



Universidade Federal do Pará
Instituto de Educação Matemática e Científica – IEMCI
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas – PPGECM

MAURO ROBERTO DE SOUZA DOMINGUES

EFEITOS AGUDOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDADE E DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NA MEMÓRIA DE
TRABALHO VISUOESPACIAL, DESEMPENHO MATEMÁTICO E
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS COM
ANSIEDADE MATEMÁTICA

BELÉM – PARÁ
2021



Universidade Federal do Pará
Instituto de Educação Matemática e Científica – IEMCI
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas – PPGECM

MAURO ROBERTO DE SOUZA DOMINGUES

EFEITOS AGUDOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDADE E DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NA MEMÓRIA DE
TRABALHO VISUOESPACIAL, DESEMPENHO MATEMÁTICO E
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS COM
ANSIEDADE MATEMÁTICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemática, como requisito
para obtenção do título de Doutor em Educação em
Ciências e Matemáticas, área de concentração
Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. João Bento Torres Neto
Coorientador: Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves

BELÉM – PARÁ
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D671e Domingues, Mauro Roberto de Souza.
Efeitos agudos do treinamento intervalado de alta intensidade e do alongamento estático na memória de trabalho visuoespacial, desempenho matemático e variabilidade da frequência cardíaca em crianças com ansiedade matemática / Mauro Roberto de Souza Domingues. — 2021.
xviii, 134 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. João Bento Torres Neto
Coorientador(a): Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2021.
1. Exercício Físico. 2. Cognição. 3. Desempenho Matemático. 4. Mars_E. 5. Sistema nervoso autônomo. I. Título.

CDD 370

MAURO ROBERTO DE SOUZA DOMINGUES

EFEITOS AGUDOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA
INTENSIDADE E DO ALONGAMENTO ESTÁTICO NA MEMÓRIA DE
TRABALHO VISUOESPACIAL, DESEMPENHO MATEMÁTICO E
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS COM
ANSIEDADE MATEMÁTICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemática, como requisito
para obtenção do título de Doutor em Educação em
Ciências e Matemáticas, área de concentração
Educação Matemática.

Belém, 17 de dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bento Torres Neto (Orientador)

Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves (Coorientador)

Prof. Dr^a. Isabel Cristina Rodrigues de Lucena (IEMCI/UFPA)

Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura Silva (IEMCI/UFPA)

Prof. Dr^a Natáli Valim Oliver Bento Torres (ICS/UFPA)

Prof. Dr. Daniel Alvarez Pires (FEF-CUNCAST/UFPA)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

ATA DE DEFESA DE TESE DOUTORAL

Aos dezessete dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e um, às nove horas, reuniu-se via plataforma virtual, a Banca Examinadora aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, composta pelos professores doutores: João Bento Torres Neto (Presidente), Tadeu Oliver Gonçalves (Coorientador), Isabel Cristina Rodrigues de Lucena (membro interno), Marcos Guilherme Moura Silva (membro interno), Natali Valim Bento Torres (membro externo – ICS/UFPA) e Daniel Alvarez Pires (membro externo – FEF/UFPA). Sob a presidência do primeiro, procederam à Defesa de Tese do discente **MAURO ROBERTO DE SOUZA DOMINGUES**. Após a apresentação do trabalho intitulado **“EFEITOS AGUDOS DO TREINAMENTO INTERVALDO DE ALTA INTENSIDADE E DO ALOJAMENTO ESTÁTICO NA MEMÓRIA DE TRABALHO VISUOESPACIAL, DESEMPENHO MATEMÁTICO E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM CRIANÇAS COM ANSIEDADE MATEMÁTICA”**, a Banca reuniu-se em separado para a Avaliação e apresentou o seguinte parecer:

A tese apresenta originalidade, relevância e qualidade técnica que atendem aos requisitos necessários para o nível de doutorado. O Candidato demonstrou segurança e propriedade e deve atender aos apontamentos efetuados pela banca examinadora e devidamente registrados em vídeo.

