados dentro de sala de aula foram capazes de melhorar, de forma aguda, o desempenho do controle inibitório (MA; LE MARE; GURD, 2015), subdomínio das funções executivas que está amplamente relacionado ao aprendizado e desempenho acadêmico (DIAMOND, 2013). Além disso, programas de atividade física dentro de sala de aula também promoveram um aumento no volume de tempo no qual a criança é capaz de se manter ativamente envolvida no processo de aprendizagem (GRIECO; JOWERS; ERRISURIZ; BARTHOLOMEW, 2016). O efeito agudo do exercício físico também pode ser observado quando praticado em outro ambiente escolar, como na aula de Educação Física. A literatura aponta para efeitos significativos da sessão de uma única aula em todos os subdomínios das funções executivas (KULINNA; STYLIANOU; DYSON; BANVILLE *et al.*, 2018; PHILLIPS; HANNON; GREGORY; BURNS, 2019; PIRRIE; LODEWYK, 2012)

Estas descobertas são importantes para incentivar a discussão acerca da baixa promoção de atividades físicas no ambiente escolar (BASSETT; FITZHUGH; HEATH; ERWIN *et al.*, 2013; NG; POPKIN, 2012). O exercício físico apresenta-se como maneira eficaz de transformação, mas, apesar das crescentes evidências científicas a respeito da sua importância, ele continua a enfrentar a desvalorização na sociedade (BAILEY; HILLMAN; ARENT; PETITPAS, 2013). Essa desvalorização também é observada no ambiente escolar, no qual a Educação Física não possui o status das outras disciplinas e perde cada vez mais espaço na grade curricular (NG; POPKIN, 2012). Estima-se que crianças e adolescentes sejam submetidos a uma jornada escolar de, em média, 30 horas, sendo cerca de 90% desse tempo gasto com atividades de caráter sedentário (BURNS; BRUSSEAU; FANG; MYRER *et al.*, 2015).

Considerando os benefícios que a prática regular de exercícios físicos pode provocar à saúde e desenvolvimento da criança (BAILEY; HILLMAN; ARENT; PETITPAS, 2013; DIAMOND, 2015), é contraditória a cultura de desvalorização do exercício físico e da Educação Física inseridos no contexto escolar. Portanto, faz-se necessária uma mudança cultural. A elaboração de estudos científicos se apresenta como um coeso caminho capaz de expandir a compreensão e a divulgação da importância do exercício físico para a saúde e desenvolvimento infantil, sobretudo para a cognição (funções executivas). O presente estudo busca contribuir com a evolução do conhecimento sobre o efeito do exercício nas funções executivas.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Funções Executivas

1.1.1 O conceito de funções executivas

Dentre os processos cognitivos mais investigados e discutidos na literatura científica recente, pode-se destacar as chamadas funções executivas (FAW, 2003; ROYALL; LAUTERBACH; CUMMINGS; REEVE *et al.*, 2002). As funções executivas são consideradas um conjunto de habilidades cognitivas complexas responsáveis pela capacidade de gerenciamento e autorregulação do comportamento e desempenho humano em tarefas diárias (BAGGETTA; ALEXANDER, 2016), e pertencem não apenas ao domínio cognitivo, mas também aos campos comportamentais e socioemocionais da performance humana (BAGGETTA; ALEXANDER, 2016; FRUCHTMAN-STEINBOK; SALZER; HENIK; COHEN, 2017). Acredita-se que as funções executivas sejam importantes contribuintes para o sucesso no raciocínio, na compreensão de leitura, e na aprendizagem (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; HILLMAN; PONTIFEX; RAINE; CASTELLI *et al.*, 2009; KANE; CONWAY; HAMBRICK; ENGLE, 2007); para o sucesso escolar (DIAMOND; LEE, 2011); para melhor qualidade de vida adulta (MOFFITT; ARSENEAULT; BELSKY; DICKSON *et al.*, 2011); para a redução dos sintomas do transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) (THORELL; LINDQVIST; BERGMAN NUTLEY; BOHLIN *et al.*, 2009); para auxiliar na detecção precoce da doença de Alzheimer (BADDELEY, 2012); além de servir até mesmo como preditor de sucesso para atletas de alto rendimento (VESTBERG; GUSTAFSON; MAUREX; INGVAR *et al.*, 2012; VESTBERG; REINEBO; MAUREX; INGVAR *et al.*, 2017).

Diversos autores defendem que existem diferentes níveis ou complexidades das funções executivas, diferenciando-as ao rotulá-las como funções executivas de ordem superior ou funções executivas principais. Algumas das funções executivas

que foram sugeridas como de ordem superior são planejamento e raciocínio lógico (CHAN; SHUM; TOULOPOULOU; CHEN, 2008; CLARK; PRITCHARD; WOODWARD, 2010; COLLINS; KOECHLIN, 2012). Essas habilidades executivas de ordem superior são definidas como produtos ou integração das funções executivas centrais, que são, por sua vez, o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (DIAMOND, 2013).

O controle inibitório é responsável pela capacidade de o indivíduo resistir a um impulso inicial, controlando sua atenção, pensamentos e emoções, levando a uma ação mais racional e controlada. Sendo assim, o controle inibitório permite que o indivíduo defina suas ações e comportamentos sem que haja interferência de atos não planejados ou ações impulsivas (DIAMOND, 2013). Esta habilidade cognitiva é fundamental para atividades cotidianas, como o respeito às regras e normas; a capacidade de pensar antes de falar ou agir; a conservação do foco; e a resistência às tentações inapropriadas ou ilegais (DIAMOND; LING, 2016).

Dentre os subdomínios do controle inibitório, a atenção seletiva pode ser definida como a escolha voluntária dos estímulos que serão ignorados e dos estímulos que serão atendidos pelo sujeito de acordo com seus objetivos e intenções (DIAMOND, 2013); enquanto o autocontrole pode ser definido como um domínio de comportamentos e emoções, inibindo e substituindo tendências indesejadas através de disciplina e força de vontade (HOFMANN; FRIESE; STRACK, 2009). Em 1990, a pesquisadora Adele Diamond apresentou uma série de relatos sobre a ação do Controle Inibitório em crianças, apontando inclusive para a dificuldade de crianças pequenas resistirem à estímulos visuais. Essa habilidade cognitiva é complexa e, como continua seu desenvolvimento e amadurecimento na adolescência e vida adulta, se torna mais controlável ao longo dos anos. Apesar disso, o desempenho desta habilidade cognitiva na infância parece ser capaz de prever possíveis resultados ao longo da vida, como mostrou o estudo longitudinal realizado por Moffitt *et al.* (MOFFITT; ARSENEAULT; BELSKY; DICKSON *et al.*, 2011). Após 32 anos de acompanhamento, a pesquisa apontou resultados que indicaram que crianças de três a 11 anos com melhor desempenho do Controle Inibitório foram mais suscetíveis a terem sucesso acadêmico, menor envolvimento com drogas, maior qualidade de saúde física e mental, maior planejamento e estabilidade financeira, e menor propensão ao crime, por exemplo.

A memória de trabalho, outro pilar das funções executivas principais e também conhecida como memória operacional, é responsável por armazenar e manipular informações mentalmente; é a capacidade de lidar e manejar informações que já não estão presentes, informações que já foram transmitidas (BADDELEY; HITCH, 1994). Essa habilidade cognitiva é essencial para dar sentido a operações que ocorrem ao longo do tempo, pois armazena informações anteriores e as relaciona com noções futuras (CHEN; TSENG; KUO; CHANG, 2016; DIAMOND, 2013). Ressalta-se que a diferença entre memória de curto prazo e memória de trabalho é que a primeira apenas armazena temporariamente as informações, enquanto a segunda, além de armazená-las, também as manipula (BADDELEY, 2012).

Flexibilidade Cognitiva, o terceiro pilar das funções executivas principais, baseia-se nas outras duas e é a que se desenvolve mais tardiamente. Esta função cognitiva caracteriza-se pela flexibilidade de alterar a forma como as situações são analisadas, de mudar as perspectivas de análise, de “pensar fora da caixa” (KIESEL; STEINHAUSER; WENDT; FALKENSTEIN *et al.*, 2010; MIYAKE; FRIEDMAN; EMERSON; WITZKI *et al.*, 2000; MONSELL, 2003). Devido ao seu próprio conceito, a flexibilidade cognitiva está amparada nas outras duas esferas das funções executivas, pois é necessário o controle inibitório para bloquear as perspectivas anteriores e a memória de trabalho para analisar a questão de uma nova maneira (DIAMOND, 2013). A flexibilidade cognitiva contribui para que as crianças sejam capazes de compreender as diferentes formas de jogar um jogo; de traçar diferentes estratégias na tentativa de resolver um problema; de imaginar maneiras diferentes de solucionar um problema matemático na escola; entre outros (DIAMOND; LING, 2016). Ressalvando que seu desenvolvimento depende do amadurecimento prévio da Memória de Trabalho e do Controle Inibitório, devido a dependência existente (COMITÊ CIENTÍFICO DO NÚCLEO CIÊNCIA PELA INFÂNCIA, 2016).

A partir das três habilidades cognitivas principais das funções executivas (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva), são geradas habilidades mais complexas chamadas de “funções executivas de ordem superior” (DIAMOND, 2013). Considerando os conceitos estabelecidos para esse processo cognitivo, é evidente a importância da compreensão acerca do seu bom desenvolvimento com intuito de gerar benefícios não só para o indivíduo, mas para a sociedade em geral.

1.1.2 O desenvolvimento das funções executivas

Anatomicamente, as funções executivas apresentam um sistema neural no qual o córtex pré-frontal (CPF), porção pertencente ao lobo frontal, exerce um papel fundamental no controle do funcionamento executivo (DIAMOND; BRIAND; FOSSELLA; GEHLBACH, 2004; MILLER; COHEN, 2001). Apesar do destaque do CPF na mediação das funções executivas, esse papel não é exercido com exclusividade. Autores defendem que o mais apropriado é afirmar que esses processos cognitivos são resultado da atividade de diferentes circuitos neurais, sendo, portanto, necessária a participação do cérebro em sua totalidade para garantir um funcionamento mais eficiente (ANDERSON, 2001)

Ao longo do seu processo de desenvolvimento, as crianças aprimoram sua capacidade de controlar as ações e pensamentos e direcioná-los a um objetivo. Esse grau de maturação cerebral é iniciado nos primeiros anos de vida, razão pela qual esse período é particularmente importante para a compreensão do desenvolvimento das funções executivas, uma vez que seu desenvolvimento parece estar alinhado com as mudanças neurofisiológicas, sobretudo a sinaptogênese e a mielinização no CPF (ESPY; SHEFFIELD; WIEBE; CLARK *et al.*, 2011; HUIZINGA; DOLAN; VAN DER MOLEN, 2006). O processo de mielinização das conexões dessa região se desenvolve gradualmente durante a toda a infância e adolescência, concluindo sua fase maturacional apenas na segunda década de vida, fazendo com que as funções cerebrais associadas a essa região também concluam sua maturação nessa época (KOLB; WHISHAW, 2003). Esse processo é um importante marco do desenvolvimento infantil pois o processo de mielinização permite uma transmissão mais rápida e eficaz dos impulsos nervosos, resultando na melhoria do processamento de informação e, conseqüentemente, aumentando a capacidade de desempenho de processos cognitivos (ANDERSON, 2002).

O comportamento característico de crianças nos primeiros anos de vida é marcado por traços de impulsividade, pensamento concreto e baixo autocontrole (FUSTER, 2002). Progressivamente, à medida que os circuitos neurais se desenvolvem, as crianças se tornam cada vez mais capazes de solucionar problemas, assumir erros e corrigi-los, respeitar normas, por exemplo. Essas etapas desenvolvimentistas podem ser compreendidas e previstas por meio da hipótese da

maturação cerebral (ANDERSON, 2001). Porém, ao contrário do que acontece na infância, durante o processo de envelhecimento acontece um declínio do desempenho dos processos executivos, ou seja, o desenvolvimento executivo assume formato de uma curva em U invertido, apresentando ascensão e declínio ao longo dos anos (ZELAZO; CRAIK; BOOTH, 2004).

1.2 Exercício físico e funções executivas

É crescente o volume de estudos que têm apoiado os benefícios da prática de exercício físico regular para a saúde física e mental de crianças e adolescentes (BIDDLE; ASARE, 2011; BIDDLE; GORELY; STENSEL, 2004). No entanto, nos últimos anos houve um aumento no estilo de vida sedentário entre indivíduos dessa faixa etária, restringindo os benefícios que o estilo de vida ativo é capaz de proporcionar (HYNYNEN; VAN STRALEN; SNIEHOTTA; ARAÚJO-SOARES *et al.*, 2016; SAHOO; SAHOO; CHOUDHURY; SOFI *et al.*, 2015). Apesar da recente recomendação da Organização Mundial da Saúde para que crianças e adolescentes realizem pelo menos 60 minutos diários de exercícios físicos de intensidade moderada a vigorosa (BULL; AL-ANSARI; BIDDLE; BORODULIN *et al.*, 2020), apenas um percentual muito baixo dessa população alcança níveis semelhantes (HAYES; DOWD; MACDONNCHA; DONNELLY, 2019).

Recentemente, houve um evidente aumento nos estudos que analisaram a ligação entre o exercício físico e o funcionamento cognitivo em crianças e adolescentes (ROEBERS; ROTH LISBERGER; NEUENSCHWANDER; CIMELI *et al.*, 2014). Destacam-se aqueles que apresentaram resultados positivos para o efeito do exercício físico em aspectos da cognição, como a atenção, concentração, velocidade de processamento e o funcionamento executivo (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; LI; O'CONNOR; O'DWYER; ORR, 2017; LUDYGA; GERBER; HERRMANN; BRAND *et al.*, 2018; XUE; YANG; HUANG, 2019). Avanços científicos no campo da neurociência auxiliam na elucidação desses eventos (CHADDOCK; ERICKSON; PRAKASH; VANPATTER *et al.*, 2010; CHADDOCK; ERICKSON; VOSS; KNECHT *et al.*, 2013; MATTA MELLO PORTUGAL; CEVADA; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR; TEIXEIRA GUIMARAES *et al.*, 2013).

Evidências sugerem que o sistema motor e o sistema cognitivo estejam integrados devido aos seus processos maturacionais ocorrerem simultaneamente durante o desenvolvimento infantil (LEISMAN; BRAUN-BENJAMIN; MELILLO, 2014). É crescente número de estudos evidenciando o papel do exercício físico sobre o desempenho cognitivo de crianças e adolescentes, sugerindo que o exercício físico promova alterações na estrutura cerebral (GUNNELL; POITRAS; LEBLANC; SCHIBLI *et al.*, 2018) e no funcionamento cerebral (CHADDOCK; ERICKSON; VOSS; KNECHT *et al.*, 2013).

A prática de exercício físico sob condições sociais adequadas parece estar positivamente associada a parâmetros psicológicos e comportamentais, importantes elementos para o desenvolvimento infantil (LUBANS; RICHARDS; HILLMAN; FAULKNER *et al.*, 2016; PERLMAN; HEIN; STEPP; CONSORTIUM, 2014; ZMYJ; WITT; WEITKAMPER; NEUMANN *et al.*, 2017). Um melhor domínio das funções executivas na infância e adolescência é capaz de modular o comportamento psicossocial desses indivíduos, promovendo uma melhor capacidade de adaptação ao ambiente, e melhores desempenhos em tarefas acadêmicas e sociais (PERLMAN; HEIN; STEPP; CONSORTIUM, 2014; RABINER; GODWIN; DODGE, 2016). Sendo assim, a prática regular de exercícios pode contribuir para o aperfeiçoamento das habilidades socioemocionais de crianças e adolescentes devido à sua relação com aspectos das funções executivas, como o autocontrole e a autorregulação (COLLINS; BOOTH; DUNCAN; FAWKNER *et al.*, 2019; FRUCHTMAN-STEINBOK; SALZER; HENIK; COHEN, 2017).

Os efeitos do exercício físico podem ser classificados em efeitos agudos e efeitos crônicos (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2019). O efeito agudo do exercício é aquele observado durante ou após uma única sessão. Já o efeito crônico do exercício consiste nas adaptações decorrentes de múltiplas sessões que acontecem ao longo de semanas, meses ou anos, com objetivos específicos, e que promovem modificações crônicas nos indivíduos, que são aquelas obtidas a longo prazo e mais duradouras (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2019). Estudos recentes têm demonstrado o efeito do exercício físico – aguda ou cronicamente – sobre o desempenho das funções executivas de crianças e adolescentes (PESCE; VAZOU; BENZING; ALVAREZ-BUENO *et al.*, 2021; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019; XUE; YANG; HUANG, 2019).

Logo após uma única sessão de exercício físico são observadas melhoras no desempenho de diferentes tarefas cognitivas, tais como controle inibitório, atenção seletiva e memória de trabalho, habilidades cognitivas pertencentes ao conceito guarda-chuva de funções executivas (LAMBOURNE; TOMPOROWSKI, 2010; MCMORRIS; SPROULE; TURNER; HALE, 2011; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019), efeitos que também podem ser identificados cronicamente (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016).

Apesar do efeito crônico do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes apresentar um tamanho de efeito considerado de pequeno a moderado (VAZOU; PESCE; LAKES; SMILEY-OYEN, 2016; XUE; YANG; HUANG, 2019), práticas regulares de exercícios parecem ser uma forma promissora de aperfeiçoamento de diferentes aspectos das funções executivas, especialmente o controle inibitório (XUE; YANG; HUANG, 2019). Intervenções crônicas implementadas na grade curricular de escolas ou através de programas de exercícios podem ser particularmente benéficas crianças e adolescentes, melhorando não só seu funcionamento executivo, mas também seu desempenho acadêmico e processo de aprendizado (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; VAZOU; PESCE; LAKES; SMILEY-OYEN, 2016).

A prática regular de exercício físico contribui com a neuroplasticidade, que pode ser definida como a capacidade de o sistema nervoso provocar transformações em sua estrutura e funcionamento de acordo com o processo de desenvolvimento e padrões de experiências (PURVES; AUGUSTINE; FITZPATRICK; KATZ *et al.*, 2001). Essa capacidade está intimamente relacionada ao desenvolvimento da memória, cognição e aprendizagem de indivíduos ao longo da vida (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2019; PURVES; AUGUSTINE; FITZPATRICK; KATZ *et al.*, 2001). Outro mecanismo envolvido no efeito crônico do exercício físico no sistema nervoso é a produção e aumento da concentração de fatores neurotróficos, moléculas responsáveis pela neurogênese, angiogênese e sinaptogênese, e capazes de influenciar no funcionamento cognitivo (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2019; REDILA; CHRISTIE, 2006; SWAIN; HARRIS; WIENER; DUTKA *et al.*, 2003).

1.2.1 Relação entre capacidades físicas e funções executivas

O desenvolvimento é definido como um processo contínuo que ocorre durante toda a vida, desde o momento da concepção até a morte, e que abrange todas as transformações referentes a esse processo, desde questões positivas – normalmente associadas às fases iniciais da vida –, até as questões de mudanças regressivas (geralmente associadas ao processo de envelhecimento) (GALLAHUE; OZMUN, 1994). Apesar de existir uma tendência de querer separá-los para análise, ressalva-se que o desenvolvimento cognitivo e o desenvolvimento motor possuem natureza intimamente relacionada (DIAMOND, 2000; PIAGET, 1952). As tarefas de vida diárias dependem que as regiões cerebrais responsáveis pelo circuito cognitivo-motor atuem concomitantemente, gerando, portanto, uma co-ativação do CPF e do cerebelo, incluindo os gânglios da base (DESMOND; GABRIELI; WAGNER; GINIER *et al.*, 1997). Dessa forma, acredita-se que seja estabelecida uma conexão entre elas, fazendo com que o CPF interfira no controle motor, e o cerebelo nas funções executivas (DIAMOND, 2000; LEISMAN; BRAUN-BENJAMIN; MELILLO, 2014). Outro fator que justifica a relação entre habilidades físicas e cognitivas é que elas podem apresentar um cronograma de desenvolvimento semelhante entre elas, no qual ocorre um pico de desenvolvimento principalmente entre os cinco e dez anos de idade (ANDERSON; ANDERSON; NORTHAM; JACOBS *et al.*, 2001). Essas evidências sugerem como é estabelecida a relação entre as habilidades físicas e funções executivas.

Crianças e adolescentes em idade escolar considerados fisicamente ativos apresentam uma facilidade maior no processo de aprendizagem, sugerindo que o treinamento físico possa ser relevante não somente para o crescimento físico, mas também para o crescimento intelectual (ARDOY; FERNANDEZ-RODRIGUEZ; JIMENEZ-PAVON; CASTILLO *et al.*, 2014; HILLMAN; CASTELLI; BUCK, 2005). Estudos apontam que indivíduos que praticam regularmente exercícios físicos tendem a apresentar melhores desempenhos nas funções executivas quando comparados a seus pares com níveis mais baixos de aptidão física (ERICSSON; KARLSSON, 2014; ETNIER; CHANG, 2009).

É importante destacar a diferença entre aptidão física, capacidades físicas e habilidade motora. A aptidão física, é inata, sendo, portanto, comum a todos os indivíduos, e o que os diferencia é o nível no qual a aptidão física se encontra (GALLAHUE; OZMUN, 1994). Níveis mais altos de aptidão física associam-se à

redução de risco de doenças hipocinéticas, como diabetes, obesidade, hipertensão arterial, entre outras; garantia de uma boa qualidade de vida; e melhor capacitação para execução de tarefas de vida diária e participações esportivas (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016). Aptidão física é definida como a habilidade de realizar atividade física, combinada com a composição genética do indivíduo e com a manutenção de seu ajuste nutricional. A aptidão física pode ser subdividida em componentes relativos à saúde e relativos à performance, que são as capacidades físicas ou valências físicas (GALLAHUE; OZMUN, 1994). As capacidades físicas incluem elementos como resistência – resistência cardiorrespiratória, resistência muscular localizada (RML) -, velocidade, agilidade, coordenação motora, flexibilidade, composição corporal, potência, força e equilíbrio (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; GALLAHUE; OZMUN, 1994; WILDER; GREENE; WINTERS; LONG *et al.*, 2006). Já habilidade motora pode ser definida como uma tarefa ou ação de movimento voluntária, que foi aprendida e que possui objetivo específico, sendo realizada por uma ou mais partes do corpo, como andar de bicicleta e chutar uma bola, por exemplo (GALLAHUE; OZMUN, 1994). As habilidades motoras fundamentais podem ser divididas em habilidades de locomoção, habilidades de estabilização e habilidades de manipulação, que juntas dão origem a movimentos complexos e indispensáveis para a realização de tarefas cotidianas (GALLAHUE; DONNELLY, 2003; GALLAHUE; OZMUN, 1994; RUDD; BARNETT; BUTSON; FARROW *et al.*, 2015).

O desenvolvimento das valências físicas é capaz de contribuir com diferentes aspectos da cognição, incluindo o aprendizado e desempenho acadêmico (COE; PIVARNIK; WOMACK; REEVES *et al.*, 2006; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016). Sendo assim, a prática regular de exercícios físicos pode apresentar-se não somente como um importante elemento para a conservação da saúde (JANSSEN; LEBLANC, 2010; STRONG; MALINA; BLIMKIE; DANIELS *et al.*, 2005), mas também para o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades cognitivas e motoras de crianças e adolescentes (DIAMOND, 2015).

Uma revisão sistemática incluiu 11 estudos transversais com amostras variando entre seis e 13 anos de idade, dos quais nove apresentaram suporte benéfico para a relação entre exercício físico, capacidades físicas, cognição e aprendizado (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016). Já foram identificadas relações moderadas entre estado cognitivo global e habilidades de

equilíbrio, força e coordenação motora em crianças (DAVIS; PITCHFORD; LIMBACK, 2011); assim como a relação da coordenação motora com subdomínios específicos das funções executivas, como o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (DAVIS; PITCHFORD; LIMBACK, 2011; RIGOLI; PIEK; KANE; OOSTERLAAN, 2012; ROEBERS; ROTH LISBERGER; NEUENSCHWANDER; CIMELI *et al.*, 2014).

É crescente o interesse em fatores capazes de garantir o sucesso acadêmico, motivando, portanto, a busca por indicadores confiáveis e apropriados do desempenho escolar de crianças (ROEBERS; ROTH LISBERGER; NEUENSCHWANDER; CIMELI *et al.*, 2014). Estudos encontraram que a coordenação motora fina – envolvendo, em especial, a destreza manual e a coordenação motora óculo-manual – atuam como preditores do desempenho acadêmico nos primeiros anos escolares (BART; HAJAMI; BAR-HAIM, 2007; FERNANDES; RIBEIRO; MELO; DE TARSO MACIEL-PINHEIRO *et al.*, 2016; GRISSMER; GRIMM; AIYER; MURRAH *et al.*, 2010; LUO; JOSE; HUNTSINGER; PIGOTT, 2007; PAGANI; FITZPATRICK; ARCHAMBAULT; JANOSZ, 2010).

1.2.2 Efeito agudo do exercício físico nas funções executivas

Uma única sessão de exercício físico parece contribuir para a melhora do desempenho das funções executivas, entretanto, fatores relacionados ao indivíduo, ao ambiente e à tarefa podem influenciar o resultado. Nesse sentido, a intensidade do exercício é um fator importante a ser considerado. Acredita-se que a relação entre o desempenho e a intensidade do esforço seja explicada por uma relação de “U invertido”, onde intensidades mais baixas e muito altas seriam menos benéficas que as intensidades moderadas, indicando um possível ponto ótimo de intensidade de esforço para o desempenho de tarefas que envolvam as funções executivas (KASHIHARA; MARUYAMA; MUROTA; NAKAHARA, 2009; MATTA MELLO PORTUGAL; CEVADA; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR; TEIXEIRA GUIMARAES *et al.*, 2013). É possível observar uma tendência de resultados da literatura quanto à duração e intensidade do exercício físico. A grande maioria dos estudos utiliza exercícios físicos de intensidade moderada a vigorosa e duração de 16 a 35 minutos

(PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). A metanálise de Chang *et al.*, publicada em 2012, indicou que apenas exercícios acima de 11 minutos geravam algum resultado positivo na cognição, porém não houve uma definição quanto à duração máxima (CHANG; LABBAN; GAPIN; ETNIER, 2012).

Em relação ao tipo de exercício físico praticado, um estudo de metanálise observou que a melhora no desempenho das funções executivas após a prática de ciclismo apresentava um tamanho de efeito maior quando comparado ao desempenho após atividades de corrida, concluindo que o efeito nas funções executivas depende do tipo de exercício físico que está sendo praticado (LAMBOURNE; TOMPOROWSKI, 2010). Apesar de a maioria das investigações terem sido realizadas com exercícios aeróbios (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019), especula-se que outros fatores sejam importantes, como o engajamento social e cognitivo envolvidos na atividade (BEST, 2010; PESCE; CROVA; CEREATTI; CASELLA *et al.*, 2009). Estudos mostram que as atividades realizadas com maior engajamento cognitivo poderiam apresentar melhores resultados no desempenho executivo quando comparadas às atividades aeróbicas cíclicas em habilidades fechadas (ou seja, AF com movimentos repetitivos, pouca imprevisibilidade do meio e com baixa demanda cognitiva) (BUDDE; VOELCKER-REHAGE; PIETRABYK-KENDZIORRA; RIBEIRO *et al.*, 2008; EGGER; CONZELMANN; SCHMIDT, 2018; SCHMIDT; JAGER; EGGER; ROEBERS *et al.*, 2015). O engajamento cognitivo pode ser conceituado como a necessidade de alocação de atenção e esforço cognitivo para execução de determinada atividade (SIMONS; BOOT; CHARNESS; GATHERCOLE *et al.*, 2016). Exercícios físicos com um grau de envolvimento cognitivo mais alto e maior imprevisibilidade do meio vêm sendo indicados para alcançar resultados ainda mais expressivos nas funções executivas, em comparação com atividades físicas com um envolvimento cognitivo relativamente baixo (SCHMIDT; JAGER; EGGER; ROEBERS *et al.*, 2015).

Embora estudos de metanálise geralmente apoiem a conclusão de que ocorre uma influência positiva após uma única sessão de exercício físico em todos os aspectos da cognição (CHANG; LABBAN; GAPIN; ETNIER, 2012; ETNIER; SALAZAR; LANDERS; PETRUZZELLO *et al.*, 1997; LAMBOURNE; TOMPOROWSKI, 2010; LUDYGA; GERBER; BRAND; HOLSBOER-TRACHSLER *et al.*, 2016), quase a metade dos estudos publicados até 2019 investigaram o efeito sobre o controle inibitório, tornando-o o domínio de funções executivas mais

pesquisado (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). Essa diferença no volume das investigações gera, portanto, uma incerteza sobre como o exercício físico agudo impacta outros aspectos da cognição (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

Em relação ao tempo de avaliação após a prática de exercício físico, apesar de duas metanálises indicarem que 15 minutos após a prática de exercício físico ocorrem os maiores ganhos cognitivos (CHANG; LABBAN; GAPIN; ETNIER, 2012; LAMBOURNE; TOMPOROWSKI, 2010), essa informação é confrontada pois a maioria dos estudos publicados avalia as funções executivas imediatamente após a prática de exercício, enquanto poucos estudos avaliam tempos de intervalo mais longos (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). Segundo os autores, isso inviabiliza uma avaliação exata da persistência do efeito do exercício físico nas funções executivas após o fim da atividade (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

A idade também é um fator que pode influenciar no resultado do aprimoramento das funções executivas após a prática aguda de exercício físico, mas mesmo depois de um estudo apontar que os melhores benefícios foram observados em adolescentes e adultos com mais de 50 anos de idade (LUDYGA; GERBER; BRAND; HOLSBOER-TRACHSLER *et al.*, 2016), o maior volume de estudos publicados foi realizado com a população de jovens adultos (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

Em resumo, existe uma tendência da literatura de avaliar o impacto de exercícios físicos aeróbicos com duração de 16 a 35 minutos e intensidade moderada a vigorosa no controle inibitório de jovens adultos entre 18 e 34 anos de idade, com avaliação cognitiva realizada imediatamente após o fim da atividade física (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). Sendo assim, ainda existe uma escassez de informações sobre o efeito do exercício em outros domínios das funções executivas e seu tempo de duração; diferentes intensidades e durações do exercício físico; e diferentes faixas etárias. Os autores apontam que para continuar o avanço das pesquisas nesta área é necessário deixar de focar apenas nos mesmos parâmetros para, então, favorecer o desenvolvimento teórico acerca deste assunto (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

1.2.3 Adaptações neurofisiológicas e neurobiológicas após uma sessão de exercício físico

Evidências sugerem que o exercício físico é capaz de fomentar modificações agudas no cérebro devido a mudanças metabólicas, e ao aumento da oxigenação e do fluxo sanguíneo cerebral (MATTA MELLO PORTUGAL; CEVADA; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR; TEIXEIRA GUIMARAES *et al.*, 2013). Revisões presentes na literatura auxiliam na compreensão dos fatores neurobiológicos e neurofisiológicos associados à prática de exercício através da análise de estudos em modelos humanos e animais (DESLANDES; MORAES; FERREIRA; VEIGA *et al.*, 2009; DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006).

Acredita-se que uma sessão única de exercício físico seja capaz de elevar, dependendo da intensidade na qual é praticado, o nível de excitação fisiológica do indivíduo através do aumento do fluxo sanguíneo cerebral (OGOH; AINSLIE, 2009; SMITH; PAULSON; COOK; VERBER *et al.*, 2010), o que, por sua vez, facilita o desempenho cognitivo por meio de uma maior excitação de regiões associadas às funções executivas (AUDIFFREN, 2009; TOMPOROWSKI, 2003). No estudo publicado por Smith *et al.* em 2010, foi constatado que imediatamente após uma sessão de atividade física (AF) moderada houve um aumento de cerca de 20% no fluxo sanguíneo cerebral dos indivíduos. Considerando que maior fluxo de sangue representa maior oferta de oxigênio e nutrientes e, conseqüentemente, maior aporte energético, assume-se que esse seja um dos prováveis mecanismos nos quais o exercício físico agudo beneficia as funções executivas (ANDO; KOKUBU; YAMADA; KIMURA, 2011; IDE; SECHER, 2000).

Diferentes mecanismos podem explicar os efeitos da AF nas funções cognitivas. A hipótese da hipofrontalidade de ativação reticular (AUDIFFREN, 2016) pondera que durante a prática de AF o cérebro busca desviar os recursos metabólicos de regiões específicas, como o CPF, para, em vez disso, favorecer estruturas que estão mais intimamente relacionadas à AF, como o córtex motor, por exemplo, promovendo uma espécie de redirecionamento de recursos. Esse processo tem capacidade de facilitar o desempenho de tarefas sensoriais e motoras, enquanto prejudica temporariamente a função executiva, apenas durante a prática da AF (AUDIFFREN, 2016; DIETRICH; AUDIFFREN, 2011). Estudos que

investigaram a atividade cortical através do encefalograma corroboram esse modelo, adicionando, ainda, que novas alterações ocorrem logo após a prática de AF, provocando um novo redirecionamento e uma maior alocação de recursos metabólicos para áreas cognitivas imediatamente após (HILLMAN; SNOOK; JEROME, 2003; O'LEARY; PONTIFEX; SCUDDER; BROWN *et al.*, 2011).

O efeito agudo do exercício físico também promove algumas mudanças na concentração de diversas substâncias no cérebro, que normalmente sofrem um aumento da síntese e liberação (MOREAU; CONWAY, 2013). Alguns exemplos dessas substâncias são as catecolaminas, o cortisol e a serotonina (MCMORRIS; TURNER; HALE; SPROULE, 2016). As catecolaminas influenciam a função cerebral de uma maneira complexa, e, apesar de normalmente o aumento da sua concentração facilitar a performance da maioria das tarefas cognitivas, incluindo melhoras no desempenho da memória e da aprendizagem (WINTER; BREITENSTEIN; MOOREN; VOELKER *et al.*, 2007), destaca-se que concentrações excessivas obtidas durante e imediatamente após exercícios físicos de intensidade muito alta ou de duração muito prolongada são capazes, inclusive, de agir no sentido contrário, causando um déficit temporário na cognição (MCMORRIS; TURNER; HALE; SPROULE, 2016). Apesar disso, a ação fisiológica que a AF aguda desencadeia, promovendo um aumento da concentração de neuroquímicos, tem um papel importante na melhora do desempenho de processos cognitivos na maioria dos casos (DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006; ROIG; NORDBRANDT; GEERTSEN; NIELSEN, 2013).

Outra importante adaptação que ocorre durante a prática de AF é a produção e liberação das chamadas miocinas, substâncias que são sintetizadas e liberadas na corrente sanguínea por estímulo da contração muscular (IIZUKA; MACHIDA; HIRAFUJI, 2014; PEDERSEN; FEBBRAIO, 2008). Sugere-se que as miocinas produzidas pelo músculo esquelético, como a irisina, por exemplo, podem ser capazes de promover benefícios para a saúde do cérebro em geral, provocando, inclusive, melhores desempenhos cognitivos (DELEZIE; HANDSCHIN, 2018; LAURENS; BERGOUIGNAN; MORO, 2020).

Como efeito agudo do exercício físico, a concentração de neurotransmissores, como a serotonina, dopamina, anandamida, acetilcolina e noradrenalina, também sofre um aumento (MATTA MELLO PORTUGAL; CEVADA; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR; TEIXEIRA GUIMARAES *et al.*, 2013; MCMORRIS;

TURNER; HALE; SPROULE, 2016). Sendo essas substâncias químicas associadas à regulação da cognição, memória, sono e humor, acredita-se que uma sessão única de exercício físico possa promover melhores desempenhos das funções executivas devido ao aumento da secreção desses neurotransmissores, já que essas funções estão inter-relacionadas (DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006; ROIG; NORDBRANDT; GEERTSEN; NIELSEN, 2013).

Um estudo realizado com jovens adultos encontrou que o exercício aeróbico de intensidade moderada, praticado por aproximadamente 50 minutos, ativou o sistema endocanabinoide, sugerindo um novo mecanismo capaz de explicar os efeitos analgésicos e sedativos induzidos pelo exercício (SPARLING; GIUFFRIDA; PIOMELLI; ROSSKOPF *et al.*, 2003). Os opióides e endocanabinóides são importantes aliados dos processos fisiológicos e metabólicos humanos, apresentando um papel homeostático responsável pela promoção da sensação de analgesia, bem-estar, e efeitos ansiolíticos (DIETRICH; MCDANIEL, 2004).

O aumento da síntese e liberação de fatores tróficos, como *brain derived neurotrophic factor* (BDNF), *insulin-like growth factor-1* (IGF1), *vascular endothelial growth factor* (VEGF) e *glial cell line-derived neurotrophic factor* (GDNF), também é uma adaptação aguda provocada pelo exercício físico (DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006; PHILLIPS; BAKTIR; SRIVATSAN; SALEHI, 2014). Os fatores tróficos são uma família de biomoléculas que atuam no potencial de sobrevivência, manutenção e desenvolvimento de células do sistema nervoso (MALENKA; NESTLER; HYMAN, 2009); e são responsáveis por modular diversas adaptações agudas e crônicas no cérebro que contribuem para a melhora do metabolismo, além de se relacionarem ao melhor funcionamento cognitivo (DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006). Nesse sentido, adaptações neurobiológicas agudas e crônicas podem contribuir para explicar os efeitos benéficos do exercício físico na cognição e desempenho escolar de crianças e adolescentes.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-BUENO, C.; PESCE, C.; CAVERO-REDONDO, I.; SANCHEZ-LOPEZ, M. *et al.* The Effect of Physical Activity Interventions on Children's Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis. **J Am Acad Child Adolesc Psychiatry**, 56, n. 9, p. 729-738, Sep 2017.

ANDERSON, P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. **Child Neuropsychol**, 8, n. 2, p. 71-82, Jun 2002.

ANDERSON, V. Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. **Pediatr Rehabil**, 4, n. 3, p. 119-136, Jul-Sep 2001.

ANDERSON, V. A.; ANDERSON, P.; NORTHAM, E.; JACOBS, R. *et al.* Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. **Dev Neuropsychol**, 20, n. 1, p. 385-406, 2001.

ANDO, S.; KOKUBU, M.; YAMADA, Y.; KIMURA, M. Does cerebral oxygenation affect cognitive function during exercise? **Eur J Appl Physiol**, 111, n. 9, p. 1973-1982, Sep 2011.

ARDOY, D. N.; FERNANDEZ-RODRIGUEZ, J. M.; JIMENEZ-PAVON, D.; CASTILLO, R. *et al.* A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 1, p. e52-61, Feb 2014.

AUDIFFREN, M. Acute exercise and psychological functions: A cognitive-energetic approach. *In: Exercise and cognitive function.*: Wiley-Blackwell, 2009. p. 3-39.

AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise: Current data and future perspectives. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives.* San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 147-166.

BADDELEY, A. Working memory: theories, models, and controversies. **Annu Rev Psychol**, 63, p. 1-29, 2012.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Developments in the concept of working memory. **Neuropsychology**, 8, n. 4, p. 485-493, 1994.

BAGGETTA, P.; ALEXANDER, P. Conceptualization and Operationalization of Executive Function. **Mind, Brain, and Education**, 10, p. 10-33, 03/01 2016.

BAILEY, R.; HILLMAN, C.; ARENT, S.; PETITPAS, A. Physical activity: an underestimated investment in human capital? **J Phys Act Health**, 10, n. 3, p. 289-308, Mar 2013.

BART, O.; HAJAMI, D.; BAR-HAIM, Y. Predicting school adjustment from motor abilities in kindergarten. **Infant and Child Development**, 16, n. 6, p. 597-615, 2007.

BASSETT, D. R.; FITZHUGH, E. C.; HEATH, G. W.; ERWIN, P. C. *et al.* Estimated energy expenditures for school-based policies and active living. **Am J Prev Med**, 44, n. 2, p. 108-113, Feb 2013.

BEST, J. R. Effects of Physical Activity on Children's Executive Function: Contributions of Experimental Research on Aerobic Exercise. **Dev Rev**, 30, n. 4, p. 331-551, Dec 2010.

BEST, J. R.; MILLER, P. H. A developmental perspective on executive function. **Child Dev**, 81, n. 6, p. 1641-1660, Nov-Dec 2010.

BIDDLE, S. J.; ASARE, M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. **Br J Sports Med**, 45, n. 11, p. 886-895, Sep 2011.

BIDDLE, S. J.; GORELY, T.; STENSEL, D. J. Health-enhancing physical activity and sedentary behaviour in children and adolescents. **J Sports Sci**, 22, n. 8, p. 679-701, Aug 2004.

BUCK, S. M.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M. The relation of aerobic fitness to strop task performance in preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 40, n. 1, p. 166-172, Jan 2008.

BUDDE, H.; VOELCKER-REHAGE, C.; PIETRABYK-KENDZIORRA, S.; RIBEIRO, P. *et al.* Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. **Neurosci Lett**, 441, n. 2, p. 219-223, Aug 22 2008.

BULL, F.; AL-ANSARI, S.; BIDDLE, S.; BORODULIN, K. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, 54, p. 1451-1462, 12/01 2020.

BURNS, R. D.; BRUSSEAU, T. A.; FANG, Y.; MYRER, R. S. *et al.* Predictors and grade level trends of school day physical activity achievement in low-income children from the U.S. **Prev Med Rep**, 2, p. 868-873, 2015.

CARSON, R. L.; CASTELLI, D. M.; BEIGHLE, A.; ERWIN, H. School-based physical activity promotion: a conceptual framework for research and practice. **Child Obes**, 10, n. 2, p. 100-106, Apr 2014.

CHADDOCK, L.; ERICKSON, K. I.; PRAKASH, R. S.; VANPATTER, M. *et al.* Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. **Dev Neurosci**, 32, n. 3, p. 249-256, Aug 2010.

CHADDOCK, L.; ERICKSON, K. I.; VOSS, M. W.; KNECHT, A. M. *et al.* The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. **Front Hum Neurosci**, 7, p. 72, 2013.

CHAN, R. C.; SHUM, D.; TOULOPOULOU, T.; CHEN, E. Y. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. **Arch Clin Neuropsychol**, 23, n. 2, p. 201-216, Mar 2008.

CHANG, Y. K.; LABBAN, J. D.; GAPIN, J. I.; ETNIER, J. L. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. **Brain Res**, 1453, p. 87-101, May 9 2012.

CHEN, A.-G.; YAN, J.; YIN, H.-C.; PAN, C.-Y. *et al.* Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. **Psychology of Sport and Exercise**, 15, n. 6, p. 627-636, 2014.

CHEN, S. R.; TSENG, C. L.; KUO, S. Y.; CHANG, Y. K. Effects of a physical activity intervention on autonomic and executive functions in obese young adolescents: A randomized controlled trial. **Health Psychol**, 35, n. 10, p. 1120-1125, Oct 2016.

CLARK, C. A. C.; PRITCHARD, V. E.; WOODWARD, L. J. Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. **Dev Psychol**, 46, n. 5, p. 1176-1191, Sep 2010.

COE, D. P.; PIVARNIK, J. M.; WOMACK, C. J.; REEVES, M. J. *et al.* Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. **Med Sci Sports Exerc**, 38, n. 8, p. 1515-1519, Aug 2006.

COLLINS, A.; KOECHLIN, E. Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. **PLoS Biol**, 10, n. 3, p. e1001293, 2012.

COLLINS, H.; BOOTH, J. N.; DUNCAN, A.; FAWKNER, S. *et al.* The Effect of Resistance Training Interventions on 'The Self' in Youth: a Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med Open**, 5, n. 1, p. 29, Jul 3 2019.

COMITÊ CIENTÍFICO DO NÚCLEO CIÊNCIA PELA INFÂNCIA, O. **Funções executivas e desenvolvimento infantil: habilidades necessárias para a autonomia**. São Paulo: Fundação Maria Cecília Souto Vidigal, 2016.

DALY-SMITH, A. J.; ZWOLINSKY, S.; MCKENNA, J.; TOMPOROWSKI, P. D. *et al.* Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. **BMJ Open Sport Exerc Med**, 4, n. 1, p. e000341, 2018.

DAVIS, E. E.; PITCHFORD, N. J.; LIMBACK, E. The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4-11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. **Br J Psychol**, 102, n. 3, p. 569-584, Aug 2011.

DE GREEFF, J. W.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C. *et al.* Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **J Sci Med Sport**, 21, n. 5, p. 501-507, May 2018.

DELEZIE, J.; HANDSCHIN, C. Endocrine Crosstalk Between Skeletal Muscle and the Brain. **Frontiers in neurology**, 9, p. 698-698, 2018.

DESLANDES, A.; MORAES, H.; FERREIRA, C.; VEIGA, H. *et al.* Exercise and mental health: many reasons to move. **Neuropsychobiology**, 59, n. 4, p. 191-198, 2009.

DESMOND, J. E.; GABRIELI, J. D.; WAGNER, A. D.; GINIÉR, B. L. *et al.* Lobular patterns of cerebellar activation in verbal working-memory and finger-tapping tasks as revealed by functional MRI. **J Neurosci**, 17, n. 24, p. 9675-9685, Dec 15 1997.

DIAMOND, A. Developmental time course in human infants and infant monkeys, and the neural bases of, inhibitory control in reaching. **Ann N Y Acad Sci**, 608, p. 637-669; discussion 669-676, 1990.

DIAMOND, A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. **Child Dev**, 71, n. 1, p. 44-56, Jan-Feb 2000.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**, 64, p. 135-168, 2013.

DIAMOND, A. Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. **Ann Sports Med Res**, 2, n. 1, p. 1011, Jan 19 2015.

DIAMOND, A.; BRIAND, L.; FOSSELLA, J.; GEHLBACH, L. Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. **Am J Psychiatry**, 161, n. 1, p. 125-132, Jan 2004.

DIAMOND, A.; LEE, K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. **Science**, 333, n. 6045, p. 959-964, Aug 19 2011.

DIAMOND, A.; LING, D. S. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. **Dev Cogn Neurosci**, 18, p. 34-48, Apr 2016.

DIETRICH, A.; AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. **Neurosci Biobehav Rev**, 35, n. 6, p. 1305-1325, May 2011.

DIETRICH, A.; MCDANIEL, W. F. Endocannabinoids and exercise. **Br J Sports Med**, 38, n. 5, p. 536-541, Oct 2004.

DING, D.; LAWSON, K. D.; KOLBE-ALEXANDER, T. L.; FINKELSTEIN, E. A. *et al.* The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. **The Lancet**, 388, n. 10051, p. 1311-1324, 2016.

DING, D.; LAWSON, K. D.; KOLBE-ALEXANDER, T. L.; FINKELSTEIN, E. A. *et al.* The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. **Lancet**, 388, n. 10051, p. 1311-1324, Sep 24 2016.

DISHMAN, R. K.; BERTHOUD, H. R.; BOOTH, F. W.; COTMAN, C. W. *et al.* Neurobiology of exercise. **Obesity (Silver Spring)**, 14, n. 3, p. 345-356, Mar 2006.

DONNELLY, J. E.; GREENE, J. L.; GIBSON, C. A.; SMITH, B. K. *et al.* Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): a randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. **Prev Med**, 49, n. 4, p. 336-341, Oct 2009.

DONNELLY, J. E.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D.; ETNIER, J. L. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, 48, n. 6, p. 1197-1222, Jun 2016.

EGGER, F.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. The effect of acute cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions: Too much of a good thing? **Psychology of Sport and Exercise**, 36, p. 178-186, 2018.

ERICSSON, I.; KARLSSON, M. K. Motor skills and school performance in children with daily physical education in school--a 9-year intervention study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 2, p. 273-278, Apr 2014.

ESPY, K. A.; SHEFFIELD, T. D.; WIEBE, S. A.; CLARK, C. A. *et al.* Executive control and dimensions of problem behaviors in preschool children. **J Child Psychol Psychiatry**, 52, n. 1, p. 33-46, Jan 2011.

ETNIER, J.; SALAZAR, W.; LANDERS, D.; PETRUZZELLO, S. *et al.* The Influence of Physical Fitness and Exercise upon Cognitive Functioning: A Meta-Analysis. 19, n. 3, p. 249, 1997.

ETNIER, J. L.; CHANG, Y. K. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. **J Sport Exerc Psychol**, 31, n. 4, p. 469-483, Aug 2009.

FAW, B. Pre-frontal executive committee for perception, working memory, attention, long-term memory, motor control, and thinking: a tutorial review. **Conscious Cogn**, 12, n. 1, p. 83-139, Mar 2003.

FERGUSON, D. M.; BODEN, J. M.; HORWOOD, L. J. Childhood self-control and adult outcomes: results from a 30-year longitudinal study. **J Am Acad Child Adolesc Psychiatry**, 52, n. 7, p. 709-717 e701, Jul 2013.

FERNANDES, V. R.; RIBEIRO, M. L.; MELO, T.; DE TARSO MACIEL-PINHEIRO, P. *et al.* Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. **Front Psychol**, 7, p. 318, 2016.

FERRAZ, O. L. Educação física escolar: conhecimento e especificidade a questão da pré-escola. **Revista Paulista de Educação Física**, 0, n. supl.2, p. 16-22, 12/20 1996.

FREIRE, J. **Educação de corpo inteiro: teoria e prática da Educação Física**. São Paulo: Scipione, 1999.

FRUCHTMAN-STEINBOK, T.; SALZER, Y.; HENIK, A.; COHEN, N. The interaction between emotion and executive control: Comparison between visual, auditory, and tactile modalities. **Q J Exp Psychol (Hove)**, 70, n. 8, p. 1661-1674, Aug 2017.

FUSTER, J. M. Frontal lobe and cognitive development. **J Neurocytol**, 31, n. 3-5, p. 373-385, Mar-Jun 2002.

GALLAHUE, D. L.; DONNELLY, F. C. **Developmental Physical Education for all Children**. 4 ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J., 1994, **Understanding Motor Development : Infants, Children, Adolescents, Adults.**

GALLOTTA, M. C.; GUIDETTI, L.; FRANCIOSI, E.; EMERENZIANI, G. P. *et al.* Effects of varying type of exertion on children's attention capacity. **Med Sci Sports Exerc**, 44, n. 3, p. 550-555, Mar 2012.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 43, n. 7, p. 1334-1359, Jul 2011.

GRIECO, L. A.; JOWERS, E. M.; ERRISURIZ, V. L.; BARTHOLOMEW, J. B. Physically active vs. sedentary academic lessons: A dose response study for elementary student time on task. **Prev Med**, 89, p. 98-103, Aug 2016.

GRISSMER, D.; GRIMM, K. J.; AIYER, S. M.; MURRAH, W. M. *et al.* Fine motor skills and early comprehension of the world: two new school readiness indicators. **Dev Psychol**, 46, n. 5, p. 1008-1017, Sep 2010.

GUNNELL, K. E.; POITRAS, V. J.; LEBLANC, A.; SCHIBLI, K. *et al.* Physical activity and brain structure, brain function, and cognition in children and youth: A systematic review of randomized controlled trials. **Mental Health and Physical Activity**, 16, p. 105-127, 2019/03/01/ 2018.

HALLAL, P. C.; ANDERSEN, L. B.; BULL, F. C.; GUTHOLD, R. *et al.* Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. **The Lancet**, 380, n. 9838, p. 247-257, 2012.

HAYES, G.; DOWD, K. P.; MACDONNCHA, C.; DONNELLY, A. E. Tracking of Physical Activity and Sedentary Behavior From Adolescence to Young Adulthood: A Systematic Literature Review. **J Adolesc Health**, 65, n. 4, p. 446-454, Oct 2019.

HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M.; BUCK, S. M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 37, n. 11, p. 1967-1974, Nov 2005.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nat Rev Neurosci**, 9, n. 1, p. 58-65, Jan 2008.

HILLMAN, C. H.; PONTIFEX, M. B.; RAINE, L. B.; CASTELLI, D. M. *et al.* The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. **Neuroscience**, 159, n. 3, p. 1044-1054, Mar 31 2009.

HILLMAN, C. H.; SNOOK, E. M.; JEROME, G. J. Acute cardiovascular exercise and executive control function. **Int J Psychophysiol**, 48, n. 3, p. 307-314, Jun 2003.

HOFMANN, W.; FRIESE, M.; STRACK, F. Impulse and Self-Control From a Dual-Systems Perspective. **Perspect Psychol Sci**, 4, n. 2, p. 162-176, Mar 2009.

HUIZINGA, M.; DOLAN, C. V.; VAN DER MOLEN, M. W. Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. **Neuropsychologia**, 44, n. 11, p. 2017-2036, 2006.

HYNYNEN, S. T.; VAN STRALEN, M. M.; SNIEHOTTA, F. F.; ARAÚJO-SOARES, V. *et al.* A systematic review of school-based interventions targeting physical activity and sedentary behaviour among older adolescents. **International review of sport and exercise psychology**, 9, n. 1, p. 22-44, 2016.

IDE, K.; SECHER, N. H. Cerebral blood flow and metabolism during exercise. **Prog Neurobiol**, 61, n. 4, p. 397-414, Jul 2000.

IIZUKA, K.; MACHIDA, T.; HIRAFUJI, M. Skeletal muscle is an endocrine organ. **J Pharmacol Sci**, 125, n. 2, p. 125-131, 2014.

JANSSEN, I.; LEBLANC, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. **Int J Behav Nutr Phys Act**, 7, p. 40, May 11 2010.

KANE, M. J.; CONWAY, A. R. A.; HAMBRICK, D. Z.; ENGLE, R. W. Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. *In: Variation in working memory*. New York, NY, US: Oxford University Press, 2007. p. 21-46.

KASHIHARA, K.; MARUYAMA, T.; MUROTA, M.; NAKAHARA, Y. Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. **J Physiol Anthropol**, 28, n. 4, p. 155-164, Jun 2009.

KENNEY, W. L.; WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of Sport and Exercise**. 7 ed. Human Kinetics, 2019.

KIESEL, A.; STEINHAUSER, M.; WENDT, M.; FALKENSTEIN, M. *et al.* Control and interference in task switching--a review. **Psychol Bull**, 136, n. 5, p. 849-874, Sep 2010.

KOLB, B.; WHISHAW, I. **Fundamentals of Human Neuropsychology**. New York: Worth Publishers, 2003.

KULINNA, P. H.; STYLIANOU, M.; DYSON, B.; BANVILLE, D. *et al.* The Effect of an Authentic Acute Physical Education Session of Dance on Elementary Students' Selective Attention. **Biomed Res Int**, 2018, p. 8790283, 2018.

LAMBOURNE, K.; TOMPOROWSKI, P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. **Brain Res**, 1341, p. 12-24, Jun 23 2010.

LAURENS, C.; BERGOUIGNAN, A.; MORO, C. Exercise-Released Myokines in the Control of Energy Metabolism. **Frontiers in Physiology**, 11, n. 91, 2020-February-13 2020. Mini Review.

LEE, I. M.; SHIROMA, E. J.; LOBELO, F.; PUSKA, P. *et al.* Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. **The Lancet**, 380, n. 9838, p. 219-229, 2012.

LEISMAN, G.; BRAUN-BENJAMIN, O.; MELILLO, R. Cognitive-motor interactions of the basal ganglia in development. **Frontiers in systems neuroscience**, 8, p. 16-16, 2014.

LEÓN, C. B. R.; RODRIGUES, C. C.; SEABRA, A. G.; DIAS, N. M. Funções executivas e desempenho escolar em crianças de 6 a 9 anos de idade. **Revista Psicopedagogia**, 30, p. 113-120, 2013.

LI, J. W.; O'CONNOR, H.; O'DWYER, N.; ORR, R. The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 20, n. 9, p. 841-848, Sep 2017.

LUBANS, D.; RICHARDS, J.; HILLMAN, C.; FAULKNER, G. *et al.* Physical Activity for Cognitive and Mental Health in Youth: A Systematic Review of Mechanisms. **Pediatrics**, 138, n. 3, p. e20161642, 2016.

LUDYGA, S.; GERBER, M.; BRAND, S.; HOLSBOER-TRACHSLER, E. *et al.* Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. **Psychophysiology**, 53, n. 11, p. 1611-1626, Nov 2016.

LUDYGA, S.; GERBER, M.; HERRMANN, C.; BRAND, S. *et al.* Chronic effects of exercise implemented during school-break time on neurophysiological indices of

inhibitory control in adolescents. **Trends in Neuroscience and Education**, 10, p. 1-7, 2018.

LUO, Z.; JOSE, P. E.; HUNTSINGER, C. S.; PIGOTT, T. D. Fine motor skills and mathematics achievement in East Asian American and European American kindergartners and first graders. **British Journal of Developmental Psychology**, 25, n. 4, p. 595-614, 2007.

MA, J. K.; LE MARE, L.; GURD, B. J. Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9- to 11-year olds. **Appl Physiol Nutr Metab**, 40, n. 3, p. 238-244, Mar 2015.

MALENKA, R.; NESTLER, E.; HYMAN, S. **Molecular Neuropharmacology: A Foundation for Clinical Neuroscience**. 2 ed. New York: McGraw-Hill Medical, 2009.

MASLEY, S.; ROETZHEIM, R.; GUALTIERI, T. Aerobic exercise enhances cognitive flexibility. **J Clin Psychol Med Settings**, 16, n. 2, p. 186-193, Jun 2009.

MATTA MELLO PORTUGAL, E.; CEVADA, T.; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR, R.; TEIXEIRA GUIMARAES, T. *et al.* Neuroscience of exercise: from neurobiology mechanisms to mental health. **Neuropsychobiology**, 68, n. 1, p. 1-14, 2013.

MCMORRIS, T.; SPROULE, J.; TURNER, A.; HALE, B. J. Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. **Physiol Behav**, 102, n. 3-4, p. 421-428, Mar 1 2011.

MCMORRIS, T.; TURNER, A.; HALE, B. J.; SPROULE, J. Beyond the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction: A neurochemical perspective. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives*. San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 65-103.

MILLER, E. K.; COHEN, J. D. An integrative theory of prefrontal cortex function. **Annu Rev Neurosci**, 24, p. 167-202, 2001.

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P.; EMERSON, M. J.; WITZKI, A. H. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cogn Psychol**, 41, n. 1, p. 49-100, Aug 2000.

MOFFITT, T. E.; ARSENEAULT, L.; BELSKY, D.; DICKSON, N. *et al.* A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 108, n. 7, p. 2693-2698, Feb 15 2011.

MONSELL, S. Task switching. **Trends Cogn Sci**, 7, n. 3, p. 134-140, Mar 2003.

MOREAU, D.; CONWAY, A. R. A. Cognitive enhancement: a comparative review of computerized and athletic training programs. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, 6, n. 1, p. 155-183, 2013/09/01 2013.

NG, S. W.; POPKIN, B. M. Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. **Obes Rev**, 13, n. 8, p. 659-680, Aug 2012.

NIEMANN, C.; WEGNER, M.; VOELCKER-REHAGE, C.; HOLZWEG, M. *et al.* Influence of acute and chronic physical activity on cognitive performance and saliva testosterone in preadolescent school children. **Mental Health and Physical Activity**, 6, n. 3, p. 197-204, 2013.

O'LEARY, K. C.; PONTIFEX, M. B.; SCUDDER, M. R.; BROWN, M. L. *et al.* The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control. **Clin Neurophysiol**, 122, n. 8, p. 1518-1525, Aug 2011.

OGOHO, S.; AINSLIE, P. N. Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation. **J Appl Physiol (1985)**, 107, n. 5, p. 1370-1380, Nov 2009.

PAGANI, L. S.; FITZPATRICK, C.; ARCHAMBAULT, I.; JANOSZ, M. School readiness and later achievement: a French Canadian replication and extension. **Dev Psychol**, 46, n. 5, p. 984-994, Sep 2010.

PALMER, K. K.; MILLER, M. W.; ROBINSON, L. E. Acute exercise enhances preschoolers' ability to sustain attention. **J Sport Exerc Psychol**, 35, n. 4, p. 433-437, Aug 2013.

PEDERSEN, B. K.; FEBBRAIO, M. A. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. **Physiol Rev**, 88, n. 4, p. 1379-1406, Oct 2008.

PERLMAN, S. B.; HEIN, T. C.; STEPP, S. D.; CONSORTIUM, L. Emotional reactivity and its impact on neural circuitry for attention-emotion interaction in childhood and adolescence. **Dev Cogn Neurosci**, 8, p. 100-109, Apr 2014.

PESCE, C.; CROVA, C.; CEREATTI, L.; CASELLA, R. *et al.* Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. **Mental Health and Physical Activity**, 2, p. 16-22, 06/01 2009.

PESCE, C.; VAZOU, S.; BENZING, V.; ALVAREZ-BUENO, C. *et al.* Effects of chronic physical activity on cognition across the lifespan: a systematic meta-review of randomized controlled trials and realist synthesis of contextualized mechanisms. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, p. 1-39, 06/08 2021.

PHILLIPS, C.; BAKTIR, M. A.; SRIVATSAN, M.; SALEHI, A. Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. **Frontiers in cellular neuroscience**, 8, p. 170-170, 2014.

PHILLIPS, D. S.; HANNON, J. C.; GREGORY, B. B.; BURNS, R. D. Effect of Vigorous Physical Activity on Executive Control in Middle-School Students. **Int J Environ Res Public Health**, 16, n. 20, Oct 17 2019.

PIAGET, J. **The origins of intelligence in children**. New York, NY: Norton & Company, 1952.

PIRRIE, A. M.; LODEWYK, K. R. Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. **Mental Health and Physical Activity**, 5, n. 1, p. 93-98, 2012.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALA, K. L. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, 40, p. 1-22, 2019.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, F.; KATZ, L. C. *et al.* **Neuroscience**. 2 ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2001.

RABINER, D. L.; GODWIN, J.; DODGE, K. A. Predicting Academic Achievement and Attainment: The Contribution of Early Academic Skills, Attention Difficulties, and Social Competence. **School Psychology Review**, 45, n. 2, p. 250-267, 2016/06/01 2016.

REDILA, V. A.; CHRISTIE, B. R. Exercise-induced changes in dendritic structure and complexity in the adult hippocampal dentate gyrus. **Neuroscience**, 137, n. 4, p. 1299-1307, 2006.

RIGOLI, D.; PIEK, J. P.; KANE, R.; OOSTERLAAN, J. An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. **Dev Med Child Neurol**, 54, n. 11, p. 1025-1031, Nov 2012.

ROEBERS, C. M.; ROTH LISBERGER, M.; NEUENSCHWANDER, R.; CIMELI, P. *et al.* The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: a latent variable approach. **Hum Mov Sci**, 33, p. 284-297, Feb 2014.

ROIG, M.; NORDBRANDT, S.; GEERTSEN, S. S.; NIELSEN, J. B. The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with meta-analysis. **Neurosci Biobehav Rev**, 37, n. 8, p. 1645-1666, Sep 2013.

ROYALL, D. R.; LAUTERBACH, E. C.; CUMMINGS, J. L.; REEVE, A. *et al.* Executive control function: a review of its promise and challenges for clinical research. A report from the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**, 14, n. 4, p. 377-405, Fall 2002.

RUDD, J. R.; BARNETT, L. M.; BUTSON, M. L.; FARROW, D. *et al.* Fundamental Movement Skills Are More than Run, Throw and Catch: The Role of Stability Skills. **PLoS One**, 10, n. 10, p. e0140224, 2015.

SAHOO, K.; SAHOO, B.; CHOUDHURY, A. K.; SOFI, N. Y. *et al.* Childhood obesity: causes and consequences. **Journal of family medicine and primary care**, 4, n. 2, p. 187-192, Apr-Jun 2015.

SCHMIDT, M.; JAGER, K.; EGGER, F.; ROEBERS, C. M. *et al.* Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. **J Sport Exerc Psychol**, 37, n. 6, p. 575-591, Dec 2015.

SCUDDER, M. R.; DROLLETTE, E. S.; SZABO-REED, A. N.; LAMBOURNE, K. *et al.* Tracking the relationship between children's aerobic fitness and cognitive control. **Health Psychol**, 35, n. 9, p. 967-978, Sep 2016.

SIMONS, D. J.; BOOT, W. R.; CHARNESS, N.; GATHERCOLE, S. E. *et al.* Do "Brain-Training" Programs Work? **Psychol Sci Public Interest**, 17, n. 3, p. 103-186, Oct 2016.

SMITH, J. C.; PAULSON, E. S.; COOK, D. B.; VERBER, M. D. *et al.* Detecting changes in human cerebral blood flow after acute exercise using arterial spin labeling: implications for fMRI. **J Neurosci Methods**, 191, n. 2, p. 258-262, Aug 30 2010.

SPARLING, P. B.; GIUFFRIDA, A.; PIOMELLI, D.; ROSSKOPF, L. *et al.* Exercise activates the endocannabinoid system. **Neuroreport**, 14, n. 17, p. 2209-2211, Dec 2 2003.

STEWART, J. A.; DENNISON, D. A.; KOHL, H. W.; DOYLE, J. A. Exercise level and energy expenditure in the TAKE 10! in-class physical activity program. **J Sch Health**, 74, n. 10, p. 397-400, Dec 2004.

STRONG, W. B.; MALINA, R. M.; BLIMKIE, C. J.; DANIELS, S. R. *et al.* Evidence based physical activity for school-age youth. **J Pediatr**, 146, n. 6, p. 732-737, Jun 2005.

SWAIN, R. A.; HARRIS, A. B.; WIENER, E. C.; DUTKA, M. V. *et al.* Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. **Neuroscience**, 117, n. 4, p. 1037-1046, 2003.

THORELL, L. B.; LINDQVIST, S.; BERGMAN NUTLEY, S.; BOHLIN, G. *et al.* Training and transfer effects of executive functions in preschool children. **Dev Sci**, 12, n. 1, p. 106-113, Jan 2009.

TOMPOROWSKI, P. D. Effects of acute bouts of exercise on cognition. **Acta Psychol (Amst)**, 112, n. 3, p. 297-324, Mar 2003.

VAN DEN BERG, V.; SALIASI, E.; DE GROOT, R. H.; JOLLES, J. *et al.* Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. **Front Psychol**, 7, p. 723, 2016.

VAN DEN BERG, V.; SALIASI, E.; JOLLES, J.; DE GROOT, R. H. M. *et al.* Exercise of Varying Durations: No Acute Effects on Cognitive Performance in Adolescents. **Front Neurosci**, 12, p. 672, 2018.

VAN DER FELLS, I. M.; TE WIERIKE, S. C.; HARTMAN, E.; ELFERINK-GEMSER, M. T. *et al.* The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 18, n. 6, p. 697-703, Nov 2015.

VAZOU, S.; PESCE, C.; LAKES, K.; SMILEY-OYEN, A. More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. **Int J Sport Exerc Psychol**, 17, n. 2, p. 153-178, 2016.

VERBURGH, L.; KONIGS, M.; SCHERDER, E. J.; OOSTERLAAN, J. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. **Br J Sports Med**, 48, n. 12, p. 973-979, Jun 2014.

VESTBERG, T.; GUSTAFSON, R.; MAUREX, L.; INGVAR, M. *et al.* Executive functions predict the success of top-soccer players. **PLoS One**, 7, n. 4, p. e34731, 2012.

VESTBERG, T.; REINEBO, G.; MAUREX, L.; INGVAR, M. *et al.* Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. **PLoS One**, 12, n. 2, p. e0170845, 2017.

WILDER, R. P.; GREENE, J. A.; WINTERS, K. L.; LONG, W. B., 3rd *et al.* Physical fitness assessment: an update. **J Long Term Eff Med Implants**, 16, n. 2, p. 193-204, 2006.

WINTER, B.; BREITENSTEIN, C.; MOOREN, F. C.; VOELKER, K. *et al.* High impact running improves learning. **Neurobiol Learn Mem**, 87, n. 4, p. 597-609, May 2007.

XUE, Y.; YANG, Y.; HUANG, T. Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, 53, n. 22, p. 1397, 2019.

ZELAZO, P. D.; CRAIK, F. I.; BOOTH, L. Executive function across the life span. **Acta Psychol (Amst)**, 115, n. 2-3, p. 167-183, Feb-Mar 2004.

ZMYJ, N.; WITT, S.; WEITKAMPER, A.; NEUMANN, H. *et al.* Social Cognition in Children Born Preterm: A Perspective on Future Research Directions. **Front Psychol**, 8, p. 455, 2017.

2 ESTUDO 1 – O EFEITO AGUDO DE UMA SESSÃO ÚNICA DE EXERCÍCIO FÍSICO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS DE CRIANÇAS EM IDADE ESCOLAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE.

RESUMO

O estilo de vida ativo tem sido apontado como uma alternativa viável capaz de beneficiar a saúde mental e o funcionamento executivo. Mesmo sessões únicas de exercícios físicos têm sido propostas como meios pouco invasivos de melhorar temporariamente a cognição de crianças e adolescentes, entretanto os resultados são divergentes. O objetivo principal desta revisão sistemática e metanálise foi analisar os estudos presentes na literatura que avaliaram o efeito agudo do exercício físico no desempenho das funções executivas de crianças e adolescentes, além de apontar as características principais das intervenções utilizadas. Foi realizada uma pesquisa em 7 diferentes bases de dados que resultou em um total de 5.991 artigos. Ao final das etapas de seleção, 25 estudos foram submetidos ao processo de metanálise, totalizando uma amostra de 7762 crianças variando a média de idade de 5,8 a 16,49 anos. Foram realizadas análises incluindo todos os estudos e subanálises para a investigação dos três principais subdomínios de funções executivas, sendo eles o controle inibitório, a memória de trabalho, e a flexibilidade cognitiva. Também foram consideradas as diferenças entre tipo, intensidade e duração dos exercícios físicos realizados, assim como as diferenças protocolares das intervenções. O efeito agudo do exercício físico impactou positivamente o desempenho do controle inibitório (SMD = 0,11; CI95% = 0,03 – 0,20; p = 0,006), apesar de não ter apresentado diferenças significativas para funções executivas como um todo e nem para os outros dois subdomínios. Quanto às características dos exercícios capazes de melhor beneficiar as funções executivas, as análises estatísticas apontaram para exercícios aeróbios (SMD = 0,08; CI95% = 0,01 – 0,14; p = 0,015); exercícios com duração entre 16 e 30 minutos (SMD = 0,19; CI95% = 0,06 – 0,31; p = 0,004); e exercícios físicos de intensidade moderada (SMD = 0,14; CI95% = 0,01 – 0,27; p = 0,038). Em relação ao tempo de avaliação, os resultados da metanálise mostraram um melhor desempenho nas funções executivas entre 11

e 30 minutos após o término do exercício físico (SMD = 0,52; CI95% = 0,20 – 0,83; p = 0,001. Sendo assim, os resultados do nosso estudo sugerem que o exercício físico pode beneficiar agudamente o desempenho das funções executivas de crianças e adolescentes sob condições específicas.

Palavras-chave: Controle executivo. Adolescentes. Escolares. Cognição. Atividade física. Demanda cognitiva.

INTRODUÇÃO

A prevalência de sobrepeso e obesidade na infância e adolescência aumentou significativamente nas últimas décadas, tornando-se a principal doença pediátrica a nível global (ALWAN; MACLEAN; RILEY; D'ESPAIGNET *et al.*, 2010; COLLABORATION, 2017). Em 2016 a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou a obesidade infantil como a epidemia do século, sendo considerada uma condição complexa por se apresentar como fator de risco para diversas doenças como, por exemplo, diabetes, doenças cardiovasculares e apneia do sono, além de doenças de origem psicossocial. Adicionalmente, é possível observar também uma ampliação dos índices de sedentarismo na população mundial, e durante o tempo no qual um indivíduo encontra-se acordado, em média 70% dele é inativo fisicamente (RUIZ; ORTEGA; MARTINEZ-GOMEZ; LABAYEN *et al.*, 2011). Um estudo de coorte relatou que a maioria das crianças brasileiras praticam apenas 3 horas semanais de atividade física (SENTALIN; PINHEIRO; OLIVEIRA; ZANGARO *et al.*, 2019), e, quanto ao ambiente escolar, estima-se que crianças entre 6 e 12 anos consomem, em média, apenas 5% do tempo na escola praticando atividades físicas moderadas a vigorosas (AFMV), enquanto 64% desse tempo possui caráter sedentário (VAN STRALEN; YILDIRIM; WULP; TE VELDE *et al.*, 2014).

O aumento dos índices de sedentarismo e obesidade entre escolares causa uma crescente preocupação e é considerado uma incoerência (BIDDLE; GORELY; STENSEL, 2004), uma vez que a prática regular de atividade física (AF) está associada a inúmeros benefícios, como a controle de peso, menor gasto com medicamento ao longo da vida, menores índices de internação, aumento da expectativa de vida, prevenção de doenças, entre outros (BAILEY; HILLMAN; ARENT; PETITPAS, 2013; WARBURTON; BREDIN, 2016; WARBURTON; BREDIN, 2017).

O exercício físico se apresenta como um importante preditor não só da saúde física, mas também da saúde mental (BIDDLE; GORELY; STENSEL, 2004). Indivíduos considerados moderadamente ativos apresentam um risco mais baixo de desenvolvimento de desordens mentais (DESLANDES; MORAES; FERREIRA; VEIGA *et al.*, 2009), além de o movimento se apresentar como ferramenta fundamental para um desenvolvimento motor e cognitivo de qualidade (DIAMOND, 2015; FERRAZ, 1996). É crescente o volume de evidências científicas que apontam

para uma relação positiva entre aptidão física, funções cognitivas e desempenho acadêmico em crianças e adolescentes (FEDEWA; AHN, 2011; RAINE; SCUDDER; SALIBA; KRAMER *et al.*, 2016), e autores sugerem que melhorias na aptidão física podem refletir em melhorias no desenvolvimento e processamento das funções executivas (HALL; SMITH; KEELE, 2001; KRAMER; HAHN; COHEN; BANICH *et al.*, 1999), sendo esse processo chamado de hipótese das funções executivas (COLCOMBE; KRAMER, 2003). Essa hipótese afirma que o exercício físico, tanto na de maneira aguda, como de maneira crônica, gera adaptações neurofisiológicas e neurobiológicas que acarretam em melhores desempenhos das funções cognitivas, em especial as funções executivas (COLCOMBE; KRAMER, 2003).

Nas últimas duas décadas, a hipótese do efeito agudo do exercício físico contribuir para a melhora das funções executivas vem sendo investigada através de diferentes ferramentas e procedimentos experimentais, o que provocou um acúmulo de evidências que sugerem que uma única sessão de exercício físico é capaz de melhorar temporariamente o desempenho das funções executivas (BEST; MILLER, 2010; CHEN; YAN; YIN; PAN *et al.*, 2014; PARK; ETNIER, 2019), que são funções cognitivas principais orientadas principalmente pelo córtex pré-frontal (CPF) (DIETRICH; AUDIFFREN, 2011). Segundo a pesquisadora Adele DIAMOND (2013), funções executivas são um conjunto de habilidades cognitivas principais, sendo elas controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, que dão origem as funções executivas de ordem superior, que são raciocínio, solução de problemas e planejamento. Essas funções cognitivas desempenham papel crucial em muitos aspectos da vida de crianças e adolescentes, como, por exemplo, saúde física e mental (WIEBE; KARBACH, 2017), sucesso acadêmico (SINGH; SALIASI; VAN DEN BERG; UIJTDEWILLIGEN *et al.*, 2018) e desenvolvimento socioemocional (RIGGS; JAHROMI; RAZZA; DILLWORTH-BART *et al.*, 2006; WANG; LIU; FENG, 2021), além de serem responsáveis por regular o comportamento humano, controlar processamentos, e execução de tarefas e atividades de vida diária (MIYAKE; FRIEDMAN; EMERSON; WITZKI *et al.*, 2000).

Anteriormente, os estudos possuíam maior interesse na associação entre exercício físico e funcionamento cognitivo geral em crianças. Uma metanálise sobre o efeito agudo do exercício sobre a cognição foi publicada em 2012 e incluiu apenas 9 estudos com crianças e adolescentes (CHANG; LABBAN; GAPIN; ETNIER, 2012). Já em um estudo publicado em 2013, a intenção dos pesquisadores era incluir todos

os domínios das funções executivas na análise, porém, devido ao baixo número de artigos incluídos (n=5) que atendiam ao critério de faixa etária e de uma única sessão de AF, os autores avaliaram apenas o efeito agudo da AF na inibição de crianças e adolescentes, que apontou um efeito positivo de leve a moderado (VERBURGH; KONIGS; SCHERDER; OOSTERLAAN, 2014). Já uma metanálise publicada em 2017 indicou que uma única sessão de exercício físico possui efeito positivo de tamanho pequeno a moderado no controle inibitório de pré-adolescentes, porém não encontrou nenhum resultado significativo para memória de trabalho, flexibilidade cognitiva ou funções executivas em geral. Além disso, apenas 17 estudos foram incluídos analisando esse desfecho em específico (DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018).

Uma revisão de literatura sobre esse tema publicada em 2019 mostrou que existe uma maior quantidade de estudos que investigaram o efeito agudo de exercícios físicos de caráter aeróbio, com duração de 16 a 35 minutos e intensidade moderada a vigorosa, principalmente no controle inibitório e em uma população de jovens adultos (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). Os autores indicam que outros domínios das funções executivas, outras faixas etárias e diferentes características do exercício físico precisam ser mais investigados (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

Devido aos critérios de inclusões de metanálises não serem tão abrangentes, estudos publicados recentemente analisaram o efeito agudo do exercício físico em aspectos do funcionamento executivo de crianças e adolescentes sob condições restritas, o que ocasionou um número total de estudo incluídos mais baixo. Como exemplo é possível citar a metanálise publicada em 2016 por Ludyga e colaboradores, que apesar de ter avaliado todos os domínios das funções executivas, restringiu a intensidade da intervenção a moderada, resultando em 12 estudos incluídos (LUDYGA; GERBER; BRAND; HOLSBOER-TRACHSLER *et al.*, 2016). O estudo verificou que a maioria dos estudos desta área se encaixavam na categoria *crossover*. A metanálise mais recente na literatura sobre esse assunto também possuiu um caráter mais restrito em relação à intensidade do exercício físico, considerando elegíveis apenas estudos de alta intensidade. Apesar do n total incluir 28 estudos, não houve restrição quanto à idade, e o resultado da análise apontou para um resultado pequeno do efeito do exercício de alta intensidade nas funções executivas (MOREAU; CHOU, 2019).

A área de conhecimento continuou a ser investigada e recentemente novos ensaios clínicos randomizados (ECR) com objetivo de investigar os efeitos agudos do exercício físico sobre o funcionamento executivo de crianças e adolescentes tornaram-se disponíveis na literatura (AGUAYO; ROMÁN; SÁNCHEZ; VALLEJO, 2018; EGGER; CONZELMANN; SCHMIDT, 2018; PARK; ETNIER, 2019; PASTOR; CERVELLÓ; PERUYERO; BIDDLE *et al.*, 2019; WADE; LUBANS; SMITH; DUNCAN, 2020; ZHANG; LIU; ZHAO; MENG *et al.*, 2020). Considerando a lacuna de tempo entre as metanálises apresentadas, suas limitações e os novos ECR publicados, o atual estudo tem como objetivo atualizar e expandir as metanálises anteriores, incluindo estudos que tenham avaliado o efeito de sessão única de exercício físico de qualquer intensidade no desempenho de qualquer domínio das funções executivas em crianças e adolescentes até 18 anos de idade. Além disso, esse estudo também busca determinar através de uma revisão sistemática quais características - intensidade, duração e ambiente, por exemplo - de um exercício físico agudo são mais favoráveis para a melhora do desempenho de processos executivos de crianças em idade escolar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo seguiu o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: A Statement PRISMA* (PAGE; MCKENZIE; BOSSUYT; BOUTRON *et al.*, 2021). As recomendações da *Cochrane Collaboration* (HIGGINS; ALTMAN; GØTZSCHE; JÜNI *et al.*, 2011) foram utilizadas como uma orientação complementar.

Protocolo de Registro e Local de Acesso para Metanálise

A presente revisão sistemática e metanálise foi submetida e aprovada no *International prospective register of systematic reviews* (PROSPERO) e está registrada sob o número de protocolo CRD42021240951.

Crêterios de inclusão dos estudos

Foram incluídos estudos realizados com indivíduos saudáveis, de ambos os sexos, com até 18 anos de idade, sem diagnóstico de transtorno mental ou obesidade. Todos os estudos incluídos utilizaram uma sessão única de exercício físico como forma de interven o, e como forma de compara o foram utilizados grupos controle passivos, ou seja, sem nenhum tipo de exercício físico envolvido. Somente desfechos de fun es executivas foram avaliados e, além de estudos controlados randomizados, também foram incluídos estudos de *crossover* com ou sem randomiza o descrita. Somente foram incluídos estudos que apresentaram avalia o cognitiva em pelo menos dois momentos, sendo pré e p s interven o. Não foram aplicadas quaisquer restri es referentes   data ou idioma nos quais os estudos foram publicados.

Estratégia de busca dos estudos

A busca foi realizada no período compreendido entre os dias 13 e 15 de outubro de 2020. A pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados: Medline (via PubMed), PEDro, Scopus, Science Direct, Web of Science, CINAHL e SPORTDiscus. Os descritores utilizados foram "Executive Functions" e "Physical Exercise"; e em algumas bases de dados o descritor "Children" foi incluído. A frase de busca foi elaborada através da utiliza o dos termos descritores e todos os seus respectivos sin nimos colhidos com auxílio das ferramentas DeCS e MeSH. Para essa etapa, operadores de lógica foram utilizados, sendo "AND" entre descritores e "OR" entre sin nimos.

A frase de busca mais aplicada foi ("physical activity" OR "physical exercise" OR "exercise" OR "physical education" OR "fitness" OR "sport" OR "physical fitness") AND ("executive function" OR "cognitive performance" OR "cognition" OR "attention" OR "working memory" OR "inhibitory control" OR "cognitive flexibility" OR "executive control" OR "shifting" OR "cognitive control" OR "problem solving") AND ("children"

OR “infant” OR “adolescent” OR “preadolescent” OR “child” OR “school children” OR “youth” OR “juvenile”).

Seleção de estudos

Os seguintes critérios de seleção de estudos foram aplicados: seleção de duplicatas (os estudos que apareceram mais de uma vez na tabela foram excluídos); exclusão de títulos (estudos que não apresentaram títulos consistentes com os termos da pesquisa e o esboço do estudo desejado foram excluídos); exclusão de resumos (estudos que não apresentaram os critérios acima e também os grupos ou os resultados de medição necessários para esta metanálise foram excluídos); exclusão de textos (estudos que não atendiam aos critérios de inclusão da metanálise também foram excluídos).

Qualidade metodológica dos estudos

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos foi realizada com a utilização da Escala de Jadad (JADAD; MOORE; CARROLL; JENKINSON *et al.*, 1996). Esta etapa foi realizada por dois diferentes avaliadores, e, no caso de discordâncias, um terceiro avaliador foi consultado para decisão.

A Escala de Jadad avalia três diferentes critérios dos ensaios clínicos randomizados (ECR), sendo eles randomização, cegamento e descrição das perdas amostrais. Cada item pode ser pontuado com “1” ou “0”, dependendo se o estudo atendeu ou não ao critério. Randomização e duplo cegamento apresentam um item extra que permite a pontuação de mais “1 ponto” para cada caso a descrição tenha sido realizada detalhadamente. Com base nisso, essa avaliação resulta em uma pontuação que varia de 0 a 5, sendo estudos com pontuação menor ou igual a 3 considerados com alto risco de viés.

Risco de viés

Foi realizada uma inspeção visual do *funnel plot* com objetivo de investigar o risco de viés de publicação. O risco de viés entre os estudos incluídos na metanálise foi investigado através dos valores de heterogeneidade das análises de *forest plot* (teste de I^2). Para as análises do teste de I^2 adotou-se a classificação de baixa heterogeneidade ($25\% < I^2 < 50\%$), heterogeneidade moderada ($50\% < I^2 < 75\%$) e alta heterogeneidade ($I^2 > 75\%$) (HIGGINS; ALTMAN; GØTZSCHE; JÜNI *et al.*, 2011). Visando recalcular o tamanho do efeito do *funnel plot* de acordo com a assimetria apresentada, foi realizada uma análise ajustada de trim e fill (DUVAL; TWEEDIE, 2000). As análises do *forest plot* e do *funnel plot* foram realizadas através do software *Comprehensive Meta-Analysis* (CMA) na sua versão 3.3.070.

Extração de dados dos estudos

Essa etapa foi realizada por dois avaliadores que extraíram os seguintes dados: autor e ano de publicação; país sede da pesquisa; tipo de estudo (randomizado controlado, e *crossover* com ou sem randomização); tamanho total da amostra; características descritivas da amostra, como idade e sexo e índice de massa corporal (IMC); ambiente da intervenção; duração tipo e intensidade do exercício físico realizado; características do grupo controle; desfecho das funções executivas avaliado; testes e subtestes utilizados; tempo para início da avaliação cognitiva no momento pós; unidade de medida utilizada para avaliação, sendo tempo de resposta ou acurácia; e resultado de cada grupo nos testes no momento pré e no momento pós.

Nos casos dos artigos pré-selecionados que não expunham os dados necessários no texto ou em forma de tabela, foram enviados *e-mails* para os autores de cada um deles com a solicitação desses valores. Na ausência de resposta, o estudo foi excluído da metanálise.

Análise de Dados

Nos estudos nos quais ocorreram comparações múltiplas, a amostra total foi dividida de acordo com o número de grupos existentes (BORENSTEIN; HEDGES; HIGGINS; ROTHSTEIN, 2009). O modelo de análise aplicado foi de efeito randômico, com intervalo de confiança adotado de 95%, incluindo a suposição de heterogeneidade dos estudos e de seus participantes. O nível de significância foi de $p \leq 0,05$.

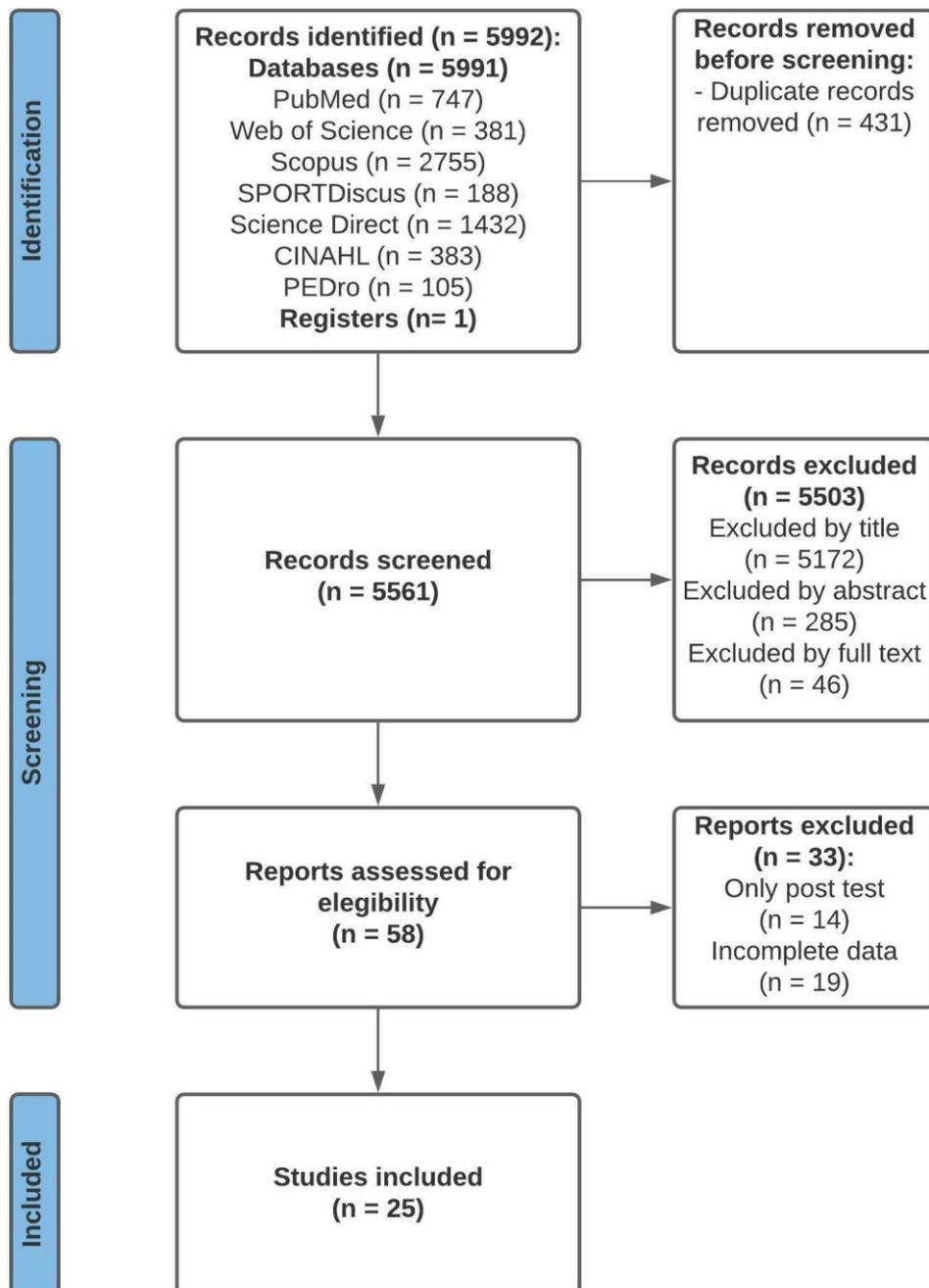
Primeiramente foi analisada a *standardized mean difference* (SMD) em todos os estudos presentes na metanálise, gerando um resultado geral. Depois foram realizadas análises de subgrupos considerando os diferentes desfechos de funções executivas, o tipo de estudo (*randomized controlled trial*, RCT; *crossover* randomizado; ou *crossover* sem randomização), o tipo de exercício físico, a duração do exercício, a intensidade do exercício físico, o tempo para iniciar a avaliação cognitiva após a intervenção, e a unidade de avaliação cognitiva (tempo de resposta ou acurácia). A SMD foi calculada considerando a média do resultado do tempo de resposta e da acurácia de testes de funções executivas e desvio padrão para cada estudo. Para a interpretação dos dados, utilizamos a escala sugerida por HOPKINS (2010) que estabelece valores entre: <0,20 muito pequeno; 0,21 – 0,60 pequeno; 0,61 – 1,20 moderado; 1,21 – 2,00 grande; 2,01 – 4,00 muito grande; > 4,00 quase perfeito. Para a realização das análises foi utilizado o software estatístico *Comprehensive Meta-Analysis* (CMA) na sua versão 3.3.070.

RESULTADOS

Seleção de estudos

Durante o processo de busca, foram encontrados um total de 5.992 artigos (PubMed = 747; Web of Science = 381; Scopus = 2775; SPORTDiscus = 188; Science Direct = 1432; CINAHL = 383; PEDro = 105; Registros complementares = 1). Após o processo de exclusão baseado nos critérios de inclusão dos estudos, 58 artigos foram considerados elegíveis. No entanto, 19 estudos foram excluídos por não apresentarem os dados necessários completo, e 14 estudos foram excluídos pois só realizaram avaliação no momento pós. Sendo assim, 25 estudos foram submetidos ao processo de metanálise (AGUAYO; ROMÁN; SÁNCHEZ; VALLEJO, 2018; ALTENBURG; CHINAPAW; SINGH, 2016; BENZING; HEINKS; EGGENBERGER; SCHMIDT, 2016; BOOTH; CHESHAM; BROOKS; GORELY *et al.*, 2020; CALVERT; BARCELONA; MELVILLE; TURNER, 2019; CHEN; YAN; YIN; PAN *et al.*, 2014; COOPER; BANDELOW; NUTE; DRING *et al.*, 2016; EGGER; CONZELMANN; SCHMIDT, 2018; ELLEMBERG; ST-LOUIS-DESCHÊNES, 2010; GALLOTTA; EMERENZIANI; FRANCIOSI; MEUCCI *et al.*, 2015; GALLOTTA; GUIDETTI; FRANCIOSI; EMERENZIANI *et al.*, 2012; JÄGER; SCHMIDT; CONZELMANN; ROEBERS, 2015; JANSSEN; CHINAPAW; RAUH; TOUSSAINT *et al.*, 2014; KULINNA; STYLIANOU; DYSON; BANVILLE *et al.*, 2018; LIND; BECK; WIKMAN; MALARSKI *et al.*, 2019; PASTOR; CERVELLÓ; PERUYERO; BIDDLE *et al.*, 2019; PERUYERO; ZAPATA; PASTOR; CERVELLO, 2017; SCHMIDT; BENZING; KAMER, 2016; SCHMIDT; EGGER; CONZELMANN, 2015; STEIN; AUERSWALD; EBERSBACH, 2017; VAN DEN BERG; SALIASI; DE GROOT; JOLLES *et al.*, 2016; VAN DEN BERG; SALIASI; JOLLES; DE GROOT *et al.*, 2018; VAZOU; SMILEY-OYEN, 2014; WADE; LUBANS; SMITH; DUNCAN, 2020). O fluxograma dessa triagem é apresentado na figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da seleção de estudos



Fonte: O autor, 2021.

Características gerais dos estudos

De acordo com a estratégia de busca adotada e com a rigorosa seleção realizada, 25 estudos originais foram incluídos na presente revisão sistemática e metanálise e suas características gerais estão descritas na tabela 1. Dos 25 estudos incluídos, 64% foram publicados nos últimos cinco anos. Um total de 7762 crianças e adolescentes foram incluídas, sendo que desse total, 5463 crianças pertenciam a um único estudo (BOOTH; CHESHAM; BROOKS; GORELY *et al.*, 2020). A média de idades dos participantes variou de 5,8 a 16,49 anos de idade, mas destaca-se que quase 70% dos estudos utilizaram a faixa etária de 9 a 13 anos de idade.

Quanto ao tipo de estudo, os randomizados e controlados foram os mais utilizados, totalizando 15 estudos. Foram incluídos 10 estudos de *crossover*, porém três deles não foram descritos como randomizados. Quanto ao local das intervenções, o ambiente acadêmico foi o mais utilizado com 21 estudos sendo realizados em escolas, mas apenas seis estudos utilizaram a aula de Educação Física (AGUAYO; ROMÁN; SÁNCHEZ; VALLEJO, 2018; JANSSEN; CHINAPAW; RAUH; TOUSSAINT *et al.*, 2014; KULINNA; STYLIANOU; DYSON; BANVILLE *et al.*, 2018; PASTOR; CERVELLÓ; PERUYERO; BIDDLE *et al.*, 2019; PERUYERO; ZAPATA; PASTOR; CERVELLO, 2017; SCHMIDT; EGGER; CONZELMANN, 2015) e quatro estudos utilizaram a sala de aula (ALTENBURG; CHINAPAW; SINGH, 2016; CALVERT; BARCELONA; MELVILLE; TURNER, 2019; SCHMIDT; BENZING; KAMER, 2016; VAN DEN BERG; SALIASI; DE GROOT; JOLLES *et al.*, 2016) como ambiente de pesquisa.

Quanto às características dos exercícios físicos utilizados pelos estudos durante as intervenções, observa-se entre os tipos de estudo um equilíbrio entre exercícios aeróbios (n= 11) e exercícios engajados cognitivamente (n= 12). Apesar disso, apenas dois estudos avaliaram o efeito agudo de exercícios de resistência nas funções executivas de crianças, sendo que um deles associou o exercício de resistência a tarefas aeróbias. Outros dois estudos utilizaram exercícios com foco na coordenação motora, chamados de coordenativos. A duração dos exercícios físicos variou de forma equilibrada entre 10 e 50 minutos, com oito estudos com duração de até 15 minutos, sete estudos durando de 16 a 29 minutos e nove estudos durante

acima de 30 minutos. Quanto à intensidade dos exercícios, a ampla maioria dos estudos considerou atividades de intensidade moderada a vigorosa (n=21).

O subdomínio das funções executivas mais investigado foi o controle inibitório, com 23 estudos avaliando-o. O teste mais utilizado para avaliar o controle inibitório foi o teste d2. A memória de trabalho foi avaliada em sete diferentes estudos e o teste mais utilizado para medir esse constructo foi o *N-Back test*. Já a flexibilidade cognitiva foi avaliada em nove estudos, e o teste mais utilizado foi uma modificação do *Flanker test* que possui uma etapa de avaliação desse desfecho. As funções executivas foram avaliadas principalmente imediatamente após a prática de exercício físico. Além disso, 76% dos estudos iniciaram a avaliação de funções executivas imediatamente após o encerramento do exercício físico, enquanto apenas 28% avaliaram acima de 10 minutos. É importante ressaltar que alguns estudos avaliaram mais de uma vez no momento pós, por isso o percentual ultrapassa 100%.

Os estudos foram realizados em 12 diferentes países, todos eles pertencentes à Europa, Ásia, Oceania e América do Norte, como é possível observar na figura 2. Os países com maior número de estudos incluídos na presente metanálise foram a Suíça e a Holanda, com cinco e quatro publicações respectivamente.

Figura 2 - Mapa das sedes dos estudos



Fonte: O autor, 2021.