Assim, o discente é considerado APROVADO neste Exame de Defesa de Tese.

*A aprovação na defesa não representa a conclusão do curso, que somente será efetivada mediante a homologação do Colegiado do programa, após o cumprimento no prazo de até 60 (sessenta) dias, da entrega da Versão Final e demais exigências regimentais, quando será concedido o título de **Doutor em Educação em Ciências e Matemáticas** – área de concentração: **Educação Matemática**.*

continua...

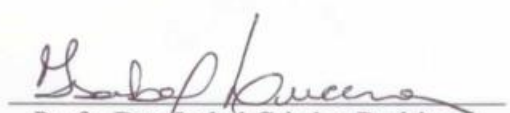
E, para constar, a presente ata foi lida e assinada por todos os membros da Banca Examinadora.

Belém, 17 de dezembro de 2021.

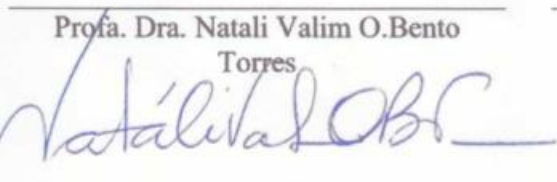
Documento assinado digitalmente
gov.br Tadeu Oliver Gonçalves
Data: 24/02/2022 15:51:23-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

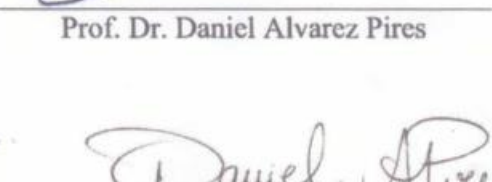

Prof. Dr. João Bento Torres Neto


Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves


Profa. Dra. Isabel Cristina Rodrigues
de Lucena


Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura
Silva


Prof. Dra. Natali Valim O. Bento
Torres


Prof. Dr. Daniel Alvarez Pires

À Claudio Roberto das Mercês Domingues (*in memoriam*), de quem só tenho ótimas recordações guardadas em minha memória, pelo exemplo de pai e amigo, como referência de estudo, trabalho e dedicação à família.

A dor e o prazer são as alavancas de que o organismo necessita para que as estratégias instintivas e adquiridas atuem com eficácia. Muito provavelmente, foram também esses os instrumentos que controlaram o desenvolvimento das estratégias sociais de tomada de decisão. Quando muitos indivíduos, em grupos sociais, experienciaram as consequências dolorosas de fenômenos psicológicos, sociais e naturais, tornou-se possível o desenvolvimento de estratégias culturais e intelectuais para fazer face à experiência de dor e para conseguir reduzi-la (DAMÁSIO, 2012, p. 230).

AGRADECIMENTOS

Ao grande ser supremo, essência divina, que tudo origina, sustenta, eterno criador e preservador do universo, que nos momentos mais difíceis foi, e sempre será minha alavanca de superação e vitória.

À minha querida esposa, Cylene Margareth Ramos Monteiro, ao meu filho, Vitor Monteiro Domingues, minha mãe e amiga Francina de Souza Domingues e meu irmão Claudio Roberto das Mercês Domingues Junior, quatro pessoas especiais em minha vida, que entenderam, ajudaram e me apoiaram nesse processo de estudo e formação acadêmica.

Aos meus amigos do Centro de Formação de Educadores Paulo Freire da Secretária Municipal de Educação de Belém (SEMEC), Prof^a Ana Paula Sfair, Prof^a Izabel Conceição, Prof^a Maricilda Barros, Prof^a Marta Ferreira, Prof^a. Neidan Andrade, Prof^a Rita Bastos e Prof^o. Walter Braga, pelos momentos de diálogos e apoio durante minha formação doutoral.