Tabela 1 - Características gerais dos estudos incluídos

Estudo	Amostra						Grupo Controle	Grupo Intervenção				Funções executivas			
	Autor (ano)	Tipo de estudo	Ambiente	País	n total	Gênero F%		Idade	Descrição do controle	Tipo de exercício	Descrição do exercício	Duração (min)	Intensidade	Teste	Habilidade cognitiva
Aguayo et al. (2018)	RCT	EF	Espanha	98	47,96	12,96	Inativos fisicamente.	Engajado cognitivamente	Jogos de cooperação, estratégia e coordenação envolvendo esportes.		MOD		d2	Controle inibitório	IA
								Aeróbio	Exercícios cíclicos, sem movimentos repentinos, cooperação ou uso de estratégia.		AFMV				
Altenburg et al. (2016)	RCT	Sala de aula	Holanda	36	47,22	11,50	Fazer dever da escola enquanto permanece sentado.	Aeróbio	Exercícios de dança.		20	MOD	Sky search	Controle inibitório	IA 90 min
								Engajado cognitivamente	Exercícios para imitar e aprender novas sequências de movimentos com exigência aeróbia no XBOX®.				Design fluency test_Fluency	Flexibilidade cognitiva	
Benzing et al. (2016)	RCT	Escola	Suíça	65	0	14,5	Assistir no computador a um vídeo sobre corrida.	Aeróbio	Jogo de corrida e elevação de joelho no XBOX®.		15	AFMV	Design fluency test_Inhibition	Controle inibitório	IA
													Design fluency test_Cognitive Flexibility	Flexibilidade cognitiva	
											15		Stop-signal task (adapted)	Controle inibitório	
Booth et al. (2020)	CO	Escola	Reino Unido	5463	50,54	9,7	Permanecer sentado fora da sala de aula.	Aeróbio	Caminhada ou corrida no ritmo estabelecido pela própria criança, atividade similar ao programa "The Daily Mile".				Static Boxes Search task	Memória de trabalho	IA
									Corrida com tiros de 20m seguindo o protocolo do bleep test, no qual a velocidade aumenta progressivamente e o indivíduo deve percorrer a distância antes do tempo estimado.			VIG	Reading Span task	Memória de trabalho	
									Exercícios de alongamento de uma plataforma online.			LIG	Flanker	Controle inibitório	
Calvert et al. (2019)	RCT	Sala de aula	EUA	156	53,84	10 - 13	Assistir a videoaulas enquanto permanece sentado.	Engajado cognitivamente	Exercícios com o peso do corpo e saltos de uma plataforma online.		10	MOD			1 - 3 min
												VIG	DCCS	Flexibilidade cognitiva	

Chen et al. (2014)	RCT	Escola	China	83	50,60	9,24 11,1	Ler livros acadêmicos enquanto permanece sentado.	Aeróbico	Corrida.	30	MOD	Flanker More-odd N-Back	Controle inibitório Flexibilidade cognitiva Memória de trabalho	20 - 25 min
Cooper et al. (2016)	COR	Escola	Reino Unido	44	52,27	12,6	Permanecer sentado sem realizar nenhuma tarefa.	Aeróbico	Tiros de 10 segundos seguidos por uma recuperação ativa de 50 segundos que envolvia caminhada.	10	VIG	Stroop DSST Corsi	Controle inibitório Flexibilidade cognitiva Memória de trabalho	IA
Egger et al. (2018)	RCT	Escola	Suíça	163	59,32	7,94	Escutar a um audiobook enquanto permanece sentado.	Engajado cognitivamente Aeróbico	Corrida engajada cognitivamente. Correr e a cada palavra dita, realizar o gesto relacionado, como pular por exemplo. A cada rodada as palavras e gestos trocavam de associação. Corrida ao som de uma música com alguns gestos como sentar e pular sempre associados às mesmas palavras.	25	MOD	Backward Colour Recall Flanker_mixed Flanker	Memória de trabalho Flexibilidade cognitiva Controle inibitório	IA
Elleberg et al. (2010)	RCT	Lab	Canadá	72	0	7,60 10,6	Assistir a um show de televisão enquanto permanece sentado.	Aeróbico	Ciclismo em uma bicicleta ergométrica a aproximadamente 63% da frequência cardíaca máxima.	30	MOD	Choice Response Time	Flexibilidade cognitiva	
Gallota et al. (2012)	COR	Escola	Itália	138		8 - 11	Assistir a uma aula teórica.	Engajado cognitivamente Aeróbico	Jogo de basquete com variações Circuito com tarefas de demanda cardiorrespiratória.	50	AFMV	d2	Controle inibitório	IA
Gallota et al. (2015)	RCT	Escola	Itália	116		8 - 11	Assistir a uma aula teórica.	Engajado cognitivamente Aeróbico	Mini jogos de basquete com variações. Circuito com tarefas de demanda cardiorrespiratória.	50	AFMV	d2	Controle inibitório	IA 50 min

Jager et al. (2015)	RCT	Escola	Suíça	174	55,17	11,2	Escutar história.	Engajado cognitivamente Aeróbio	Jogos de cooperação e competição envolvendo tarefas com demanda cognitiva. Tarefas e jogos com diferentes formas de corrida.	20	AFMV	N-Back Flanker	Memória de trabalho Flexibilidade cognitiva	IA
Janssen et al. (2014)	COR	EF	Holanda	123	49,59	10,4	Escutar história.	Aeróbio	Exercícios que combinavam movimentos de jogar, quicar e driblar a bola.	15	MOD VIG	Sky search	Controle inibitório	IA
Kulinna et al. (2018)	RCT	EF	Nova Zelândia	192	50,52	9,50	Ler e escrever durante uma aula teórica.	Aeróbio	Exercício baseado no programa JUMP JAM, que consiste em exercícios aeróbios combinados com dança.	45	AFMV	d2	Controle inibitório	IA
Lind et al. (2019)	RCT	Escola	Dinamarca	81	40,74	11,80	Assistira um vídeo sobre futebol enquanto permanece sentado.	Engajado cognitivamente	Jogo de mini futebol de 3x3. Jogo de mini futebol de 3x3 apenas andando, sem poder correr.	25	AFMV AFLM	Flanker	Controle inibitório	IA
Mierau et al. (2014)	COR	Lab	Alemanha	10	0	5,8	Pintar enquanto permanece sentado.	Engajado cognitivamente	Exercícios envolvendo 3 jogos de movimentação (30 min) seguidos por uma	45	MOD	DTC	Controle inibitório	15 - 20 min
Pastor et al. (2019)	COR	EF	Espanha	35	45,71	16,5	Assistir a uma aula teórica de EF.	Aeróbio		30	AFLM AFMV	Stroop	Controle inibitório	15 min
Peruyero et al. (2017)	CO	EF	Espanha	44	47,73	16,4	Assistir a uma aula teórica de EF.	Aeróbio	Aerobic-zumba.	30	AFMV AFLM	Stroop	Controle inibitório	IA
Schmidt et al. (2015)	RCT	EF	Suíça	90	54,44	11,00	Assistir a uma aula teórica de Alemão.	Engajado cognitivamente	Exercícios coordenativos. 6 diferentes atividades com dificuldades progressivas, e todas envolviam coordenação motora.	45		d2	Controle inibitório	IA 90 min
Schmidt et al. (2016)	RCT	Sala de aula	Suíça	70	45,71	11,77	Escutar a uma história enquanto permanece sentado.	Engajado cognitivamente Aeróbio	Corrida tendo que tocar o mais rápido possível em uma sequência numérica espalhada no chão. Corrida e caminhada em diferentes velocidades.	10	MOD	d2	Controle inibitório	IA

Stein et al. (2017)	RCT	Escola	Alemanha	101	51,49	6,02	Jogar jogos de tabuleiro e assistir a um curto filme.	Coordenativo	Aquecimento com corrida. Depois 4 exercícios de coordenação motora com característica bimanual e bipedal. Tarefas como pular, arremessar e quicar.	20	MOD	Hearts and Flowers_ incongruent Hearts and Flowers_ mixed	Controle inibitório Flexibilidade cognitiva	IA
Van den Berg et al. (2016)	COR	Sala de aula	Holanda	184	46,20	11,7	Escutar a uma aula teórica sobre exercício físico e movimento enquanto permanece sentado.	Coordenativo Resistência	Atividades com movimentos repetitivos/cíclicos, como andar, correr, saltitar, fingir estar pulando uma corda, fingir estar nadando, quicando uma bola, etc. Exercícios complexos de coordenação motora que envolviam movimentos bilaterais e equilíbrio, como dança com diferentes passos, andar no próprio lugar tocando os tornozelos, cabeça ombro joelho e pé, etc. Exercícios de força com peso corporal, como agachamentos, abdominais, bíceps dinâmico e isométrico, elevaçõ de joelho, elevação de ombro, etc.	12	MOD	d2	Controle inibitório	IA
Van den Berg et al. (2018)	COR	Escola	Holanda	99	52,52	12,3	Trabalhar em materiais educacionais como quebra-cabeças e questionários.	Aeróbio	Pedalar em uma bicicleta ergométrica.	10 - 30	AFMV	ANT N-Back	Controle inibitório Memória de trabalho	IA
Vazou et al. (2014)	CO	Lab	EUA	35	54,28	10,6	Resolver problemas matemáticos enquanto permanece sentado.	Engajado cognitivamente	Atividade aeróbia (pular, saltitar, saltar fazendo agachamentos, andar como caranguejo, deslizar) se movimentando pelo Lab enquanto resolve um problema matemático.	10	MOD	Flanker_standard Flanker_mixed	Controle inibitório Flexibilidade cognitiva	IA
Wade et al. (2020)	RCT	Centro Esportivo Park Nature	Austrália	90	42,22	14,30	Realizar uma atividade escolar teórica.	Aeróbio e Resistência	Circuito com estações de exercícios aeróbios (como tiros de corrida e trote) e de resistência (como flexão de braço e agachamento).	21	AFMV	RVP Spatial Working Memory test	Controle inibitório Memória de trabalho	6 min

RCT= Randomized Controlled Trial; COR= Crossover com randomização descrita; CO= Crossover; n= amostra; F%= Percentual do sexo feminino; min= minutos; EUA= Estados Unidos da América; AFLM= Atividade física leve a moderada; AFMV= Atividade física moderada a vigorosa; LIG= Leve; MOD= Moderada; VIG= Vigorosa; IA= Imediatamente após; DCCS= Dimensional change card sort test; DTC= Determination test for children; ANT= Attention network test; RVP= Rapid Visual Information Processing; Lab= Laboratório.

Qualidade metodológica dos estudos

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos foi realizada com a utilização da Escala de Jadad (JADAD; MOORE; CARROLL; JENKINSON *et al.*, 1996). Dos 25 artigos analisados, sete alcançaram três pontos, sendo essa a pontuação mais alta entre os estudos da presente revisão sistemática e metanálise. 14 estudos obtiveram pontuação igual a dois, três estudos obtiveram pontuação igual a um, e um estudo zerou a pontuação de qualidade metodológica (tabela 2).

É válido ressaltar que nenhum estudo atendeu ao critério de duplo cegamento, resultado que já era esperado considerando que estudos realizados nessa área dificilmente conseguem blindar os participantes. Além disso, apesar de 84% dos estudos terem realizado o processo de randomização, apenas 32% descreveram como essa etapa foi executada. O critério de descrição de exclusões e desistências obteve a maior aderência, tendo 92% dos estudos concluído essa tarefa.

Tabela 2 - Qualidade metodológica dos estudos de acordo com a Escala de Jadad

Estudos	Critérios					Total
	1 A	1 B	2 A	2 B	3	
Aguayo et al. (2018)	1	1	0	0	0	2
Altenburg et al. (2016)	1	1	0	0	1	3
Benzing et al. (2016)	1	1	0	0	1	3
Booth et al. (2020)	0	0	0	0	1	1
Calvert et al. (2019)	1	0	0	0	1	2
Chen et al. (2014)	1	1	0	0	1	3
Cooper et al. (2016)	1	0	0	0	1	2
Egger et al. (2018)	1	0	0	0	1	2
Ellemberg et al. (2010)	1	0	0	0	1	2
Gallota et al. (2012)	1	0	0	0	1	2
Gallota et al. (2015)	1	0	0	0	1	2
Jager et al. (2015)	1	0	0	0	1	2
Janssen et al. (2014)	1	0	0	0	1	2
Kulinna et al. (2018)	1	1	0	0	1	3
Lind et al. (2019)	1	1	0	0	1	3
Mierau et al. (2014)	1	0	0	0	1	2
Pastor et al. (2019)	0	0	0	0	1	1
Peruyero et al. (2017)	0	0	0	0	1	1
Schmidt et al. (2015)	1	0	0	0	1	2
Schmidt et al. (2016)	1	0	0	0	1	2
Stein et al. (2017)	1	0	0	0	1	2
Van den Berg et al. (2016)	1	0	0	0	1	2
Van den Berg et al. (2018)	1	1	0	0	1	3
Vazou et al. (2014)	0	0	0	0	0	0
Wade et al. (2020)	1	1	0	0	1	3

1A = Randomização; 1B = Randomização descrita e apropriada; 2A = Duplo cegamento; 2B = Cegamento descrito e apropriado; 3 = Descrição de exclusões e desistências.

Risco de viés

Para a investigação do risco de viés, foi utilizado um gráfico de *funnel plot* no qual foram incluídos todos os 25 estudos pertencentes à presente revisão sistemática e metanálise. Apesar de a análise não ter indicado um resultado geral significativo do efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes (SMD = 0,05; CI95%= -0,00 – 0,11; p= 0,050), os resultados mostraram uma heterogeneidade baixa dentro da amostra (Q = 75,41 I² = 0) (figura 3). Em cima do resultado do *funnel plot* geral, foi realizada uma análise de ajuste que indicou uma pequena correção no tamanho de efeito com a adição de nove estudos de balanceamento (SMD = 0,02; CI95%= -0,04 – 0,10; p= 0,063). O resultado do *funnel plot* ajustado está disponível na figura 4.

Resultado dos *forest plots*

O gráfico de *forest plot* indicou não haver resultado geral significativo do efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes considerando os 25 estudos incluídos na metanálise (SMD = 0,05; CI95%= -0,00 – 0,11; p= 0,050). Esse resultado pode ser observado na figura 3.

Foram realizadas subanálises considerando as características dos estudos. Quanto ao tipo de estudo, foi encontrado um resultado significativo do efeito do exercício físico nas funções executivas de indivíduos em estudos classificados como *crossover* randomizados (SMD = 0,13; CI95% = 0,01 – 0,26; p = 0,037; Q = 17,00; I²= 17,66). Não foram encontrados resultados relevantes para estudos RCT (SMD = 0,06; CI95% = -0,04 – 0,17; p = 0,250; Q = 28,20; I² = 0) e para estudos de *crossover* sem descrição de randomização (SMD = 0,02; CI95% = -0,05 – 0,09; p = 0,548; Q = 28,97; I² = 68,93). A subanálise de tipos de estudo está apresentada na figura 5.

A figura 6 indica o gráfico de *forest plot* para a subanálise de habilidades cognitivas, ou subdomínios das funções executivas. Dentre os três pilares principais das funções executivas, foi encontrado efeito do exercício físico apenas no controle

inibitório (SMD = 0,11; CI95% = 0,03 – 0,20; $p = 0,006$; $Q = 56,02$; $I^2 = 26,80$), enquanto a memória de trabalho (SMD = 0,01; CI95% = -0,09 – 0,12; $p = 0,803$; $Q = 4,53$; $I^2 = 0$) e a flexibilidade cognitiva (SMD = -0,01; CI95% = -0,20 – 0,19; $p = 0,949$; $Q = 8,06$; $I^2 = 0$) não foram impactadas.

Quanto ao tipo de exercício realizado, atividades aeróbias melhoraram significativamente as funções executivas de crianças e adolescentes, mesmo com um tamanho de efeito muito pequeno (SMD = 0,08; CI95% = 0,01 – 0,14; $p = 0,015$; $Q = 54,32$; $I^2 = 24,52$). No entanto, não foi encontrada significância estatística para exercícios engajados cognitivamente (SMD = -0,00; CI95% = -0,15 – 0,14; $p = 0,956$; $Q = 16,03$, $I^2 = 0$), exercícios de resistência (SMD = 0,09; CI95% = -0,51 – 0,68; $p = 0,770$; $Q = 0$; $I^2 = 0$), exercícios coordenativos (SMD = -0,03; CI95% = -0,35 – 0,28; $p = 0,848$; $Q = 0,07$; $I^2 = 0$) e exercícios de resistência combinados com exercícios aeróbios (SMD = -0,26; CI95% = -0,76 – 0,24; $p = 0,307$; $Q = 0,41$; $I^2 = 0$) (figura 7).

A duração dos exercícios foi categorizada de acordo com os resultados encontrados por PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.* (2019). Exercícios físicos com duração entre 16 e 35 minutos afetaram as funções executivas de crianças e adolescentes de forma aguda (SMD = 0,19; CI95% = 0,06 – 0,31; $p = 0,004$; $Q = 40,19$; $I^2 = 12,92$), como é possível observar na figura 8. Exercícios com menos de 15 minutos (SMD = 0,04; CI95% = -0,04 – 0,12; $p = 0,320$; $Q = 19,82$; $I^2 = 0$) e exercícios com duração maior que 36 minutos (SMD = -0,03; CI95% = -0,19 – 0,13; $p = 0,723$; $Q = 5,87$; $I^2 = 0$) não obtiveram resultados significativos.

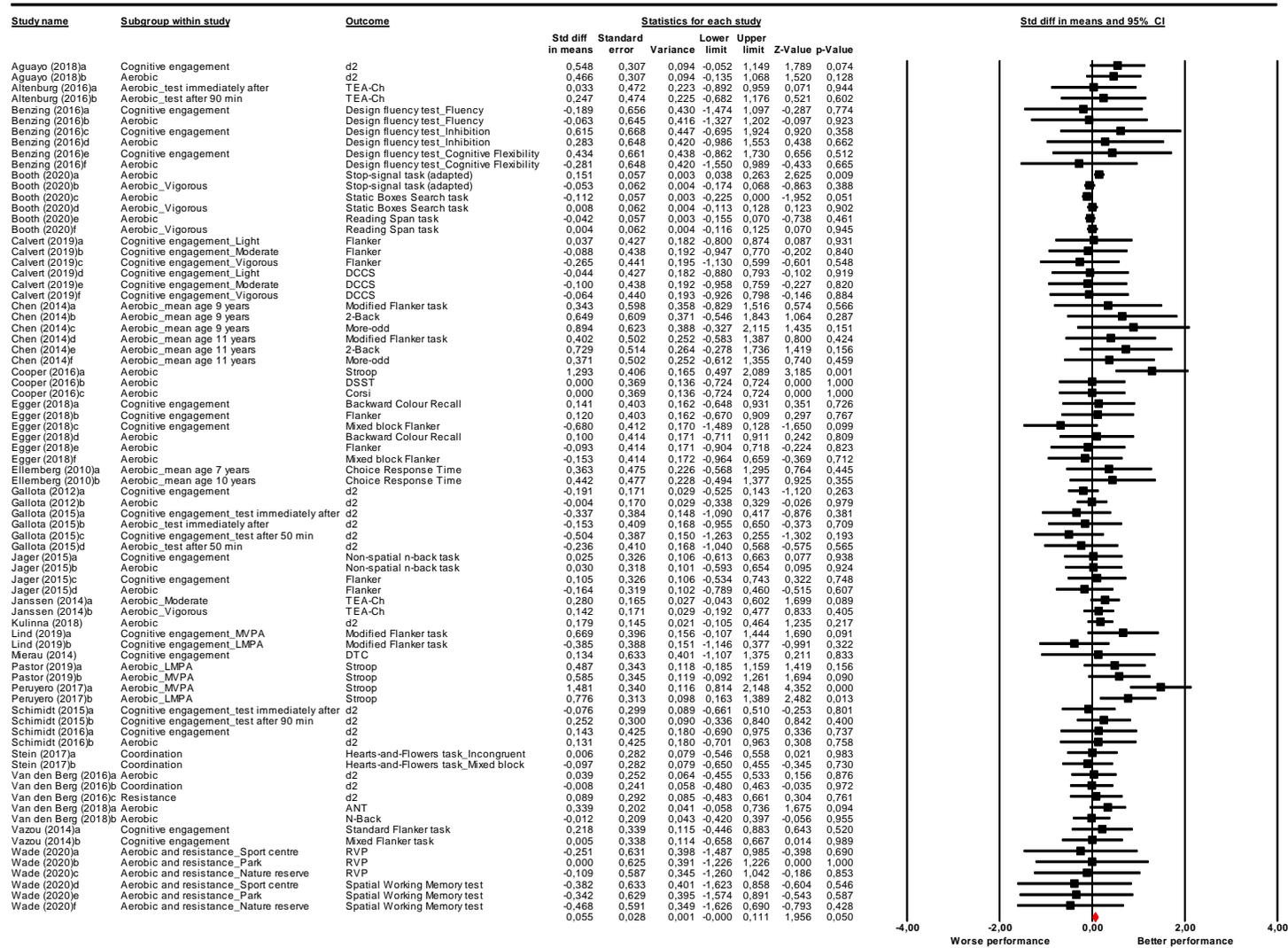
Quanto à intensidade do exercício físico, é possível observar através da figura 9 que exercícios físicos de intensidade moderada têm efeito sobre as funções executivas de escolares (SMD = 0,14; CI95% = 0,01 – 0,27; $p = 0,038$; $Q = 14,30$; $I^2 = 0$). Enquanto isso, intensidades leves (SMD = -0,00; CI95% = -0,60 – 0,59; $p = 0,991$; $Q = 0,02$; $I^2 = 0$) e leves a moderadas (SMD = 0,37; CI95% = -0,01 – 0,77; $p = 0,059$; $Q = 5,55$; $I^2 = 63,97$) não afetaram o funcionamento executivo. Nenhum achado foi encontrado com atividades vigorosas (SMD = 0,00; CI95% = -0,07 – 0,07; $p = 0,956$; $Q = 11,82$; $I^2 = 32,34$) e moderadas a vigorosas (SMD = 0,09; CI95% = -0,02 – 0,20; $p = 0,125$; $Q = 36,49$; $I^2 = 23,26$).

A figura 10 apresenta os resultados para a subanálise referente ao tempo para iniciar a avaliação de funções executivas após a prática de exercícios, e nela é possível observar um tamanho de efeito quase moderado e significativo para o

grupo de estudos que deu início à avaliação entre 11 e 30 minutos após o encerramento do exercício físico (SMD = 0,52; CI95% = 0,20 – 0,83; $p = 0,001$; $Q = 1,21$; $I^2 = 0$). Não foram encontrados resultados significativos na análise de estudos que avaliaram as funções executivas imediatamente após (SMD = 0,04; CI95% = -0,01 – 0,09; $p = 0,156$; $Q = 63,75$; $I^2 = 21,56$); entre 1 e 5 minutos (SMD = -0,09, CI95% = -0,44 – 0,26; $p = 0,632$; $Q = 0,26$; $I^2 = 0$); entre 6 e 10 minutos (SMD = -0,26; CI95% = -0,75 – 0,23; $p = 0,304$; $Q = 0,41$; $I^2 = 0$); e acima de 60 minutos (SMD = -0,03; CI95% = -0,40 – 0,34; $p = 0,868$; $Q = 2,92$; $I^2 = 0$).

Considerando o desfecho tempo de resposta e acurácia, os resultados estatísticos indicam que o tempo de resposta foi mais sensível e obteve um resultado significativo (SMD = 0,16; CI95% = 0,03 – 0,28; $p = 0,013$; $Q = 25,22$; $I^2 = 0$), enquanto nenhuma significância foi encontrada na acurácia (SMD = 0,03; CI95% = -0,03 – 0,08; $p = 0,367$; $Q = 49,41$; $I^2 = 0,83$). Eses resultados estão disponíveis na figura 11.

Figura 3 - Forest plot do efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de indivíduos até 18 anos



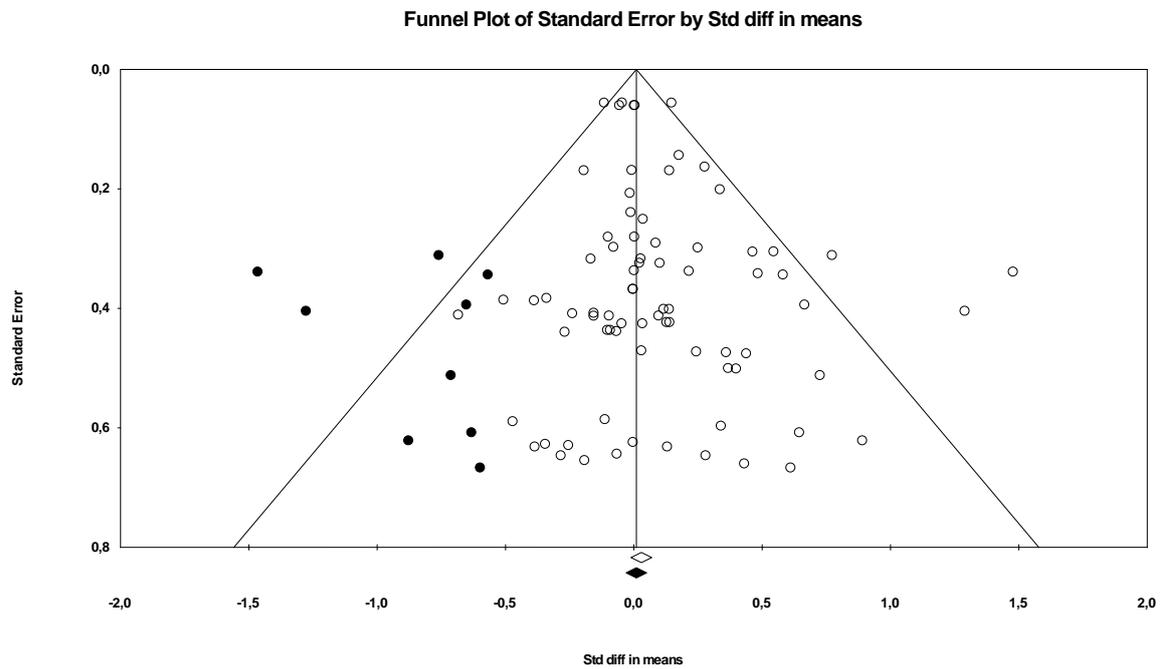
Fonte:

O

autor,

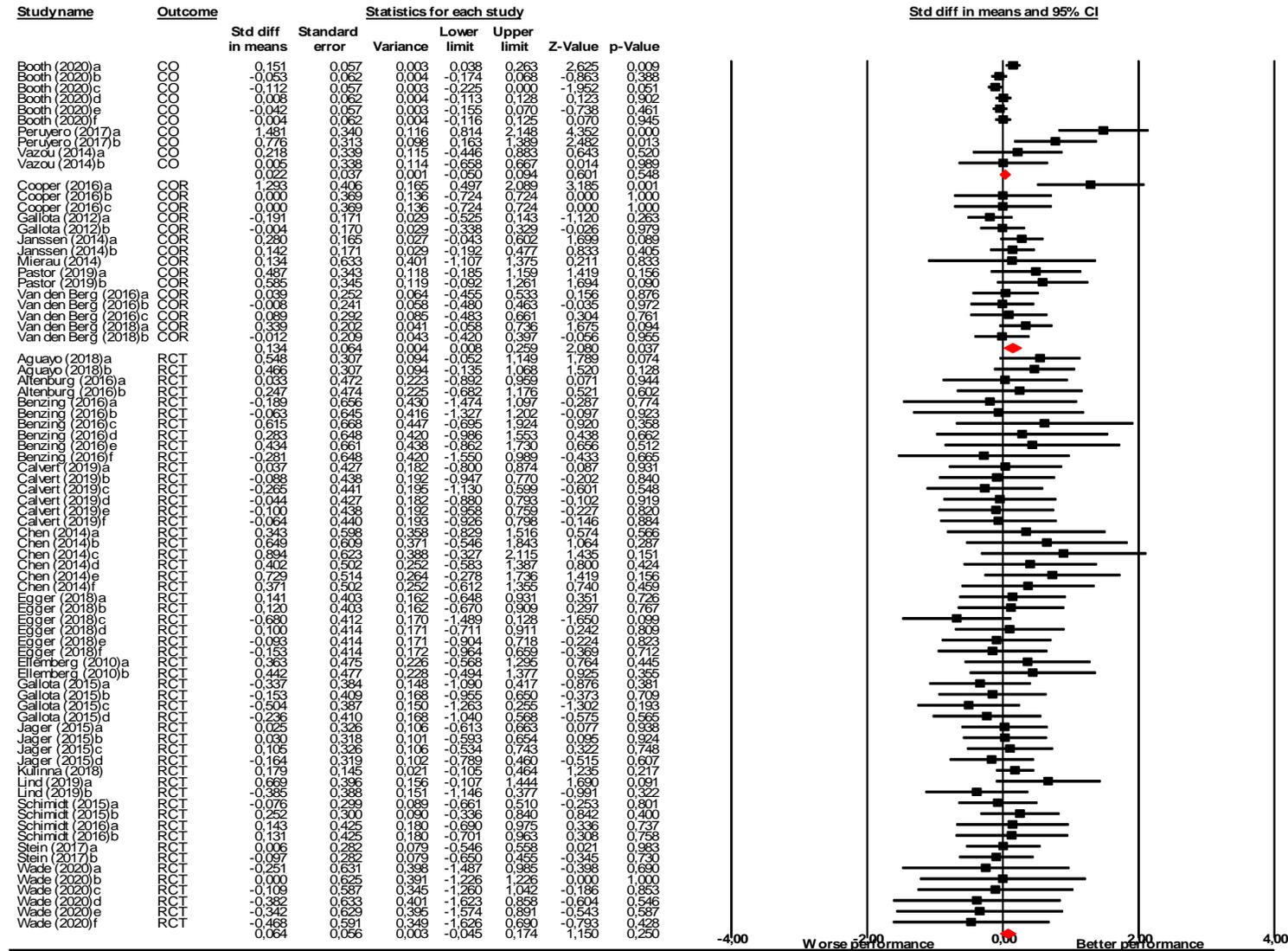
2021.

Figura 4 - *Funnel plot* ajustado de acordo com todos os estudos incluídos na metanálise



Fonte: O autor, 2021.

Figura 5 - Forest plot da subanálise de tipo de estudo



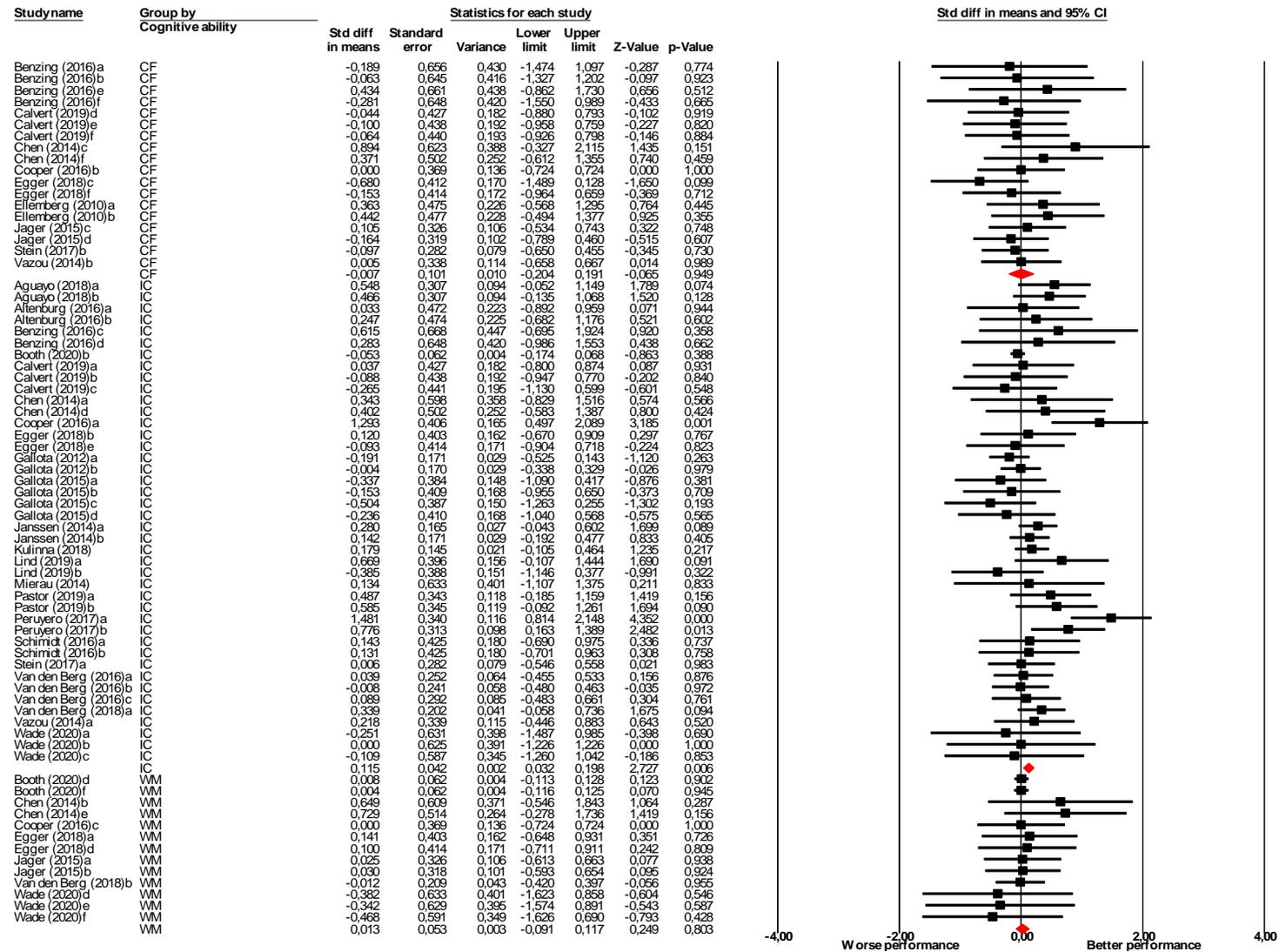
Fonte:

O

autor,

2021.

Figura 6 - Forest plot da subanálise das funções executivas



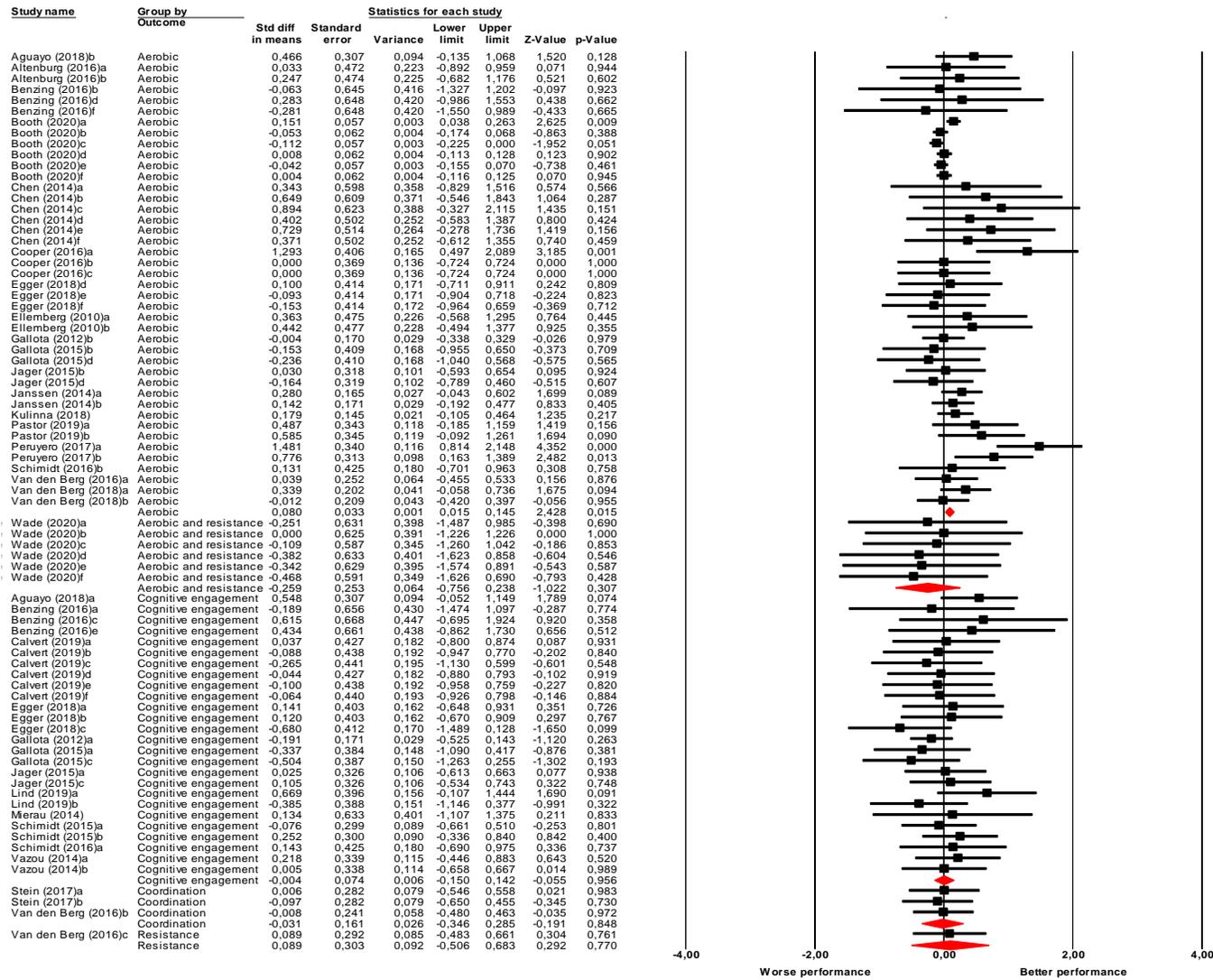
Fonte:

O

autor,

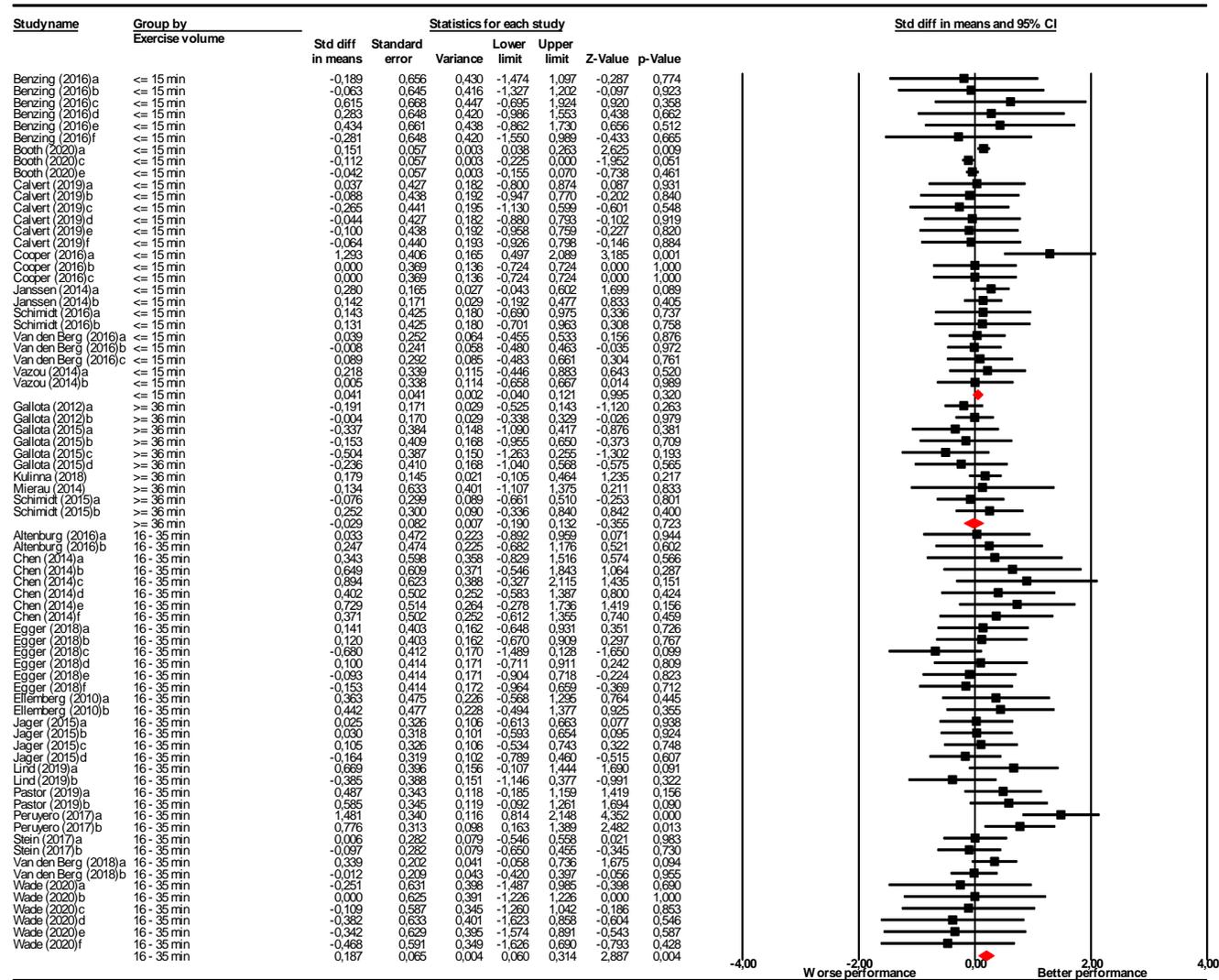
2021.

Figura 7 - Forest plot da subanálise de tipo de exercício



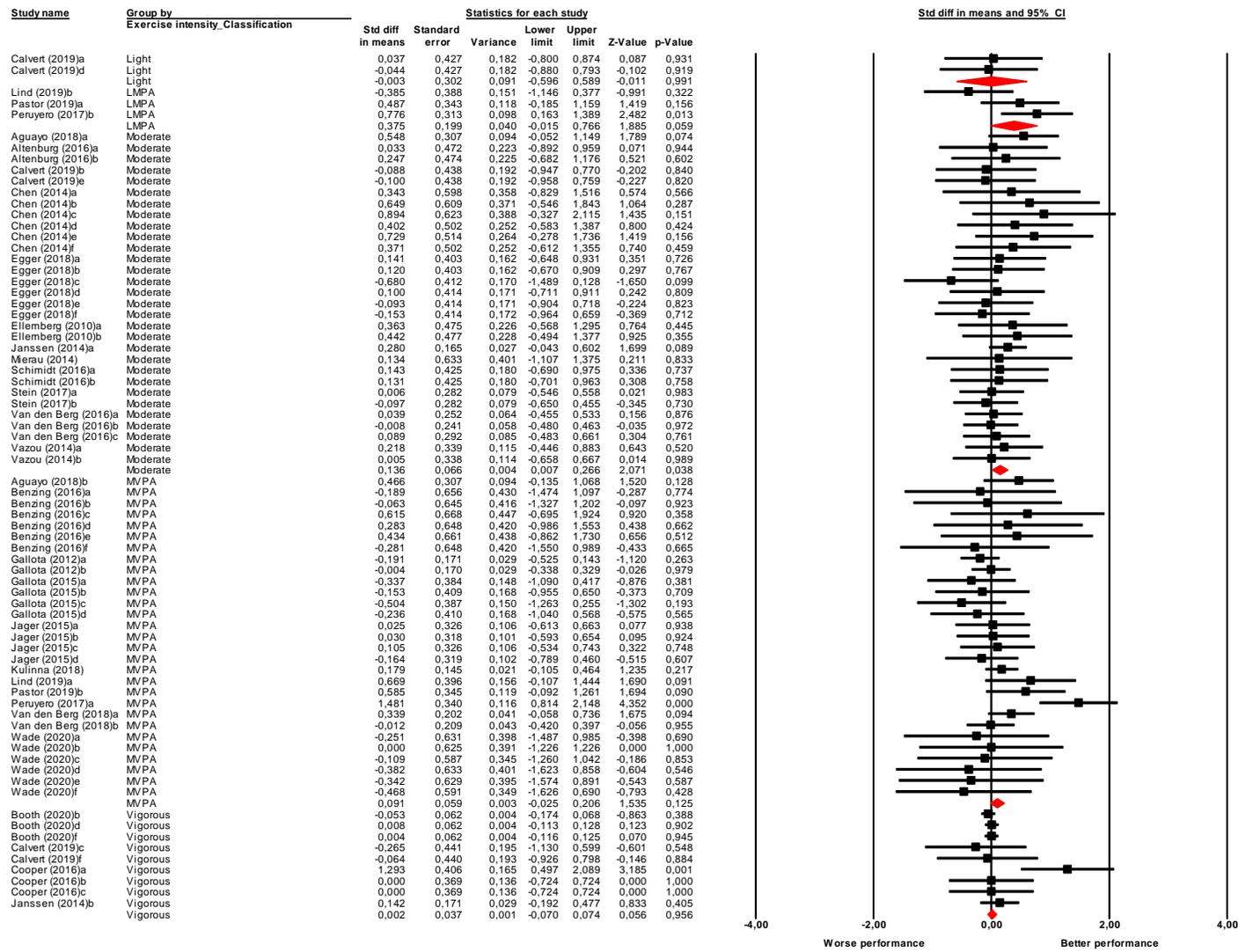
Fonte: O autor, 2021.

Figura 8 - Forest plot da subanálise de duração do exercício



Fonte: O autor, 2021.

Figura 9 - Forest plot da subanálise de intensidade do exercício



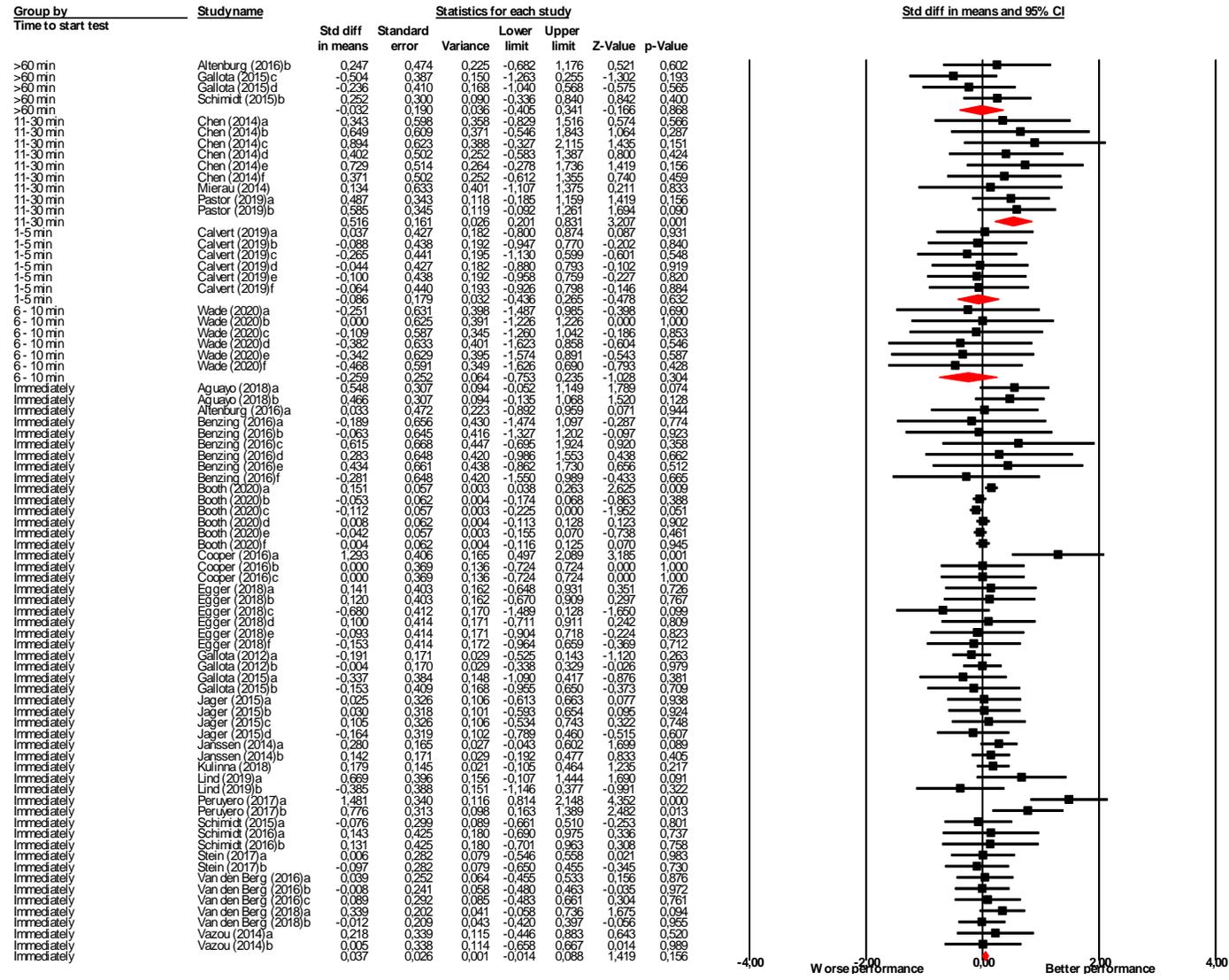
Fonte:

O

autor,

2021.

Figura 10 - Forest plot da subanálise de tempo para iniciar a avaliação cognitiva no momento pós



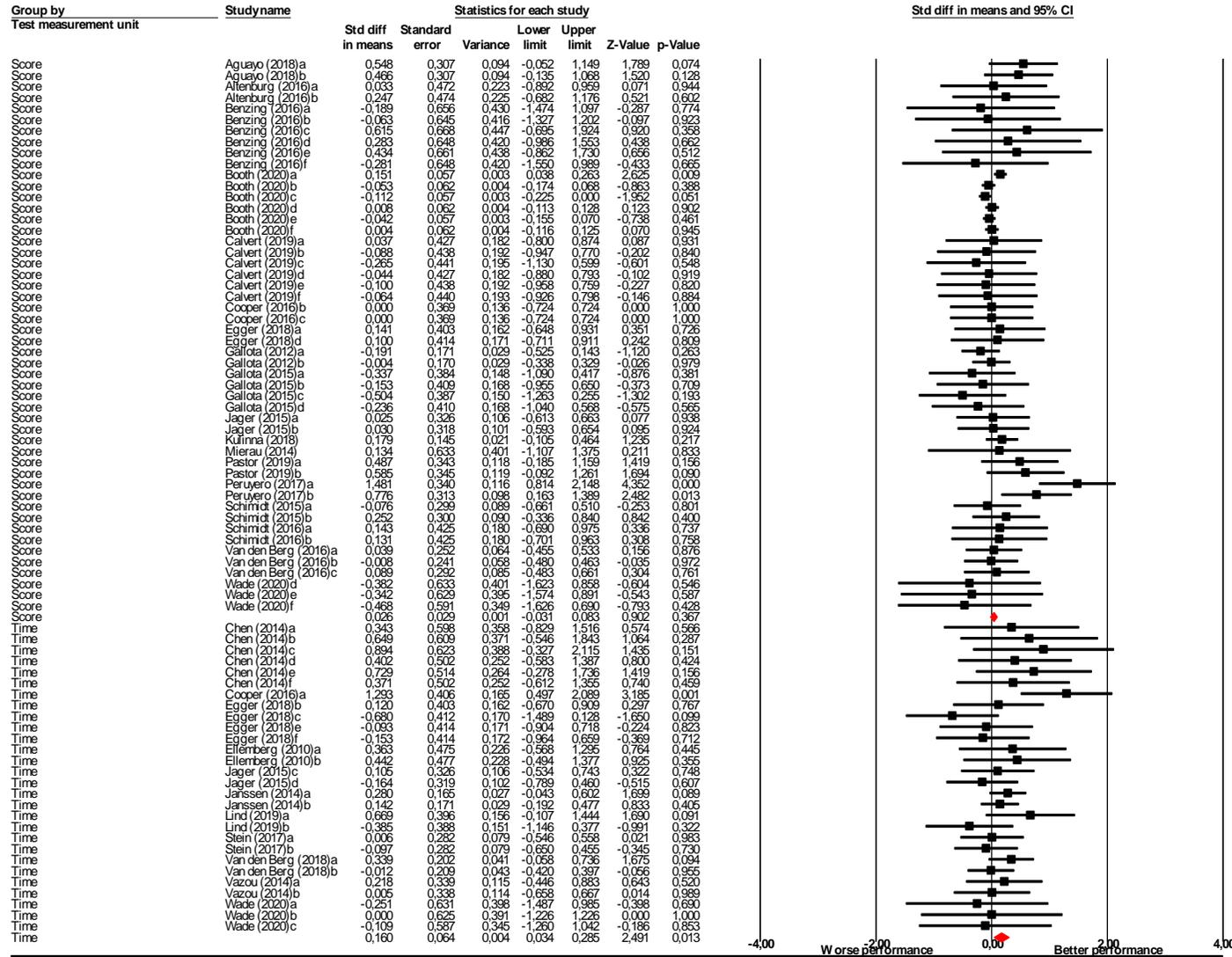
Fonte:

O

autor,

2021.

Figura 11 - Forest plot da subanálise da unidade de medida da avaliação cognitiva (tempo de resposta e acurácia)



Fonte: O autor, 2021.

DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática e metanálise teve como objetivo analisar estudos publicados na literatura a respeito do efeito agudo do exercício físico de qualquer intensidade no desempenho de qualquer domínio das funções executivas em crianças e adolescentes até 18 anos de idade. Após a etapa de seleção de estudos, foram incluídos 25 estudos originais de intervenção que variavam entre RCT e *crossover*, todos publicados a partir de 2010. Apesar de os resultados gerais indicarem que o exercício físico não influenciou significativamente as funções executivas de crianças e adolescentes, as subanálises realizadas apontaram resultados relevantes e relação às características das intervenções.

Os resultados estatísticos obtidos através da análise dos 25 estudos incluídos contribuíram para a expansão de evidências científicas acerca do efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes. Quando investigados todos os estudos, não foi encontrada nenhuma diferença significativa nas funções executivas após diferentes configurações de atividades físicas. Este resultado está de acordo com uma recente metanálise que incluiu apenas nove estudos e também não encontrou efeito do exercício para as funções executivas como um todo (DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018). Em contrapartida, outra metanálise com ainda menos estudos ($n = 4$) apontou que houve um efeito geral significativo do exercício físico agudo nas funções executivas, encontrando um tamanho de efeito quase moderado (VERBURGH; KONIGS; SCHERDER; OOSTERLAAN, 2014). O número pequeno de estudos incluídos pode ser uma possível explicação para as diferenças encontradas.

Além de o controle inibitório ter sido o subdomínio das funções executivas mais investigado entre os estudos incluídos nesta metanálise, tendência já evidenciada por PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.* (2019), os resultados estatísticos demonstraram que o desempenho dessa habilidade cognitiva melhorou significativamente após a prática aguda de exercício físico em crianças e adolescentes. Esses resultados corroboram uma revisão que também não encontrou resultados gerais nas funções executivas, mas sim nos subdomínios de controle inibitório e atenção seletiva (DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018). Essa metanálise de 2018 encontrou um tamanho de efeito de 0,28 para o

efeito do exercício físico no controle inibitório, enquanto a nossa metanálise encontrou um efeito menor ($SMD = 0,11$), mas ainda significativo. Encontramos que a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva não foram afetadas pelo efeito agudo do exercício físico, indicando não haver, inclusive, detrimientos dessas habilidades. Esses achados são corroborados por RATHORE e LOM (2017) e DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.* (2018), revisões que também não acharam efeitos significativos do exercício nesses domínios das funções executivas.

Exercícios físicos de intensidade moderada demonstraram ter um potencial benéfico maior nas funções executivas de crianças e adolescentes. Esse achado está de acordo com a sugestão de que há um efeito U invertido associado aos benefícios de exercícios de diferentes intensidades na cognição, indicando que atividades moderadas desempenham melhores efeitos sobre a cognição, enquanto exercícios físicos leves e vigorosos apresentam efeitos menores (MCMORRIS; HALE, 2012). Ressalva-se que a presente revisão, assim como estudos anteriores (PESCE, 2012; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019), observou que a maioria dos estudos que avaliaram o efeito do exercício físico no desempenho cognitivo de indivíduos até 18 anos de idade foram conduzidos com exercícios de intensidades definidas como moderadas e moderadas a vigorosas.

Nossos achados indicam que as mudanças nas funções executivas podem ser induzidas e diferenciadas de acordo com o tipo de exercício físico utilizado. Embora a predominância nesta área de pesquisa seja de atividades potencialmente aeróbicas (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019), nós encontramos um equilíbrio entre a quantidade de intervenções utilizando atividades aeróbicas e atividades com engajamento cognitivo na avaliação de crianças e adolescentes especificamente. Apesar disso, exercícios de resistência e coordenativos demonstraram ser muito escassos. Dentre os tipos de exercício incluídos nas nossas subanálises, o exercício físico aeróbio foi o único a apresentar um efeito significativo, ainda que pequeno, nas funções executivas de crianças e adolescentes. Esse resultado reforça os achados de uma metanálise anterior que encontrou um tamanho de efeito positivo, apesar de pequeno, de atividades físicas aeróbicas nas funções executivas de crianças de seis a 12 anos de idade, enquanto nenhum efeito significativo foi apontado em exercícios engajados cognitivamente (DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018). Esses achados

vão contra o que grande parte dos recentes estudos indicam, principalmente de forma crônica (PESCE; VAZOU; BENZING; ALVAREZ-BUENO *et al.*, 2021; SINGH; SALIASI; VAN DEN BERG; UIJTDEWILLIGEN *et al.*, 2018). No entanto, também é possível observar RCT que apontam um benefício agudo do exercício físico engajado cognitivamente, como é o caso do estudo de BENZING; HEINKS; EGGENBERGER e SCHMIDT (2016), que observou um aperfeiçoamento da flexibilidade cognitiva após a prática de *exergames* – exercícios com demanda cognitiva – quando comparados a exercícios exclusivamente aeróbios praticados sob intensidade semelhante.

Considerando a duração do exercício físico, o resultado mais expressivo foi encontrado na faixa de 16 a 35 minutos com um tamanho de efeito de 0,19. Apesar disso, um fato importante é que apesar das outras faixas não terem apresentado efeitos positivos, elas também não atrapalharam o funcionamento executivo da amostra. Os resultados de CHANG; LABBAN; GAPIN e ETNIER (2012) indicaram que exercícios com durações acima de 11 minutos passaram a apresentar pequenos efeitos positivos sobre a cognição após a prática física quando comparados a exercícios mais curtos, corroborando nossos achados.

Uma das subanálises realizadas foi referente ao tempo para iniciar a avaliação das funções executivas após a prática de exercício físico. Apesar de ter sido observado que mais de 75% dos estudos iniciaram essa avaliação imediatamente após, o resultado do *forest plot* para essa subanálise indicou que estudos que realizaram a avaliação cognitiva entre 11 e 30 minutos após o encerramento da sessão do exercício obtiveram o melhor resultado. Esse feito se assemelha ao encontrado por outras revisões que indicaram que os melhores resultados são encontrados quando as funções cognitivas são acessadas após cerca de 15 minutos (CHANG; LABBAN; GAPIN; ETNIER, 2012; LAMBOURNE; TOMPOROWSKI, 2010). Esses achados são coerentes quando consideramos a hipótese da hipofrontalidade, que defende a ocorrência de uma piora da capacidade cognitiva durante a prática de exercício físico devido à necessidade de desvio de recursos metabólicos para regiões cerebrais mais intimamente relacionadas à atividade motora e sensorial (AUDIFFREN, 2016; DIETRICH; AUDIFFREN, 2011). Apesar disso, após o encerramento da prática de exercício físico sugere-se que o aumento dos níveis de excitação fisiológica seja responsável pela redistribuição de recursos (O'LEARY; PONTIFEX; SCUDDER; BROWN *et al.*, 2011), aumentando o

fluxo sanguíneo do CPF, evento capaz de aprimorar o desempenho das funções executivas (AUDIFFREN, 2009; TOMPOROWSKI, 2003). Apesar de não haver uma clareza em relação à duração dos efeitos negativos relacionados à teoria da hipofrontalidade, estudos que realizaram as avaliações cognitivas em um intervalo variando entre 5 e 25 minutos apresentaram resultados significativos para o efeito do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes (CHEN; YAN; YIN; PAN *et al.*, 2014; DROLLETTE; SHISHIDO; PONTIFEX; HILLMAN, 2012; PASTOR; CERVELLÓ; PERUYERO; BIDDLE *et al.*, 2019).

O exercício físico promoveu um efeito agudo benéfico no tempo de resposta em avaliações de funções executivas, com um tamanho de efeito significativo apesar de muito pequeno (SMD = 0,16). Enquanto isso, as análises estatísticas não encontraram efeito significativo na acurácia dos testes avaliados. Este achado corrobora uma metanálise publicada recentemente sobre o efeito agudo do exercício aeróbico nas funções executivas, a qual encontrou o mesmo resultado na análise referente à acurácia e ao tempo de resposta (ISHIHARA; DROLLETTE; LUDYGA; HILLMAN *et al.*, 2021). Para interpretar esses resultados é necessário considerar que algumas avaliações cognitivas não foram planejadas para identificar alterações no desempenho do indivíduo uma vez que não foram feitas para serem aplicadas repetidamente (CHAN; SHUM; TOULOPOULOU; CHEN, 2008). É possível que aconteça o aprendizado da tarefa, favorecendo resultados mais expressivos durante as reavaliações e atrapalhando a investigação acerca da influência do exercício físico naquele resultado (CHAN; SHUM; TOULOPOULOU; CHEN, 2008), este efeito compromete a validade do teste (HEALE; TWYXCROSS, 2015). Nesse sentido, de acordo com os resultados discutidos, o tempo de resposta parece assegurar uma maior sensibilidade durante o processo de reavaliações cognitivas.

Adicionalmente, a atual metanálise encontrou que o desenho de estudo *crossover* – com descrição de randomização – parece beneficiar a identificação de efeitos agudos significativos do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes. Esse resultado está de acordo com uma detalhada revisão publicada em 2019 que apontou esse tipo de desenho de estudo como o mais apropriado nesta área considerando que a estratégia de cruzamento dos indivíduos pode controlar o viés do efeito de aprendizagem da tarefa (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

Esta revisão possui limitações que devem ser consideradas. Apesar de a metanálise incluir 25 estudos, ela tinha capacidade de ser ainda mais abrangente. Um total de 19 estudos precisaram ser excluídos durante a etapa de seleção por não apresentarem os dados necessários, como tamanho da amostra, e média e desvio padrão dos desempenhos de funções executivas. Além disso, embora todos os estudos tenham investigado as funções executivas, existe uma variação muito grande em relação aos testes utilizados para mensurar esse constructo, dificultando sua padronização. Outra limitação em relação às funções executivas é a divergência encontrada na literatura acerca da definição dos subdomínios investigados por cada teste. É possível observar casos nos quais uma mesma ferramenta de avaliação é associada à diferentes habilidades cognitivas, situação que também desfavorece a padronização nessa área. Alguns estudos também deixaram de descrever algumas informações importantes dos protocolos de intervenção, dificultando compreensão de seus efeitos e a realização de subanálises. Dados como idade; IMC; duração e intensidade do exercício; e tempo para início da avaliação cognitiva após as sessões foram preteridos por alguns estudos. Por último, observou-se uma lacuna em relação a estudos que avaliassem o efeito agudo do exercício físico nos domínios de memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, diminuindo a possibilidade de entendimento dessas áreas específicas.

CONCLUSÃO

No geral, os resultados do nosso estudo indicam que o exercício físico é capaz de beneficiar agudamente o desempenho de tarefas cognitivas realizadas sob condições específicas. A melhora das funções executivas após a prática de exercício físico parece depender de uma série de fatores, mas os resultados indicam que os principais benefícios foram obtidos no desempenho do controle inibitório de crianças e adolescentes que realizaram exercícios principalmente de caráter aeróbio e com duração entre 16 e 35 minutos. Ainda, exercícios de intensidade moderada parecem fornecer mais benefícios às funções executivas de indivíduos até 18 anos.

Os resultados das análises apresentam coesão com evidências científicas anteriores, incluindo os mecanismos neurofisiológicos referentes à prática aguda de exercício. Considerando o potencial observado em relação à capacidade do exercício físico influenciar positivamente a cognição, sugere-se que estudos futuros sejam realizados focando nos mecanismos que podem explicar esses resultados. Além disso, também recomendamos que as intervenções agudas de exercício físico, de preferência através de *crossover* randomizados, continuem a ser exploradas considerando as características do exercício e as lacunas da literatura evidenciadas pela nossa metanálise.

REFERÊNCIAS

AGUAYO, B.; ROMÁN, P.; SÁNCHEZ, J.; VALLEJO, A. Efecto Agudo en la Atención de Niños de 12 a 14 Años de una Clase de Educación Física. **Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación – e Avaliação Psicológica**, 49, n. 4, 2018.

ALTENBURG, T. M.; CHINAPAW, M. J.; SINGH, A. S. Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. **J Sci Med Sport**, 19, n. 10, p. 820-824, Oct 2016.

ALWAN, A.; MACLEAN, D. R.; RILEY, L. M.; D'ESPAIGNET, E. T. *et al.* Monitoring and surveillance of chronic non-communicable diseases: progress and capacity in high-burden countries. **Lancet**, 376, n. 9755, p. 1861-1868, Nov 27 2010.

AUDIFFREN, M. Acute exercise and psychological functions: A cognitive-energetic approach. *In: Exercise and cognitive function.*: Wiley-Blackwell, 2009. p. 3-39.

AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise: Current data and future perspectives. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives.* San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 147-166.

BAILEY, R.; HILLMAN, C.; ARENT, S.; PETITPAS, A. Physical activity: an underestimated investment in human capital? **J Phys Act Health**, 10, n. 3, p. 289-308, Mar 2013.

BENZING, V.; HEINKS, T.; EGGENBERGER, N.; SCHMIDT, M. Acute Cognitively Engaging Exergame-Based Physical Activity Enhances Executive Functions in Adolescents. **PLoS One**, 11, n. 12, p. e0167501, 2016.

BEST, J. R.; MILLER, P. H. A developmental perspective on executive function. **Child Dev**, 81, n. 6, p. 1641-1660, Nov-Dec 2010.

BIDDLE, S. J.; GORELY, T.; STENSEL, D. J. Health-enhancing physical activity and sedentary behaviour in children and adolescents. **J Sports Sci**, 22, n. 8, p. 679-701, Aug 2004.

BOOTH, J. N.; CHESHAM, R. A.; BROOKS, N. E.; GORELY, T. *et al.* A citizen science study of short physical activity breaks at school: improvements in cognition and wellbeing with self-paced activity. **BMC Med**, 18, n. 1, p. 62, Mar 17 2020.

BORENSTEIN, M.; HEDGES, L. V.; HIGGINS, J. P.; ROTHSTEIN, H. R. **Introduction to Meta-Analysis**. 1 ed. Chichester, U.K: John Wiley & Sons, 2009.

CALVERT, H. G.; BARCELONA, J. M.; MELVILLE, D.; TURNER, L. Effects of acute physical activity on NIH toolbox-measured cognitive functions among children in authentic education settings. **Mental Health and Physical Activity**, 17, p. 100293, 2019.

CHAN, R. C.; SHUM, D.; TOULOPOULOU, T.; CHEN, E. Y. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. **Arch Clin Neuropsychol**, 23, n. 2, p. 201-216, Mar 2008.

CHANG, Y. K.; LABBAN, J. D.; GAPIN, J. I.; ETNIER, J. L. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. **Brain Res**, 1453, p. 87-101, May 9 2012.

CHEN, A.-G.; YAN, J.; YIN, H.-C.; PAN, C.-Y. *et al.* Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. **Psychology of Sport and Exercise**, 15, n. 6, p. 627-636, 2014.

COLCOMBE, S.; KRAMER, A. F. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. **Psychol Sci**, 14, n. 2, p. 125-130, Mar 2003.

COLLABORATION, N. C. D. R. F. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. **Lancet**, 390, n. 10113, p. 2627-2642, Dec 16 2017.

COOPER, S. B.; BANDELOW, S.; NUTE, M. L.; DRING, K. J. *et al.* Sprint-based exercise and cognitive function in adolescents. **Prev Med Rep**, 4, p. 155-161, Dec 2016.

DE GREEFF, J. W.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C. *et al.* Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **J Sci Med Sport**, 21, n. 5, p. 501-507, May 2018.

DESLANDES, A.; MORAES, H.; FERREIRA, C.; VEIGA, H. *et al.* Exercise and mental health: many reasons to move. **Neuropsychobiology**, 59, n. 4, p. 191-198, 2009.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**, 64, p. 135-168, 2013.

DIAMOND, A. The Cognitive Benefits of Exercise in Youth. **Curr Sports Med Rep**, 14, n. 4, p. 320-326, Jul-Aug 2015.

DIETRICH, A.; AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. **Neurosci Biobehav Rev**, 35, n. 6, p. 1305-1325, May 2011.

DROLLETTE, E. S.; SHISHIDO, T.; PONTIFEX, M. B.; HILLMAN, C. H. Maintenance of cognitive control during and after walking in preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 44, n. 10, p. 2017-2024, Oct 2012.

DUVAL, S.; TWEEDIE, R. Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. **Biometrics**, 56, n. 2, p. 455-463, Jun 2000.

EGGER, F.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. The effect of acute cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions: Too much of a good thing? **Psychology of Sport and Exercise**, 36, p. 178-186, 2018.

ELLEMBERG, D.; ST-LOUIS-DESCHÊNES, M. The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. **Psychology of Sport and Exercise**, 11, n. 2, p. 122-126, 2010.

FEDEWA, A. L.; AHN, S. The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. **Res Q Exerc Sport**, 82, n. 3, p. 521-535, Sep 2011.

FERRAZ, O. L. Educação física escolar: conhecimento e especificidade a questão da pré-escola. **Revista Paulista de Educação Física**, 0, n. supl.2, p. 16-22, 12/20 1996.

GALLOTTA, M. C.; EMERENZIANI, G. P.; FRANCIOSI, E.; MEUCCI, M. *et al.* Acute physical activity and delayed attention in primary school students. **Scand J Med Sci Sports**, 25, n. 3, p. e331-338, Jun 2015.

GALLOTTA, M. C.; GUIDETTI, L.; FRANCIOSI, E.; EMERENZIANI, G. P. *et al.* Effects of varying type of exertion on children's attention capacity. **Med Sci Sports Exerc**, 44, n. 3, p. 550-555, Mar 2012.

HALL, C.; SMITH, A.; KEELE, S. The impact of aerobic activity on cognitive function in older adults: A new synthesis based on the concept of executive control. **European Journal of Cognitive Psychology - EUR J COGN PSYCHOL**, 13, p. 279-300, 03/01 2001.

HEALE, R.; TWYCROSS, A. Validity and reliability in quantitative studies. **Evid Based Nurs**, 18, n. 3, p. 66-67, Jul 2015.

HIGGINS, J. P.; ALTMAN, D. G.; GÖTZSCHE, P. C.; JÜNI, P. *et al.* The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. **Bmj**, 343, p. d5928, 2011.

HOPKINS, W. G. Linear Models and Effect Magnitudes for Research, Clinical and Practical Applications. **Sportsmedicine**, 14, 2010.

ISHIHARA, T.; DROLLETTE, E. S.; LUDYGA, S.; HILLMAN, C. H. *et al.* The effects of acute aerobic exercise on executive function: A systematic review and meta-analysis of individual participant data. **Neurosci Biobehav Rev**, 128, p. 258-269, Jun 18 2021.

JADAD, A. R.; MOORE, R. A.; CARROLL, D.; JENKINSON, C. *et al.* Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? **Control Clin Trials**, 17, n. 1, p. 1-12, Feb 1996.

JÄGER, K.; SCHMIDT, M.; CONZELMANN, A.; ROEBERS, C. M. The effects of qualitatively different acute physical activity interventions in real-world settings on executive functions in preadolescent children. **Mental Health and Physical Activity**, 9, p. 1-9, 2015.

JANSSEN, M.; CHINAPAW, M. J. M.; RAUH, S. P.; TOUSSAINT, H. M. *et al.* A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10–11. **Mental Health and Physical Activity**, 7, n. 3, p. 129-134, 2014.

KRAMER, A. F.; HAHN, S.; COHEN, N. J.; BANICH, M. T. *et al.* Ageing, fitness and neurocognitive function. **Nature**, 400, n. 6743, p. 418-419, Jul 29 1999.

KULINNA, P. H.; STYLIANOU, M.; DYSON, B.; BANVILLE, D. *et al.* The Effect of an Authentic Acute Physical Education Session of Dance on Elementary Students' Selective Attention. **Biomed Res Int**, 2018, p. 8790283, 2018.

LAMBOURNE, K.; TOMPOROWSKI, P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. **Brain Res**, 1341, p. 12-24, Jun 23 2010.

LIND, R. R.; BECK, M. M.; WIKMAN, J.; MALARSKI, K. *et al.* Acute high-intensity football games can improve children's inhibitory control and neurophysiological measures of attention. **Scand J Med Sci Sports**, 29, n. 10, p. 1546-1562, Oct 2019.

LUDYGA, S.; GERBER, M.; BRAND, S.; HOLSBOER-TRACHSLER, E. *et al.* Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. **Psychophysiology**, 53, n. 11, p. 1611-1626, Nov 2016.

MCMORRIS, T.; HALE, B. J. Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: a meta-analytical investigation. **Brain Cogn**, 80, n. 3, p. 338-351, Dec 2012.

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P.; EMERSON, M. J.; WITZKI, A. H. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cogn Psychol**, 41, n. 1, p. 49-100, Aug 2000.

MOREAU, D.; CHOU, E. The Acute Effect of High-Intensity Exercise on Executive Function: A Meta-Analysis. **Perspect Psychol Sci**, 14, n. 5, p. 734-764, Sep 2019.

O'LEARY, K. C.; PONTIFEX, M. B.; SCUDDER, M. R.; BROWN, M. L. *et al.* The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control. **Clin Neurophysiol**, 122, n. 8, p. 1518-1525, Aug 2011.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **PLoS Med**, 18, n. 3, p. e1003583, Mar 2021.

PARK, S.; ETNIER, J. L. Beneficial Effects of Acute Exercise on Executive Function in Adolescents. **J Phys Act Health**, 16, n. 6, p. 423-429, Jun 1 2019.

PASTOR, D.; CERVELLÓ, E.; PERUYERO, F.; BIDDLE, S. *et al.* Acute physical exercise intensity, cognitive inhibition and psychological well-being in adolescent physical education students. **Current Psychology**, 2019.

PERUYERO, F.; ZAPATA, J.; PASTOR, D.; CERVELLO, E. The Acute Effects of Exercise Intensity on Inhibitory Cognitive Control in Adolescents. **Front Psychol**, 8, p. 921, 2017.

PESCE, C. Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. **J Sport Exerc Psychol**, 34, n. 6, p. 766-786, Dec 2012.

PESCE, C.; VAZOU, S.; BENZING, V.; ALVAREZ-BUENO, C. *et al.* Effects of chronic physical activity on cognition across the lifespan: a systematic meta-review of randomized controlled trials and realist synthesis of contextualized mechanisms. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, p. 1-39, 06/08 2021.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALA, K. L. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, 40, p. 1-22, 2019.

RAINE, L. B.; SCUDDER, M. R.; SALIBA, B. J.; KRAMER, A. F. *et al.* Aerobic Fitness and Context Processing in Preadolescent Children. **J Phys Act Health**, 13, n. 1, p. 94-101, Jan 2016.

RATHORE, A.; LOM, B. The effects of chronic and acute physical activity on working memory performance in healthy participants: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. **Syst Rev**, 6, n. 1, p. 124, Jun 30 2017.

RIGGS, N. R.; JAHROMI, L. B.; RAZZA, R. P.; DILLWORTH-BART, J. E. *et al.* Executive function and the promotion of social–emotional competence. **Journal of Applied Developmental Psychology**, 27, n. 4, p. 300-309, 2006/07/01/ 2006.

RUIZ, J. R.; ORTEGA, F. B.; MARTINEZ-GOMEZ, D.; LABAYEN, I. *et al.* Objectively measured physical activity and sedentary time in European adolescents: the HELENA study. **Am J Epidemiol**, 174, n. 2, p. 173-184, Jul 15 2011.

SCHMIDT, M.; BENZING, V.; KAMER, M. Classroom-Based Physical Activity Breaks and Children's Attention: Cognitive Engagement Works! **Front Psychol**, 7, p. 1474, 2016.

SCHMIDT, M.; EGGER, F.; CONZELMANN, A. Delayed Positive Effects of an Acute Bout of Coordinative Exercise on Children's Attention (1). **Percept Mot Skills**, 121, n. 2, p. 431-446, Oct 2015.

SENTALIN, P. B. R.; PINHEIRO, A. O.; OLIVEIRA, R. R.; ZANGARO, R. A. *et al.* Obesity and metabolic syndrome in children in Brazil: The challenge of lifestyle change. **Medicine (Baltimore)**, 98, n. 19, p. e15666, May 2019.

SINGH, A. S.; SALIASI, E.; VAN DEN BERG, V.; UIJTDEWILLIGEN, L. *et al.* Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. **Br J Sports Med**, 53, n. 10, p. 640-647, May 2018.

STEIN, M.; AUERSWALD, M.; EBERSBACH, M. Relationships between Motor and Executive Functions and the Effect of an Acute Coordinative Intervention on Executive Functions in Kindergartners. **Front Psychol**, 8, p. 859, 2017.

TOMPOROWSKI, P. D. Effects of acute bouts of exercise on cognition. **Acta Psychol (Amst)**, 112, n. 3, p. 297-324, Mar 2003.

VAN DEN BERG, V.; SALIASI, E.; DE GROOT, R. H.; JOLLES, J. *et al.* Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. **Front Psychol**, 7, p. 723, 2016.

VAN DEN BERG, V.; SALIASI, E.; JOLLES, J.; DE GROOT, R. H. M. *et al.* Exercise of Varying Durations: No Acute Effects on Cognitive Performance in Adolescents. **Front Neurosci**, 12, p. 672, 2018.

VAN STRALEN, M. M.; YILDIRIM, M.; WULP, A.; TE VELDE, S. J. *et al.* Measured sedentary time and physical activity during the school day of European 10- to 12-year-old children: the ENERGY project. **J Sci Med Sport**, 17, n. 2, p. 201-206, Mar 2014.

VAZOU, S.; SMILEY-OYEN, A. Moving and academic learning are not antagonists: acute effects on executive function and enjoyment. **J Sport Exerc Psychol**, 36, n. 5, p. 474-485, Oct 2014.

VERBURGH, L.; KONIGS, M.; SCHERDER, E. J.; OOSTERLAAN, J. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. **Br J Sports Med**, 48, n. 12, p. 973-979, Jun 2014.

WADE, L.; LUBANS, D. R.; SMITH, J. J.; DUNCAN, M. J. The impact of exercise environments on adolescents' cognitive and psychological outcomes: A randomised controlled trial. **Psychology of Sport and Exercise**, 49, p. 101707, 2020.

WANG, X.; LIU, X.; FENG, T. The continuous impact of cognitive flexibility on the development of emotion understanding in children aged 4 and 5 years: A longitudinal study. **Journal of Experimental Child Psychology**, 203, p. 105018, 2021/03/01/2021.

WARBURTON, D. E.; BREDIN, S. S. Reflections on Physical Activity and Health: What Should We Recommend? **Can J Cardiol**, 32, n. 4, p. 495-504, Apr 2016.

WARBURTON, D. E. R.; BREDIN, S. S. D. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. **Curr Opin Cardiol**, 32, n. 5, p. 541-556, Sep 2017.

WHO, W. H. O. **Report of the commission on ending childhood obesity.** World Health Organization, 2016. 9241510064.

WIEBE, S.; KARBACH, J. **Executive Function: Development Across the Life Span.** 1 ed. 2017.

ZHANG, B.; LIU, Y.; ZHAO, M.; MENG, X. *et al.* Differential effects of acute physical activity on executive function in preschoolers with high and low habitual physical activity levels. **Mental Health and Physical Activity**, 18, p. 100326, 2020.

3 ESTUDO 2 – A CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÕES EXECUTIVAS, CAPACIDADES FÍSICAS E COMPETÊNCIAS SOCIOEMOCIONAIS: UM ESTUDO DE CORTE TRANSVERSAL.

RESUMO

A associação positiva entre capacidades físicas, competências socioemocionais e funções executivas em crianças em idade escolar tem sido observada. Entretanto, não se encontra bem definido na literatura quais valências físicas possuem um maior potencial de correlação com subdomínios das funções executivas e com habilidades socioemocionais. A fim de melhor compreender a relação entre a cognição e a aptidão física de crianças, esse estudo teve como objetivo avaliar a correlação de capacidades físicas com variáveis de funções executivas e de competências socioemocionais em crianças em idade escolar. Esse estudo de corte transversal envolveu alunos (8 – 12 anos de idade, $n = 93$; 44,09% do sexo feminino) de uma escola privada situada no Rio de Janeiro, Brasil. Os indivíduos completaram avaliações de controle inibitório (teste de Stroop), memória de trabalho (tarefa de dígitos), capacidades físicas (manual de avaliação do Projeto Esporte Brasil, o PROESP-Br), coordenação motora óculo-manual (teste do toque em disco, TTD), e competências socioemocionais (inventário SSRS). Testes de normalidade e homocedasticidade foram aplicados em todas as variáveis; testes de correlação de Pearson e Spearman foram utilizados para avaliar a correlação entre variáveis de capacidade física, funções executivas e competências socioemocionais. Além disso, foram realizadas regressões lineares para identificar as associações existentes entre as variáveis. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Das oito variáveis de capacidades físicas incluídas na análise, sete apresentaram ao menos um resultado significativo de correlação com os testes de funções executivas, com destaque para a relação entre TTD e o tempo de resposta da etapa incongruente do teste de Stroop ($r_s = 0,570$; $p < 0,001$). As principais associações envolviam o desfecho de controle inibitório e a coordenação motora óculo-manual, sendo o TTD capaz de prever entre 25,7 e 33,4% o desempenho no teste de Stroop. A regressão linear realizada para avaliar os fatores associados à memória de trabalho encontrou que a agilidade e velocidade, quando não controladas por idade, possuem uma associação

fraca, porém significativa, com esse desfecho de funções executivas, (R^2 ajustado= 0,060; $p= 0,016$; R^2 ajustado= 0,042; $p= 0,039$), porém, ao controlar pela idade, a memória de trabalho deixou de apresentar associação com as valências físicas. Nenhum resultado significativo foi encontrado em relação às competências socioemocionais. Portanto, o presente estudo evidenciou que a maior parte das capacidades físicas estão correlacionadas aos principais desfechos de controle inibitório e memória de trabalho de crianças e adolescentes. Esses achados sugerem a importância de promover a prática regular de exercício físico desde a infância, objetivando seus resultados nos vários aspectos da saúde física, mental e do desenvolvimento do indivíduo.

Palavras-chave: Aptidão física. Coordenação motora. Função cognitiva. Crianças. Adolescentes.

INTRODUÇÃO

Crescentes evidências indicam uma associação positiva da prática de exercício físico com a estrutura e o funcionamento cerebral, e com a cognição ao longo da vida (CHADDOCK; VOSS; KRAMER, 2012; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008; KHAN; HILLMAN, 2014; TOMPOROWSKI; DAVIS; MILLER; NAGLIERI, 2008). Acredita-se que indivíduos com melhor aptidão física tendem a desempenhar melhor em testes cognitivos quando comparados aqueles que possuem uma aptidão física inferior, evidenciando a associação positiva entre esses desfechos (CHADDOCK; HILLMAN; PONTIFEX; JOHNSON *et al.*, 2012; HUANG; TARP; DOMAZET; THORSEN *et al.*, 2015). Apesar disso, países industrializados e em desenvolvimento caminham na contramão do que a ciência aponta e têm apresentado, cada vez mais, um aumento significativo dos casos de obesidade e sedentarismo infantis (CECCHINI; SASSI; LAUER; LEE *et al.*, 2010), com números tão expressivos que levam, inclusive, a obesidade a ser considerada uma epidemia global e o mal do século (COLLABORATION, 2017; WHO, 2016). Esse cenário preocupa a saúde pública uma vez que a obesidade infantil e a inatividade física aumentam a probabilidade de desenvolvimento de problemas tanto de saúde física, como de saúde mental, podendo impactar toda a vida do indivíduo (DING; LAWSON; KOLBE-ALEXANDER; FINKELSTEIN *et al.*, 2016; PENEDO; DAHN, 2005; SANTOS-LOZANO; PAREJA-GALEANO; SANCHIS-GOMAR; QUINDOS-RUBIAL *et al.*, 2016).

Nessa circunstância, torna-se essencial a discussão do papel das escolas e das aulas de Educação Física (EF) no combate ao crescimento do sedentarismo e da obesidade infantis. Estudos apontam que ao contrário do que o senso comum acredita, as aulas de EF não prejudicam o desempenho acadêmico de indivíduos em outras disciplinas escolares (ESTEBAN-CORNEJO; MARTINEZ-GOMEZ; GARCIA-CERVANTES; ORTEGA *et al.*, 2017). Estudos comparativos com diferentes volumes de EF apontaram que crianças que apresentavam uma grade curricular com mais horas de EF tinham tendência a um melhor desempenho cognitivo e acadêmico (ARDOY; FERNANDEZ-RODRIGUEZ; JIMENEZ-PAVON; CASTILLO *et al.*, 2014; RUIZ-ARIZA; GRAO-CRUCES; DE LOUREIRO; MARTÍNEZ-LÓPEZ, 2017), mais uma vez corroborando com a hipótese de associação positiva de nível de aptidão

física e função cognitiva, em especial as funções executivas (SOLIS-URRA; OLIVARES-ARANCIBIA; SUAREZ-CADENAS; SANCHEZ-MARTINEZ *et al.*, 2019).

As capacidades físicas são variáveis que modulam o nível de aptidão física dos indivíduos, influenciando a qualidade de vida; a saúde física e mental; e o desempenho esportivo de indivíduos (GALLAHUE; OZMUN, 1994). As capacidades físicas são passíveis de treinamento e são classificadas em resistência, velocidade, agilidade, coordenação motora, flexibilidade, composição corporal, potência, força e equilíbrio (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; GALLAHUE; OZMUN, 1994; WILDER; GREENE; WINTERS; LONG *et al.*, 2006).

Já as funções executivas podem ser definidas como processos cognitivos responsáveis por orientar o comportamento humano (BEST; MILLER, 2010), sendo essenciais para programar, executar e monitorar processos da vida diária (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016), e desenvolver adequadamente as habilidades cognitivas e motoras de crianças e adolescentes (MIYAKE; FRIEDMAN; EMERSON; WITZKI *et al.*, 2000). Elas são formadas por 3 habilidades cognitivas fundamentais – o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva – que se mesclam e dão origem a funções executivas mais complexas, chamadas de funções executivas de ordem superior (DIAMOND, 2013). Além disso, existe um consenso de que funções executivas são essenciais para a capacidade de adaptação e para o controle de comportamentos sociais durante o período da vida (BLAIR, 2002; LYON; KRASNEGOR, 1996). Compreender as próprias emoções é uma habilidade de cognição social que dá ao indivíduo a capacidade de reconhecer, rotular, interpretar e responder aos seus sentimentos (AZNAR; TENENBAUM, 2013; HUGHES; DEVINE, 2015), e durante o período de desenvolvimento infantil essa capacidade socioemocional possui importantes implicações no que diz respeito à adaptação social, à aceitação do meio e ao comportamento de crianças (GARNER, 2010; IMUTA; HENRY; SLAUGHTER; SELCUK *et al.*, 2016; VALIENTE; SWANSON; EISENBERG, 2012). Evidências científicas demonstram que competências socioemocionais pode estar associada às funções executivas (FRUCHTMAN-STEINBOK; SALZER; HENIK; COHEN, 2017).

Apesar de muitos autores analisarem o desenvolvimento cognitivo e o desenvolvimento motor separadamente, eles parecem estar fundamentalmente relacionados (DIAMOND, 2000). Diferentes tarefas necessitam de uma ativação simultânea de todo o circuito cognitivo-motor que engloba o córtex pré-frontal (CPF),

o corpo estriado e o cerebelo. Dessa forma, fica evidente a ação concomitante dessas regiões cerebrais, já que o CPF participa do controle do movimento, e o cerebelo é uma área importante para as funções cognitivas (DIAMOND, 2000; LEISMAN; BRAUN-BENJAMIN; MELILLO, 2014). Neste sentido, compreender a relação entre as capacidades físicas e cognitivas é fundamental para o desenvolvimento de estratégias que possibilitem o crescimento e desenvolvimento pleno de crianças e adolescentes.

Espera-se que tanto os efeitos agudos – como a produção e liberação de miocinas; o aumento da concentração de catecolaminas; aumento do fluxo sanguíneo cerebral; maior produção e liberação de neurotrofinas; e a síntese e liberação de opióides e endocanabinóides (DIETRICH; AUDIFFREN, 2011; DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006) –, quanto os efeitos crônicos – como o aumento da capacidade oxidativa das células; o estímulo para a neuroplasticidade; e a ampliação da capacidade de neurogênese, angiogênese e sinaptogênese através da liberação de fatores tróficos (DESLANDES; MORAES; FERREIRA; VEIGA *et al.*, 2009; DUMAN, 2005; TOMPOROWSKI; PESCE, 2019) – do exercício promovam adaptações neurobiológicas e neurofisiológicas que levam a melhores desempenhos das funções cognitivas, em especial das funções executivas (COLCOMBE; KRAMER, 2003). Acredita-se que essa hipótese também possa ser aplicada a crianças, gerando adaptações no sistema nervoso central à medida que se desenvolvem (DIAMOND, 2013).

Um estudo longitudinal acompanhou por 9 anos indivíduos em idade escolar e identificou que crianças que com baixos níveis de aptidão física desempenhavam pior tanto em avaliações físicas, como em avaliações relacionadas à cognição. Além disso, esse estudo evidenciou a importância da EF escolar para o treinamento das habilidades físicas capazes de aprimorar os níveis de aptidão física dos indivíduos (ERICSSON; KARLSSON, 2014). Uma revisão sistemática publicada em 2014 analisou as evidências da literatura sobre a relação entre capacidades físicas e habilidades cognitivas em crianças neurotípicas de quatro a 16 anos de idade, e o principal achado mostrou que habilidades motoras complexas, como a coordenação motora bilateral e a coordenação motora fina, indicavam as relações mais fortes com habilidades cognitivas (VAN DER FELLS; TE WIERIKE; HARTMAN; ELFERINK-GEMSER *et al.*, 2015). Uma das capacidades físicas mais frequentemente avaliada é a coordenação motora, que foi, inclusive, associada aos três principais

subdomínios de funções executivas em crianças de cinco e seis anos de idade (ROEBERS; ROTH LISBERGER; NEUENSCHWANDER; CIMELI *et al.*, 2014). Um estudo transversal publicado pelo nosso laboratório encontrou correlação entre coordenação motora óculo-manual e desempenho acadêmico, mas não foi encontrado resultado significativo com as funções executivas centrais, nem com agilidade (FERNANDES; RIBEIRO; MELO; DE TARSO MACIEL-PINHEIRO *et al.*, 2016). Outro elemento muito comumente investigado pela literatura é a aptidão aeróbia, e sugere-se que a resistência aeróbia possua uma correlação fraca, porém significativa, com a memória de trabalho (KAO; WESTFALL; PARKS; PONTIFEX *et al.*, 2017) e com o controle inibitório (RAINE; SCUDDER; SALIBA; KRAMER *et al.*, 2016).

Apesar da literatura evidenciar as possíveis explicações para a relação entre capacidades físicas e cognitivas, é necessário compreender melhor como as capacidades físicas se relacionam com as funções executivas e com as competências socioemocionais, investigando se essa ligação é específica para determinados domínios dessas habilidades. A elucidação dessas relações pode contribuir para o desenvolvimento de programas de exercícios físicos mais eficientes, capazes de promover não apenas benefícios físicos e sociais, mas também de melhorar aspectos cognitivos de escolares. Observando, ainda, a importância de, através de estudos transversais, garantir a integração com a pesquisa de campo a fim de obter resultados que possam ser comparados aqueles estudos realizados em ambiente controlado (laboratórios). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a correlação das capacidades físicas com variáveis de funções executivas e competências socioemocionais em crianças em idade escolar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Características do estudo

A pesquisa foi realizada no Colégio Lemos de Castro, uma instituição de ensino da rede privada situada no bairro de Madureira, Zona Norte do município do Rio de Janeiro, RJ - Brasil. O estudo de corte transversal analisou a correlação entre as variáveis de aptidão física para saúde e desempenho esportivo, habilidades socioemocionais e funções executivas. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estácio de Sá, sob o registro CAAE: 96566818.8.0000.5284.

Amostra

Neste estudo de corte transversal, a amostra foi composta por indivíduos de 8 a 12 anos de idade vinculados ao Colégio Lemos de Castro. Os participantes e seus responsáveis foram informados sobre o procedimento experimental, e assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE – disponível no apêndice A) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – disponível no apêndice B), respectivamente. Só puderam iniciar a participação no estudo as crianças alfabetizadas e que apresentaram atestado médico liberando a prática de atividades físicas. Todos os sujeitos participantes foram avaliados por sua habilidade socioemocional, seu desempenho cognitivo e sua capacidade física. As crianças com diagnóstico de transtorno mental (por exemplo: deficiência intelectual; transtorno de déficit de atenção e hiperatividade; transtorno do espectro autista), deficiência auditiva ou deficiência visual sem correção (incluindo o Daltonismo) foram convidadas a participar das intervenções e avaliações, mas não foram incluídas no presente estudo, sendo este o critério de exclusão da pesquisa.

Procedimento Experimental

Primeiramente foi realizada uma ampla divulgação da pesquisa na instituição de ensino para o corpo discente, para o corpo docente e para os responsáveis, a fim de conscientizar a comunidade escolar sobre as ações que aconteceriam ao longo de um período letivo. Os alunos que manifestaram interesse em participar da pesquisa receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) que foi assinado pelos seus responsáveis e pelas próprias crianças, respectivamente. Como parte do estudo de corte transversal, foram incluídas as avaliações de valências de aptidão física para saúde e para o desempenho motor (PROESP-Br), competências socioemocionais, funções executivas e coordenação motora óculo-manual (Teste de Toque em Disco, TTD).

As primeiras avaliações a serem realizadas foram TTD e PROESP-Br. Foram reservados cerca de 10 dias para aplicação dessas avaliações na instituição. O PROESP-Br foi dividido em dois blocos de testes, sendo cada bloco aplicado em um dia. Depois disso, foram aplicadas as avaliações das competências socioemocionais referentes aos alunos (5 dias reservados para essa etapa). As últimas avaliações a serem aplicadas na coleta de dados do estudo de corte transversal foram relativas às funções executivas (10 dias reservados para essa etapa). Todas as avaliações cognitivas foram feitas pela criança em um único dia, sendo uma seguida da outra. A duração foi de aproximadamente 15 minutos para cada indivíduo.

Dentro desse período de avaliação das crianças, foi estabelecido contato com professores para que eles pudessem responder à avaliação de habilidades socioemocionais.

Todas as avaliações foram supervisionadas e analisadas por profissionais devidamente treinados na aplicação e análise dos instrumentos.

Instrumentos e Materiais

- Anamnese

Foram coletados dados pessoais de cada participante, como nome completo, data de nascimento, idade, ano escolar, turma, nome do responsável, telefone para contato, sexo, turno no qual estudava (manhã ou tarde), e confirmação da entrega dos TCLE e TALE assinados. A avaliação antropométrica necessária para caracterizar a amostra foi realizada junto à bateria PROESP-Br nos dias destinados às avaliações físicas, considerando que já seria uma etapa prevista pelo próprio manual.

- Avaliação de funções executivas

As avaliações de funções executivas foram realizadas individualmente em uma sala silenciosa, vazia e climatizada. Os dois testes (teste de Stroop e tarefa de dígitos) foram realizados no papel e levaram uma média de 15 minutos de aplicação.

- Teste de Stroop (anexo B)

O teste de Stroop, foi elaborado por Ridley Stroop em 1935 e baseia-se na evidência de que se gasta mais tempo para nomear cores do que para ler os nomes dessas cores (STROOP, 1935). Esse instrumento é considerado uma medida de avaliação de controle inibitório (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019) e de atenção seletiva (STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006).

Este instrumento de avaliação consiste em três etapas que aumentam gradativamente sua dificuldade, sendo as duas primeiras congruentes e a última incongruente. Na primeira etapa deste teste, 24 sequências de sete letras “x” aparecem no catálogo de avaliação. Cada sequência possui uma das quatro possíveis cores, sendo elas: verde, amarelo, vermelho e azul. O objetivo é falar a cor de cada uma das 24 sequências. Na segunda etapa, aparecem 24 palavras aleatórias coloridas, cada uma, por uma das quatro cores. O objetivo é falar a cor com a qual aquela palavra está escrita. Já a terceira e última etapa consiste em 24

nomes de cores que aparecem coloridos por uma cor incongruente com a do seu nome (por exemplo: a palavra “azul” aparece colorida de amarelo). O objetivo é sempre falar a cor que está sendo vista, e inibir a resposta da cor que está sendo lida. Esta terceira e última etapa é avaliada como a mais importante considerando que é nela que existe uma incongruência relacionada à tarefa (STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006; STROOP, 1935).

A cada etapa o indivíduo foi instruído a responder sequencialmente aos 24 itens o mais rápido possível e evitando erros. Como forma de avaliação foram registrados o tempo de resposta (TR) - em segundos -, e a acurácia - em número de erros. Portanto, quanto menor o resultado para ambas as formas de avaliação, melhor o desempenho do indivíduo no teste de Stroop. Também foi gerado um valor de interferência, chamado de “efeito Stroop”, que foi obtido através do resultado da terceira etapa (incongruente) menos o resultado da primeira etapa (congruente). Para o efeito Stroop foi considerado apenas o TR.

- Tarefa de Dígitos de Ordem Direta (DOD) e de Ordem Inversa (DOI) (anexo C)

A tarefa de dígito de ordem direta testa a memória de curto prazo e não se relaciona com as funções executivas, mas, apesar disso, é interessante pois permite que as crianças fiquem mais familiarizadas com a avaliação antes de avançarem para um nível mais difícil (ordem inversa). A tarefa de dígito de ordem direta possui 27 sequências numéricas diferentes, que variam sua extensão de acordo com o número de dígitos presentes. Tem de 3 a 9 dígitos (exemplo: 3-4-7; 4-2-4-6-1). Depois de fazer uma rodada de teste para a criança entender a dinâmica da tarefa, o examinador deve começar a avaliação e apresentar verbalmente a sequência numérica a ser repetida corretamente pela criança logo em seguida. À medida que a criança for acertando, aumenta o número de dígitos. A tarefa se encerra quando a criança completa corretamente a sequência de 9 dígitos, ou quando a criança erra 2 vezes consecutivas sequências numéricas diferentes, mas de mesma extensão. Caso a criança erre uma sequência uma vez, ela tem direito a tentar uma nova sequência de igual extensibilidade. Se acertar, passa para a sequência maior. A pontuação é dada de acordo com o número de dígitos referentes à maior sequência que a criança acertar completamente (por exemplo: se a criança acertar a sequência

com 4 dígitos, mas errar duas vezes a sequência de 5 dígitos, sua pontuação será 4) (BLACKBURN; BENTON, 1957).

A tarefa de dígito de ordem inversa testa a memória de trabalho e tem uma dificuldade maior que a anterior. A tarefa de dígito de ordem inversa possui 24 sequências numéricas diferentes, que variam sua extensão de acordo com o número de dígitos presentes. Tem de 2 a 8 dígitos (exemplo: 3-4; 4-2-4-6-1), porém, diferentemente da anterior, a criança deve repetir a sequência numérica de trás para frente, ou seja, deve falar primeiro o último número a ser mencionado pelo examinador. Depois de fazer uma rodada de teste para a criança entender a dinâmica da tarefa, o examinador deve começar a avaliação e apresentar verbalmente a sequência numérica a ser repetida inversamente pela criança logo em seguida. À medida que a criança for acertando, o número de dígitos aumenta. A tarefa se encerra quando a criança completa corretamente a sequência de 8 dígitos, ou quando a criança erra 2 vezes consecutivas sequências numéricas diferentes, mas de mesma extensão. Caso a criança erre uma sequência uma vez, ela tem direito a tentar uma nova sequência de igual extensibilidade. Se acertar, passa para a sequência maior. A pontuação é dada de acordo com o número de dígitos referentes à maior sequência que a criança acertar completamente (por exemplo: se a criança acertar a sequência com 4 dígitos, mas errar duas vezes a sequência de 5 dígitos, sua pontuação será 4) (BLACKBURN; BENTON, 1957).

A pontuação de dígitos total refere-se ao somatório dos resultados de ambas as etapas (direta e inversa).