Ao Prof^o. Dr. João Bento Torres Neto, meu orientador, que me oportunizou iniciar os estudos na área da Neurociências, proporcionando muitas aprendizagens, permitindo relacionar os conhecimentos adquiridos durante o curso, com minha área de formação inicial na perspectiva interdisciplinar. Grato pela condução durante o processo de orientação, pesquisa de campo, análises e publicações, sempre com muita paciência, responsabilidade, competência e rigor científico. Qualidades estas, que ajudaram bastante em minha formação acadêmica e profissional, fortalecendo meu respeito, confiança e admiração pela sua pessoa.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará (UFPA), em especial aos Professores Doutores Elielson Ribeiro de Sales, Tadeu Oliver Gonçalves, Isabel Cristina Rodrigues de Lucena e Marcos Guilherme Moura Silva, bem como à Prof^a. Dra. Natáli Valim Oliver Bento Torres, docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, pelas orientações que resultaram na produção final da tese.

Aos irmãos de orientação e jornada que fazem parte do projeto de pesquisa EXAM: Prof^o. Doutorando Mizaél Carvalho de Souza; Prof^o. Mestrando Felipe Barradas Cordeiro; Prof^o. Mestrando Renan Wallace Guimarães da Rocha e Prof^a. Mestranda Luisa Matos da Silva, pelos momentos de desabafo, de aprendizagens, de solidariedades e parcerias realizadas durante esses anos.

À Dra. Luciane Farias Sena por toda atenção, apoio, cuidado, sensibilidade e acima de tudo uma postura humanizada.

À Secretaria de Estado de Educação (SEDUC), pela liberação concedida para cursar o Doutorado Acadêmico.

A todos que direta ou indiretamente me proporcionaram estratégias de superação para que esta etapa fosse concretizada.

RESUMO

Introdução: A ansiedade Matemática (AM) é uma fobia específica, diante de situações que envolvam números ou resolução de problemas matemáticos. Evidências têm demonstrado os efeitos benéficos da prática de exercício físico na redução da ansiedade geral e no aumento do desempenho cognitivo em funções executivas e matemática em crianças. No momento, sabemos que ainda não existem estudos sobre os possíveis benefícios cognitivos e desempenho matemático do exercício em crianças com AM.

Objetivo Geral: Investigar o efeito agudo do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) e do Alongamento Estático (AE) na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV), Desempenho Matemático Aritmético (TDM) e Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em crianças escolares de 9 a 12 anos com ansiedade matemática. **Procedimentos metodológicos:** Foi utilizada a Escala de Ansiedade Matemática Elementar (MARS-E), para classificar as crianças em alta e baixa AM. Em seguida, por meio do ensaio cruzado randomizado, diferentes parâmetros: MTV, TDM e VFC foram monitorados antes e após uma sessão de HIIT ou AE, com 64 escolares (33 do sexo feminino), da rede pública de ensino na cidade de Belém-PA. Os dados foram analisados por estatística de estimativa para intervalo de confiança, tamanho de efeito e significância ($p \leq 0,05$). **Resultados:** Após o HIIT houve melhora no desempenho da MTV no grupo de crianças com baixa AM ($d = 0,426$, $p \leq 0,05$) e melhora no TDM para as crianças com baixa AM ($d = 0,217$, $p \leq 0,05$) e com alta AM ($d = 0,194$, $p \leq 0,05$). Resultado similar na melhora do TDM foi observado após realizarem uma sessão de AE no grupo com baixa AM ($d = 0,19$, $p \leq 0,05$) e com alta AM ($d = 0,209$, $p \leq 0,05$). Os resultados não lineares da VFC demonstraram que tanto as crianças com baixa AM ($d = 0,574$, $p \leq 0,05$) e alta AM ($d = 0,673$, $p \leq 0,01$), apresentaram aumento da SampEn na condição pós AE, durante a realização do TDM. **Conclusão:** O HIIT pode aprimorar a função executiva para crianças menos ansiosas, mas não o AE. Realizar exercícios de HIIT e AE, podem oferecer condições para que as crianças aprimorem o desempenho matemático. O AE, mostrou-se um importante candidato para aumentar a complexidade da VFC, contribuindo na melhoria do desempenho matemático. Os achados dessa pesquisa apontam caminhos promissores à necessidade da inclusão do exercício físico no cotidiano escolar de crianças com ansiedade matemática, a fim de promover melhorias tanto a nível da saúde mental, quanto a nível cognitivo e no desempenho escolar.