- Avaliações físicas
- PROESP-Br (apêndice C)

O PROESP-Br é um sistema de observação de indicadores do crescimento, desenvolvimento corporal, desenvolvimento motor e do estado nutricional de indivíduos entre seis e 17 anos de idade. Esses indicadores são avaliados através de uma bateria de testes que envolvem medidas de dimensão corporal e variáveis de aptidão física relacionada à saúde e ao desempenho motor (flexibilidade, aptidão cardiorrespiratória, potência de membros inferiores, potência de membros

superiores, agilidade, velocidade e resistência muscular localizada). As informações coletadas através da aplicação da bateria PROESP-Br podem sugerir desde diagnósticos relacionados à saúde, até desempenhos relacionados ao desempenho motor e esportivo (GAYA; GAYA; PEDRETTI; MELLO, 2021).

➤ Medidas de dimensão corporal

- Massa corporal - Anotar em quilogramas (kg) com precisão de uma casa decimal o valor de massa corporal indicado através da utilização de uma balança portátil. Para essa avaliação é importante que as crianças e adolescentes estejam descalços e utilizando trajes leves.

- Estatura - Com o auxílio de um estadiômetro é avaliada a medida da estatura do indivíduo, anotando o resultado em centímetros e sempre com uma casa decimal. É importante que o indivíduo esteja descalço para esta avaliação.

- Envergadura - Material: Fita ou trena métrica. Orientação: Fixar a fita métrica na parede na posição horizontal a uma altura de 120 centímetros (cm) para crianças menores e mais novas, e 150 cm para crianças mais altas e mais velhas. O indivíduo deve posicionar-se de frente para a parede, com os cotovelos estendidos e os braços elevados perpendicularmente à linha do tronco. O dedo médio esquerdo deve ser colocado no ponto inicial da fita métrica, e o valor anotado deve ser a distância até a extremidade do dedo médio direito. Anotação: Com precisão de uma casa decimal, deve ser anotada a medida em cm.

- Perímetro da cintura – Material: fita métrica flexível. Orientação: Realizar uma avaliação da circunferência da cintura considerada como o ponto médio entre a última costela e a parte superior da crista ilíaca. Anotação: A avaliação deve ser registrada em cm com uma casa decimal.

➤ Testes de capacidades físicas

- Estimativas do índice de massa corporal (IMC) e a relação cintura estatura (RCE). O IMC é determinado através da razão da medida de massa corporal (em kg) do indivíduo pela sua estatura (em metros) ao quadrado (kg/m^2), e deve ser registrado com apenas uma casa decimal. A avaliação do IMC tem como objetivo gerar uma estimativa de excesso de peso. A RCE deve ser determinada através da

razão da medida do perímetro da cintura (em cm) do indivíduo pela sua estatura (em cm), e a medida da RCE deve ser registrada com apenas uma casa decimal. A RCE tem como objetivo avaliar a possibilidade de um excesso de gordura visceral.

- Teste de sentar e alcançar (flexibilidade) - Material: Fita métrica e fita adesiva. Orientação: Uma fita métrica deve ser estendida no solo. Na marca de 38 centímetros desta fita deve ser colocado perpendicularmente um pedaço de fita adesiva contendo 30 centímetros, fazendo com que fiquem 15 centímetros de cada lado. A fita adesiva deve fixar a fita métrica no solo. O sujeito a ser avaliado, descalço, deve colocar seus calcanhares, afastados por 30 centímetros, na fita adesiva na marca dos 38 centímetros. Com os joelhos estendidos e as mãos sobrepostas, o avaliado deve inclinar-se lentamente e estender as mãos para frente o mais distante possível. O avaliado deve permanecer nesta posição o tempo necessário para a distância ser anotada. São realizadas duas tentativas. Anotação: O resultado deve ser medido em centímetros a partir da posição mais longínqua que o aluno é capaz de alcançar na escala com as pontas dos dedos. Registram-se os resultados com uma casa decimal. Para a avaliação será utilizado o melhor resultado.

- Teste da corrida/caminhada dos 6 minutos (aptidão cardiorrespiratória) - Material: Local plano com marcação do perímetro da pista. Trena métrica. Cronômetro e ficha de registro. Orientação: Os alunos são divididos em grupos adequados às dimensões da pista. Eles devem ser informados sobre a execução dos testes dando ênfase ao fato de que devem correr o maior tempo possível, evitando piques de velocidade intercalados por longas caminhadas. Durante o teste, os alunos devem ser informados a respeito da passagem do tempo (por exemplo: "Já se passaram 2 minutos" e/ou "Atenção! Falta 1 minuto"). Ao final do teste soa um sinal (apito) para que os alunos interrompam a corrida. Eles devem permanecer no lugar onde estavam no momento do apito até ser anotada ou sinalizada a distância percorrida por eles. Anotação: Os resultados devem ser anotados em metros com uma casa decimal.

- Teste de abdominal (resistência muscular localizada) - Material: colchonetes e cronômetro. Orientação: O sujeito avaliado se posiciona em decúbito dorsal com os joelhos flexionados a 45 graus e com os braços cruzados sobre o tórax. O avaliador, com as mãos, segura os tornozelos do estudante fixando-os ao solo. Ao sinal, o aluno inicia os movimentos de flexão do tronco até tocar com os cotovelos

nas coxas, retornando à posição inicial (não será necessário tocar com a cabeça no colchonete a cada execução). O aluno deve realizar o maior número de repetições completas em 1 minuto. Anotação: O resultado deve ser expresso pelo número de movimentos completos realizados em 1 minuto.

- Teste de arremesso de *medicine ball* de 2 kg (potência de membros superiores) - Material: Uma trena e uma *medicine ball* de 2 quilogramas (kg). Orientação: A trena deve ser fixada no solo perpendicularmente à parede. O ponto zero da trena é fixado junto à parede. O aluno deve sentar-se com os joelhos estendidos, as pernas unidas e as costas completamente apoiadas à parede, segurando a *medicine ball* junto ao peito com os cotovelos flexionados. Ao sinal do avaliador, o aluno deve lançar a bola à maior distância possível, mantendo as costas apoiadas na parede. A distância do arremesso deve ser registrada a partir do ponto zero até o local em que a bola tocou ao solo pela primeira vez. São realizados dois arremessos, registrando-se para fins de avaliação o melhor resultado. Sugere-se que a *medicine ball* seja banhada em pó branco para facilitar a identificação precisa do local onde tocou pela primeira vez ao solo. Anotação: A medida deve ser registrada em centímetros com uma casa decimal.

- Teste salto horizontal (potência de membros inferiores) - Material: Uma trena e uma linha traçada no solo. Orientação: A trena deve ser fixada ao solo, perpendicularmente à linha de partida. A linha de partida pode ser sinalizada com giz ou fita crepe, ou pode, ainda, ser utilizada uma das linhas que demarcam as quadras esportivas. O ponto zero da trena é situado sobre a linha de partida. O avaliado se posiciona imediatamente atrás da linha, com os pés paralelos, ligeiramente afastados, joelhos semiflexionados, tronco ligeiramente projetado à frente. Ao sinal, o aluno deve saltar a maior distância possível aterrissando com os dois pés simultaneamente. São realizadas duas tentativas, e só é considerado para fins de avaliação o melhor resultado. Anotação: A distância do salto deve ser registrada em centímetros, com uma casa decimal, a partir da linha traçada no solo até o calcanhar mais próximo desta.

- Teste do quadrado de 4x4 metros (agilidade) - Material: um cronômetro, um quadrado com 4 metros de lado (Figura 12). Quatro garrafas de refrigerante de 2 litros do tipo PET cheias de areia. Piso antiderrapante. Orientação: No local de testes deve ser demarcado um quadrado de quatro metros de lado, com uma garrafa PET em cada ângulo do quadrado. Uma fita crepe ou uma reta desenhada com giz

indica a linha de partida. O aluno parte da posição de pé, com um pé avançado à frente imediatamente atrás da linha de partida (em um dos vértices do quadrado). Ao sinal do avaliador, ele deve deslocar-se em velocidade máxima e tocar com uma das mãos na garrafa situada no canto em diagonal do quadrado (atravessando o quadrado). Na sequência, deve correr para tocar à garrafa ao seu lado, depois, se deslocar para tocar a garrafa em diagonal (atravessa o quadrado em diagonal) e, finalmente, correr em direção a última garrafa (que corresponde ao ponto de partida). O cronômetro deve ser acionado pelo avaliador no momento em que o avaliado tocar pela primeira vez com o pé o interior do quadrado e deve ser travado quando tocar com uma das mãos na quarta garrafa. São realizadas duas tentativas, sendo registrado para fins de avaliação o menor tempo. Anotação: A medida deve ser registrada em segundos e centésimos de segundo (duas casas decimais).

Figura 12 - Imagem da aplicação e disposição dos materiais no teste de agilidade



Fonte: GAYA, GAYA, 2016, f. 13.

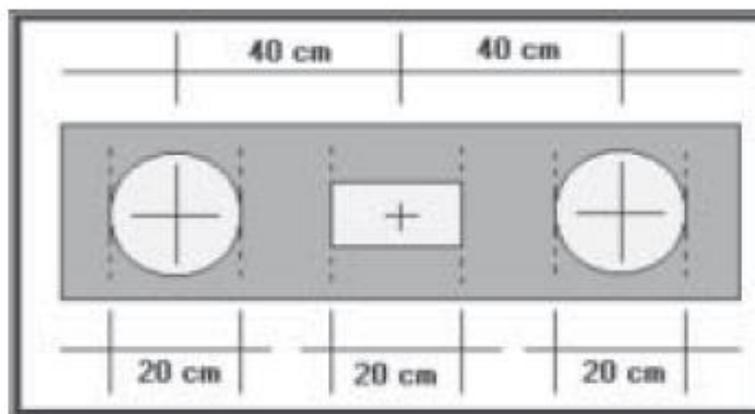
- Teste de corrida de 20 metros (velocidade) - Material: Um cronômetro e uma pista de 20m demarcada com três linhas paralelas no solo da seguinte forma: a primeira (linha de partida); a segunda, distante 20m da primeira (linha de cronometragem) e a terceira linha, marcada a um metro da segunda (linha de chegada). A terceira linha serve como referência de chegada para o aluno na tentativa de evitar que ele inicie a desaceleração antes de cruzar a linha de cronometragem. Duas garrafas do tipo PET de 2 litros para a sinalização da primeira linha e terceira linha. Orientação: O estudante parte da posição de pé, com um pé avançado à frente imediatamente atrás da primeira linha (linha de partida) e deve ser informado que o objetivo é cruzar a terceira linha (linha de chegada) o mais rápido

possível. Ao sinal do avaliador, o aluno deve deslocar-se o mais rápido possível em direção à linha de chegada. O avaliador deve acionar o cronômetro no momento em que o avaliado, ao dar o primeiro passo, tocar o solo pela primeira vez com um dos pés além da linha de partida. O cronômetro deve ser travado quando o aluno cruzar a segunda linha (linha de cronometragem) e tocar pela primeira vez o solo. Anotação: O responsável pelo cronômetro deve registrar o tempo de percurso em segundos e centésimos de segundos (duas casas decimais).

- Teste do Toque em Disco (TTD) do EUROFIT (*Plate Tapping Test*)

Teste para avaliação da coordenação motora óculo-manual. Sobre uma mesa, coloca-se uma tábua com algumas marcações (2 discos de papel com 20 centímetros de diâmetro, fixados horizontalmente com 60 cm de distância um da borda do outro; e um papel retangular com 10 cm por 20 cm) (Figura 13). Os centros de ambos os discos devem estar a uma distância de 80 centímetros um do outro, e, conseqüentemente, entre os discos e o retângulo deve-se respeitar uma distância de 20 centímetros medidos a partir de suas bordas externas. Estando posicionado em pé na frente da mesa e com os pés ligeiramente afastados, o avaliado deve colocar sua mão não dominante no centro do retângulo (que permanecerá fixa até o final do teste) e sua mão dominante no centro do disco que está ao lado de sua mão não dominante, ou seja, deve cruzar o braço por cima do outro (Figura 14). Ao comando realizado pelo avaliador, o participante deve tocar o outro disco com sua mão dominante, realizando um movimento de vai e volta ininterruptamente (1 ciclo), o mais rápido possível, até que 25 ciclos sejam completados. O avaliador deve contar, em voz alta, ciclo a ciclo. Cabe ressaltar que o participante precisa tocar no centro de ambos os discos para a realização de um ciclo completo, e, caso isso não aconteça esse ciclo não deve ser contabilizado, devendo o avaliador repetir o número daquele ciclo (Ex: 1, 2, 3, 3, 4, etc. Nesse caso, no terceiro ciclo o avaliado cometeu um erro e ele foi repetido). Esse teste deve ser realizado três vezes, e o melhor tempo entre as tentativas deve ser anotado como resultado final. O tempo deve anotado até décimos de segundos, e, ao eliminar a vírgula, é apresentado o resultado da pontuação final (ADAM; KLISSOURAS; RAVAZZOLO; RENSON *et al.*, 1993)

Figura 13 - Esquema de disposição da tábua de execução do Teste de Toque em Disco



Fonte: O autor, 2021.

Figura 14 - Execução do Teste de Toque em Disco do EUROFIT



Fonte: O autor, 2021.

- Avaliação das competências socioemocionais (anexos D e E)

Para a avaliação das competências socioemocionais, considerando o repertório social e acadêmico das crianças, foi utilizado o inventário *Social Skills Rating System* (SSRS) (GRESHAM; ELLIOTT, 1990) na sua versão brasileira,

chamado de “Inventário Habilidades Sociais, Problemas Comportamento e Competência Acadêmica para Crianças” (DEL PRETTE; FREITAS; BANDEIRA; DEL PRETTE, 2016).

O SSRS é um instrumento validado no Brasil que tem como objetivo avaliar as habilidades sociais, os problemas de comportamento e a competência acadêmica de crianças do Ensino Fundamental através de múltiplos avaliadores, sendo eles os próprios estudantes (autoavaliação), os pais e os professores. Sendo assim, este instrumento possui três diferentes formulários de avaliação, um para cada grupo (FREITAS; DEL PRETTE, 2015). A presente pesquisa utilizou apenas os questionários dirigidos aos professores e às próprias crianças.

O formulário dos próprios estudantes é composto por uma avaliação das habilidades sociais que engloba seis diferentes fatores, sendo eles: responsabilidade, autocontrole, assertividade, empatia, afetividade e civilidade (BANDEIRA; DEL PRETTE; DEL PRETTE; MAGALHÃES, 2009). Cada um dos 20 itens deve ser respondido através de uma escala Likert na qual 0 indica “nunca”, 1 indica “algumas vezes” e 2 indica “muito frequente” (DEL PRETTE; FREITAS; BANDEIRA; DEL PRETTE, 2016). O tempo de aplicação deste instrumento de autoavaliação foi de cerca de 10 minutos para cada indivíduo. A aplicação foi realizada em grupo dentro das salas de aula.

O questionário dirigido aos professores é constituído por três diferentes componentes que avaliam as habilidades sociais, os problemas de comportamento e a competência acadêmica das crianças. O componente de habilidades sociais avalia a responsabilidade, assertividade, desenvoltura social, cooperação, afetividade e o autocontrole através de 22 itens que devem ser respondidos por uma escala Likert na qual 0 indica “nunca”, 1 indica “algumas vezes” e 2 indica “muito frequente”. O componente de problemas de comportamento possui 14 itens que devem ser respondidos utilizando a mesma escala do componente anterior. O componente de problemas de comportamento engloba fatores externalizantes, internalizantes e de hiperatividade. A competência acadêmica é avaliada através de nove itens que possuem cinco opções de respostas que geram uma classificação daquele indivíduo quando comparado ao rendimento da sua classe. Quanto maior o número de 1 a 5, melhor o rendimento acadêmico daquela criança (DEL PRETTE; FREITAS; BANDEIRA; DEL PRETTE, 2016). O tempo de aplicação do formulário dos

professores foi de aproximadamente 12 minutos por ficha (cada ficha refere-se a um aluno).

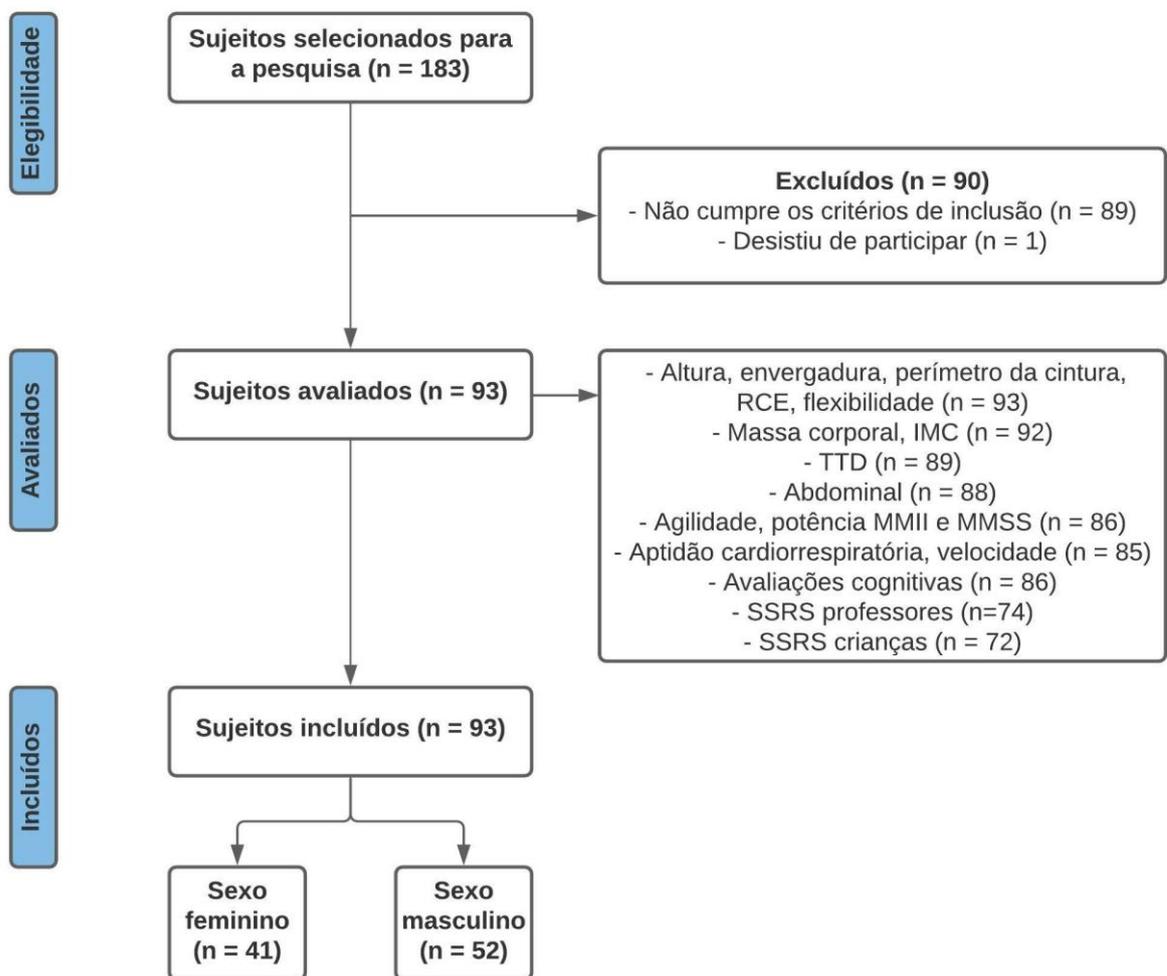
Análise dos dados

Testes de distribuição normal (Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (teste de Levene) foram realizados em todas as variáveis. Para a análise descritiva da amostra foram utilizadas mediana, mínimo e máximo para todas as variáveis presentes no estudo. Na análise descritiva da amostra os dados também foram apresentados divididos pelo fator sexo, sendo então realizado um teste t para amostras independentes com objetivo de identificar diferenças entre os grupos (sexo feminino e sexo masculino). A análise de correlação entre as variáveis físicas, variáveis cognitivas e variáveis socioemocionais foi realizada através do teste de correlação de Pearson – para variáveis paramétricas – e o teste de correlação de Spearman – para variáveis não paramétricas. Para interpretação da magnitude do coeficiente de correlação utilizamos a classificação de Cohen (1988) (<0,30 fraca, entre 0,30 e 0,49 moderado, >0,5 forte) (COHEN, 1988). Nos resultados de correlação foi aplicada a correção de Bonferroni, com o valor de p ajustado para $\leq 0,0063$. Foram realizadas análises de regressão linear simples para as variáveis de capacidades físicas e variáveis de funções executivas de maior interesse (terceira etapa do teste de Stroop, tanto TR, como número de erros; efeito Stroop; pontuação total da tarefa de dígitos). As regressões lineares também foram realizadas sendo controladas pela idade. Além disso, o modelo de *stepwise* foi utilizado para identificar as regressões com maiores associações. O pacote estatístico SPSS® versão 26 foi utilizado para as análises e o nível de significância adotado no estudo foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Foram selecionados para a pesquisa 183 sujeitos, porém 89 foram excluídos por não cumprirem os critérios de inclusão, e 1 sujeito desistiu da sua participação. Sendo assim, foram incluídos 93 indivíduos no estudo, sendo 44,09% do sexo feminino. O fluxograma com a seleção dos participantes é apresentado na figura 15.

Figura 15 - Fluxograma da seleção dos sujeitos



Fonte: O autor, 2021.

Os dados descritivos da amostra, assim como os resultados das avaliações de aptidão física e avaliações cognitivas, são apresentados na tabela 3. Todos os resultados estão organizados e divididos em 3 grupos, sendo eles: total (que considera todos os sujeitos da pesquisa), sexo feminino e sexo masculino. O teste t para amostras independentes indicou diferenças significativas entre indivíduos do sexo feminino e do sexo masculino nas avaliações de flexibilidade ($T= 2,26$; $p= 0,03$), TTD ($T= -2,18$; $p= 0,03$), potência de membros inferiores ($T= -2,09$; $p=0,04$) e agilidade ($T= 2,36$; $p=0,02$), mostrando que o sexo feminino obteve melhores resultados de flexibilidade e TTD, enquanto o sexo masculino obteve melhores resultados de potência de MMII e agilidade. As demais variáveis não apresentaram diferenças significativas entre os grupos.

Tabela 3 - Análise descritiva da amostra

	Total (n = 93)	Sexo Feminino (n = 41)	Sexo Masculino (n = 52)	T (p)
	Mediana (Mínimo - Máximo)	Mediana (Mínimo - Máximo)	Mediana (Mínimo - Máximo)	
Idade (anos)	10.00 (8.00 - 12.00)	10.00 (8.00 - 12.00)	9.00 (8.00 - 12.00)	0.25 (0,81)
Massa corporal (kg)	37.50 (22.70 - 98.70)	36.80 (24.50 - 98.70)	40.60 (22.70 - 93.10)	-0.13 (0.89)
Estatura (cm)	140.00 (124.60 - 172.50)	138.60 (129.00 - 162.50)	140.05 (124.60 - 172.50)	-0.05 (0.96)
IMC (kg/m ²)	18.85 (13.50 - 41.60)	19.30 (13.70 - 41.60)	18.60 (13.50 - 37.50)	-0.06 (0.95)
Envergadura (cm)	142.20 (119.00 - 180.40)	142.20 (124.00 - 166.50)	143.30 (119.00 - 180.40)	0.26 (0.80)
Perímetro da cintura (cm)	65.00 (49.60 - 102.00)	65.00 (52.00 - 102.00)	64.65 (49.60 - 98.50)	-0.22 (0.83)
RCE	0.45 (0.36 - 0.67)	0.46 (0.36 - 0.66)	0.45 (0.38 - 0.67)	-0.19 (0.85)
Flexibilidade (cm)	37.00 (10.60 - 69.00)	39.00 (10.60 - 69.00)	36.00 (20.00 - 52.30)	2.26 (0.03)
TTD (s)	20.68 (13.39 - 40.00)	19.54 (13.39 - 31.26)	21.23 (13.98 - 40.00)	-2.18 (0.03)
Abdominal	29.00 (4.00 - 55.00)	29.00 (10.00 - 50.00)	29.00 (4.00 - 55.00)	-0.49 (0.63)
Aptidão cardiorrespiratória (m)	728.20 (453.26 - 1061.30)	689.63 (453.26 - 1061.30)	754.70 (479.30 - 1017.30)	-1.18 (0.07)
Potência de MMII (cm)	116.90 (37.50 - 180.50)	111.15 (70.00 - 153.20)	121.20 (37.50 - 180.50)	-2.09 (0.04)
Velocidade (s)	4.22 (3.00 - 6.18)	4.32 (3.37 - 5.80)	4.13 (3.00 - 6.18)	1.82 (0.07)
Potência de MMSS (cm)	242.50 (139.60 - 363.00)	242.50 (160.00 - 357.00)	242.50 (139.60 - 363.00)	0.35 (0.73)
Agilidade (s)	8.13 (5.72 - 12.65)	8.51 (5.75 - 10.42)	7.77 (5.72 - 12.65)	2.36 (0.02)
Stroop - Etapa 1 TR (s)	18.95 (10.03 - 38.45)	18.56 (10.18 - 30.84)	19.71 (10.03 - 38.45)	-1.56 (0.12)
Stroop - Etapa 1 Erros	0.00 (0.00 - 3.00)	0.00 (0.00 - 2.00)	0.00 (0.00 - 3.00)	-0.59 (0.56)
Stroop - Etapa 2 TR (s)	25.41 (12.35 - 49.89)	24.85 (13.12 - 49.89)	26.35 (12.35 - 41.08)	-1.11 (0.27)
Stroop - Etapa 2 Erros	0.00 (0.00 - 4.00)	1.00 (0.00 - 4.00)	0.00 (0.00 - 3.00)	1.29 (0.20)
Stroop - Etapa 3 TR (s)	31.52 (15.70 - 54.11)	30.81 (17.14 - 54.11)	32.15 (15.70 - 53.66)	-1.44 (0.15)
Stroop - Etapa 3 Erros	1.00 (0.00 - 9.00)	1.00 (0.00 - 9.00)	1.00 (0.00 - 7.00)	0.12 (0.90)
Efeito Stroop TR (s)	11.36 (-2.48 - 31.17)	10.78 (0.00 - 30.26)	12.12 (-2.48 - 31.17)	-0.70 (0.49)
Dígitos de Ordem Direta	8.00 (5.00 - 13.00)	8.00 (6.00 - 12.00)	8.00 (5.00 - 13.00)	0.14 (0.89)
Dígitos de Ordem Inversa	5.00 (3.00 - 8.00)	6.00 (3.00 - 8.00)	5.00 (3.00 - 8.00)	0.99 (0.32)
Dígitos Pontuação Total	13.00 (10.00 - 19.00)	13.00 (10.00 - 18.00)	13.00 (10.00 - 19.00)	0.62 (0.54)
SSRS - Crianças	50.00 (3.00 - 97.00)	55.00 (5.00 - 97.00)	35.00 (3.00 - 95.00)	1.21 (0.23)
SSRS - Professores - Habilidades Sociais	55.00 (3.00 - 100.00)	75.00 (10.00 - 100.00)	50.00 (3.00 - 97.00)	1.58 (0.12)
SSRS - Professores - Problemas de Comportamento	55.00 (1.00 - 99.00)	45.00 (1.00 - 90.00)	60.00 (1.00 - 99.00)	-1.32 (0.19)
SSRS - Professores - Competência Acadêmica	55.00 (1.00 - 100.00)	55.00 (3.00 - 100.00)	55.00 (1.00 - 100.00)	0.64 (0.52)

IMC = Índice de massa corporal; RCE = Relação cintura estatura; TTD = Teste do toque em disco; MMII = Membros inferiores; MMSS = Membros superiores; TR = Tempo de resposta; SSRS = Inventário de habilidades socioemocionais; T = Teste T independente; $p \leq 0,05$.

A figura 16 apresenta os resultados das correlações entre capacidades físicas e funções executivas, e entre capacidades físicas e competências socioemocionais.

Dentre as oito variáveis de desempenho físico incluídas na análise, sete apresentaram ao menos um resultado significativo de correlação com os testes de funções executivas. Os resultados indicaram uma correlação significativa do TR da principal etapa do teste de Stroop (etapa 3) com o TTD ($r_s = 0,570$; $p < 0,001$), com o teste de resistência muscular localizada/abdominal ($r = -0,312$; $p = 0,004$), com a flexibilidade ($r = -0,243$; $p = 0,024$), com a velocidade ($r = 0,235$; $p = 0,037$) e com a agilidade ($r = 0,225$; $p = 0,045$). As avaliações estatísticas indicaram que o número de

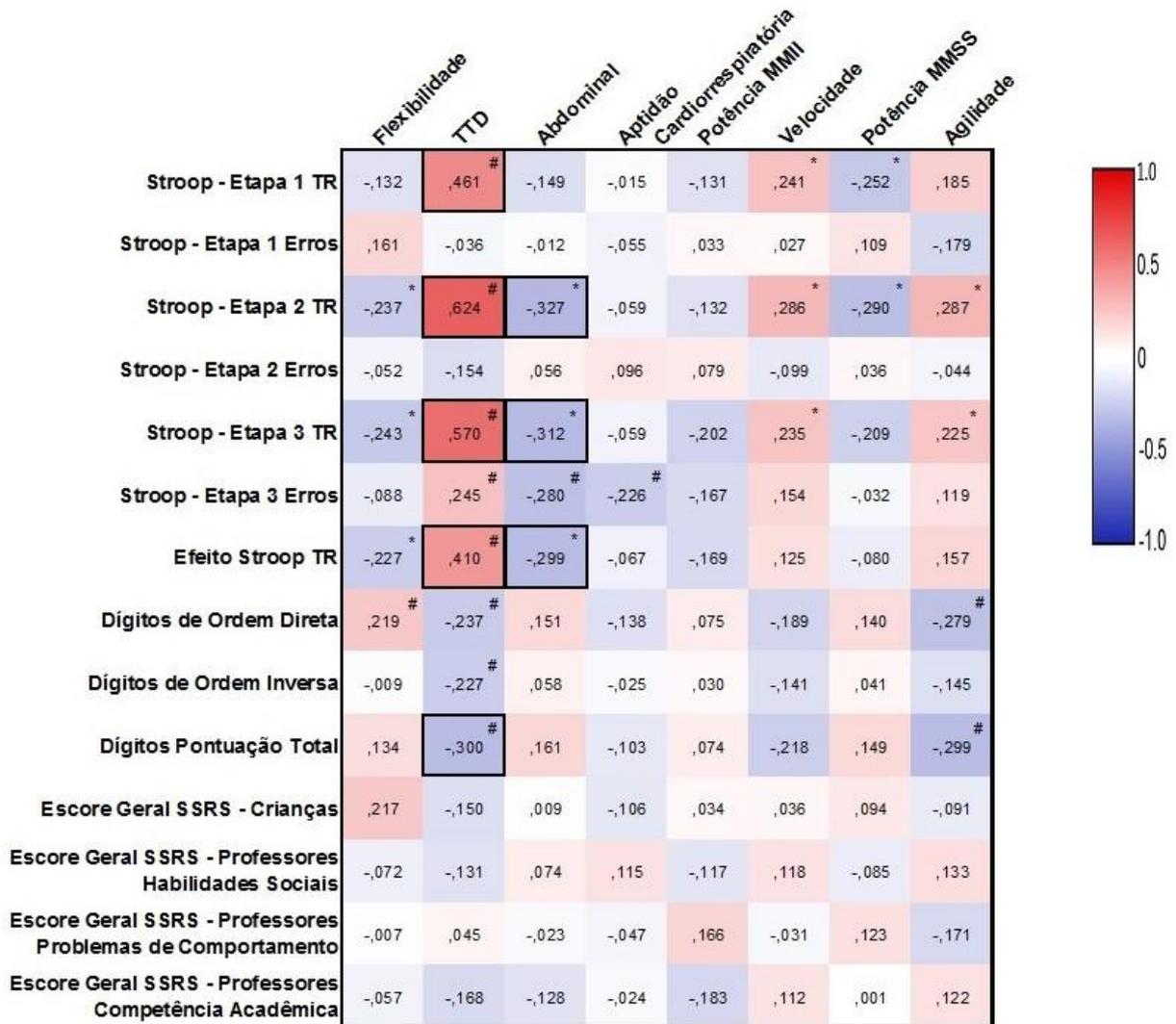
erros na terceira etapa do teste de Stroop obteve correlações significativa, porém fracas, com o teste de abdominal ($r_s = -0,280$; $p = 0,011$), com o TTD ($r_s = 0,245$; $p = 0,027$) e com a aptidão cardiorrespiratória ($r_s = -0,226$; $p = 0,045$). O efeito Stroop obteve resultados de correlações significativas com três variáveis de aptidão física, sendo elas: coordenação motora óculo-manual, mensurada através do TTD ($r_s = 0,410$; $p < 0,001$); resistência muscular localizada, mensurada através do teste de abdominal ($r = -0,299$; $p = 0,006$); e flexibilidade ($r = -0,227$; $p = 0,036$). Esses resultados indicam que melhores desempenhos nas principais variáveis de controle inibitório correlacionaram-se com melhores desempenhos nas avaliações de capacidades físicas.

Analisando os resultados obtidos nas correlações entre a tarefa de dígitos e as variáveis de desempenho físico, observa-se resultados significativos das três variáveis dessa tarefa com o TTD (DOD: $r_s = -0,237$; $p = 0,032$; DOI: $r_s = -0,227$; $p = 0,040$; Total: $r_s = -0,300$; $p = 0,006$). A pontuação total obteve correlação significativa com a agilidade ($r_s = -0,299$; $p = 0,007$). A memória de curto prazo apresentou correlação significativa com flexibilidade ($r_s = 0,219$; $p = 0,043$) e agilidade ($r_s = -0,279$; $p = 0,012$).

Após a correção de Bonferroni as principais correlações que se mantiveram significativas foram a terceira etapa do teste de Stroop e o efeito Stroop com TTD e teste de abdominal, assim como a pontuação total da tarefa de dígitos com o TTD.

Considerando as capacidades físicas e competências socioemocionais, nenhum resultado significativo foi encontrado, sendo, portanto, nenhuma correlação encontrada entre esses desfechos.

Figura 16 - Gráfico de matriz de correlação entre variáveis de desempenho físico, desempenho de funções executivas e desempenho de habilidades socioemocionais



Nota: Quando $p \leq 0,05$, * indica correlação de Pearson e # indica correlação de Spearman. Retângulos pretos indicam resultados significativos após a correção de Bonferroni.

Fonte: O autor, 2021.

Para as análises de regressão linear foram inseridas oito variáveis de capacidade física como variáveis independentes, sendo elas flexibilidade, coordenação motora óculo-manual, aptidão cardiorrespiratória, resistência muscular localizada, potência de membros inferiores, potência de membros superiores, velocidade e agilidade. As quatro principais variáveis de funções executivas foram

inseridas como variáveis dependentes, sendo elas TR e número de erros na terceira etapa do teste de Stroop, efeito Stroop, e pontuação total da tarefa de dígitos.

As análises de regressão linear revelaram que as principais associações envolviam o desfecho de controle inibitório e a coordenação motora óculo-manual, sendo o TTD capaz de prever 33,4% do TR da terceira etapa do teste de Stroop, e 25,7% do efeito Stroop. Flexibilidade, resistência muscular localizada, velocidade e agilidade também apresentaram associações com Stroop 3 TR ou efeito Stroop, porém os resultados foram bem mais fracos quando comparados à coordenação motora óculo-manual. Apesar disso, a maior associação encontrada com o número de erros na terceira etapa do teste de Stroop foi da resistência muscular localizada (R^2 ajustado= 0,101; $p= 0,002$), mesmo o TTD também apresentando uma associação (R^2 ajustado= 0,089; $p= 0,004$). Após controlar por idade, todos os modelos de regressão que encontraram associação entre variáveis de capacidade física e controle inibitório permaneceram significativos, indicando que a idade não interferiu no resultado.

Através da aplicação do modelo de regressão *stepwise*, foi confirmado que o principal preditor para o Stroop 3 TR e efeito Stroop é a coordenação motora óculo-manual. Quanto ao número de erros da terceira etapa do teste de Stroop, identificou-se que a combinação da coordenação motora óculo-manual com a resistência muscular localizada representava a principal associação com esta variável cognitiva (R^2 ajustado= 0,157; $p= 0,001$), sendo possível identificar, inclusive, que os valores de associação são maiores na combinação, do que na análise individual de cada variável.

Quanto ao resultado da regressão linear para a memória de trabalho, encontrou-se que a agilidade e velocidade, quando não controladas por idade, possuem uma associação fraca, porém significativa, com a pontuação total da tarefa de dígitos (R^2 ajustado= 0,060; $p= 0,016$; R^2 ajustado= 0,042; $p= 0,039$). Apesar disso, após o controle pela idade, a memória de trabalho deixou de apresentar associação com as capacidades físicas, indicando que a idade era o fator responsável por influenciar o desempenho dessa tarefa cognitiva. Os resultados gerais dessas análises estão apresentados na tabela 4.

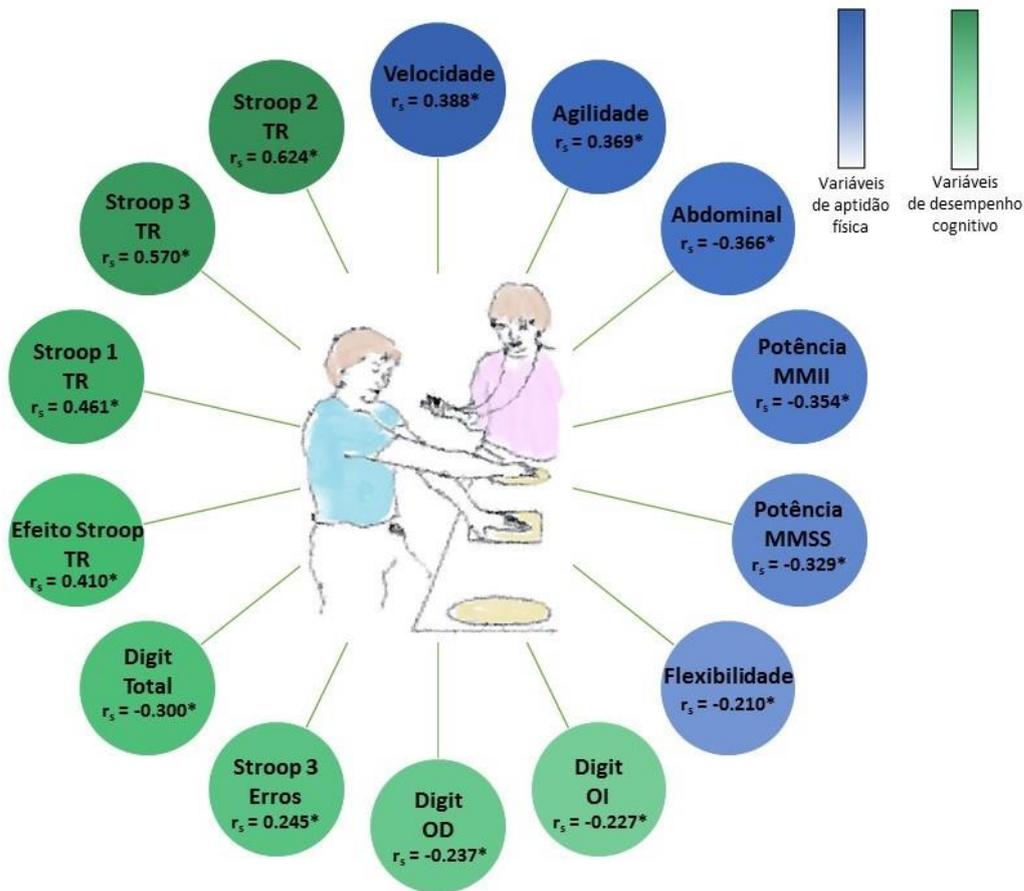
Tabela 4 - Associação entre os componentes das funções executivas e as variáveis independentes

	Stroop 3 TR				Stroop 3 Erros				Efeito Stroop TR				Dígitos Total							
	R ² ajustado (p)	B	95% CI	p	R ² ajustado (p)	B	95% CI	p	R ² ajustado (p)	B	95% CI	p	R ² ajustado (p)	B	95% CI	p				
Flexibilidade	0,048 (0,024*)	-0,289	-0,540	-0,039	0,024*	-0,004 (0,412)	-0,023	-0,077	0,032	0,412	0,040 (0,036*)	-0,196	-0,379	-0,013	0,036*	0,002 (0,280)	0,034	-0,028	0,097	0,280
TTD	0,334 (<0,001*)	1,342	0,929	1,756	<0,001*	0,089 (0,004*)	0,162	0,054	0,270	0,004*	0,257 (<0,001*)	0,871	0,549	1,194	<0,001*	0,021 (0,103)	-0,107	-0,236	0,022	0,103
Abdominal	0,086 (0,004*)	-0,324	-0,544	-0,104	0,004*	0,101 (0,002*)	-0,078	-0,126	-0,029	0,002*	0,078 (0,006*)	-0,229	-0,392	-0,067	0,006*	0,007 (0,218)	0,037	-0,022	0,096	0,218
Aptidão cardiorrespiratória	-0,010 (0,608)	-0,005	-0,024	0,014	0,608	0,030 (0,070)	-0,004	-0,008	0,000	0,070	-0,008 (0,559)	-0,004	-0,018	0,010	0,559	-0,004 (0,422)	-0,002	-0,007	0,003	0,422
Potência MMII	0,028 (0,073)	-0,076	-0,159	0,007	0,073	0,002 (0,288)	-0,010	-0,029	0,009	0,288	0,016 (0,135)	-0,046	-0,107	0,015	0,135	-0,011 (0,678)	0,005	-0,017	0,026	0,678
Velocidade	0,043 (0,037*)	3,621	0,219	7,022	0,037*	-0,003 (0,373)	0,349	-0,427	1,125	0,373	0,003 (0,274)	1,411	-1,138	3,960	0,274	0,042 (0,039*)	-0,925	-1,804	-0,046	0,039*
Potência MMSS	0,031 (0,063)	-0,036	-0,074	0,002	0,063	-0,007 (0,498)	-0,003	-0,012	0,006	0,498	-0,006 (0,478)	-0,010	-0,039	0,018	0,478	0,009 (0,192)	0,007	-0,003	0,016	0,192
Agilidade	0,038 (0,045*)	1,819	0,044	3,594	0,045*	0,003 (0,274)	0,222	-0,179	0,623	0,274	0,012 (0,165)	0,927	-0,388	2,242	0,165	0,060 (0,016*)	-0,558	-1,010	-0,107	0,016*
Controlado por idade																				
Flexibilidade[#]	0,127 (0,001*)	-0,224	-0,468	0,020	0,071	-0,014 (0,669)	-0,021	-0,077	0,035	0,462	0,029 (0,110)	-0,193	-0,380	-0,006	0,043*	0,145 (0,001*)	0,013	-0,046	0,072	0,656
TTD[#]	0,342 (<0,001*)	1,236	0,798	1,674	<0,001*	0,080 (0,014*)	0,171	0,055	0,286	0,004*	0,270 (<0,001*)	0,963	0,623	1,304	<0,001*	0,150 (0,001*)	-0,026	-0,155	0,102	0,682
Abdominal[#]	0,133 (0,001*)	-0,247	-0,472	-0,023	0,031*	0,091 (0,009*)	-0,080	-0,132	-0,029	0,002*	0,069 (0,022*)	-0,242	-0,413	-0,071	0,006*	0,148 (0,001*)	0,005	-0,053	0,062	0,875
Aptidão cardiorrespiratória[#]	0,077 (0,017*)	-0,001	-0,019	0,017	0,882	0,018 (0,189)	-0,004	-0,008	0,000	0,079	-0,021 (0,835)	-0,004	-0,018	0,010	0,579	0,171 (<0,001*)	-0,003	-0,008	0,001	0,155
Potência MMII[#]	0,089 (0,010*)	-0,045	-0,129	0,040	0,294	-0,009 (0,527)	-0,009	-0,028	0,011	0,372	0,028 (0,329)	-0,047	-0,111	0,018	0,154	0,155 (0,001*)	-0,008	-0,029	0,013	0,451
Velocidade[#]	0,097 (0,008*)	2,052	-1,507	5,611	0,254	-0,014 (0,626)	0,289	-0,551	1,130	0,495	-0,010 (0,551)	1,39	-1,374	4,153	0,320	0,154 (0,001*)	-0,369	-1,259	0,521	0,411
Potência MMSS[#]	0,078 (0,016*)	-0,008	-0,053	0,037	0,715	-0,018 (0,741)	-0,002	-0,012	0,009	0,726	-0,019 (0,778)	-0,010	-0,044	0,025	0,571	0,159 (<0,001*)	-0,005	-0,016	0,006	0,341
Agilidade[#]	0,082 (0,014*)	0,710	-1,302	2,721	0,484	-0,010 (0,544)	0,203	-0,265	0,670	0,391	0,001 (0,364)	1,053	-0,481	2,587	0,176	0,154 (0,001*)	-0,166	-0,663	0,331	0,508

B = Coeficientes não padronizados; CI = *Confidence interval*; R²= Coeficiente de determinação; TTD = Teste do toque em disco; TR = Tempo de resposta; [#] = Controlado por idade; * p ≤ 0,05.

O TTD apresentou correlação significativa com praticamente todas as capacidades físicas e cognitivas envolvidas no estudo (figura 17). Considerando as sete variáveis de desempenho físico do PROESP-Br, o TTD apresentou correlação significativa com seis delas, sendo velocidade ($r_s = 0,388$; $p < 0,001$) e agilidade ($r_s = 0,369$; $p < 0,001$) os resultados mais fortes. As variáveis de funções executivas envolvidas no estudo resultam em 10, e o TTD apresentou correlações significativas com oito delas, encontrando importantes resultados tanto com controle inibitório, como com memória de trabalho. Entre as principais variáveis, destaca-se a forte correlação do TTD com o TR da terceira etapa do teste de Stroop ($r_s = 0,570$; $p = 0,027$), e as correlações moderadas do TTD com o efeito Stroop ($r_s = 0,410$; $p < 0,001$) e com a pontuação total da tarefa de dígitos ($r_s = -0,300$; $p = 0,006$). As variáveis relacionadas às competências socioemocionais não estão presentes na figura 6 pois nenhuma delas apresentou resultado significativo na correlação com o TTD.

Figura 17 - Correlação TTD x Capacidades físicas e TTD x Variáveis de desempenho cognitivo. Cores mais fortes significam maior força de correlação entre as variáveis e o TTD



Fonte: O autor, 2021.

DISCUSSÃO

O presente estudo de corte transversal teve como objetivo avaliar a correlação das capacidades físicas com variáveis de funções executivas e competências socioemocionais em crianças em idade escolar. Os achados da pesquisa sugerem que melhores resultados de capacidades físicas estão relacionados a uma maior precisão de resposta em tarefas que modulam tanto o controle inibitório como a memória de trabalho, mas não as competências socioemocionais.

Especificamente, o TTD e o teste de abdominal foram as variáveis que obtiveram correlações mais fortes com o tempo de resposta na condição incongruente do teste de Stroop e no efeito Stroop, sugerindo que níveis elevados

de coordenação motora óculo-manual e resistência muscular localizada estão relacionados a um melhor desempenho durante as condições de tarefa que requerem maiores demandas do controle inibitório. Nessa perspectiva, nossos achados parecem corroborar estudos anteriores que apontaram para a mesma direção, encontrando associações positivas entre domínios de coordenação motora e força muscular em relação às funções executivas infantis (KAO; WESTFALL; PARKS; PONTIFEX *et al.*, 2017; TORRIJOS-NINO; MARTINEZ-VIZCAINO; PARDO-GUIJARRO; GARCIA-PRIETO *et al.*, 2014). Um estudo publicado em 2020 observou que crianças com piores rendimentos nas avaliações motoras também apresentavam piores desempenhos em testes de controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (SARTORI; VALENTINI; FONSECA, 2020), corroborando os nossos achados.

Um padrão semelhante de correlações foi obtido quando a memória de trabalho foi levada em consideração. Níveis mais altos de coordenação motora óculo-manual e agilidade apresentaram correlação significativa com melhores desempenhos na tarefa de dígitos, sugerindo uma associação entre essas variáveis de capacidade física e este pilar das funções executivas. Esses resultados são corroborados por um estudo realizado com crianças no qual foi identificada uma clara associação entre habilidades de coordenação motora fina e grossa e o desempenho no *spatial working memory test* (GEERTSEN; THOMAS; LARSEN; DAHN *et al.*, 2016). Nesse estudo a coordenação motora também apresentou correlação com a atenção sustentada, aspecto das funções executivas que está relacionado ao controle inibitório e memória de trabalho (DIAMOND, 2013). Outra fonte de apoio consiste em dois recentes estudos que, assim como o presente corte transversal, encontraram associações positivas de domínios de coordenação motora e agilidade com a saúde cognitiva infantil (SARTORI; VALENTINI; FONSECA, 2020; TORRIJOS-NINO; MARTINEZ-VIZCAINO; PARDO-GUIJARRO; GARCIA-PRIETO *et al.*, 2014).

O presente estudo estimou o poder preditivo das capacidades físicas no funcionamento executivo dos escolares. Com base nos dados estatísticos apresentados, a coordenação motora óculo-manual pareceu ser o mais importante preditor do controle inibitório, compartilhando 25,7% e 33,4% da variância no TR da terceira etapa do teste de Stroop e do efeito Stroop, respectivamente. Quanto à acurácia do controle inibitório, a resistência muscular localizada e a coordenação

motora óculo-manual apresentaram-se como os principais preditores, influenciando em cerca de 16% o resultado. Em outras palavras, as capacidades físicas explicaram quantidades significativas de variação no funcionamento executivo das crianças. Esses achados corroboram estudos anteriores que sugeriram que as capacidades físicas podem ser consideradas um indicativo do desempenho cognitivo infantil, influenciando especialmente os três principais constructos das funções executivas (DAVIS; PITCHFORD; LIMBACK, 2011; RIGOLI; PIEK; KANE; OOSTERLAAN, 2012).