PALAVRAS-CHAVE: EXERCÍCIO FÍSICO. COGNIÇÃO. DESEMPENHO MATEMÁTICO. MARS-E. SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO.

ABSTRACT

Introduction: Mathematical anxiety (MA) is a specific phobia, when faced with situations involving numbers or solving mathematical problems. Evidence has demonstrated the beneficial effects of physical exercise in reducing general anxiety and increasing cognitive performance in executive functions and mathematics in children. At the moment, we know that there are still no studies on the possible cognitive benefits and mathematical performance of exercise in children with AM. **General Objective:** To investigate the acute effect of High Intensity Interval Training (HIIT) and Static Stretching (AE) on Visuospatial Working Memory (MTV), Mathematical Arithmetic Performance (MDT) and Heart Rate Variability (HRV) in school children from 9 to 12 years with math anxiety. **Methodological procedures:** The Elementary Mathematical Anxiety Scale (MARS-E) was used to classify children into high and low MA. Then, through a randomized crossover trial, different parameters: MTV, TDM and HRV were monitored before and after a HIIT or AE session, with 64 schoolchildren (33 female), from the public school system in the city of Belém- SHOVEL. Data were analyzed by estimation statistics for confidence interval, effect size and significance ($p \leq 0.05$). **Results:** After HIIT, there was an improvement in MTV performance in the group of children with low AM ($d= 0.426$, $p \leq 0.05$) and improvement in MDT for children with low AM ($d= 0.217$, $p \leq 0.05$) and with high AM ($d= 0.194$, $p \leq 0.05$). A similar result in the improvement of MDD was observed after performing an AE session in the group with low AM ($d= 0.19$, $p \leq 0.05$) and with high AM ($d= 0.209$, $p \leq 0.05$). The non-linear HRV results showed that both children with low MA ($d= 0.574$, $p \leq 0.05$) and high MA ($d= 0.673$, $p \leq 0.01$) showed an increase in SampEn in the post-EA condition during the realization of TDM. **Conclusion:** HIIT may improve executive function for less anxious children, but not AE. Performing HIIT and AE exercises can provide conditions for children to improve math performance. The AE proved to be an important candidate to increase the complexity of HRV, contributing to the improvement of mathematical performance. The findings of this research point to promising paths to the need to include physical exercise in the daily school life of children with mathematical anxiety, in order to promote improvements in both mental health, cognitive level and school performance.

KEYWORDS: PHYSICAL EXERCISE. COGNITION. MATHEMATICAL PERFORMANCE. MARS-E. AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM.

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

EEG	Eletroencefalografia
ERP	Potencial Relacionado a Eventos
TEP	Tomografia de Emissão de Póstron
FMRI	Imageamento por Ressonância Magnética Funcional
FNIRS	Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo
IMC	Índice de Massa Corpórea
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento da Economia
MEDLINE	<i>Medical Literature Analysis and Retrieval</i>
AM	Ansiedade Matemática
PPGECM	Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas
UFPA	Universidade Federal do Pará
MARS-E	Escala de Ansiedade Matemática Elementar
BAM	Baixa Ansiedade Matemática
AAM	Alta Ansiedade Matemática
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
FUTSAL	Futebol de salão
JEPS	Jogos Estudantis Paraenses
UEPA	Universidade Estadual do Pará
SEMEC	Secretaria Municipal de Educação e Cultura de Belém
FUNBOSQUE	Fundação Municipal Escola Bosque Professor Eidorfe Moreira
SEDUC	Secretaria de Estado de Educação
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PARFOR	Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica
ANA	Avaliação Nacional da Alfabetização
I SENNEM	I Seminário Nacional de Neurociência e Educação Matemática
HIIT	<i>High Intensity Interval Training</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PPGCMH	Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano
EXAM	Exercício Físico e Ansiedade Matemática
ACR	Aptidão Cardiorrespiratória
FC_{máx}	Frequência Cardíaca Máxima
TIAI	Treinamento Intervalado de Alta Intensidade