No âmbito da resistência aeróbia, apesar de o presente estudo encontrar uma correlação fraca, porém significativa, entre aptidão cardiorrespiratória e certos domínios cognitivos, como o controle inibitório, nossos resultados mais expressivos envolveram outras variáveis de valências físicas. Estudos recentes têm se concentrado na associação entre aptidão aeróbia e funções cognitivas em crianças (KAO; WESTFALL; PARKS; PONTIFEX *et al.*, 2017; RAINE; KAO; PINDUS; WESTFALL *et al.*, 2018), adolescentes (HILLMAN; CASTELLI; BUCK, 2005; RAINE; SCUDDER; SALIBA; KRAMER *et al.*, 2016) e adultos (ABERG; PEDERSEN; TOREN; SVARTENGTREN *et al.*, 2009). Resultados indicam que indivíduos entre nove e onze anos de idade têm sua aptidão cardiorrespiratória relacionada à memória de trabalho e ao desempenho acadêmico, apesar disso, correlações mais fortes foram encontradas com a variável de força muscular (KAO; WESTFALL; PARKS; PONTIFEX *et al.*, 2017). Outro estudo demonstrou que a aptidão aeróbia estava positivamente associada ao desempenho do *Flanker Test*, indicando relação com o controle inibitório de crianças entre oito e onze anos de idade (RAINE; KAO; PINDUS; WESTFALL *et al.*, 2018).

As correlações encontradas entre capacidades físicas e funções executivas são amplamente consistentes com as descobertas de Hillman e colaboradores (2014) e Kamijo e colaboradores (2011), que por intermédio de estudos de intervenção encontraram efeitos do exercício físico no controle inibitório e na memória de trabalho, respectivamente. Os resultados atuais também sugerem que a força muscular tem uma associação benéfica com o controle inibitório, evidenciada por uma associação positiva da força muscular na acurácia do teste de Stroop e no seu TR. Embora nenhuma evidência direta tenha sugerido tal associação, análises sobre o efeito da aptidão muscular em desfechos de saúde têm indicado que melhores níveis de força muscular podem estar associados a diversos benefícios

para a saúde do indivíduo (SMITH; EATHER; MORGAN; PLOTNIKOFF *et al.*, 2014), que consequentemente podem beneficiar o desenvolvimento cognitivo infantil, indicando que indivíduos mais condicionados tendem a apresentar melhores respostas nos testes de funções executivas (SCUDDER; LAMBOURNE; DROLLETTE; HERRMANN *et al.*, 2014).

Um estudo de corte transversal com faixa etária semelhante (oito a 14 anos de idade) utilizou o mesmo teste de coordenação motora óculo-manual e, apesar de não ter encontrado resultado significativo nas correlações dessa variável com controle inibitório, apontou que a coordenação motora pode ser um importante preditor do desempenho acadêmico (FERNANDES; RIBEIRO; MELO; DE TARSO MACIEL-PINHEIRO *et al.*, 2016). Em conjunto com os resultados encontrados no presente estudo, acredita-se que o desenvolvimento da coordenação motora possa contribuir para diferentes aspectos da cognição, incluindo o processo de aprendizagem. Dessa forma, além da prática regular de exercícios físicos promover a manutenção da saúde (JANSSEN; LEBLANC, 2010; STRONG; MALINA; BLIMKIE; DANIELS *et al.*, 2005), ela também se apresenta como fator relevante para o desenvolvimento e aperfeiçoamento das capacidades físicas e cognitivas de crianças (DIAMOND, 2015), associando maiores níveis de aptidão física a melhores resultados acadêmicos (COE; PIVARNIK; WOMACK; REEVES *et al.*, 2006; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016).

Estudos presentes na literatura sugerem que as funções executivas podem atuar como preditoras de competências socioemocionais, indicando que melhores resultados de desempenhos cognitivos estão associados à melhor capacidade de gerenciamento das emoções, ao maior senso de responsabilidade, e à melhor habilidade de comunicação, por exemplo (FRUCHTMAN-STEINBOK; SALZER; HENIK; COHEN, 2017; GERHOLM; KALLIOINEN; TONÉR; FRANKENBERG *et al.*, 2019). Considerando as associações apontadas pelos estudos científicos entre as funções executivas e a capacidades físicas (CHADDOCK; HILLMAN; PONTIFEX; JOHNSON *et al.*, 2012; HUANG; TARP; DOMAZET; THORSEN *et al.*, 2015), foi investigada a possibilidade de desempenhos físicos também estarem associados ao desempenho das competências socioemocionais, porém todos os resultados encontrados pelo presente estudo não apresentaram significância. É importante ressaltar que a avaliação de competências socioemocionais utilizada durante a pesquisa foi parcialmente aplicada, sendo necessário que um dos formulários

(responsáveis) fosse descartado devido à indisponibilidade dos sujeitos. Sendo assim, a ausência de um dos três métodos de avaliação pode ser considerada uma fraqueza do estudo, podendo ter influenciado no resultado final.

O presente estudo possui algumas limitações, incluindo o tipo de estudo que, apesar de indicar relação de associação, não sugere necessariamente uma relação de causa e efeito. A realização de ensaios clínicos controlados e randomizados é indicada para que a questão de causalidade seja solucionada. Além disso, não foram considerados neste estudo fatores relacionados à variabilidade da faixa etária, como o estágio de maturação. Considerando as habilidades socioemocionais, uma limitação do estudo foi a impossibilidade de aplicação do formulário destinado aos responsáveis, fazendo com que apenas os outros dois modelos fossem utilizados para a avaliação dessa variável.

Em estudos futuros, deve-se utilizar um sistema computadorizado de avaliação cognitiva com a intenção de aumentar a confiabilidade dos testes, além de aumentar a quantidade de testes de funções executivas de forma que todos os principais pilares sejam avaliados. Sugere-se também que sejam desenvolvidos futuros estudos de intervenção que tenham como objetivo investigar se o aperfeiçoamento das capacidades físicas afeta o desempenho das funções executivas, e o impacto disso no desempenho acadêmico de crianças e adolescentes.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a maioria das capacidades físicas estão associadas aos principais desfechos de controle inibitório e memória de trabalho de indivíduos entre oito e doze anos de idade, com destaque para a forte correlação encontrada entre coordenação motora óculo-manual e o TR do teste de Stroop. Juntos, esses resultados indicam que níveis elevados de aptidão física se associam ao funcionamento executivo de crianças e adolescentes.

Portanto, esses resultados destacam o papel crucial que o condicionamento físico pode ter para a saúde física e mental das crianças. Dada a conhecida relação entre funções executivas e sucesso acadêmico, social e profissional, essas descobertas devem ser consideradas pela saúde pública e pela comunidade educacional para que sejam promovidas mudanças nas políticas públicas capazes de implementar incentivos e direcionamento acerca da prática regular de exercício físico durante o desenvolvimento infantil. Considerando o fato de as capacidades físicas estarem positivamente associadas ao desempenho de todos os domínios dos testes cognitivos, destaca-se a importância do desenvolvimento das capacidades físicas de escolares.

REFERÊNCIAS

ABERG, M. A.; PEDERSEN, N. L.; TOREN, K.; SVARTENGREN, M. *et al.* Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 106, n. 49, p. 20906-20911, Dec 8 2009.

ADAM, C.; KLISSOURAS, V.; RAVAZZOLO, M.; RENSON, R. *et al.* **EUROFIT - European test of physical fitness (2nd edition)**. Council of Europe. Committee for the development of sport. Strasbourg: Council of Europe, 1993.

ARDOY, D. N.; FERNANDEZ-RODRIGUEZ, J. M.; JIMENEZ-PAVON, D.; CASTILLO, R. *et al.* A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 1, p. e52-61, Feb 2014.

AZNAR, A.; TENENBAUM, H. Spanish parents' emotion talk and their children's understanding of emotion. **Frontiers in Psychology**, 4, n. 670, 2013-September-24 2013. Original Research.

BANDEIRA, M.; DEL PRETTE, Z.; DEL PRETTE, A.; MAGALHÃES, T. Validação das escalas de habilidades sociais, comportamentos problemáticos e competência acadêmica (SSRS-BR) para o ensino fundamental. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, 25, n. 2, p. 271 - 282, 2009.

BEST, J. R.; MILLER, P. H. A developmental perspective on executive function. **Child Dev**, 81, n. 6, p. 1641-1660, Nov-Dec 2010.

BLACKBURN, H. L.; BENTON, A. L. Revised administration and scoring of the Digit Span Test. **Journal of Consulting Psychology**, 21, n. 2, p. 139-143, 1957.

BLAIR, C. School readiness. Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. **Am Psychol**, 57, n. 2, p. 111-127, Feb 2002.

CECCHINI, M.; SASSI, F.; LAUER, J. A.; LEE, Y. Y. *et al.* Tackling of unhealthy diets, physical inactivity, and obesity: health effects and cost-effectiveness. **Lancet**, 376, n. 9754, p. 1775-1784, Nov 20 2010.

CHADDOCK, L.; HILLMAN, C. H.; PONTIFEX, M. B.; JOHNSON, C. R. *et al.* Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. **J Sports Sci**, 30, n. 5, p. 421-430, 2012.

CHADDOCK, L.; VOSS, M. W.; KRAMER, A. F. Physical Activity and Fitness Effects on Cognition and Brain Health in Children and Older Adults. 1, n. 1, p. 37, 2012.

COE, D. P.; PIVARNIK, J. M.; WOMACK, C. J.; REEVES, M. J. *et al.* Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. **Med Sci Sports Exerc**, 38, n. 8, p. 1515-1519, Aug 2006.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2 ed. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

COLCOMBE, S.; KRAMER, A. F. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. **Psychol Sci**, 14, n. 2, p. 125-130, Mar 2003.

COLLABORATION, N. C. D. R. F. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. **Lancet**, 390, n. 10113, p. 2627-2642, Dec 16 2017.

DAVIS, E. E.; PITCHFORD, N. J.; LIMBACK, E. The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4-11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. **Br J Psychol**, 102, n. 3, p. 569-584, Aug 2011.

DEL PRETTE, Z.; FREITAS, L.; BANDEIRA, M.; DEL PRETTE, A. **SSRS - Inventário de Habilidades Sociais, Problemas de Comportamento e Competência Acadêmica para Crianças**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2016. 978-85-8040-645-0.

DESLANDES, A.; MORAES, H.; FERREIRA, C.; VEIGA, H. *et al.* Exercise and mental health: many reasons to move. **Neuropsychobiology**, 59, n. 4, p. 191-198, 2009.

DIAMOND, A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. **Child Dev**, 71, n. 1, p. 44-56, Jan-Feb 2000.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**, 64, p. 135-168, 2013.

DIAMOND, A. Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. **Ann Sports Med Res**, 2, n. 1, p. 1011, Jan 19 2015.

DIETRICH, A.; AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. **Neurosci Biobehav Rev**, 35, n. 6, p. 1305-1325, May 2011.

DING, D.; LAWSON, K. D.; KOLBE-ALEXANDER, T. L.; FINKELSTEIN, E. A. *et al.* The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. **Lancet**, 388, n. 10051, p. 1311-1324, Sep 24 2016.

DISHMAN, R. K.; BERTHOUD, H. R.; BOOTH, F. W.; COTMAN, C. W. *et al.* Neurobiology of exercise. **Obesity (Silver Spring)**, 14, n. 3, p. 345-356, Mar 2006.

DONNELLY, J. E.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D.; ETNIER, J. L. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, 48, n. 6, p. 1197-1222, Jun 2016.

DUMAN, R. S. Neurotrophic factors and regulation of mood: role of exercise, diet and metabolism. **Neurobiol Aging**, 26 Suppl 1, p. 88-93, Dec 2005.

ERICSSON, I.; KARLSSON, M. K. Motor skills and school performance in children with daily physical education in school--a 9-year intervention study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 2, p. 273-278, Apr 2014.

ESTEBAN-CORNEJO, I.; MARTINEZ-GOMEZ, D.; GARCIA-CERVANTES, L.; ORTEGA, F. B. *et al.* Objectively Measured Physical Activity During Physical Education and School Recess and Their Associations With Academic Performance in Youth: The UP&DOWN Study. **J Phys Act Health**, 14, n. 4, p. 275-282, Apr 2017.

FERNANDES, V. R.; RIBEIRO, M. L.; MELO, T.; DE TARSO MACIEL-PINHEIRO, P. *et al.* Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. **Front Psychol**, 7, p. 318, 2016.

FREITAS, L.; DEL PRETTE, Z. Social Skills Rating System - Brazilian Version: New Exploratory and Confirmatory Factorial Analyses. **Avances en Psicologia Latinoamericana**, 33, p. 135-156, 01/01 2015.

FRUCHTMAN-STEINBOK, T.; SALZER, Y.; HENIK, A.; COHEN, N. The interaction between emotion and executive control: Comparison between visual, auditory, and tactile modalities. **Q J Exp Psychol (Hove)**, 70, n. 8, p. 1661-1674, Aug 2017.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J., 1994, **Understanding Motor Development : Infants, Children, Adolescents, Adults.**

GARNER, P. Emotional Competence and its Influences on Teaching and Learning. **Educational Psychology Review**, 22, p. 297-321, 09/01 2010.

GAYA, A.; GAYA, A.; PEDRETTI, A.; MELLO, J. **Projeto Esporte Brasil: Manual de medidas, testes e avaliações**. 5 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

GEERTSEN, S. S.; THOMAS, R.; LARSEN, M. N.; DAHN, I. M. *et al.* Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children. **PLoS One**, 11, n. 8, p. e0161960, 2016.

GERHOLM, T.; KALLIOINEN, P.; TONÉR, S.; FRANKENBERG, S. *et al.* A randomized controlled trial to examine the effect of two teaching methods on preschool children's language and communication, executive functions, socioemotional comprehension, and early math skills. **BMC psychology**, 7, n. 1, p. 59-59, 2019.

GRESHAM, F. M.; ELLIOTT, S. N. **Social Skills Rating System: Manual**. Circle Pines, MN: American Guidance Service, 1990.

HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M.; BUCK, S. M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 37, n. 11, p. 1967-1974, Nov 2005.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nat Rev Neurosci**, 9, n. 1, p. 58-65, Jan 2008.

HILLMAN, C. H.; PONTIFEX, M. B.; CASTELLI, D. M.; KHAN, N. A. *et al.* Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. **Pediatrics**, 134, n. 4, p. e1063-1071, Oct 2014.

HUANG, T.; TARP, J.; DOMAZET, S. L.; THORSEN, A. K. *et al.* Associations of Adiposity and Aerobic Fitness with Executive Function and Math Performance in Danish Adolescents. **J Pediatr**, 167, n. 4, p. 810-815, Oct 2015.

HUGHES, C.; DEVINE, R. A Social Perspective on Theory of Mind. 3, p. 564-609, 03/23 2015.

IMUTA, K.; HENRY, J. D.; SLAUGHTER, V.; SELCUK, B. *et al.* Theory of mind and prosocial behavior in childhood: A meta-analytic review. **Dev Psychol**, 52, n. 8, p. 1192-1205, Aug 2016.

JANSSEN, I.; LEBLANC, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. **Int J Behav Nutr Phys Act**, 7, p. 40, May 11 2010.

KAMIJO, K.; PONTIFEX, M. B.; O'LEARY, K. C.; SCUDDER, M. R. *et al.* The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. **Dev Sci**, 14, n. 5, p. 1046-1058, Sep 2011.

KAO, S. C.; WESTFALL, D. R.; PARKS, A. C.; PONTIFEX, M. B. *et al.* Muscular and Aerobic Fitness, Working Memory, and Academic Achievement in Children. **Med Sci Sports Exerc**, 49, n. 3, p. 500-508, Mar 2017.

KHAN, N. A.; HILLMAN, C. H. The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: a review. **Pediatr Exerc Sci**, 26, n. 2, p. 138-146, May 2014.

LEISMAN, G.; BRAUN-BENJAMIN, O.; MELILLO, R. Cognitive-motor interactions of the basal ganglia in development. **Frontiers in systems neuroscience**, 8, p. 16-16, 2014.

LYON, G. R.; KRASNEGOR, N. A. **Attention, memory, and executive function.** Baltimore, MD, US: Paul H Brookes Publishing Co., 1996. xvii, 424-xvii, 424 p. (Attention, memory, and executive function., doi:10.1097/00004703-199608000-00014. 1-55766-198-7 (Hardcover).

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P.; EMERSON, M. J.; WITZKI, A. H. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cogn Psychol**, 41, n. 1, p. 49-100, Aug 2000.

PENEDO, F. J.; DAHN, J. R. Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. **Curr Opin Psychiatry**, 18, n. 2, p. 189-193, Mar 2005.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALA, K. L. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, 40, p. 1-22, 2019.

RAINE, L.; KAO, S.-C.; PINDUS, D.; WESTFALL, D. R. *et al.* A Large-Scale Reanalysis of Childhood Fitness and Inhibitory Control. **Journal of Cognitive Enhancement**, 2, p. 170-192, 2018.

RAINE, L. B.; SCUDDER, M. R.; SALIBA, B. J.; KRAMER, A. F. *et al.* Aerobic Fitness and Context Processing in Preadolescent Children. **J Phys Act Health**, 13, n. 1, p. 94-101, Jan 2016.

RIGOLI, D.; PIEK, J. P.; KANE, R.; OOSTERLAAN, J. An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. **Dev Med Child Neurol**, 54, n. 11, p. 1025-1031, Nov 2012.

ROEBERS, C. M.; ROTH LISBERGER, M.; NEUENSCHWANDER, R.; CIMELI, P. *et al.* The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: a latent variable approach. **Hum Mov Sci**, 33, p. 284-297, Feb 2014.

RUIZ-ARIZA, A.; GRAO-CRUCES, A.; DE LOUREIRO, N. E. M.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, E. J. Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005–2015. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, 10, n. 1, p. 108-133, 2017/01/01 2017.

SANTOS-LOZANO, A.; PAREJA-GALEANO, H.; SANCHIS-GOMAR, F.; QUINDOS-RUBIAL, M. *et al.* Physical Activity and Alzheimer Disease: A Protective Association. **Mayo Clin Proc**, 91, n. 8, p. 999-1020, Aug 2016.

SARTORI, R. F.; VALENTINI, N. C.; FONSECA, R. P. Executive function in children with and without developmental coordination disorder: A comparative study. **Child Care Health Dev**, 46, n. 3, p. 294-302, May 2020.

SCUDDER, M. R.; LAMBOURNE, K.; DROLLETTE, E. S.; HERRMANN, S. D. *et al.* Aerobic capacity and cognitive control in elementary school-age children. **Medicine and science in sports and exercise**, 46, n. 5, p. 1025-1035, 2014.

SMITH, J. J.; EATHER, N.; MORGAN, P. J.; PLOTNIKOFF, R. C. *et al.* The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, 44, n. 9, p. 1209-1223, 2014/09/01 2014.

SOLIS-URRA, P.; OLIVARES-ARANCIBIA, J.; SUAREZ-CADENAS, E.; SANCHEZ-MARTINEZ, J. *et al.* Study protocol and rationale of the "Cogni-action project" a cross-sectional and randomized controlled trial about physical activity, brain health, cognition, and educational achievement in schoolchildren. **BMC Pediatr**, 19, n. 1, p. 260, Jul 26 2019.

STRAUSS, E.; SHERMAN, E.; SPREEN, O. **A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary**. 3 ed. Oxford, England: Oxford University Press, 2006.

STRONG, W. B.; MALINA, R. M.; BLIMKIE, C. J.; DANIELS, S. R. *et al.* Evidence based physical activity for school-age youth. **J Pediatr**, 146, n. 6, p. 732-737, Jun 2005.

STROOP, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**, 18, n. 6, p. 643-662, 1935.

TOMPOROWSKI, P. D.; DAVIS, C. L.; MILLER, P. H.; NAGLIERI, J. A. Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. **Educ Psychol Rev**, 20, n. 2, p. 111-131, Jun 1 2008.

TOMPOROWSKI, P. D.; PESCE, C. Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. **Psychol Bull**, 145, n. 9, p. 929-951, Sep 2019.

TORRIJOS-NINO, C.; MARTINEZ-VIZCAINO, V.; PARDO-GUIJARRO, M. J.; GARCIA-PRIETO, J. C. *et al.* Physical fitness, obesity, and academic achievement in schoolchildren. **J Pediatr**, 165, n. 1, p. 104-109, Jul 2014.

VALIENTE, C.; SWANSON, J.; EISENBERG, N. Linking Students' Emotions and Academic Achievement: When and Why Emotions Matter. **Child development perspectives**, 6, n. 2, p. 129-135, 2012.

VAN DER FELLS, I. M.; TE WIERIKE, S. C.; HARTMAN, E.; ELFERINK-GEMSER, M. T. *et al.* The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 18, n. 6, p. 697-703, Nov 2015.

WHO, W. H. O. **Report of the commission on ending childhood obesity.** World Health Organization, 2016. 9241510064.

WILDER, R. P.; GREENE, J. A.; WINTERS, K. L.; LONG, W. B., 3rd *et al.* Physical fitness assessment: an update. **J Long Term Eff Med Implants**, 16, n. 2, p. 193-204, 2006.

4 ESTUDO 3 – O EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO FÍSICO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS DE CRIANÇAS: UM ESTUDO RANDOMIZADO E CONTROLADO.

RESUMO

Acredita-se que a elevação dos níveis de excitação fisiológica após a prática de exercício seja capaz de promover maior estimulação das regiões cerebrais associadas às funções executivas, acarretando, portanto, no aperfeiçoamento temporário das mesmas. Entretanto, estudos que investigaram o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes apresentaram resultados divergentes em relação à influência do tipo de exercício, da faixa etária e do subdomínio das funções executivas avaliado. O objetivo principal desse estudo original randomizado e controlado foi investigar o efeito agudo de uma aula de Educação Física nas funções executivas de crianças entre 9 e 10 anos de idade. Vinte e quatro indivíduos foram randomizados em dois grupos, sendo um grupo exercício e um grupo controle. O grupo exercício participou de uma aula de Educação Física escolar, enquanto os alunos do grupo controle permaneceram em sala de aula, sentados, assistindo a uma aula de vídeo sobre esporte. Devido a uma intercorrência da escola na qual a pesquisa foi realizada, o grupo exercício foi subdividido em dois grupos, um de 25 minutos, e outro de 45 minutos. Todos os indivíduos realizaram avaliações de funções executivas (teste de Stroop e tarefa de dígitos) antes e imediatamente após suas respectivas condições. Foi realizada uma ANOVA two-way (dados paramétricos) e o teste de Kruskal-Wallis (dados não-paramétricos) para a comparação das variáveis investigadas entre os grupos (controle x exercício 25 minutos x exercício 45 minutos) e momentos (pré x pós). Para a avaliação do efeito do exercício físico nas funções executivas, foram realizados testes t independentes para as variáveis paramétricas, e testes de *Mann Whitney U* para as variáveis não-paramétricas, com objetivo de comparar os deltas (Δ) dos dois grupos (grupo exercício e grupo controle). Através da comparação entre os deltas dos resultados obtidos em ambos os grupos nos momentos pré e pós, não foi observado nenhum efeito significativo do exercício físico nos principais desfechos de controle inibitório ($T= 0,0039$; $p= 0,969$) e memória de trabalho ($U= 72,500$; $p=$

0,881). Além disso, também não houve diferença significativa da duração do exercício físico na cognição de crianças e adolescentes. Sendo assim, conclui-se que sessões agudas de 25 minutos e 45 minutos de aula de Educação Física não apresentaram melhora no desempenho dos testes de Stroop e tarefa de dígitos, porém também não foi identificado nenhum tipo de piora desses grupos quando comparados ao grupo que não realizou nenhuma tarefa física.

Palavras-chave: Cognição. Atenção. Controle inibitório. Memória de trabalho. Atividade física.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o desenvolvimento do sistema motor da criança ocorre simultaneamente ao desenvolvimento do sistema cognitivo fazendo com que esses dois aspectos do desenvolvimento infantil estejam fundamentalmente associados (DIAMOND, 2000). Com isso, um crescente corpo de estudos científicos passou a investigar a relação entre aptidão física e cognição, identificando resultados benéficos em crianças em idade escolar (ERICSSON; KARLSSON, 2014; HILLMAN; CASTELLI; BUCK, 2005; TOMPOROWSKI, 2003). Dentre os elementos que compõe a cognição, as funções executivas parecem ser especialmente favorecidas pela prática de exercício físico (HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008).

Evidências científicas sugerem que uma única sessão de exercício físico pode melhorar temporariamente o desempenho das funções executivas (BEST, 2010; CHEN; YAN; YIN; PAN *et al.*, 2014), sendo essas funções controladas e orientadas principalmente pela região do córtex pré-frontal (CPF) (DIAMOND, 2013). O desenvolvimento dessas funções cognitivas parece acompanhar o ritmo maturacional da região cerebral a qual está mais intimamente relacionada, apresentando, portanto, alguns saltos de desenvolvimento mais exponenciais, mas apenas completando esse processo de desenvolvimento por volta dos 20 anos de idade (ANDERSON; ANDERSON; NORTHAM; JACOBS *et al.*, 2001).

As funções executivas são um conjunto de habilidades cognitivas necessárias para a realização de diversas atividades que necessitam de planejamento e monitoramento, permitindo que o indivíduo interaja com o mundo de forma mais adaptativa (BAGGETTA; ALEXANDER, 2016; MEYER; KIERAS, 1997). As funções executivas são consideradas fundamentais para o direcionamento e regulação não só de habilidades cognitivas (DIAMOND; LING, 2016), mas também de habilidades emocionais e sociais (MOFFITT; ARSENEAULT; BELSKY; DICKSON *et al.*, 2011). Apesar das diferentes definições já apresentadas na literatura para as funções executivas, uma revisão publicada por JURADO e ROSSELLI (2007) destacou alguns pilares importantes que compõem esse complexo de funções relacionadas à cognição, sendo eles a atenção (também chamada de resposta inibitória e controle inibitório), a memória de trabalho, o planejamento, a flexibilidade cognitiva e a fluência verbal.

A prática de exercício físico tem como resultado agudo o aumento do fluxo sanguíneo no cérebro, que parece resultar em uma elevação imediata dos níveis de excitação fisiológica (OGOH; AINSLIE, 2009; SMITH; PAULSON; COOK; VERBER *et al.*, 2010). Esse aumento dos níveis de excitação fisiológica promove uma maior estimulação de regiões cerebrais. A hipótese da hipofrontalidade defende que a busca pelo redirecionamento de recursos para regiões cerebrais que estão sendo mais requisitadas durante a prática de exercício físico é capaz de causar um prejuízo temporário das atividades dependentes do funcionamento do CPF, região intimamente relacionada às funções executivas (AUDIFFREN, 2016; DIETRICH; AUDIFFREN, 2011). Esse modelo defende que durante a prática de exercício físico acontece uma diminuição das capacidades cognitivas visando a melhora das capacidades motoras e sensoriais através do desvio de recursos metabólicos para as regiões que comandam essas tarefas (DIETRICH; AUDIFFREN, 2011). Apesar disso, o aumento dos níveis de excitação fisiológica promove novas alterações após a prática de exercício físico (O'LEARY; PONTIFEX; SCUDDER; BROWN *et al.*, 2011), gerando uma maior estimulação de regiões cerebrais associadas às funções executivas logo após a prática de exercício físico, o que parece possibilitar a melhora no desempenho das mesmas (AUDIFFREN, 2009; TOMPOROWSKI, 2003).

A prática de exercício físico também promove, de forma aguda, a produção e liberação de citocinas, chamadas miocinas, através da contração da musculatura esquelética (PEDERSEN; FEBBRAIO, 2008). As miocinas são capazes de gerar benefícios para a saúde do cérebro, facilitando o processo de aprendizagem e o desempenho cognitivo (DELEZIE; HANDSCHIN, 2018; LAURENS; BERGOUIGNAN; MORO, 2020). O efeito agudo do exercício físico também promove algumas mudanças na concentração de diversas substâncias no cérebro, que normalmente sofrem um aumento da síntese e liberação (MOREAU; CONWAY, 2013). Alguns desses neuromoduladores são a dopamina, anandamida, endorfina, serotonina e noradrenalina (MATTA MELLO PORTUGAL; CEVADA; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR; TEIXEIRA GUIMARAES *et al.*, 2013; MCMORRIS; TURNER; HALE; SPROULE, 2016), que têm uma função relevante nos processos cognitivos (DISHMAN; BERTHOUD; BOOTH; COTMAN *et al.*, 2006; ROIG; NORDBRANDT; GEERTSEN; NIELSEN, 2013). Outros fatores neuroquímicos que também podem ser liberados durante o exercício físico são os opioides e os endocanabinoides, substâncias responsáveis pela promoção da sensação de euforia e bem-estar, além

de efeitos ansiolíticos e diminuição da sensibilidade à dor (DIETRICH; MCDANIEL, 2004).

Na última década houve um aumento exponencial da quantidade de pesquisas científicas investigando o impacto de uma sessão única de exercício físico na *performance* cognitiva (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019), mas apesar de diferentes estudos terem apontado para uma relação positiva entre essas variáveis, tal evidência científica ainda é considerada inconsistente (DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016). Inclusive essa associação pode ser controlada por diferentes fatores. Um estudo revelou, por exemplo, que os níveis de desempenho do controle inibitório em crianças podem interferir no resultado dessa associação, sendo crianças com menores capacidades de atenção mais beneficiadas pelo efeito agudo do exercício físico (DROLLETTE; SCUDDER; RAINE; MOORE *et al.*, 2014).

Pontifex e colaboradores (2019) evidenciaram através de seu estudo que a maioria das publicações realizadas nessa área envolvem exercícios físicos aeróbicos. Contudo, nos últimos anos começou-se a investigar as características do exercício físico que estavam relacionadas a maiores aperfeiçoamentos das funções cognitivas, e acredita-se que o exercício físico com demanda cognitiva mais alta pode ter um potencial benéfico maior quando comparado a exercícios físicos aeróbicos com baixa demanda cognitiva, como é o caso de exercícios em esteiras e bicicletas ergométricas, por exemplo (BUDDE; VOELCKER-REHAGE; PIETRABYK-KENDZIORRA; RIBEIRO *et al.*, 2008; EGGER; CONZELMANN; SCHMIDT, 2018; SCHMIDT; JAGER; EGGER; ROEBERS *et al.*, 2015). Exercícios engajados cognitivamente exigem que os indivíduos destinem um maior esforço atencional e cognitivo para a sua execução (SIMONS; BOOT; CHARNESS; GATHERCOLE *et al.*, 2016).

Além disso, diversos estudos publicados foram realizados em laboratório e utilizaram protocolos de exercícios físico agudos difíceis de incorporar ao universo escolar devido à necessidade de equipamentos especializados - como esteiras e bicicletas ergométricas - e procedimentos experimentais incompatíveis com a realidade do ambiente acadêmico. Esses fatores são reconhecidamente barreiras que dificultam a replicação desses estudos e de seus resultados (MORRIS; DALY-SMITH; ARCHBOLD; WILKINS *et al.*, 2019; ROBBINS; TALLEY; WU; WILBUR, 2010). Para solucionar essa questão, é necessário utilizar como intervenção

exercícios físicos que façam uso de equipamentos comuns às escolas ou nenhum equipamento (BUDDE; VOELCKER-REHAGE; PIETRABYK-KENDZIORRA; RIBEIRO *et al.*, 2008; COOPER; BANDELOW; NUTE; DRING *et al.*, 2016; ETNIER; LABBAN; PIEPMEIER; DAVIS *et al.*, 2014). Ao contrário de estudos realizados em laboratório - nos quais os ambientes são rigidamente controlados e poucos elementos saem do controle dos pesquisadores -, uma configuração de pesquisa dentro do ambiente escolar cria variabilidade e permite uma análise das reais circunstâncias que envolvem esse ambiente (MORRIS; DALY-SMITH; ARCHBOLD; WILKINS *et al.*, 2019).

Buscando unir as lacunas relacionadas ao tipo de exercício físico e ao ambiente no qual os procedimentos experimentais foram realizados, o presente estudo teve como objetivo principal investigar o efeito agudo do exercício físico realizado durante a aula de Educação Física no desempenho do controle inibitório e da memória de trabalho de crianças entre 9 e 10 anos de idade. De acordo com as evidências científicas, acredita-se que o exercício físico agudo provocará melhorias temporárias no desempenho das variáveis cognitivas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo

Este é um estudo original randomizado e controlado aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estácio de Sá, sob o registro CAAE: 96566818.8.0000.5284.

Amostra

A amostra foi composta por indivíduos entre 9 e 10 anos de idade, de ambos os sexos, e alfabetizados. Os critérios de exclusão foram definidos como sujeitos com qualquer diagnóstico de transtorno do neurodesenvolvimento; deficiência auditiva ou deficiência visual sem correção, incluindo o daltonismo. Tal decisão é justificada por essas comorbidades mentais e físicas acarretarem o impedimento da realização de parte das avaliações presentes no estudo. Os participantes tiveram que apresentar atestado médico liberando a prática de exercício físico, além do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) assinados pelo responsável e pelo próprio aluno, respectivamente. TCLE e TALE estão disponíveis nos apêndices A e B.

Todos os sujeitos selecionados para o estudo de efeito agudo estavam devidamente matriculados no Colégio Lemos de Castro, local no qual a pesquisa foi realizada (anexo A). Essa é uma instituição privada de ensino que fica localizada na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

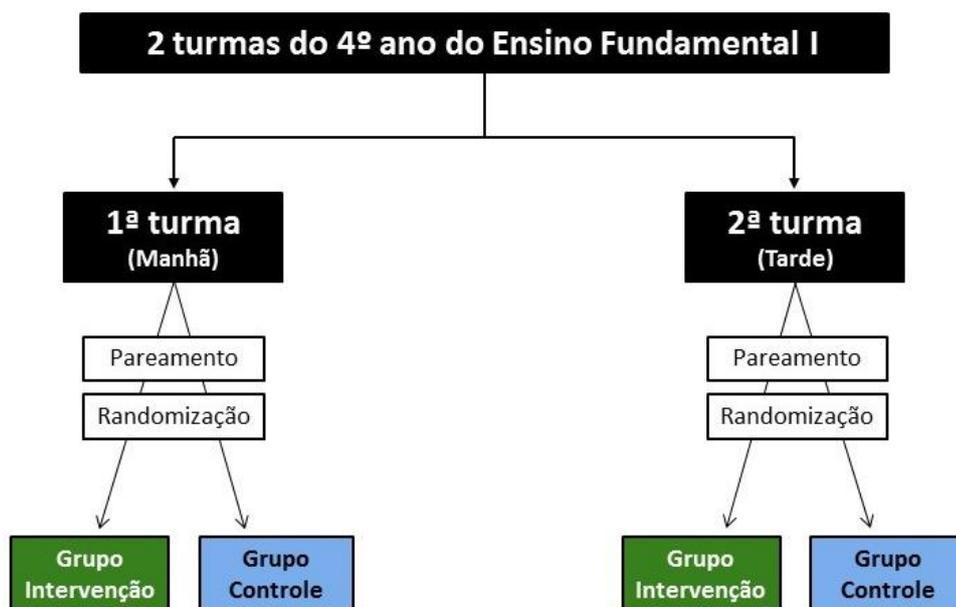
Como recomendado por FAUL; ERDFELDER; LANG e BUCHNER (2007), o cálculo amostral foi realizado no *software* estatístico G*Power 3.1.9.7, com base nos resultados reportados por um estudo piloto encontrado na literatura (COOPER; BANDELOW; NUTE; DRING *et al.*, 2016). A análise indicou que 18 participantes seriam necessários para alcançar a representatividade estatística, com um poder de 0,95 e um tamanho de efeito de 0,72.

Procedimento experimental

A primeira etapa deste estudo consistiu na realização de uma vasta divulgação a respeito da pesquisa na instituição de ensino a fim de esclarecer para os alunos, responsáveis e professores os procedimentos que seriam realizados, e os objetivos envolvidos. Todos os alunos das duas turmas de 4º ano foram convidados a participar do estudo de efeito agudo, e aqueles que manifestaram interesse receberam o TCLE e o TALE e tiveram que devolvê-los devidamente assinados para, assim, terem a sua participação confirmada.

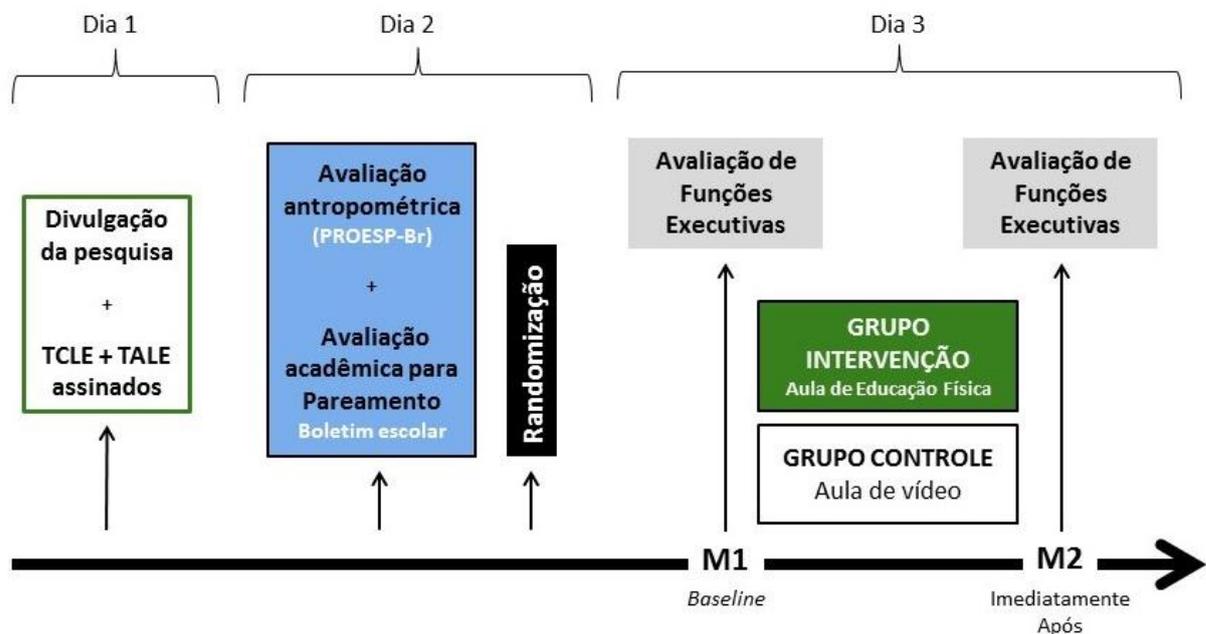
Como parte do estudo de efeito agudo, foram realizadas avaliações de antropometria, avaliações de funções executivas e avaliações acadêmicas em todos os participantes. As turmas foram avaliadas separadamente obedecendo o turno ao qual pertenciam, sendo uma na parte da manhã, e outra na parte da tarde. Todos os sujeitos elegíveis realizaram uma parte da bateria de testes PROESP-Br destinada à avaliação antropométrica que tem como objetivo caracterizar a amostra. Além disso, foram avaliados por seu desempenho acadêmico para que fossem pareados. Após o procedimento de pareamento, os alunos de cada turma foram distribuídos em 2 grupos, sendo eles o grupo controle (GC) e o grupo exercício (GE) através da utilização de uma fórmula de randomização aleatória fornecida pelo Excel. Na figura 18 é possível observar o procedimento de pareamento e randomização.

Figura 18 - Procedimento de pareamento e randomização



A última visita a cada uma das turmas foi para a realização da intervenção. O GE participou de uma aula de Educação Física e o GC participou de uma aula de vídeo, realizando as avaliações cognitivas antes e imediatamente após cada uma das sessões. A figura 19 indica a ordem cronológica das etapas do presente estudo, incluindo os procedimentos de pareamento, randomização e intervenção para ambas as turmas, indicando, inclusive, o momento das aplicações das avaliações de funções executivas (*baseline* e imediatamente após).

Figura 19 - Procedimento experimental do estudo de efeito agudo para ambas as turmas



Fonte: O autor, 2021.

Intervenção

O GC assistiu a 45 minutos de uma aula de vídeo que tinha como conteúdo regras e jogos de basquetebol. Todos os alunos permaneceram sentados durante todo o tempo e foi recomendado que a interação entre eles fosse mínima e que eles não dormissem. Nenhum tipo de exercício físico foi realizado pelo GC e a demanda cognitiva envolvida em sua respectiva atividade era baixa. Ambas as turmas completaram o tempo estabelecido, e, portanto, seus resultados foram unidos em um único GC.

A sessão do GE consistia em uma aula de Educação Física ministrada pelo próprio professor da instituição de ensino programada para durar 45 minutos. O tema da aula seguiu o conteúdo programático do professor, sendo apenas solicitado que os exercícios físicos possuíssem um engajamento cognitivo maior. Desse modo, foram executadas três atividades de intensidade moderada, duas com foco em basquetebol. A aula começou com uma brincadeira chamada pique-ajuda, na qual o indivíduo deve correr atrás de seus colegas e, à medida que toca em alguém, este passa a ajudá-lo a correr atrás dos outros e pegá-los; o segundo exercício era composto por pequenas tarefas relacionadas ao jogo de basquetebol (como quicar a bola enquanto corre com a mão dominante, com a mão dominante e alternando as mãos; arremessar a bola na cesta; executar diferentes tipos de passes em duplas e trios); e por último foi realizado um jogo de basquete adaptado com regras criadas pelas próprias crianças. Apesar de ter sido programado um volume de exercício físico de 45 minutos, devido a problemas internos do colégio, uma das turmas realizou apenas 25 minutos de aula de Educação Física, enquanto a outra turma completou o tempo estipulado. Portanto, dentro do GE foram criados dois subgrupos, sendo eles o exercício 25 minutos, e o exercício 45 minutos. Imediatamente após a aula de Educação Física e a aula de vídeo, todas as crianças foram reavaliadas cognitivamente. Os mesmos procedimentos foram feitos com ambas as turmas, porém em momentos distintos, por isso cada turma possuía seu GE e seu GC.

As avaliações de funções executivas foram aplicadas duas vezes em cada indivíduo, sendo uma no momento pré intervenção e outra no momento pós. Elas foram supervisionadas e analisadas por profissionais devidamente treinados na aplicação e análise dos instrumentos. A aplicação das tarefas cognitivas levou cerca de 10 minutos para cada participante e foi realizada em uma sala silenciosa.

Instrumentos e Materiais

Anamnese, PROESP-Br (apenas a avaliação antropométrica), e avaliações de funções executivas (teste de Stroop e tarefa de dígitos - ordem direta e ordem inversa). Além disso, foram realizadas avaliações do desempenho acadêmico através da análise dos boletins escolares dos indivíduos.

- Anamnese

Foram coletados dados pessoais de cada participante, sendo eles nome completo, data de nascimento, idade, ano escolar, nome do responsável, telefone para contato, e sexo.

- Avaliação de funções executivas

- Teste de Stroop (anexo B)

O teste de Stroop, foi elaborado por Ridley Stroop em 1935 e baseia-se na evidência de que se gasta mais tempo para nomear cores do que para ler os nomes dessas cores (STROOP, 1935). Essa ferramenta é tida como uma medida de atenção seletiva, de controle inibitório e também de concentração (DIAMOND, 2013; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019; STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006). Este instrumento é composto por três etapas distintas que possuem nível de dificuldade progressivo, sendo a terceira e última etapa a mais importante já que possui informações incongruentes. Nesta etapa são apresentadas palavras escritas com nomes de cores, mas pintadas com diferentes cores (exemplo: a palavra azul é escrita utilizando amarelo como cor de fonte), e a tarefa do sujeito é dizer a cor com a qual a palavra foi escrita, inibindo o estímulo da leitura (STRAUSS; SHERMAN; SPREEN, 2006; STROOP, 1935). As cores utilizadas nesta tarefa são azul, verde, vermelho e amarelo.

Foi solicitado que os sujeitos respondessem a cada uma das etapas de forma rápida e cometendo o menor número de erros possíveis. Esse teste foi mensurado através do tempo de resposta (TR), sem segundos; e número de erros

(representando a acurácia); sendo quanto menor o resultado, melhor o desempenho. O efeito stroop também foi avaliado, sendo esse um valor de interferência que utiliza o resultado da terceira etapa menos o resultado da primeira etapa.

- Tarefa de Dígitos de Ordem Direta (DOD) e de Ordem Inversa (DOI) (anexo C)

O *Digit Span Test* é um subteste da Escala Wechsler de Inteligência para crianças – quarta edição (WISC-IV). Essa ferramenta é utilizada para avaliar a memória imediata e a memória de trabalho (ou memória operacional) (WECHSLER, 2003). A tarefa é composta por duas etapas que consistem em sequências numéricas, sendo uma chamada de dígitos de ordem direta (DOD), e a outra, dígitos de ordem inversa (DOI).

A tarefa de dígitos de ordem direta testa a memória imediata e permite que as crianças fiquem mais familiarizadas com a avaliação antes de avançarem para um nível mais difícil (ordem inversa). A tarefa DOD possui sequências numéricas diferentes, que variam sua extensão de acordo com o número de dígitos presentes. O examinador fala uma sequência de números, e o indivíduo deve repeti-la exatamente na mesma ordem. A dificuldade aumenta progressivamente e está associada à extensão da sequência apresentada. A pontuação é dada de acordo com o número de dígitos referentes à maior sequência que a criança é capaz de acertar completamente (BLACKBURN; BENTON, 1957).

A tarefa de dígitos de ordem inversa é uma forma de avaliação da memória de trabalho e tem uma dificuldade maior que a etapa anterior. A tarefa DOI também consiste em variadas sequências numéricas que variam sua extensão de acordo com o número de dígitos presentes, aumentando progressivamente sua dificuldade. O examinador fala uma sequência numérica e, diferentemente da etapa anterior, a criança deve repeti-la na ordem inversa, ou seja, de trás para frente. Caso a criança erre uma sequência uma vez, ela tem direito a tentar uma nova sequência de igual extensão. Se acertar, passa para a sequência maior. A pontuação é dada de acordo com o número de dígitos referentes à maior sequência que a criança acertar completamente (por exemplo: se a criança acertar a sequência com 4 dígitos, mas errar duas vezes a sequência de 5 dígitos, sua pontuação será 4) (BLACKBURN; BENTON, 1957).

Os escores de ambas as etapas são somados para a obtenção da pontuação total, variável mais importante a ser considerada. Quanto maior o resultado nessa avaliação, melhor o desempenho do indivíduo (WECHSLER, 2003).

- Avaliação de Desempenho Acadêmico

O desempenho acadêmico dos participantes foi avaliado de acordo com os boletins fornecidos pelo Colégio Lemos de Castro. Neles estavam indicadas as notas de cada aluno referentes às avaliações feitas de todas as disciplinas durante o 1º e 2º bimestres do ano letivo de 2018.

- Avaliações Físicas

- PROESP-Br

O PROESP-Br é um sistema de observação de indicadores do crescimento, desenvolvimento corporal, desenvolvimento motor e do estado nutricional de indivíduos entre seis e 17 anos de idade. Esses indicadores são avaliados através de uma bateria de testes que envolvem medidas de dimensão corporal e variáveis de aptidão física relacionada à saúde e ao desempenho motor (GAYA; GAYA; PEDRETTI; MELLO, 2021).

- Medidas de dimensão corporal

- Massa corporal - Anotar em quilogramas (kg) com precisão de uma casa decimal o valor de massa corporal indicado através da utilização de uma balança portátil. Para essa avaliação é importante que as crianças e adolescentes estejam descalços e utilizando trajes leves.

- Estatura - Com o auxílio de um estadiômetro é avaliada a medida da estatura do indivíduo, anotando o resultado em centímetros e sempre com uma casa decimal. É importante que o indivíduo esteja descalço para esta avaliação.

➤ Testes de aptidão física

- Estimativas do índice de massa corporal (IMC) que é determinado através da razão da medida de massa corporal total (em quilogramas) do indivíduo pela sua estatura (em metros) ao quadrado, e deve ser registrado com apenas uma casa decimal.

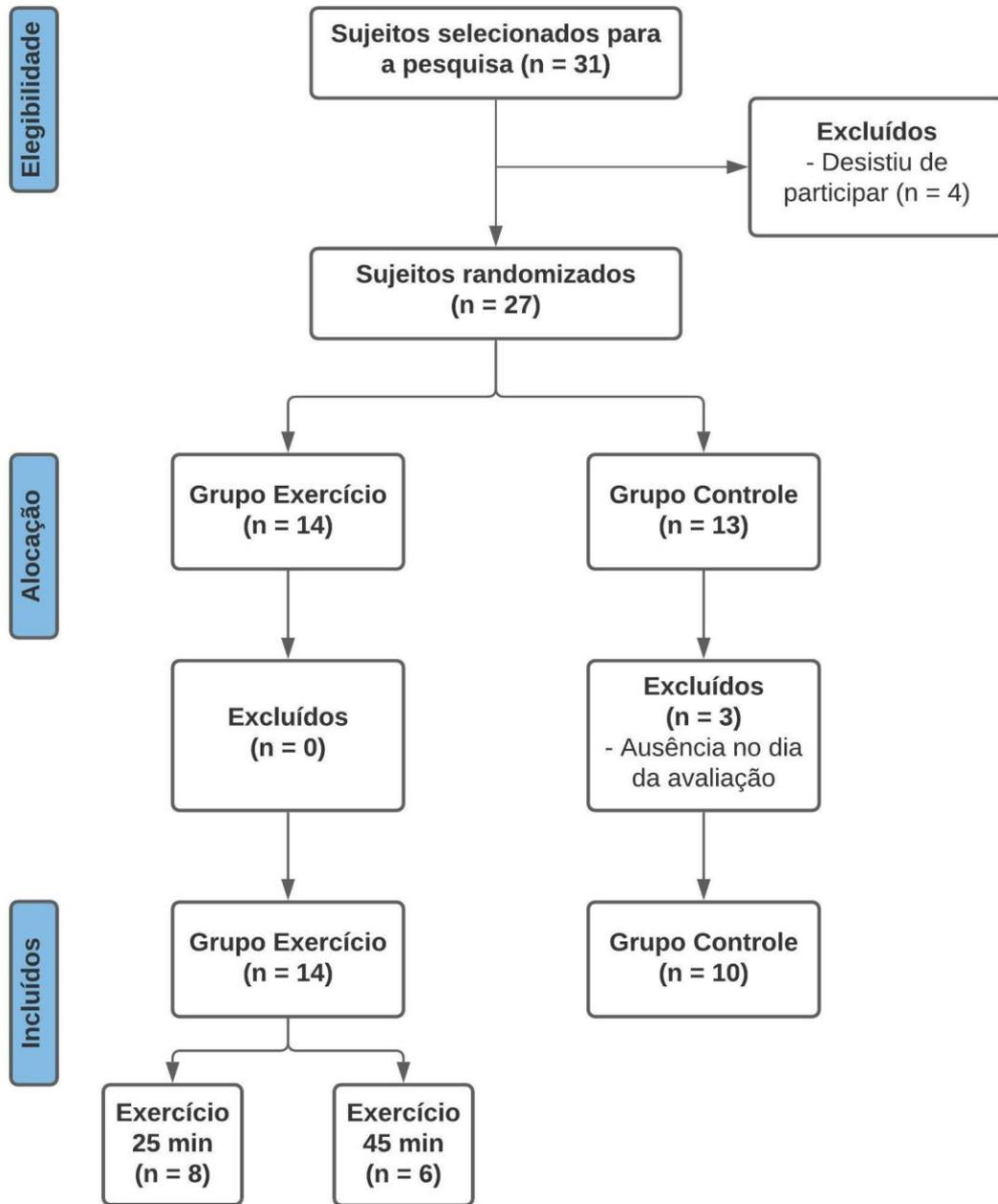
Análise dos dados

Para avaliação da normalidade e homocedasticidade das variáveis, foram aplicados o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene, respectivamente. Os dados descritivos foram apresentados em média e desvio padrão para as variáveis paramétricas, e mediana, mínimo e máximo para as variáveis não-paramétricas. A ANOVA *one-way* (variáveis paramétricas) e o teste de *Kruskal-Wallis* (variáveis não-paramétricas) foram utilizados para a comparação dos três grupos (exercício 25 min, exercício 45 min e GC) no *baseline*. Além disso, foi realizada uma ANOVA *two-way* (dados paramétricos) e o teste de *Kruskal-Wallis* (dados não-paramétricos) para a comparação das variáveis investigadas entre os grupos (controle x 25 min x 45 min) e momentos (pré x pós). Considerando os resultados obtidos, os grupos 25 min e 45 min passaram a ser considerados como um único GE. Para a avaliação do efeito do exercício físico nas variáveis dependentes do estudo (funções executivas), foram realizados testes t independentes para as variáveis paramétricas, e testes de *Mann Whitney U* para as variáveis não-paramétricas com objetivo de comparar os deltas (Δ) dos dois grupos (GE e GC). O Δ representa a diferença entre os resultados pós e pré. O pacote estatístico SPSS[®] versão 26 foi utilizado para as análises e o nível de significância adotado no estudo foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Das 31 crianças convidadas a participar do estudo de efeito agudo, quatro foram excluídas por não terem aceitado participar da pesquisa. Após o procedimento de pareamento e randomização, as crianças foram alocadas em seus respectivos grupos, totalizando 14 crianças no grupo exercício (GE) e 13 crianças no grupo controle (GC). Três crianças foram excluídas do estudo pois faltaram no dia da intervenção e avaliação cognitiva, totalizando uma amostra final de 24 crianças entre 9 e 10 anos de idade, sendo todas elas alunas e alunos de duas turmas de 4º ano do Colégio Lemos de Castro. Devido à necessidade de interromper a aula de Educação Física de uma das turmas, o GE foi separado em dois novos grupos, sendo eles o grupo exercício de 25 minutos, com oito crianças, e o grupo exercício 45 minutos, com seis crianças. O GC permaneceu o mesmo considerando que ambas as turmas realizaram o mesmo tempo de atividade. Das 24 crianças incluídas, nove eram do sexo feminino (37,5%), e 15 do sexo masculino (62,5%). É possível visualizar as etapas de seleção dos sujeitos no fluxograma a seguir (figura 20).

Figura 20 - Fluxograma da seleção dos sujeitos



Fonte: O autor, 2021.

Na análise descritiva da amostra retratada na tabela 5, é possível observar que os três grupos não apresentaram diferenças significativas nem para as variáveis de caracterização da amostra, nem para as variáveis cognitivas no *baseline*. As crianças dos três grupos apresentaram semelhança na idade, massa corporal, estatura e IMC.

Tabela 5 - Análise descritiva da amostra

	Exercício 25 min n = 8	Exercício 45 min n = 6	Controle n = 10	X	p
Idade (anos) ^b	9 (9 - 10)	10 (9 - 10)	10 (9 - 10)	1,351	0,509
Sexo masculino ^c	5 (62,5%)	4 (66,7%)	6 (60,0%)	1,500	0,221
Massa corporal (kg) ^a	37,01 ± 9,27	51,03 ± 16,84	45,18 ± 15,61	1,748	0,198
Estatura (cm) ^b	135,75 (133,50 - 146,60)	144,35 (142,10 - 146,70)	140,55 (136,70 - 160,20)	5,794	0,055
IMC (kg/m ²) ^a	19,21 ± 4,14	24,35 ± 7,45	21,45 ± 5,94	1,329	0,286
Stroop 3 TR (s) ^a	32,60 ± 7,42	31,78 ± 7,80	29,65 ± 9,66	0,286	0,754
Stroop 3 Erros ^b	0,5 (0 - 7)	1,5 (0 - 6)	2 (0 - 6)	1,482	0,477
Efeito Stroop (s) ^a	11,47 ± 7,44	11,79 ± 4,69	11,67 ± 6,69	0,004	0,996
DOD ^a	7,88 ± 2,03	7,67 ± 1,37	8,50 ± 1,96	0,451	0,643
DOI ^b	5 (3 - 8)	5 (4 - 7)	5 (4 - 7)	0,198	0,906
Dígitos Total ^a	13,38 ± 3,02	12,83 ± 1,72	13,70 ± 2,21	0,241	0,788

^a = Anova *one-way* (média ± DP); ^b = Kruskal-wallis (mediana, mínimo - máximo); ^c = *Chi-square* (n, %); IMC = Índice de massa corporal; TR = Tempo de resposta; DOD = Dígitos de ordem direta; DOI = Dígitos de ordem inversa; * p ≤ 0,05

Foi realizada uma análise de comparação do efeito do exercício físico nas principais variáveis cognitivas dos três grupos. Os resultados do teste de Stroop indicaram efeito significativo para momento no TR da terceira etapa do teste ($F=12,719$; $p=0,002$), indicando que houve uma diferença entre os momentos pré e pós dos grupos. Observando os dados descritivos, percebe-se uma melhora no desempenho do controle inibitório tanto dos grupos exercício, como do grupo controle, através da diminuição no TR no momento pós (TR Stroop 3: GC: $25,09 \pm 5,95$; Exercício 25 min: $27,23 \pm 6,98$; Exercício 45 min: $28,08 \pm 9,13$). Para o TR na terceira etapa do teste de Stroop, não foram observados efeitos principais para grupo ($F=0,359$; $p=0,703$) e interação momento x grupo ($F=0,130$; $p=0,878$). No efeito Stroop também não foi observado nenhum efeito principal para momento ($F=1,530$; $p=0,230$), grupo ($F=0,052$; $p=0,950$) e interação momento x grupo ($F=0,122$; $p=0,886$). Para os dados não-paramétricos, os resultados do teste de Kruskal-Wallis também mostraram não haver diferença significativa entre grupos e momentos para a tarefa de dígitos de ordem direta ($X^2=0,275$; $p=0,871$), tarefa de dígitos de ordem inversa ($X^2=0,222$; $p=0,895$), tarefa de dígitos pontuação total ($X^2=0,247$; $p=0,884$); e número de erros na terceira etapa do teste de Stroop ($X^2=2,757$; $p=0,252$). Sendo assim, decidiu-se unir os resultados dos dois grupos na intenção de seguir com a proposta inicial do presente estudo, que era comparar o GE com o GC.

Ao comparar o efeito do exercício físico nas variáveis dependentes do estudo através da utilização de testes t independentes e testes de *Mann Whitney U* aplicados aos valores Δ dos dois grupos, GE e GC, nenhum resultado significativo foi identificado no controle inibitório, avaliado através do TR da terceira etapa do teste de Stroop ($T=0,039$; $p=0,969$), do efeito Stroop ($T=-0,457$; $p=0,652$), e número de erros na terceira etapa do teste de Stroop ($U=73,500$; $p=0,833$). Também não foi observado um efeito significativo na comparação entre os resultados dos grupos para a memória de trabalho (DOD: $U=82,500$; $p=0,446$; DOI: $U=63,000$; $p=0,671$; Dígitos total: $U=72,500$; $p=0,881$). A tabela 6 fornece o desempenho de ambos os grupos nos momentos pré e pós, além de apresentar a comparação entre os Δ das variáveis de funções executivas.

Tabela 6 - Comparação das variáveis de funções executivas entre os grupos

	Exercício n = 14		Controle n = 10		Δ Exercício	Δ Controle	X	p
	Pré	Pós	Pré	Pós				
Stroop 3 TR (s) ^a	32,25 ± 7,29	27,59 ± 7,65	29,65 ± 9,66	25,09 ± 5,95	-4,66 ± 6,67	-4,56 ± 4,88	0,039	0,969
Stroop 3 Erros ^b	0,5 (0 - 7)	0 (0 - 3)	2 (0 - 6)	1 (0 - 3)	0 (-5 - 2)	-1 (-4 - 1)	73,500	0,833
Efeito Stroop (s) ^a	11,61 ± 6,19	10,52 ± 3,88	11,67 ± 6,69	9,57 ± 5,18	-1,09 ± 6,13	-2,09 ± 3,76	-0,457	0,652
DOD ^b	7,5 (5 - 11)	8 (6 - 10)	8 (5 - 12)	8 (6 - 15)	0 (-3 - 1)	0 (-4 - 7)	82,500	0,446
DOI ^b	5 (3 - 8)	5 (4 - 12)	5 (4 - 7)	6 (3 - 8)	0 (-2 - 6)	0,5 (-2 - 2)	63,000	0,671
Dígitos Total ^b	12,5 (10 - 18)	13 (11 - 21)	13,5 (10 - 17)	13,5 (11 - 23)	0 (-3 - 5)	0 (-3 - 8)	72,500	0,881

^a = Teste t independente (média ± DP); ^b = Mann-whitney (mediana, mínimo - máximo); TR = Tempo de resposta; DOD = Dígitos de ordem direta; DOI = Dígitos de ordem inversa; * p ≤ 0,05; Δ = Delta (valor pós - pré)

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito agudo do exercício físico realizado durante uma aula de Educação Física no desempenho do controle inibitório e da memória de trabalho de crianças entre 9 e 10 anos de idade. Devido a uma imprevisibilidade do estudo, foi possível explorar também os efeitos de dose-resposta da duração do exercício físico no desempenho cognitivo.

A hipótese de que o GE apresentaria melhores desempenhos após sua respectiva sessão de intervenção quando comparado ao GC não foi comprovada. Não foram encontrados efeitos do exercício físico na *performance* das funções executivas, assim como também não foram encontradas diferenças entre as durações do exercício. Os grupos de exercício 25 e 45 min, assim como o GC,

apresentaram uma melhora no desempenho do TR no Stroop 3, efeito possivelmente motivado pelo aprendizado da tarefa.

Os resultados atuais estão alinhados com Van Den Berg *et al.* (2018) e Van Den Berg *et al.* (2016) que também não encontraram nenhum efeito significativo de exercícios físicos realizados em ambiente escolar nas funções executivas de crianças e adolescentes. No primeiro estudo foram avaliadas escolares entre 11 e 14 anos de idade que realizaram 10, 20 e 30 min de exercício físico, e não foi encontrada diferença com o grupo controle e nem entre as diferentes durações de exercício. O presente estudo está de acordo, inclusive, com um estudo que não identificou efeitos significativos no controle inibitório após uma sessão de exercício físico de mesma duração (45 minutos) (PIRRIE; LODEWYK, 2012). Em contrapartida, estudos recentes presentes na literatura reportaram melhores desempenhos do controle inibitório após sessões únicas de exercício (BUDDE; VOELCKER-REHAGE; PIETRABYK-KENDZIORRA; RIBEIRO *et al.*, 2008; GALLOTTA; GUIDETTI; FRANCIOSI; EMERENZIANI *et al.*, 2012; LIND; BECK; WIKMAN; MALARSKI *et al.*, 2019; NIEMANN; WEGNER; VOELCKER-REHAGE; HOLZWEG *et al.*, 2013), mas todos eles realizaram avaliação cognitiva computadorizada, diferentemente do presente estudo que utilizou o formato papel e lápis.

O desempenho na memória de trabalho não sofreu efeito agudo do exercício físico no presente estudo, resultado que está alinhado com estudos que utilizaram a mesma ferramenta de avaliação e também não obtiveram resultados significativos (HOWIE; SCHATZ; PATE, 2015; MORRIS; DALY-SMITH; ARCHBOLD; WILKINS *et al.*, 2019). Outras ferramentas de avaliação da memória operacional foram utilizadas em estudos que também não alcançaram os seus objetivos, como o *n-back test* (DROLLETTE; SHISHIDO; PONTIFEX; HILLMAN, 2012; SOGA; SHISHIDO; NAGATOMI, 2015).

Outro importante fator que deve ser analisado é o tempo para iniciar a avaliação no momento pós. O presente estudo iniciou as avaliações cognitivas imediatamente após a prática de exercício, mas estudos presentes na literatura que avaliaram com mais de cinco minutos de intervalo apresentaram resultados significativos para o efeito do exercício físico nas funções executivas, como é o caso de Niemann *et al.* (2013), Chen *et al.* (2014), Drollette *et al.* (2012) e Pastor *et al.* (2019). Apesar de metanálises terem indicado que os melhores resultados são

encontrados quando as funções cognitivas são acessadas por volta dos 15 minutos após o encerramento do exercício físico (CHANG; LABBAN; GAPIN; ETNIER, 2012; LAMBOURNE; TOMPOROWSKI, 2010), praticamente 50% dos estudos publicados analisaram o efeito imediatamente após, sendo portanto perigoso comparar esses resultados devido à diferença no volume de publicações (PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019).

Embora não tenha sido encontrado nenhum efeito agudo positivo do exercício físico nas funções executivas, as crianças também não apresentaram nenhuma piora no desempenho das mesmas. As crianças que praticaram 25 e 45 minutos de exercício físico não pioraram seus desempenhos cognitivos imediatamente após a aula de Educação Física quando comparadas às crianças que permaneceram em sala de aula sentadas assistindo ao vídeo. Revisões sistemáticas e metanálises sobre este tema (DALY-SMITH; ZWOLINSKY; MCKENNA; TOMPOROWSKI *et al.*, 2018; DONNELLY; HILLMAN; CASTELLI; ETNIER *et al.*, 2016; LI; O'CONNOR; O'DWYER; ORR, 2017) corroboram este achado e indicam que o impacto agudo do exercício físico não é responsável pela diminuição dos níveis atencionais, tampouco do desempenho cognitivo infantil. Além disso, muitas das adaptações observadas em resposta ao exercício físico ocorrem de forma crônica, através da somação de diversos estímulos agudos. Mesmo que o efeito agudo não seja observado, a prática de exercícios físicos a longo prazo contribui para a melhora do aprendizado e das funções executivas de crianças e adolescentes (BENZING; SCHMIDT; JAGER; EGGER *et al.*, 2019; CHADDOCK; HILLMAN; PONTIFEX; JOHNSON *et al.*, 2012; ERWIN; FEDEWA; AHN, 2017; SANCHEZ-LOPEZ; CAVERO-REDONDO; ALVAREZ-BUENO; RUIZ-HERMOSA *et al.*, 2019; VAZOU; PESCE; LAKES; SMILEY-OYEN, 2016). Sendo assim, o exercício físico implementado no dia a dia escolar pode contribuir para a melhora do desempenho cognitivo e da capacidade física dos sujeitos (DE GREEFF; BOSKER; OOSTERLAAN; VISSCHER *et al.*, 2018; JANSSEN; LEBLANC, 2010; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019; STRONG; MALINA; BLIMKIE; DANIELS *et al.*, 2005). Estes achados são importantes para questionar os baixos índices de exercício físico realizados dentro do ambiente escolar (BASSETT; FITZHUGH; HEATH; ERWIN *et al.*, 2013; NG; POPKIN, 2012), e incentivar o debate acerca da importância da transformação deste cenário.

A realidade e as dificuldades estruturais comuns à escola foram percebidas durante a realização deste estudo, afetando, inclusive, o delineamento da pesquisa que à princípio buscava investigar o impacto de 45 minutos de exercício físico nas funções executivas de crianças em idade escolar. Porém, devido às intercorrências que impossibilitaram a realização completa de uma das aulas de Educação Física, o estudo passou a ter duas diferentes doses de exercício (25 e 45 minutos). A imprevisibilidade gerada pelo ambiente da pesquisa pode ser considerada uma limitação desse estudo. Além disso, dois outros fatores podem estar influenciando nos resultados, sendo eles o tamanho da amostra e as avaliações cognitivas realizadas no papel. Infelizmente não foi possível recrutar uma amostra maior justamente por causa das intercorrências escolares. Estas limitações podem explicar a não confirmação da hipótese do presente estudo.

Contudo, a presente pesquisa ajuda a contribuir com a crescente literatura que reivindica uma maior conscientização sobre a importância de exercícios físicos praticados em ambiente escolar visando seus benefícios tanto de forma aguda, como de forma crônica (DIAMOND, 2015; MARCHETTI; FORTE; BORZACCHINI; VAZOU *et al.*, 2015; PONTIFEX; MCGOWAN; CHANDLER; GWIZDALA *et al.*, 2019). São necessárias que novas pesquisas de efeito agudo sejam realizadas aumentando o tamanho da amostra e atualizando o formato de avaliação cognitiva para modelos computadorizados, para que assim o poder de conhecimento acerca do efeito agudo de uma única aula de Educação Física nas funções executivas de crianças em idade escolar seja aumentado.

CONCLUSÃO

O presente estudo encontrou que uma sessão única de exercício físico moderado não alterou o desempenho das funções executivas de crianças entre 9 e 10 anos de idade avaliadas imediatamente após a prática de uma aula de Educação Física escolar.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, V. A.; ANDERSON, P.; NORTHAM, E.; JACOBS, R. *et al.* Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. **Dev Neuropsychol**, 20, n. 1, p. 385-406, 2001.

AUDIFFREN, M. Acute exercise and psychological functions: A cognitive-energetic approach. *In: Exercise and cognitive function.*: Wiley-Blackwell, 2009. p. 3-39.

AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise: Current data and future perspectives. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives.* San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 147-166.

BAGGETTA, P.; ALEXANDER, P. Conceptualization and Operationalization of Executive Function. **Mind, Brain, and Education**, 10, p. 10-33, 03/01 2016.

BASSETT, D. R.; FITZHUGH, E. C.; HEATH, G. W.; ERWIN, P. C. *et al.* Estimated energy expenditures for school-based policies and active living. **Am J Prev Med**, 44, n. 2, p. 108-113, Feb 2013.

BENZING, V.; SCHMIDT, M.; JAGER, K.; EGGER, F. *et al.* A classroom intervention to improve executive functions in late primary school children: Too 'old' for improvements? **Br J Educ Psychol**, 89, n. 2, p. 225-238, Jun 2019.

BEST, J. R. Effects of Physical Activity on Children's Executive Function: Contributions of Experimental Research on Aerobic Exercise. **Dev Rev**, 30, n. 4, p. 331-551, Dec 2010.

BLACKBURN, H. L.; BENTON, A. L. Revised administration and scoring of the Digit Span Test. **Journal of Consulting Psychology**, 21, n. 2, p. 139-143, 1957.

BUDDE, H.; VOELCKER-REHAGE, C.; PIETRABYK-KENDZIORRA, S.; RIBEIRO, P. *et al.* Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. **Neurosci Lett**, 441, n. 2, p. 219-223, Aug 22 2008.

CHADDOCK, L.; HILLMAN, C. H.; PONTIFEX, M. B.; JOHNSON, C. R. *et al.* Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. **J Sports Sci**, 30, n. 5, p. 421-430, 2012.

CHANG, Y. K.; LABBAN, J. D.; GAPIN, J. I.; ETNIER, J. L. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. **Brain Res**, 1453, p. 87-101, May 9 2012.

CHEN, A.-G.; YAN, J.; YIN, H.-C.; PAN, C.-Y. *et al.* Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. **Psychology of Sport and Exercise**, 15, n. 6, p. 627-636, 2014.

COOPER, S. B.; BANDELOW, S.; NUTE, M. L.; DRING, K. J. *et al.* Sprint-based exercise and cognitive function in adolescents. **Prev Med Rep**, 4, p. 155-161, Dec 2016.

DALY-SMITH, A. J.; ZWOLINSKY, S.; MCKENNA, J.; TOMPOROWSKI, P. D. *et al.* Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. **BMJ Open Sport Exerc Med**, 4, n. 1, p. e000341, 2018.

DE GREEFF, J. W.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C. *et al.* Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **J Sci Med Sport**, 21, n. 5, p. 501-507, May 2018.

DELEZIE, J.; HANDSCHIN, C. Endocrine Crosstalk Between Skeletal Muscle and the Brain. **Frontiers in neurology**, 9, p. 698-698, 2018.

DIAMOND, A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. **Child Dev**, 71, n. 1, p. 44-56, Jan-Feb 2000.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**, 64, p. 135-168, 2013.

DIAMOND, A. Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. **Ann Sports Med Res**, 2, n. 1, p. 1011, Jan 19 2015.

DIAMOND, A.; LING, D. S. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. **Dev Cogn Neurosci**, 18, p. 34-48, Apr 2016.

DIETRICH, A.; AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. **Neurosci Biobehav Rev**, 35, n. 6, p. 1305-1325, May 2011.

DIETRICH, A.; MCDANIEL, W. F. Endocannabinoids and exercise. **Br J Sports Med**, 38, n. 5, p. 536-541, Oct 2004.

DONNELLY, J. E.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D.; ETNIER, J. L. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, 48, n. 6, p. 1197-1222, Jun 2016.

DROLLETTE, E. S.; SCUDDER, M. R.; RAINE, L. B.; MOORE, R. D. *et al.* Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. **Dev Cogn Neurosci**, 7, p. 53-64, Jan 2014.

DROLLETTE, E. S.; SHISHIDO, T.; PONTIFEX, M. B.; HILLMAN, C. H. Maintenance of cognitive control during and after walking in preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 44, n. 10, p. 2017-2024, Oct 2012.

EGGER, F.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. The effect of acute cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions: Too much of a good thing? **Psychology of Sport and Exercise**, 36, p. 178-186, 2018.

ERICSSON, I.; KARLSSON, M. K. Motor skills and school performance in children with daily physical education in school--a 9-year intervention study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 2, p. 273-278, Apr 2014.

ERWIN, H.; FEDEWA, A.; AHN, S. Student academic performance outcomes of a classroom physical activity intervention: A pilot study. **International Electronic Journal of Elementary Education**, 4, n. 3, p. 473-487, 08/23 2017.

ETNIER, J.; LABBAN, J. D.; PIEPMEIER, A.; DAVIS, M. E. *et al.* Effects of an acute bout of exercise on memory in 6th grade children. **Pediatr Exerc Sci**, 26, n. 3, p. 250-258, Aug 2014.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A. G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behav Res Methods**, 39, n. 2, p. 175-191, May 2007.

GALLOTTA, M. C.; GUIDETTI, L.; FRANCIOSI, E.; EMERENZIANI, G. P. *et al.* Effects of varying type of exertion on children's attention capacity. **Med Sci Sports Exerc**, 44, n. 3, p. 550-555, Mar 2012.

GAYA, A.; GAYA, A.; PEDRETTI, A.; MELLO, J. **Projeto Esporte Brasil: Manual de medidas, testes e avaliações**. 5 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M.; BUCK, S. M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 37, n. 11, p. 1967-1974, Nov 2005.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nat Rev Neurosci**, 9, n. 1, p. 58-65, Jan 2008.

HOWIE, E. K.; SCHATZ, J.; PATE, R. R. Acute Effects of Classroom Exercise Breaks on Executive Function and Math Performance: A Dose-Response Study. **Res Q Exerc Sport**, 86, n. 3, p. 217-224, 2015.

JANSSEN, I.; LEBLANC, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. **Int J Behav Nutr Phys Act**, 7, p. 40, May 11 2010.

JURADO, M. B.; ROSSELLI, M. The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. **Neuropsychol Rev**, 17, n. 3, p. 213-233, Sep 2007.

LAMBOURNE, K.; TOMPOROWSKI, P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. **Brain Res**, 1341, p. 12-24, Jun 23 2010.

LAURENS, C.; BERGOUIGNAN, A.; MORO, C. Exercise-Released Myokines in the Control of Energy Metabolism. **Frontiers in Physiology**, 11, n. 91, 2020-February-13 2020. Mini Review.

LI, J. W.; O'CONNOR, H.; O'DWYER, N.; ORR, R. The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 20, n. 9, p. 841-848, Sep 2017.

LIND, R. R.; BECK, M. M.; WIKMAN, J.; MALARSKI, K. *et al.* Acute high-intensity football games can improve children's inhibitory control and neurophysiological measures of attention. **Scand J Med Sci Sports**, 29, n. 10, p. 1546-1562, Oct 2019.

MARCHETTI, R.; FORTE, R.; BORZACCHINI, M.; VAZOU, S. *et al.* Physical and Motor Fitness, Sport Skills and Executive Function in Adolescents: A Moderated Prediction Model. **Psychology**, 06, p. 1915-1929, 01/01 2015.

MATTA MELLO PORTUGAL, E.; CEVADA, T.; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR, R.; TEIXEIRA GUIMARAES, T. *et al.* Neuroscience of exercise: from neurobiology mechanisms to mental health. **Neuropsychobiology**, 68, n. 1, p. 1-14, 2013.

MCMORRIS, T.; TURNER, A.; HALE, B. J.; SPROULE, J. Beyond the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction: A neurochemical perspective. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives*. San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 65-103.

MEYER, D. E.; KIERAS, D. E. A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanisms. **Psychol Rev**, 104, n. 1, p. 3-65, Jan 1997.

MOFFITT, T. E.; ARSENEAULT, L.; BELSKY, D.; DICKSON, N. *et al.* A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 108, n. 7, p. 2693-2698, Feb 15 2011.

MOREAU, D.; CONWAY, A. R. A. Cognitive enhancement: a comparative review of computerized and athletic training programs. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, 6, n. 1, p. 155-183, 2013/09/01 2013.

MORRIS, J. L.; DALY-SMITH, A.; ARCHBOLD, V. S. J.; WILKINS, E. L. *et al.* The Daily Mile™ initiative: Exploring physical activity and the acute effects on executive function and academic performance in primary school children. **Psychology of Sport and Exercise**, 45, p. 101583, 2019.

NG, S. W.; POPKIN, B. M. Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. **Obes Rev**, 13, n. 8, p. 659-680, Aug 2012.

NIEMANN, C.; WEGNER, M.; VOELCKER-REHAGE, C.; HOLZWEG, M. *et al.* Influence of acute and chronic physical activity on cognitive performance and saliva testosterone in preadolescent school children. **Mental Health and Physical Activity**, 6, n. 3, p. 197-204, 2013.

O'LEARY, K. C.; PONTIFEX, M. B.; SCUDDER, M. R.; BROWN, M. L. *et al.* The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control. **Clin Neurophysiol**, 122, n. 8, p. 1518-1525, Aug 2011.

OGOHO, S.; AINSLIE, P. N. Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation. **J Appl Physiol (1985)**, 107, n. 5, p. 1370-1380, Nov 2009.

PASTOR, D.; CERVELLÓ, E.; PERUYERO, F.; BIDDLE, S. *et al.* Acute physical exercise intensity, cognitive inhibition and psychological well-being in adolescent physical education students. **Current Psychology**, 2019.

PEDERSEN, B. K.; FEBBRAIO, M. A. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. **Physiol Rev**, 88, n. 4, p. 1379-1406, Oct 2008.

PIRRIE, A. M.; LODEWYK, K. R. Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. **Mental Health and Physical Activity**, 5, n. 1, p. 93-98, 2012.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALA, K. L. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, 40, p. 1-22, 2019.

ROBBINS, L. B.; TALLEY, H. C.; WU, T. Y.; WILBUR, J. Sixth-grade boys' perceived benefits of and barriers to physical activity and suggestions for increasing physical activity. **J Sch Nurs**, 26, n. 1, p. 65-77, Feb 2010.

SANCHEZ-LOPEZ, M.; CAVERO-REDONDO, I.; ALVAREZ-BUENO, C.; RUIZ-HERMOSA, A. *et al.* Impact of a multicomponent physical activity intervention on cognitive performance: The MOVI-KIDS study. **Scand J Med Sci Sports**, 29, n. 5, p. 766-775, May 2019.

SCHMIDT, M.; JAGER, K.; EGGER, F.; ROEBERS, C. M. *et al.* Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. **J Sport Exerc Psychol**, 37, n. 6, p. 575-591, Dec 2015.

SIMONS, D. J.; BOOT, W. R.; CHARNESS, N.; GATHERCOLE, S. E. *et al.* Do "Brain-Training" Programs Work? **Psychol Sci Public Interest**, 17, n. 3, p. 103-186, Oct 2016.

SMITH, J. C.; PAULSON, E. S.; COOK, D. B.; VERBER, M. D. *et al.* Detecting changes in human cerebral blood flow after acute exercise using arterial spin labeling: implications for fMRI. **J Neurosci Methods**, 191, n. 2, p. 258-262, Aug 30 2010.

SOGA, K.; SHISHIDO, T.; NAGATOMI, R. Executive function during and after acute moderate aerobic exercise in adolescents. **Psychology of Sport and Exercise**, 16, p. 7-17, 2015.

STRAUSS, E.; SHERMAN, E.; SPREEN, O. **A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary**. 3 ed. Oxford, England: Oxford University Press, 2006.

STRONG, W. B.; MALINA, R. M.; BLIMKIE, C. J.; DANIELS, S. R. *et al.* Evidence based physical activity for school-age youth. **J Pediatr**, 146, n. 6, p. 732-737, Jun 2005.

STROOP, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**, 18, n. 6, p. 643-662, 1935.

TOMPOROWSKI, P. D. Effects of acute bouts of exercise on cognition. **Acta Psychol (Amst)**, 112, n. 3, p. 297-324, Mar 2003.

VAZOU, S.; PESCE, C.; LAKES, K.; SMILEY-OYEN, A. More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. **Int J Sport Exerc Psychol**, 17, n. 2, p. 153-178, 2016.

WECHSLER, D. **Wechsler Intelligence Scale for Children - WISC-IV**. 4 ed. San Antonio, TX: Pearson, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo avaliar o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças em idade escolar, assim como analisar as prováveis correlações existentes entre desempenho cognitivo, desempenho físico e desempenho socioemocional. A dissertação foi composta por três diferentes estudos: 1) uma revisão sistemática e metanálise sobre o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas de crianças e adolescentes; 2) um estudo original de corte transversal sobre a relação entre funções executivas, capacidades físicas e competências socioemocionais em crianças; e 3) um estudo original randomizado e controlado com objetivo de avaliar o impacto de uma aula de Educação Física e uma aula de vídeo nas funções executivas de crianças.

A hipótese de que o existe um impacto positivo do exercício físico no funcionamento executivo, de forma aguda, em crianças e adolescentes foi confirmada pelo estudo de revisão sistemática e metanálise. O estudo 1 demonstrou que o controle inibitório parece ser o subdomínio das funções executivas mais beneficiado pela prática de exercício físico de forma aguda. Quanto às intervenções de exercícios físicos, definiu-se através dos resultados estatísticos das subanálises as principais características capazes beneficiar as funções executivas. Os resultados significativos foram encontrados para exercícios aeróbios; exercícios com duração entre 16 e 30 minutos; e exercícios físicos de intensidade. Além disso, a metanálise encontrou efeito agudo positivo do exercício físico na cognição de crianças quando o início da avaliação de funções executivas no momento pós foi entre 11 e 30 minutos após o término da sessão. Sendo assim, os resultados primeiro estudo sugerem que o exercício físico pode beneficiar agudamente o desempenho das funções executivas de crianças e adolescentes sob condições específicas.

O estudo 2 demonstrou que a maioria das capacidades físicas estão associadas aos principais desfechos de controle inibitório e memória de trabalho de indivíduos entre oito e doze anos de idade. As principais associações envolviam o desfecho de controle inibitório e a coordenação motora óculo-manual, sendo o TTD capaz de prever entre 25 e 34% o desempenho no teste de Stroop, aproximadamente. Esses resultados sugerem que níveis mais altos de aptidão física estão associados ao melhor funcionamento executivo de crianças e adolescentes.

Apesar de o estudo de corte transversal não ter encontrado correlações significativas entre capacidades físicas e competências socioemocionais, a literatura científica explorada ao longo da dissertação indica que as funções executivas são capazes de modular o comportamento psicossocial. Sendo assim, o melhor desempenho das capacidades físicas está associado ao melhor desempenho das funções executivas que, por sua vez, associam-se às habilidades socioemocionais. Destaca-se a evidência que este estudo oferece em relação ao papel decisivo que o condicionamento físico pode ter para a saúde física e mental das crianças.

O terceiro estudo não conseguiu confirmar a hipótese de que haveria uma melhora do desempenho das funções executivas das crianças pertencentes ao grupo intervenção quando comparada às crianças do grupo controle. Além disso, também não houve diferença significativa na dose-resposta do exercício físico na cognição de crianças e adolescentes. As sessões agudas de 25 minutos e 45 minutos de aula de Educação Física não apresentaram melhora no desempenho dos testes de Stroop e tarefa de dígitos. Apesar da ausência de efeitos positivos do exercício físico agudo nas funções executivas de crianças entre 9 e 10 anos de idade, ressalva-se que nenhum efeito negativo foi identificado nas análises, indicando que o exercício físico não atua na contramão da cognição.

Os estudos desenvolvidos nessa dissertação auxiliam na compreensão acerca da relação entre exercício físico agudo e funções executivas em crianças e adolescentes, facilitando a compreensão acerca dos mecanismos neurais envolvidos nesse processo e também dos seus benefícios. Todavia, ainda se faz necessário que novos estudos sejam realizados considerando as lacunas presentes na literatura evidenciadas ao longo da escrita desse projeto. Conhecimentos científicos nessa área se apresentam como um importante argumento na busca pela valorização da prática regular de exercício físico durante o processo de desenvolvimento infantil.

CONCLUSÃO

Considerando os resultados dessa dissertação, conclui-se que existe evidência favorável para a relação entre desempenho físico e desempenho das funções executivas. Mesmo sessões únicas de exercícios físicos podem favorecer temporariamente a cognição de crianças e adolescentes, mas, como foi demonstrado, esse efeito depende de algumas características específicas, como tipo, duração e intensidade do exercício físico praticado. Demonstramos que a principal relação do exercício físico parece ser com o controle inibitório. Este subdomínio das funções executivas e a coordenação motora óculo-manual apresentaram, juntos, a principal e mais forte correlação do estudo de corte transversal. A metanálise também apontou que o controle inibitório foi o principal beneficiado pelo efeito agudo do exercício físico. Além disso, sugere-se que sejam desenvolvidos programas de exercício físico para crianças e adolescentes considerando as características de intervenção mais promissoras apresentadas nessa dissertação. Exercícios aeróbios, com intensidade moderada e duração de 16 a 35 minutos parecem assegurar melhores desempenhos de funções executivas logo após a sua prática.

Sendo assim, a presente dissertação evidencia os efeitos agudos favoráveis do exercício físico para crianças e adolescentes. Dessa forma, espera-se que os estudos aqui divulgados estimulem o conhecimento e impulsionem novas estratégias visando a utilização do exercício físico como ferramenta para o desenvolvimento cognitivo infantil, especialmente das funções executivas.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-BUENO, C.; PESCE, C.; CAVERO-REDONDO, I.; SANCHEZ-LOPEZ, M. *et al.* The Effect of Physical Activity Interventions on Children's Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis. **J Am Acad Child Adolesc Psychiatry**, 56, n. 9, p. 729-738, Sep 2017.

ANDERSON, P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. **Child Neuropsychol**, 8, n. 2, p. 71-82, Jun 2002.

ANDERSON, V. Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. **Pediatr Rehabil**, 4, n. 3, p. 119-136, Jul-Sep 2001.

ANDERSON, V. A.; ANDERSON, P.; NORTHAM, E.; JACOBS, R. *et al.* Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. **Dev Neuropsychol**, 20, n. 1, p. 385-406, 2001.

ANDO, S.; KOKUBU, M.; YAMADA, Y.; KIMURA, M. Does cerebral oxygenation affect cognitive function during exercise? **Eur J Appl Physiol**, 111, n. 9, p. 1973-1982, Sep 2011.

ARDOY, D. N.; FERNANDEZ-RODRIGUEZ, J. M.; JIMENEZ-PAVON, D.; CASTILLO, R. *et al.* A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 1, p. e52-61, Feb 2014.

AUDIFFREN, M. Acute exercise and psychological functions: A cognitive-energetic approach. *In: Exercise and cognitive function.*: Wiley-Blackwell, 2009. p. 3-39.

AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise: Current data and future perspectives. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives.* San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 147-166.

BADDELEY, A. Working memory: theories, models, and controversies. **Annu Rev Psychol**, 63, p. 1-29, 2012.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Developments in the concept of working memory. **Neuropsychology**, 8, n. 4, p. 485-493, 1994.

BAGGETTA, P.; ALEXANDER, P. Conceptualization and Operationalization of Executive Function. **Mind, Brain, and Education**, 10, p. 10-33, 03/01 2016.

BAILEY, R.; HILLMAN, C.; ARENT, S.; PETITPAS, A. Physical activity: an underestimated investment in human capital? **J Phys Act Health**, 10, n. 3, p. 289-308, Mar 2013.

BART, O.; HAJAMI, D.; BAR-HAIM, Y. Predicting school adjustment from motor abilities in kindergarten. **Infant and Child Development**, 16, n. 6, p. 597-615, 2007.

BASSETT, D. R.; FITZHUGH, E. C.; HEATH, G. W.; ERWIN, P. C. *et al.* Estimated energy expenditures for school-based policies and active living. **Am J Prev Med**, 44, n. 2, p. 108-113, Feb 2013.

BEST, J. R. Effects of Physical Activity on Children's Executive Function: Contributions of Experimental Research on Aerobic Exercise. **Dev Rev**, 30, n. 4, p. 331-551, Dec 2010.

BEST, J. R.; MILLER, P. H. A developmental perspective on executive function. **Child Dev**, 81, n. 6, p. 1641-1660, Nov-Dec 2010.

BIDDLE, S. J.; ASARE, M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. **Br J Sports Med**, 45, n. 11, p. 886-895, Sep 2011.

BIDDLE, S. J.; GORELY, T.; STENSEL, D. J. Health-enhancing physical activity and sedentary behaviour in children and adolescents. **J Sports Sci**, 22, n. 8, p. 679-701, Aug 2004.

BUCK, S. M.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M. The relation of aerobic fitness to strop task performance in preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 40, n. 1, p. 166-172, Jan 2008.

BUDDE, H.; VOELCKER-REHAGE, C.; PIETRABYK-KENDZIORRA, S.; RIBEIRO, P. *et al.* Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. **Neurosci Lett**, 441, n. 2, p. 219-223, Aug 22 2008.

BULL, F.; AL-ANSARI, S.; BIDDLE, S.; BORODULIN, K. *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, 54, p. 1451-1462, 12/01 2020.

BURNS, R. D.; BRUSSEAU, T. A.; FANG, Y.; MYRER, R. S. *et al.* Predictors and grade level trends of school day physical activity achievement in low-income children from the U.S. **Prev Med Rep**, 2, p. 868-873, 2015.

CARSON, R. L.; CASTELLI, D. M.; BEIGHLE, A.; ERWIN, H. School-based physical activity promotion: a conceptual framework for research and practice. **Child Obes**, 10, n. 2, p. 100-106, Apr 2014.

CHADDOCK, L.; ERICKSON, K. I.; PRAKASH, R. S.; VANPATTER, M. *et al.* Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. **Dev Neurosci**, 32, n. 3, p. 249-256, Aug 2010.

CHADDOCK, L.; ERICKSON, K. I.; VOSS, M. W.; KNECHT, A. M. *et al.* The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. **Front Hum Neurosci**, 7, p. 72, 2013.

CHAN, R. C.; SHUM, D.; TOULOPOULOU, T.; CHEN, E. Y. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. **Arch Clin Neuropsychol**, 23, n. 2, p. 201-216, Mar 2008.

CHANG, Y. K.; LABBAN, J. D.; GAPIN, J. I.; ETNIER, J. L. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. **Brain Res**, 1453, p. 87-101, May 9 2012.

CHEN, A.-G.; YAN, J.; YIN, H.-C.; PAN, C.-Y. *et al.* Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. **Psychology of Sport and Exercise**, 15, n. 6, p. 627-636, 2014.

CHEN, S. R.; TSENG, C. L.; KUO, S. Y.; CHANG, Y. K. Effects of a physical activity intervention on autonomic and executive functions in obese young adolescents: A randomized controlled trial. **Health Psychol**, 35, n. 10, p. 1120-1125, Oct 2016.

CLARK, C. A. C.; PRITCHARD, V. E.; WOODWARD, L. J. Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. **Dev Psychol**, 46, n. 5, p. 1176-1191, Sep 2010.

COE, D. P.; PIVARNIK, J. M.; WOMACK, C. J.; REEVES, M. J. *et al.* Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. **Med Sci Sports Exerc**, 38, n. 8, p. 1515-1519, Aug 2006.

COLLINS, A.; KOECHLIN, E. Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. **PLoS Biol**, 10, n. 3, p. e1001293, 2012.

COLLINS, H.; BOOTH, J. N.; DUNCAN, A.; FAWKNER, S. *et al.* The Effect of Resistance Training Interventions on 'The Self' in Youth: a Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med Open**, 5, n. 1, p. 29, Jul 3 2019.

COMITÊ CIENTÍFICO DO NÚCLEO CIÊNCIA PELA INFÂNCIA, O. **Funções executivas e desenvolvimento infantil: habilidades necessárias para a autonomia**. São Paulo: Fundação Maria Cecília Souto Vidigal, 2016.

DALY-SMITH, A. J.; ZWOLINSKY, S.; MCKENNA, J.; TOMPOROWSKI, P. D. *et al.* Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. **BMJ Open Sport Exerc Med**, 4, n. 1, p. e000341, 2018.

DAVIS, E. E.; PITCHFORD, N. J.; LIMBACK, E. The interrelation between cognitive and motor development in typically developing children aged 4-11 years is underpinned by visual processing and fine manual control. **Br J Psychol**, 102, n. 3, p. 569-584, Aug 2011.

DE GREEFF, J. W.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C. *et al.* Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **J Sci Med Sport**, 21, n. 5, p. 501-507, May 2018.

DELEZIE, J.; HANDSCHIN, C. Endocrine Crosstalk Between Skeletal Muscle and the Brain. **Frontiers in neurology**, 9, p. 698-698, 2018.

DESLANDES, A.; MORAES, H.; FERREIRA, C.; VEIGA, H. *et al.* Exercise and mental health: many reasons to move. **Neuropsychobiology**, 59, n. 4, p. 191-198, 2009.

DESMOND, J. E.; GABRIELI, J. D.; WAGNER, A. D.; GINIÉR, B. L. *et al.* Lobular patterns of cerebellar activation in verbal working-memory and finger-tapping tasks as revealed by functional MRI. **J Neurosci**, 17, n. 24, p. 9675-9685, Dec 15 1997.

DIAMOND, A. Developmental time course in human infants and infant monkeys, and the neural bases of, inhibitory control in reaching. **Ann N Y Acad Sci**, 608, p. 637-669; discussion 669-676, 1990.

DIAMOND, A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. **Child Dev**, 71, n. 1, p. 44-56, Jan-Feb 2000.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**, 64, p. 135-168, 2013.

DIAMOND, A. Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. **Ann Sports Med Res**, 2, n. 1, p. 1011, Jan 19 2015.

DIAMOND, A.; BRIAND, L.; FOSSELLA, J.; GEHLBACH, L. Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. **Am J Psychiatry**, 161, n. 1, p. 125-132, Jan 2004.

DIAMOND, A.; LEE, K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. **Science**, 333, n. 6045, p. 959-964, Aug 19 2011.

DIAMOND, A.; LING, D. S. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. **Dev Cogn Neurosci**, 18, p. 34-48, Apr 2016.

DIETRICH, A.; AUDIFFREN, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. **Neurosci Biobehav Rev**, 35, n. 6, p. 1305-1325, May 2011.

DIETRICH, A.; MCDANIEL, W. F. Endocannabinoids and exercise. **Br J Sports Med**, 38, n. 5, p. 536-541, Oct 2004.

DING, D.; LAWSON, K. D.; KOLBE-ALEXANDER, T. L.; FINKELSTEIN, E. A. *et al.* The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. **The Lancet**, 388, n. 10051, p. 1311-1324, 2016.

DING, D.; LAWSON, K. D.; KOLBE-ALEXANDER, T. L.; FINKELSTEIN, E. A. *et al.* The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. **Lancet**, 388, n. 10051, p. 1311-1324, Sep 24 2016.

DISHMAN, R. K.; BERTHOUD, H. R.; BOOTH, F. W.; COTMAN, C. W. *et al.* Neurobiology of exercise. **Obesity (Silver Spring)**, 14, n. 3, p. 345-356, Mar 2006.

DONNELLY, J. E.; GREENE, J. L.; GIBSON, C. A.; SMITH, B. K. *et al.* Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): a randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. **Prev Med**, 49, n. 4, p. 336-341, Oct 2009.

DONNELLY, J. E.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D.; ETNIER, J. L. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, 48, n. 6, p. 1197-1222, Jun 2016.

EGGER, F.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. The effect of acute cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions: Too much of a good thing? **Psychology of Sport and Exercise**, 36, p. 178-186, 2018.

ERICSSON, I.; KARLSSON, M. K. Motor skills and school performance in children with daily physical education in school--a 9-year intervention study. **Scand J Med Sci Sports**, 24, n. 2, p. 273-278, Apr 2014.

ESPY, K. A.; SHEFFIELD, T. D.; WIEBE, S. A.; CLARK, C. A. *et al.* Executive control and dimensions of problem behaviors in preschool children. **J Child Psychol Psychiatry**, 52, n. 1, p. 33-46, Jan 2011.

ETNIER, J.; SALAZAR, W.; LANDERS, D.; PETRUZZELLO, S. *et al.* The Influence of Physical Fitness and Exercise upon Cognitive Functioning: A Meta-Analysis. 19, n. 3, p. 249, 1997.

ETNIER, J. L.; CHANG, Y. K. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. **J Sport Exerc Psychol**, 31, n. 4, p. 469-483, Aug 2009.

FAW, B. Pre-frontal executive committee for perception, working memory, attention, long-term memory, motor control, and thinking: a tutorial review. **Conscious Cogn**, 12, n. 1, p. 83-139, Mar 2003.

FERGUSON, D. M.; BODEN, J. M.; HORWOOD, L. J. Childhood self-control and adult outcomes: results from a 30-year longitudinal study. **J Am Acad Child Adolesc Psychiatry**, 52, n. 7, p. 709-717 e701, Jul 2013.

FERNANDES, V. R.; RIBEIRO, M. L.; MELO, T.; DE TARSO MACIEL-PINHEIRO, P. *et al.* Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. **Front Psychol**, 7, p. 318, 2016.

FERRAZ, O. L. Educação física escolar: conhecimento e especificidade a questão da pré-escola. **Revista Paulista de Educação Física**, 0, n. supl.2, p. 16-22, 12/20 1996.

FREIRE, J. **Educação de corpo inteiro: teoria e prática da Educação Física**. São Paulo: Scipione, 1999.

FRUCHTMAN-STEINBOK, T.; SALZER, Y.; HENIK, A.; COHEN, N. The interaction between emotion and executive control: Comparison between visual, auditory, and tactile modalities. **Q J Exp Psychol (Hove)**, 70, n. 8, p. 1661-1674, Aug 2017.

FUSTER, J. M. Frontal lobe and cognitive development. **J Neurocytol**, 31, n. 3-5, p. 373-385, Mar-Jun 2002.

GALLAHUE, D. L.; DONNELLY, F. C. **Developmental Physical Education for all Children**. 4 ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J., 1994, **Understanding Motor Development : Infants, Children, Adolescents, Adults.**

GALLOTTA, M. C.; GUIDETTI, L.; FRANCIOSI, E.; EMERENZIANI, G. P. *et al.* Effects of varying type of exertion on children's attention capacity. **Med Sci Sports Exerc**, 44, n. 3, p. 550-555, Mar 2012.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 43, n. 7, p. 1334-1359, Jul 2011.

GRIECO, L. A.; JOWERS, E. M.; ERRISURIZ, V. L.; BARTHOLOMEW, J. B. Physically active vs. sedentary academic lessons: A dose response study for elementary student time on task. **Prev Med**, 89, p. 98-103, Aug 2016.

GRISSMER, D.; GRIMM, K. J.; AIYER, S. M.; MURRAH, W. M. *et al.* Fine motor skills and early comprehension of the world: two new school readiness indicators. **Dev Psychol**, 46, n. 5, p. 1008-1017, Sep 2010.

GUNNELL, K. E.; POITRAS, V. J.; LEBLANC, A.; SCHIBLI, K. *et al.* Physical activity and brain structure, brain function, and cognition in children and youth: A systematic review of randomized controlled trials. **Mental Health and Physical Activity**, 16, p. 105-127, 2019/03/01/ 2018.

HALLAL, P. C.; ANDERSEN, L. B.; BULL, F. C.; GUTHOLD, R. *et al.* Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. **The Lancet**, 380, n. 9838, p. 247-257, 2012.

HAYES, G.; DOWD, K. P.; MACDONNCHA, C.; DONNELLY, A. E. Tracking of Physical Activity and Sedentary Behavior From Adolescence to Young Adulthood: A Systematic Literature Review. **J Adolesc Health**, 65, n. 4, p. 446-454, Oct 2019.

HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M.; BUCK, S. M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. **Med Sci Sports Exerc**, 37, n. 11, p. 1967-1974, Nov 2005.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nat Rev Neurosci**, 9, n. 1, p. 58-65, Jan 2008.

HILLMAN, C. H.; PONTIFEX, M. B.; RAINE, L. B.; CASTELLI, D. M. *et al.* The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. **Neuroscience**, 159, n. 3, p. 1044-1054, Mar 31 2009.

HILLMAN, C. H.; SNOOK, E. M.; JEROME, G. J. Acute cardiovascular exercise and executive control function. **Int J Psychophysiol**, 48, n. 3, p. 307-314, Jun 2003.

HOFMANN, W.; FRIESE, M.; STRACK, F. Impulse and Self-Control From a Dual-Systems Perspective. **Perspect Psychol Sci**, 4, n. 2, p. 162-176, Mar 2009.

HUIZINGA, M.; DOLAN, C. V.; VAN DER MOLEN, M. W. Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. **Neuropsychologia**, 44, n. 11, p. 2017-2036, 2006.

HYNYNEN, S. T.; VAN STRALEN, M. M.; SNIEHOTTA, F. F.; ARAÚJO-SOARES, V. *et al.* A systematic review of school-based interventions targeting physical activity and sedentary behaviour among older adolescents. **International review of sport and exercise psychology**, 9, n. 1, p. 22-44, 2016.

IDE, K.; SECHER, N. H. Cerebral blood flow and metabolism during exercise. **Prog Neurobiol**, 61, n. 4, p. 397-414, Jul 2000.

IIZUKA, K.; MACHIDA, T.; HIRAFUJI, M. Skeletal muscle is an endocrine organ. **J Pharmacol Sci**, 125, n. 2, p. 125-131, 2014.

JANSSEN, I.; LEBLANC, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. **Int J Behav Nutr Phys Act**, 7, p. 40, May 11 2010.

KANE, M. J.; CONWAY, A. R. A.; HAMBRICK, D. Z.; ENGLE, R. W. Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. *In: Variation in working memory*. New York, NY, US: Oxford University Press, 2007. p. 21-46.

KASHIHARA, K.; MARUYAMA, T.; MUROTA, M.; NAKAHARA, Y. Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. **J Physiol Anthropol**, 28, n. 4, p. 155-164, Jun 2009.

KENNEY, W. L.; WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of Sport and Exercise**. 7 ed. Human Kinetics, 2019.

KIESEL, A.; STEINHAUSER, M.; WENDT, M.; FALKENSTEIN, M. *et al.* Control and interference in task switching--a review. **Psychol Bull**, 136, n. 5, p. 849-874, Sep 2010.

KOLB, B.; WHISHAW, I. **Fundamentals of Human Neuropsychology**. New York: Worth Publishers, 2003.

KULINNA, P. H.; STYLIANOU, M.; DYSON, B.; BANVILLE, D. *et al.* The Effect of an Authentic Acute Physical Education Session of Dance on Elementary Students' Selective Attention. **Biomed Res Int**, 2018, p. 8790283, 2018.

LAMBOURNE, K.; TOMPOROWSKI, P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. **Brain Res**, 1341, p. 12-24, Jun 23 2010.

LAURENS, C.; BERGOUIGNAN, A.; MORO, C. Exercise-Released Myokines in the Control of Energy Metabolism. **Frontiers in Physiology**, 11, n. 91, 2020-February-13 2020. Mini Review.

LEE, I. M.; SHIROMA, E. J.; LOBELO, F.; PUSKA, P. *et al.* Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. **The Lancet**, 380, n. 9838, p. 219-229, 2012.

LEISMAN, G.; BRAUN-BENJAMIN, O.; MELILLO, R. Cognitive-motor interactions of the basal ganglia in development. **Frontiers in systems neuroscience**, 8, p. 16-16, 2014.

LEÓN, C. B. R.; RODRIGUES, C. C.; SEABRA, A. G.; DIAS, N. M. Funções executivas e desempenho escolar em crianças de 6 a 9 anos de idade. **Revista Psicopedagogia**, 30, p. 113-120, 2013.

LI, J. W.; O'CONNOR, H.; O'DWYER, N.; ORR, R. The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 20, n. 9, p. 841-848, Sep 2017.

LUBANS, D.; RICHARDS, J.; HILLMAN, C.; FAULKNER, G. *et al.* Physical Activity for Cognitive and Mental Health in Youth: A Systematic Review of Mechanisms. **Pediatrics**, 138, n. 3, p. e20161642, 2016.

LUDYGA, S.; GERBER, M.; BRAND, S.; HOLSBOER-TRACHSLER, E. *et al.* Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. **Psychophysiology**, 53, n. 11, p. 1611-1626, Nov 2016.

LUDYGA, S.; GERBER, M.; HERRMANN, C.; BRAND, S. *et al.* Chronic effects of exercise implemented during school-break time on neurophysiological indices of

inhibitory control in adolescents. **Trends in Neuroscience and Education**, 10, p. 1-7, 2018.

LUO, Z.; JOSE, P. E.; HUNTSINGER, C. S.; PIGOTT, T. D. Fine motor skills and mathematics achievement in East Asian American and European American kindergartners and first graders. **British Journal of Developmental Psychology**, 25, n. 4, p. 595-614, 2007.

MA, J. K.; LE MARE, L.; GURD, B. J. Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9- to 11-year olds. **Appl Physiol Nutr Metab**, 40, n. 3, p. 238-244, Mar 2015.

MALENKA, R.; NESTLER, E.; HYMAN, S. **Molecular Neuropharmacology: A Foundation for Clinical Neuroscience**. 2 ed. New York: McGraw-Hill Medical, 2009.

MASLEY, S.; ROETZHEIM, R.; GUALTIERI, T. Aerobic exercise enhances cognitive flexibility. **J Clin Psychol Med Settings**, 16, n. 2, p. 186-193, Jun 2009.

MATTA MELLO PORTUGAL, E.; CEVADA, T.; SOBRAL MONTEIRO-JUNIOR, R.; TEIXEIRA GUIMARAES, T. *et al.* Neuroscience of exercise: from neurobiology mechanisms to mental health. **Neuropsychobiology**, 68, n. 1, p. 1-14, 2013.

MCMORRIS, T.; SPROULE, J.; TURNER, A.; HALE, B. J. Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. **Physiol Behav**, 102, n. 3-4, p. 421-428, Mar 1 2011.

MCMORRIS, T.; TURNER, A.; HALE, B. J.; SPROULE, J. Beyond the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction: A neurochemical perspective. *In: Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives*. San Diego, CA, US: Elsevier Academic Press, 2016. p. 65-103.

MILLER, E. K.; COHEN, J. D. An integrative theory of prefrontal cortex function. **Annu Rev Neurosci**, 24, p. 167-202, 2001.

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P.; EMERSON, M. J.; WITZKI, A. H. *et al.* The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cogn Psychol**, 41, n. 1, p. 49-100, Aug 2000.

MOFFITT, T. E.; ARSENEAULT, L.; BELSKY, D.; DICKSON, N. *et al.* A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 108, n. 7, p. 2693-2698, Feb 15 2011.

MONSELL, S. Task switching. **Trends Cogn Sci**, 7, n. 3, p. 134-140, Mar 2003.

MOREAU, D.; CONWAY, A. R. A. Cognitive enhancement: a comparative review of computerized and athletic training programs. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, 6, n. 1, p. 155-183, 2013/09/01 2013.

NG, S. W.; POPKIN, B. M. Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe. **Obes Rev**, 13, n. 8, p. 659-680, Aug 2012.

NIEMANN, C.; WEGNER, M.; VOELCKER-REHAGE, C.; HOLZWEG, M. *et al.* Influence of acute and chronic physical activity on cognitive performance and saliva testosterone in preadolescent school children. **Mental Health and Physical Activity**, 6, n. 3, p. 197-204, 2013.

O'LEARY, K. C.; PONTIFEX, M. B.; SCUDDER, M. R.; BROWN, M. L. *et al.* The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control. **Clin Neurophysiol**, 122, n. 8, p. 1518-1525, Aug 2011.

OGOHO, S.; AINSLIE, P. N. Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation. **J Appl Physiol (1985)**, 107, n. 5, p. 1370-1380, Nov 2009.

PAGANI, L. S.; FITZPATRICK, C.; ARCHAMBAULT, I.; JANOSZ, M. School readiness and later achievement: a French Canadian replication and extension. **Dev Psychol**, 46, n. 5, p. 984-994, Sep 2010.

PALMER, K. K.; MILLER, M. W.; ROBINSON, L. E. Acute exercise enhances preschoolers' ability to sustain attention. **J Sport Exerc Psychol**, 35, n. 4, p. 433-437, Aug 2013.

PEDERSEN, B. K.; FEBBRAIO, M. A. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. **Physiol Rev**, 88, n. 4, p. 1379-1406, Oct 2008.

PERLMAN, S. B.; HEIN, T. C.; STEPP, S. D.; CONSORTIUM, L. Emotional reactivity and its impact on neural circuitry for attention-emotion interaction in childhood and adolescence. **Dev Cogn Neurosci**, 8, p. 100-109, Apr 2014.

PESCE, C.; CROVA, C.; CEREATTI, L.; CASELLA, R. *et al.* Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. **Mental Health and Physical Activity**, 2, p. 16-22, 06/01 2009.

PESCE, C.; VAZOU, S.; BENZING, V.; ALVAREZ-BUENO, C. *et al.* Effects of chronic physical activity on cognition across the lifespan: a systematic meta-review of randomized controlled trials and realist synthesis of contextualized mechanisms. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, p. 1-39, 06/08 2021.

PHILLIPS, C.; BAKTIR, M. A.; SRIVATSAN, M.; SALEHI, A. Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. **Frontiers in cellular neuroscience**, 8, p. 170-170, 2014.

PHILLIPS, D. S.; HANNON, J. C.; GREGORY, B. B.; BURNS, R. D. Effect of Vigorous Physical Activity on Executive Control in Middle-School Students. **Int J Environ Res Public Health**, 16, n. 20, Oct 17 2019.

PIAGET, J. **The origins of intelligence in children**. New York, NY: Norton & Company, 1952.

PIRRIE, A. M.; LODEWYK, K. R. Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. **Mental Health and Physical Activity**, 5, n. 1, p. 93-98, 2012.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALA, K. L. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, 40, p. 1-22, 2019.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, F.; KATZ, L. C. *et al.* **Neuroscience**. 2 ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2001.

RABINER, D. L.; GODWIN, J.; DODGE, K. A. Predicting Academic Achievement and Attainment: The Contribution of Early Academic Skills, Attention Difficulties, and Social Competence. **School Psychology Review**, 45, n. 2, p. 250-267, 2016/06/01 2016.

REDILA, V. A.; CHRISTIE, B. R. Exercise-induced changes in dendritic structure and complexity in the adult hippocampal dentate gyrus. **Neuroscience**, 137, n. 4, p. 1299-1307, 2006.

RIGOLI, D.; PIEK, J. P.; KANE, R.; OOSTERLAAN, J. An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. **Dev Med Child Neurol**, 54, n. 11, p. 1025-1031, Nov 2012.

ROEBERS, C. M.; ROTH LISBERGER, M.; NEUENSCHWANDER, R.; CIMELI, P. *et al.* The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: a latent variable approach. **Hum Mov Sci**, 33, p. 284-297, Feb 2014.

ROIG, M.; NORDBRANDT, S.; GEERTSEN, S. S.; NIELSEN, J. B. The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with meta-analysis. **Neurosci Biobehav Rev**, 37, n. 8, p. 1645-1666, Sep 2013.

ROYALL, D. R.; LAUTERBACH, E. C.; CUMMINGS, J. L.; REEVE, A. *et al.* Executive control function: a review of its promise and challenges for clinical research. A report from the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**, 14, n. 4, p. 377-405, Fall 2002.

RUDD, J. R.; BARNETT, L. M.; BUTSON, M. L.; FARROW, D. *et al.* Fundamental Movement Skills Are More than Run, Throw and Catch: The Role of Stability Skills. **PLoS One**, 10, n. 10, p. e0140224, 2015.

SAHOO, K.; SAHOO, B.; CHOUDHURY, A. K.; SOFI, N. Y. *et al.* Childhood obesity: causes and consequences. **Journal of family medicine and primary care**, 4, n. 2, p. 187-192, Apr-Jun 2015.

SCHMIDT, M.; JAGER, K.; EGGER, F.; ROEBERS, C. M. *et al.* Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. **J Sport Exerc Psychol**, 37, n. 6, p. 575-591, Dec 2015.

SCUDDER, M. R.; DROLLETTE, E. S.; SZABO-REED, A. N.; LAMBOURNE, K. *et al.* Tracking the relationship between children's aerobic fitness and cognitive control. **Health Psychol**, 35, n. 9, p. 967-978, Sep 2016.

SIMONS, D. J.; BOOT, W. R.; CHARNESS, N.; GATHERCOLE, S. E. *et al.* Do "Brain-Training" Programs Work? **Psychol Sci Public Interest**, 17, n. 3, p. 103-186, Oct 2016.

SMITH, J. C.; PAULSON, E. S.; COOK, D. B.; VERBER, M. D. *et al.* Detecting changes in human cerebral blood flow after acute exercise using arterial spin labeling: implications for fMRI. **J Neurosci Methods**, 191, n. 2, p. 258-262, Aug 30 2010.

SPARLING, P. B.; GIUFFRIDA, A.; PIOMELLI, D.; ROSSKOPF, L. *et al.* Exercise activates the endocannabinoid system. **Neuroreport**, 14, n. 17, p. 2209-2211, Dec 2 2003.

STEWART, J. A.; DENNISON, D. A.; KOHL, H. W.; DOYLE, J. A. Exercise level and energy expenditure in the TAKE 10! in-class physical activity program. **J Sch Health**, 74, n. 10, p. 397-400, Dec 2004.

STRONG, W. B.; MALINA, R. M.; BLIMKIE, C. J.; DANIELS, S. R. *et al.* Evidence based physical activity for school-age youth. **J Pediatr**, 146, n. 6, p. 732-737, Jun 2005.

SWAIN, R. A.; HARRIS, A. B.; WIENER, E. C.; DUTKA, M. V. *et al.* Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. **Neuroscience**, 117, n. 4, p. 1037-1046, 2003.

THORELL, L. B.; LINDQVIST, S.; BERGMAN NUTLEY, S.; BOHLIN, G. *et al.* Training and transfer effects of executive functions in preschool children. **Dev Sci**, 12, n. 1, p. 106-113, Jan 2009.

TOMPOROWSKI, P. D. Effects of acute bouts of exercise on cognition. **Acta Psychol (Amst)**, 112, n. 3, p. 297-324, Mar 2003.

VAN DEN BERG, V.; SALIASI, E.; DE GROOT, R. H.; JOLLES, J. *et al.* Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. **Front Psychol**, 7, p. 723, 2016.

VAN DEN BERG, V.; SALIASI, E.; JOLLES, J.; DE GROOT, R. H. M. *et al.* Exercise of Varying Durations: No Acute Effects on Cognitive Performance in Adolescents. **Front Neurosci**, 12, p. 672, 2018.

VAN DER FELLS, I. M.; TE WIERIKE, S. C.; HARTMAN, E.; ELFERINK-GEMSER, M. T. *et al.* The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 18, n. 6, p. 697-703, Nov 2015.

VAZOU, S.; PESCE, C.; LAKES, K.; SMILEY-OYEN, A. More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. **Int J Sport Exerc Psychol**, 17, n. 2, p. 153-178, 2016.

VERBURGH, L.; KONIGS, M.; SCHERDER, E. J.; OOSTERLAAN, J. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. **Br J Sports Med**, 48, n. 12, p. 973-979, Jun 2014.

VESTBERG, T.; GUSTAFSON, R.; MAUREX, L.; INGVAR, M. *et al.* Executive functions predict the success of top-soccer players. **PLoS One**, 7, n. 4, p. e34731, 2012.

VESTBERG, T.; REINEBO, G.; MAUREX, L.; INGVAR, M. *et al.* Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. **PLoS One**, 12, n. 2, p. e0170845, 2017.

WILDER, R. P.; GREENE, J. A.; WINTERS, K. L.; LONG, W. B., 3rd *et al.* Physical fitness assessment: an update. **J Long Term Eff Med Implants**, 16, n. 2, p. 193-204, 2006.

WINTER, B.; BREITENSTEIN, C.; MOOREN, F. C.; VOELKER, K. *et al.* High impact running improves learning. **Neurobiol Learn Mem**, 87, n. 4, p. 597-609, May 2007.

XUE, Y.; YANG, Y.; HUANG, T. Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, 53, n. 22, p. 1397, 2019.

ZELAZO, P. D.; CRAIK, F. I.; BOOTH, L. Executive function across the life span. **Acta Psychol (Amst)**, 115, n. 2-3, p. 167-183, Feb-Mar 2004.

ZMYJ, N.; WITT, S.; WEITKAMPER, A.; NEUMANN, H. *et al.* Social Cognition in Children Born Preterm: A Perspective on Future Research Directions. **Front Psychol**, 8, p. 455, 2017.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO OBRIGATÓRIO PARA PESQUISAS CIENTÍFICAS EM SERES HUMANOS

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Nome: _____

Sexo: Masculino () Feminino () Data Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Nome do Responsável: _____

Telefone: (____) _____ E-mail: _____

Título do Protocolo de Pesquisa: RELAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO MOTOR E COGNITIVO DE CRIANÇAS

Subárea de Investigação: Ciências Biológicas/Ciências da Saúde

Pesquisador responsável: Thiago Teixeira Guimarães, Universidade Estácio de Sá; Endereço do pesquisador: Rua do Bispo, 83, Rio Comprido, Rio de Janeiro/RJ, CEP 20261-063; Tel.: 21 2503 7121; E-mail: thiagotguimaraes@yahoo.com.br

Avaliação do risco da pesquisa:

() Risco Mínimo; (x) Risco Baixo; () Risco Médio; () Risco Maior

Objetivos e Justificativa: Considerando os benefícios que a prática regular de exercícios físicos pode provocar à saúde e desenvolvimento da criança, é contraditória a cultura de desvalorização do exercício físico e da Educação Física escolar. Portanto, faz-se necessária uma mudança cultural em relação a esse assunto. A elaboração de estudos científicos se apresenta como um coeso caminho capaz de expandir a compreensão e a divulgação da importância do exercício físico para a saúde e desenvolvimento infantil, sobretudo para as habilidades cognitivas (funções executivas). A pesquisa tem como objetivo avaliar a correlação entre as variáveis de aptidão física para a saúde e desempenho esportivo; nível de atividade física, desempenho acadêmico, funções executivas e habilidades socioemocionais de crianças de 6 a 17 anos; e avaliar o efeito agudo de aulas de educação Física nas funções executivas de crianças de 6 a 17 anos.

Procedimentos: Nessa pesquisa as crianças realizarão diferentes avaliações; (1) avaliações físicas (TTD, IPAQ, PROESP-Br) e avaliações de desempenho acadêmico (notas escolares); (2) avaliações das habilidades socioemocionais (SSRS); (3) avaliações cognitivas para o estudo de

efeito agudo; (4) avaliações cognitivas para o estudo que correlacionará as variáveis de aptidão física para a saúde e desempenho esportivo; nível de atividade física, desempenho acadêmico, funções executivas e habilidades socioemocionais. As crianças serão avaliadas durante o horário escolar, preferencialmente durante as aulas de Educação Física. Elas farão exercícios físicos (como corrida e esportes de invasão), poderão assistir às aulas de vídeo sobre conteúdos de Educação Física, farão tarefas cognitivas e responderão à questionários. Os pesquisadores atuarão durante cerca de 4 meses no Colégio Lemos de Castro coletando todos os dados, mas cada criança participante precisará de um total de, aproximadamente, 5 dias para concluir as avaliações (dias não consecutivos).

Riscos e inconveniências: As avaliações que serão utilizadas nessa pesquisa incorrem em risco baixo aos sujeitos do estudo. Os riscos associados ao projeto estão relacionados às possíveis respostas dos indivíduos ao exercício físico, como aumento da frequência cardíaca, aumento da pressão arterial e dores musculares. Entretanto, os benefícios relacionados à prática segura e orientada de Exercício Físico em muito superam esses riscos. Todos os sujeitos terão a liberação médica para a realização do treinamento físico. Todos os sujeitos terão liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem penalização. Em caso de intercorrências, serão realizados os procedimentos utilizados pelas instituições de ensino conveniadas: Ligar para o telefone 190 solicitando atendimento emergencial da ambulância do Corpo de Bombeiros; avisar a família; acompanhamento na ambulância por um profissional da instituição carregando consigo a pasta de matrícula do aluno na qual os dados do mesmo estão presentes.

Potenciais benefícios: Contribuir com a evolução da ciência na elucidação da importância do exercício físico no contexto escolar e saúde pública.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – da Universidade Estácio de Sá, em horário comercial pelo e-mail cep.unesa@estacio.br ou pelo telefone (21) 2206-9726. Para esta pesquisa, não haverá nenhum custo do participante em qualquer fase do estudo. Do mesmo modo, não haverá compensação financeira relacionada à sua participação. Você terá total e plena liberdade para se recusar a participar bem como retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa.

Consentimento:

Eu, _____, declaro ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: "RELAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO MOTOR E COGNITIVO DE CRIANÇAS". Os propósitos desta pesquisa são claros. Do mesmo modo, estou ciente dos procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a participação do menor pelo qual sou responsável é isenta de despesas. Concordo na participação voluntária do menor pelo qual sou responsável, sabendo que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízos.

Este termo será assinado em 02 (duas) vias de igual teor, uma para o responsável pelo participante da pesquisa e outra para o responsável pela pesquisa.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

Nome do Participante da Pesquisa

Thiago Guimarães

Nome do Pesquisador Responsável

Nome do Responsável

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Responsável

Concordo que os resultados dos testes realizados pelo menor pelo qual sou responsável sejam utilizados para fins educacionais e/ou de pesquisa (apresentação em aulas, palestras, publicações etc.) sem que nossos nomes sejam, em momento algum, identificados.

APÊNDICE B – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA MENORES DE IDADE OBRIGATÓRIO PARA PESQUISAS CIENTÍFICAS EM SERES HUMANOS

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Nome: _____

Sexo: Masculino () Feminino () Data Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Nome do Responsável: _____

Telefone: (____) _____ E-mail: _____

Título do Protocolo de Pesquisa: RELAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO MOTOR E COGNITIVO DE CRIANÇAS

Subárea de Investigação: Ciências Biológicas/Ciências da Saúde

Pesquisador responsável: Thiago Teixeira Guimarães, Universidade Estácio de Sá; Endereço do pesquisador: Rua do Bispo, 83, Rio Comprido, Rio de Janeiro/RJ, CEP 20261-063; Tel.: 21 2503 7121; E-mail: thiagotguimaraes@yahoo.com.br

Avaliação do risco da pesquisa:

() Risco Mínimo; (x) Risco Baixo; () Risco Médio; () Risco Maior

Objetivos e Justificativa: Considerando os benefícios que a prática regular de exercícios físicos pode provocar à saúde e desenvolvimento da criança, é contraditória a cultura de desvalorização do exercício físico e da Educação Física escolar. Portanto, faz-se necessária uma mudança cultural em relação a esse assunto. A elaboração de estudos científicos se apresenta como um coeso caminho capaz de expandir a compreensão e a divulgação da importância do exercício físico para a saúde e desenvolvimento infantil, sobretudo para as habilidades cognitivas (funções executivas). A pesquisa tem como objetivo avaliar a correlação entre as variáveis de aptidão física para a saúde e desempenho esportivo; nível de atividade física, desempenho acadêmico, funções executivas e habilidades socioemocionais de crianças de 6 a 17 anos; e avaliar o efeito agudo de aulas de educação Física nas funções executivas de crianças de 6 a 17 anos.

Procedimentos: Nessa pesquisa as crianças realizarão diferentes avaliações; (1) avaliações físicas (TTD, IPAQ, PROESP-Br) e avaliações de desempenho acadêmico (notas escolares); (2) avaliações das habilidades socioemocionais (SSRS); (3) avaliações cognitivas para o estudo de

efeito agudo; (4) avaliações cognitivas para o estudo que correlacionará as variáveis de aptidão física para a saúde e desempenho esportivo; nível de atividade física, desempenho acadêmico, funções executivas e habilidades socioemocionais. As crianças serão avaliadas durante o horário escolar, preferencialmente durante as aulas de Educação Física. Elas farão exercícios físicos (como corrida e esportes de invasão), poderão assistir às aulas de vídeo sobre conteúdos de Educação Física, farão tarefas cognitivas e responderão à questionários. Os pesquisadores atuarão durante cerca de 4 meses no Colégio Lemos de Castro coletando todos os dados, mas cada criança participante precisará de um total de, aproximadamente, 5 dias para concluir as avaliações (dias não consecutivos).

Riscos e inconveniências: As avaliações que serão utilizadas nessa pesquisa incorrem em risco baixo aos sujeitos do estudo. Os riscos associados ao projeto estão relacionados às possíveis respostas dos indivíduos ao exercício físico, como aumento da frequência cardíaca, aumento da pressão arterial e dores musculares. Entretanto, os benefícios relacionados à prática segura e orientada de Exercício Físico em muito superam esses riscos. Todos os sujeitos terão a liberação médica para a realização do treinamento físico. Todos os sujeitos terão liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem penalização. Em caso de intercorrências, serão realizados os procedimentos utilizados pelas instituições de ensino conveniadas: Ligar para o telefone 190 solicitando atendimento emergencial da ambulância do Corpo de Bombeiros; avisar a família; acompanhamento na ambulância por um profissional da instituição carregando consigo a pasta de matrícula do aluno na qual os dados do mesmo estão presentes.

Potenciais benefícios: Contribuir com a evolução da ciência na elucidação da importância do exercício físico no contexto escolar e saúde pública.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – da Universidade Estácio de Sá, em horário comercial pelo e-mail cep.unesa@estacio.br ou pelo telefone (21) 2206-9726. Para esta pesquisa, não haverá nenhum custo do participante em qualquer fase do estudo. Do mesmo modo, não haverá compensação financeira relacionada à sua participação. Você terá total e plena liberdade para se recusar a participar bem como retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa.

Assentimento:

Eu, _____, declaro ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: "RELAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO MOTOR E COGNITIVO DE CRIANÇAS". Os propósitos desta pesquisa são claros. Do mesmo modo, estou ciente dos procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo com a minha participação voluntária, sabendo que poderei retirar o meu assentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízos.

Este termo será assinado em 02 (duas) vias de igual teor, uma para o responsável pelo participante da pesquisa e outra para o responsável pela pesquisa.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

Nome do Participante da Pesquisa

Thiago Guimarães

Nome do Pesquisador Responsável

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador

Concordo que os resultados dos testes realizados por mim sejam utilizados para fins educacionais e/ou de pesquisa (apresentação em aulas, palestras, publicações etc.) sem que meu nome, em momento algum, seja identificado.

APÊNDICE C – Ficha de avaliação da bateria PROESP-Br



ESCOLALEMOSDECASTRO

BATERIA DE TESTES

PROESP

1º dia

Data de aplicação: ____/____/____

Nome: _____ Turma: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

1ª Estação – Coordenador: _____

- Massa Corporal (peso): _____ kg | Estatura (altura) _____ cm | Envergadura _____ cm

Examinadores: _____

- Perímetro da cintura _____ cm - Examinadores: _____

- Flexibilidade - Examinador: _____

1ª tentativa= _____ 2ª tentativa= _____

2ª Estação – Coordenador: _____

- Teste de Toque em Disco (uma casa após a vírgula, em metros) - Examinadores: _____

1ª tentativa= _____ 2ª tentativa= _____ 3ª tentativa= _____

- Resistência Muscular Localizada (abdominal) - Examinadores: _____

Número de repetições em 1 minuto: _____

3ª Estação – Coordenador: _____

- Aptidão Cardiorrespiratória (uma casa após a vírgula, em metros) - Examinador: _____

Marcação de voltas: _____

Nº de voltas= _____ x 40 metros= _____ + _____ (Metros extras) = _____ (distância percorrida)



ESCOLA LEMOS DE CASTRO

BATERIA DE TESTES

PROESP

2º dia

Data de aplicação: ____/____/____

Nome: _____ Turma: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

1ª Estação – Coordenador: _____

- Força Explosiva de Membros Inferiores - Examinadores: _____

1ª tentativa= _____ (cm) | 2ª tentativa= _____ (cm)

2ª Estação – Coordenador: _____

- Velocidade de Deslocamento (duas casas após a vírgula) - Examinadores: _____

- 1ª tentativa= _____ (seg.) | 2ª tentativa= _____ (seg.)

3ª Estação – Coordenador: _____

- Força Explosiva de Membros Superiores - Examinadores: _____

1ª tentativa= _____ (cm) | 2ª tentativa= _____ (cm)

4ª Estação – Coordenador: _____

- Agilidade - Examinadores: _____

- 1ª tentativa= _____ (seg.) | 2ª tentativa= _____ (seg.)

*Marcar os dados em segundos com duas casas após a vírgula.

ANEXO A – Carta de Aceite Colégio Lemos de Castro



COLÉGIO LEMOS DE CASTRO

CNPJ: 33.552.639/0001-39

CARTA DE ACEITE

Eu, Wagner Almeida Pequeno, Diretor de Relações Empresariais do Colégio Lemos de Castro, RG Nº 04491553-6, Detran RJ, CPF Nº 666.791.927-49, em nome da instituição, declaro interesse em participar da realização do Projeto de Pesquisa que tem como responsável o pesquisador Thiago Teixeira Guimarães, docente da Universidade Estácio de Sá (UNESA/RJ); número de celular: (21) 98123-8144; e-mail: thiagotguimaraes@yahoo.com.br. O Projeto de Pesquisa intitula-se “Relação entre o Desempenho Motor e Cognitivo de Crianças”, e tem por objetivo primário correlacionar o nível de aptidão física para a saúde e desempenho esportivo, e o nível de atividade física, com as funções executivas, desempenho acadêmico e habilidades socioemocionais de crianças de 6 a 17 anos de idade, assim como, avaliar o efeito agudo do exercício físico nas funções executivas dessas mesmas crianças. Após análise da proposta apresentada, declaro estar ciente da necessidade de realização de tarefas cognitivas, avaliações físicas, avaliações de afeto, avaliações socioemocionais e avaliações de desempenho escolar com alunos, professores e responsáveis.

Os pesquisadores se comprometem a:

1. Iniciar a coleta de dados somente após o Projeto de Pesquisa ser aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNESA.
2. Obedecer às disposições éticas de proteger os participantes da pesquisa, garantindo-lhes o máximo de benefícios e o mínimo de riscos.
3. Assegurar a privacidade das pessoas citadas nos documentos institucionais e/ou contatadas diretamente, de modo a proteger suas imagens, bem como garantem que não utilizarão as informações coletadas em prejuízo dessas pessoas e/ou da instituição, respeitando deste modo as Diretrizes Éticas da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos.
4. Agradecer ao Colégio Lemos de Castro em publicações futuras.

Rio de Janeiro, 16 de julho de 2018





WAGNER A. PEQUENO
DIRETOR DE RELAÇÕES EMPRESARIAIS

ANEXO B – Teste de Stroop

TESTE DE STROOP

Cor

XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX
XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX
XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX
XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX
XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX
XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX

Palavras

CADA	NUNCA	TUDO	NUNCA
NUNCA	TUDO	NADA	NADA
TUDO	CADA	CADA	NADA
NADA	NUNCA	TUDO	NUNCA
NADA	CADA	NUNCA	CADA
TUDO	NADA	CADA	TUDO

Cores escritas

AMARELO	AZUL	VERMELHO	VERDE
VERMELHO	VERDE	AMARELO	AZUL
AZUL	AMARELO	VERMELHO	VERDE
AZUL	VERMELHO	VERDE	AMARELO
VERDE	AMARELO	AZUL	VERMELHO
VERMELHO	AMARELO	AZUL	VERDE

ANEXO C – Tarefa de Dígitos de Ordem Direta e de Ordem Inversa

(Máximo = 44)

3. Dígitos

Início
Idade 6-16:
Ordem Direta: Item 1.
Ordem Inversa: Exemplo e a seguir item 1.

Interrupção
Ordem Direta: Após escore 0 nas duas tentativas de um mesmo item.
Ordem Inversa: Após escore 0 nas duas tentativas de um mesmo item.

Pontuação
Escore de 0 ou 1 ponto para cada tentativa.
DIOD e DIOI
Total de Pontos Brutos para Dígitos Ordem Direta e Inversa, respectivamente.
UDIOD e UDIOI
Número de dígitos lembrados na última tentativa a receber 1 ponto para Dígitos Ordem Direta e Inversa, respectivamente.

Ordem Direta				Ordem Inversa			
Tentativas	Respostas	Pontos Tentativas	Pontos Itens	Tentativas	Respostas	Pontos Tentativas	Pontos Itens
6-16 1. 2-9 4-6		0 1 0 1	0 1 2	6-16 Ex. 8-2 5-6			
2. 3-8-6 6-1-2		0 1 0 1	0 1 2	1. 2-1 1-3		0 1 0 1	0 1 2
3. 3-4-1-7 6-1-5-8		0 1 0 1	0 1 2	2. 3-5 6-4		0 1 0 1	0 1 2
4. 8-4-2-3-9 5-2-1-8-6		0 1 0 1	0 1 2	3. 5-7-4 2-5-9		0 1 0 1	0 1 2
5. 3-8-9-1-7-4 7-9-6-4-8-3		0 1 0 1	0 1 2	4. 7-2-9-6 8-4-9-3		0 1 0 1	0 1 2
6. 5-1-7-4-2-3-8 9-8-5-2-1-6-3		0 1 0 1	0 1 2	5. 4-1-3-5-7 9-7-8-5-2		0 1 0 1	0 1 2
7. 1-8-4-5-9-7-6-3 2-9-7-6-3-1-5-4		0 1 0 1	0 1 2	6. 1-6-5-2-9-8 3-6-7-1-9-4		0 1 0 1	0 1 2
8. 5-3-8-7-1-2-4-6-9 4-2-6-9-1-7-8-3-5		0 1 0 1	0 1 2	7. 8-5-9-2-3-4-6 4-5-7-9-2-8-1		0 1 0 1	0 1 2
				8. 6-9-1-7-3-2-5-8 3-1-7-9-5-4-8-2		0 1 0 1	0 1 2

UDIOD Máx = 9	Dígitos Ordem Direta (DIOD) Total de Pontos Brutos (Máximo = 16)	<input type="text"/>	UDIOI Máx = 8	Dígitos Ordem Inversa (DIOI) Total de Pontos Brutos (Máximo = 16)	<input type="text"/>
------------------	------------------------------------------------------------------------	----------------------	------------------	-------------------------------------------------------------------------	----------------------

Total de Pontos Brutos
(Máximo = 32)

ANEXO D – Inventário de habilidades socioemocionais SSRS: Formulário de aplicação para professores

**INVENTÁRIO DE HABILIDADES SOCIAIS,
PROBLEMAS DE COMPORTAMENTO
E COMPETÊNCIA ACADÊMICA
PARA CRIANÇAS (SSRS)**

FORMULÁRIO DE APLICAÇÃO PARA PROFESSORES DE CRIANÇAS
DO 1º AO 5º ANO (6 A 13 ANOS)

Instruções

Este inventário busca avaliar a **frequência** com que seu(sua) aluno(a) apresenta certas habilidades sociais e a **importância** dessas habilidades para ser bem-sucedido em sua sala de aula. Também são solicitadas avaliações de problemas de comportamento e de aspectos da competência acadêmica de seu(sua) aluno(a). Primeiro, preencha o quadro abaixo com suas informações pessoais e da criança.

Informações sobre a criança:

Nome do(a) aluno(a): _____	Ano escolar: _____
Data de nascimento: ____/____/____ Dia Mês Ano	Idade: _____
Data da avaliação: ____/____/____ Dia Mês Ano	Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
Escola: _____	

Informações sobre o(a) professor(a):

Nome: _____	
Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino	Idade: _____
Curso de segundo grau: _____	Ano de conclusão: _____
Curso de terceiro grau: _____	<input type="checkbox"/> Concluído no ano: _____ <input type="checkbox"/> Em andamento



© 2016 Casapsi Livraria e Editora Ltda
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra para
qualquer finalidade. Todos os direitos reservados.
Avenida Francisco Matarazzo, 1500 - Conjunto 51
Edifício New York - Centro Empresarial Água Branca
Barra Funda - São Paulo/SP - CEP 05001-100
Tel: (11) 3872-1240 - www.poissonclinical.com.br

Agora, leia cada um dos itens a seguir (1 a 36) e pense sobre a conduta deste(a) aluno(a) durante o último mês ou os dois últimos meses. Indique qual a **frequência** com que este(a) aluno(a) apresenta a conduta descrita.

- Se o estudante **nunca** apresenta esta conduta, circule o **0**.
- Se o estudante **algumas vezes** apresenta esta conduta, circule o **1**.
- Se o estudante de forma **muito frequente** apresenta esta conduta, circule o **2**.

Para os itens 1 a 22, você deve também avaliar qual a **importância** de cada um desses comportamentos para o sucesso do estudante em sua sala de aula.

- Se **não é importante** para o sucesso em sua classe, circule o **0**.
- Se **é importante** para o sucesso em sua classe, circule o **1**.
- Se **é indispensável** para o sucesso em sua classe, circule o **2**.

Veja aqui um exemplo:

	Frequência?			Importância?		
	Nunca	Algumas vezes	Muito frequente	Não importante	Importante	Indispensável
Demonstra empatia para com os colegas.	0	1	②	0	①	2

Este estudante, de forma muito frequente, demonstra empatia com os colegas. Esta professora acha que demonstrar empatia é importante para ser bem-sucedido em sua classe.

Por favor, não deixe nenhum item sem resposta. Caso você não tenha observado o(a) aluno(a) naquela conduta em particular, faça uma estimativa do grau em que você acha que este(a) aluno(a) provavelmente apresentaria aquela conduta.

HABILIDADES SOCIAIS	Frequência			Importância		
	Nunca	Algumas vezes	Muito frequente	Não importante	Importante	Indispensável
1. Controla a irritação em situações de conflito com colegas.	0	1	2	0	1	2
2. Apresenta-se a novas pessoas sem precisar mandar.	0	1	2	0	1	2
3. Questiona de forma educada as regras que considera injustas.	0	1	2	0	1	2
4. Reage de forma apropriada à pressão dos colegas.	0	1	2	0	1	2
5. Diz coisas boas sobre si mesmo(a) quando a situação é apropriada.	0	1	2	0	1	2
6. Termina as tarefas de classe no tempo estabelecido.	0	1	2	0	1	2
7. Faz amigos facilmente.	0	1	2	0	1	2
8. Responde apropriadamente a gozações dos colegas.	0	1	2	0	1	2
9. Controla a irritação em situações de conflito com adultos.	0	1	2	0	1	2
10. Faz corretamente as tarefas escolares.	0	1	2	0	1	2



© 2016 Casapsi Livraria e Editora Ltda
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra para qualquer finalidade. Todos os direitos reservados.
Avenida Francisco Matarazzo, 1500 - Conjunto 61
Edifício New York - Centro Empresarial Água Branca
Barra Funda - São Paulo/SP - CEP 05001-100
Tel: (11) 3672-1240 - www.pearsonclinical.com.br

HABILIDADES SOCIAIS	Frequência			Importância		
	Nunca	Algumas vezes	Muito frequente	Não importante	Importante	Indispensável
11. Defende-se verbalmente quando acha que você o(a) tratou de forma injusta.	0	1	2	0	1	2
12. Aceita ideias dos colegas em atividades grupais.	0	1	2	0	1	2
13. Segue suas instruções.	0	1	2	0	1	2
14. Guarda o material ou objetos escolares.	0	1	2	0	1	2
15. Cooperar com os colegas sem ter que lhe pedir.	0	1	2	0	1	2
16. Ajuda voluntariamente os colegas nas tarefas de classe.	0	1	2	0	1	2
17. Junta-se a um grupo ou atividade em curso sem que lhe peçam.	0	1	2	0	1	2
18. Responde de forma apropriada quando é empurrado ou provocado por outras crianças.	0	1	2	0	1	2
19. Ignora distrações dos colegas durante as tarefas de classe.	0	1	2	0	1	2
20. Mantém a carteira limpa e arrumada sem que alguém precise lembrá-lo(a).	0	1	2	0	1	2
21. Presta atenção a suas instruções.	0	1	2	0	1	2
22. Se dá bem com as pessoas que são diferentes.	0	1	2	0	1	2

PROBLEMAS DE COMPORTAMENTO	Frequência		
	Nunca	Algumas vezes	Muito frequente
23. Briga com os outros.	0	1	2
24. Tem baixa autoestima.	0	1	2
25. Ameaça ou intimida os outros.	0	1	2
26. Parece solitário(a).	0	1	2
27. Interrompe a conversa dos outros.	0	1	2
28. Perturba as atividades em andamento.	0	1	2
29. Demonstra ansiedade quanto a estar com um grupo de crianças.	0	1	2
30. Não ouve o que os outros dizem.	0	1	2
31. Discute com os outros.	0	1	2
32. Retruca quando os adultos lhe corrigem.	0	1	2
33. Fica com raiva facilmente.	0	1	2
34. Tem ataques de birra.	0	1	2
35. Mostra-se triste ou deprimido(a).	0	1	2
36. Mostra-se irrequieto ou se mexe excessivamente.	0	1	2



© 2016 Casapsi Livraria e Editora Ltda
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra para qualquer finalidade. Todos os direitos reservados.
Avenida Francisco Matiarazzo, 1500 - Conjunto 51
Edifício New York - Centro Empresarial Água Branca
Barra Funda - São Paulo/SP - CEP 05001-100
Tel: (11) 3672-1240 - www.pearsonclinical.com.br

O presente Formulário de Aplicação é impresso em cores. Caso desconfie de sua autenticidade, ligue para (11) 3672-1240.

COMPETÊNCIA ACADÊMICA

Os próximos nove itens (37 a 45) requerem seu julgamento sobre a aprendizagem e o desempenho acadêmico deste(a) aluno(a) de acordo com o que você tem observado em sua classe. Compare este(a) aluno(a) com os demais estudantes da classe. Avalie todos os itens usando uma escala de 1 a 5. Circule o número que melhor representa seu julgamento.

O número 1 indica o desempenho **mais baixo ou menos favorável**, situando o aluno entre os 10% piores da classe. O número 5 indica o desempenho **mais alto ou mais favorável**, situando o aluno entre os 10% melhores da classe.

ITENS	Entre os 10% piores	Entre os 20% piores	Entre os 40% médios	Entre os 20% bons	Entre os 10% ótimos
37. Comparado com outras crianças de minha classe, o desempenho acadêmico geral desta criança está:	1	2	3	4	5
38. Em leitura, como esta criança se situa em relação às demais?	1	2	3	4	5
39. Em matemática, como esta criança se situa em relação às demais?	1	2	3	4	5
40. Em termos da expectativa para este nível ou grau, a habilidade de leitura desta criança está:	1	2	3	4	5
41. Em termos da expectativa para este nível ou grau, a habilidade em matemática desta criança está:	1	2	3	4	5
42. A motivação geral desta criança para o êxito acadêmico está:	1	2	3	4	5
43. O estímulo dos pais para o êxito acadêmico desta criança está:	1	2	3	4	5
44. Comparada com outras crianças de minha sala, o funcionamento intelectual desta criança está:	1	2	3	4	5
45. Comparada com outras crianças de minha sala, o comportamento geral desta criança em classe está:	1	2	3	4	5

Por favor, verifique se todos os itens foram respondidos.



© 2016 Casapsi Livraria e Editora Ltda
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra para
qualquer finalidade. Todos os direitos reservados.
Avenida Francisco Matarazzo, 1500 - Conjunto 51
Edifício New York - Centro Empresarial Água Branca
Barra Funda - São Paulo/SP - CEP 05001-100
Tel: (11) 3672-1240 - www.pearsonclinical.com.br

O presente Formulário de Aplicação é
impresso em cores.
Caso desconfie de sua autenticidade,
ligue para (11) 3672-1240.

ANEXO E – Inventário de habilidades socioemocionais SSRS: Formulário de aplicação para crianças

**INVENTÁRIO DE HABILIDADES SOCIAIS,
PROBLEMAS DE COMPORTAMENTO
E COMPETÊNCIA ACADÊMICA
PARA CRIANÇAS (SSRS)**

FORMULÁRIO DE APLICAÇÃO PARA CRIANÇAS
DO 1º AO 5º ANO (6 A 13 ANOS)

Instruções

Primeiro preencha o quadro abaixo com as suas informações pessoais.

Nome: _____	Ano escolar: _____
Data de nascimento: ____/____/____ Dia Mês Ano	Idade: _____
Data da avaliação: ____/____/____ Dia Mês Ano	Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
Escola: _____	Prof.: _____

Este material apresenta uma porção de coisas que estudantes de sua idade fazem. Por favor, leia cada sentença e pense sobre você. Então decida qual a **frequência** com que você apresenta cada comportamento da lista.

- Se **nunca** apresenta esta conduta, circule o **0**.
- Se **algumas vezes** apresenta esta conduta, circule o **1**.
- Se de forma **muito frequente** apresenta esta conduta, circule o **2**.

Aqui estão dois exemplos:

	Frequência		
	Nunca	Algumas vezes	Muito frequente
Eu inicio a conversa com os colegas de classe.	0	1	②
Eu peço antes de usar as coisas das outras pessoas.	0	①	2

Veja, este estudante, de forma muito frequente, inicia conversa com colegas de classe. Este estudante algumas vezes pede antes de usar as coisas das outras pessoas.



7 8 9 8 6 2 1 7 1 2 4 8 7



© 2016 Casapsi Livraria e Editora Ltda
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra para qualquer finalidade. Todos os direitos reservados.
Avenida Francisco Matarazzo, 1500 - Conjunto 51
Edifício New York - Centro Empresarial Água Branca
Barra Funda - São Paulo/SP - CEP 05001-100
Tel: (11) 3672-1240 - www.pearsonclinical.com.br

Se você mudar uma resposta, procure apagar completamente a anterior. Por favor, responda todas as questões. Quando você terminar, espere novas instruções.

Se você não souber o que fazer, pode perguntar. Não há resposta certa ou errada, somente o que você acha da frequência com que faz essas coisas.

HABILIDADES SOCIAIS	Frequência		
	Nunca	Algumas vezes	Muito frequente
1. Eu peço antes de usar as coisas das outras pessoas.	0	1	2
2. Eu ignoro os colegas de classe que ficam fazendo palhaçada.	0	1	2
3. Eu digo para os outros quando estou chateado(a) com eles.	0	1	2
4. Eu discordo de adultos de modo apropriado, ou seja, sem briga ou discussão.	0	1	2
5. Eu deixo minha carteira limpa e arrumada.	0	1	2
6. Eu faço minhas tarefas de casa no tempo estabelecido.	0	1	2
7. Eu digo meu nome às pessoas sem esperar que me perguntem.	0	1	2
8. Eu questiono de forma educada as regras que acho injustas.	0	1	2
9. Eu demonstro ou digo aos meus amigos que gosto deles.	0	1	2
10. Eu demonstro que gosto de elogios e cumprimentos de amigos.	0	1	2
11. Eu evito fazer coisas com outras pessoas que podem me trazer problemas com os adultos.	0	1	2
12. Eu digo coisas boas para os outros quando eles fazem alguma coisa benfeita.	0	1	2
13. Eu presto atenção no(a) professor(a) quando ele(a) está ensinando uma lição.	0	1	2
14. Eu termino minha atividade em classe no tempo estabelecido.	0	1	2
15. Eu sigo as instruções do(a) professor(a).	0	1	2
16. Eu tento entender como meus amigos se sentem quando estão zangados, aborrecidos ou tristes.	0	1	2
17. Eu peço aos meus amigos para me ajudarem com meus problemas.	0	1	2
18. Eu peço aos meus colegas para entrar na brincadeira ou no jogo.	0	1	2
19. Eu uso um tom de voz adequado nas discussões de classe.	0	1	2
20. Eu peço aos adultos para me ajudarem quando outras crianças tentam me bater ou me empurram.	0	1	2

Pronto. Agora, verifique se todos os itens foram marcados.



© 2016 Casapsi Livraria e Editora Ltda
É proibida a reprodução total ou parcial desta obra para qualquer finalidade. Todos os direitos reservados.
Avenida Francisco Matarazzo, 1500 - Conjunto 51
Edifício New York - Centro Empresarial Água Branca
Barra Funda - São Paulo/SP - CEP 05001-100
Tel: (11) 3672-1240 - www.pearsonclinical.com.br

O presente Formulário de Aplicação é impresso em cores.
Caso desconfie de sua autenticidade, ligue para (11) 3672-1240.