FE	Funções Executivas
BDNF	Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro
HPA	Hipotálamo-Pituitária-Adrenocortical
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNC	Sistema Nervoso Central
SDNN	<i>Standard Deviation of all normal NN interval</i>
SDANN	<i>Standart Deviation of the Average NN Interval</i>
SDNNi	<i>The Mean of the 5 minutes Standard Deviation of NN Intervals</i>
Rmssd	<i>Root-Mean of square sucessive NN interval difference</i>
pNN50	<i>Percent of normal-normal NN intervals whose difference exceeds 50 ms</i>
RRTRI	Índice triangular
ULF	<i>Ultra Low Frequency</i>
VLF	<i>Very Low Frequency</i>
LF	<i>Low Frequency</i>
HF	<i>High Frequency</i>
DFA	<i>Detrended Fluctuation Analysis</i>
APEN	Entropia Aproximada
SAMPEN	Entropia da Amostra
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
ICS	Instituto de Ciências da Saúde
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CNS	Conselho Nacional de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
MARS-E	Escala de Ansiedade Matemática Elementar
MMSS	Membro Superior
MMII	Membro Inferior
TDM	Teste de Desempenho Matemático
TBC	Teste de Blocos Corsi
MTV	Memória de Trabalho Visuoespacial
PEBL	<i>Psychology Experiment Building Language</i>
TC	Tentativas Corretas
AI	Alcance de Itens
SPSS	<i>Statistical Package For The Social Sciences</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Efeitos agudos e crônicos do HIIT	37
Figura 2	Modelo de memória de trabalho multicomponente de Baddeley.....	48
Figura 3	Modelo das Implicações da prática do exercício físico, originando um ciclo que se estabelece e se retroalimenta.....	50
Figura 4	Regiões cerebrais analisadas por meio de ressonância magnética funcional que apresentaram ativação tanto em indivíduos com AAM (alta ansiedade matemática) em vermelho, quanto em indivíduos com BAM (baixa ansiedade matemática) em azul, ao realizarem testes matemáticos.....	52
Figura 5	Áreas cerebrais afetadas pela ansiedade geral.....	55
Figura 6	Áreas cerebrais que sofrem mudanças funcionais e estruturais devido ao exercício físico em pessoas com ansiedade geral.....	57
Figura 7	Modelo de mediação do Exercício Físico na Ansiedade Matemática.....	60
Figura 8	De acordo com o estímulo sofrido pelo cérebro, seja pelo exercício físico ou pela ansiedade matemática), a balança sofrerá um desequilíbrio (positivo: pesando mais para o exercício físico ou negativo: pesando mais para a ansiedade matemática.....	61
Figura 9	Exemplo de um traçado eletrocardiográfico representando os intervalos R-R em milissegundos (ms).....	75
Figura 10	Síntese da organização estrutural e funcional do sistema nervoso.....	77
Figura 11	Nuvens de pontos mais dispersas são indicativos de um indivíduo saudável.....	82
Figura 12	Nuvens de pontos mais concentrados é indicativo de um indivíduo com presença de patologias.....	83
Figura 13	Fórmula da Entropia.....	84
Figura 14	Fluxograma representando o fluxo dos participantes em cada etapa da pesquisa..	88
Figura 15	Fases do desenho experimental que avaliou o desempenho matemático (TDM) e a memória de trabalho visuoespacial (MTV), na condição pré e pós HIIT e Alongamento.....	91
Figura 16	Exemplo de questões da Escala MARS-E, envolvendo situações de operações matemáticas e do cotidiano de sala de aula.....	92

Figura 17	Exemplo das equações utilizadas no Teste de Desempenho Matemático (TDM), que deveriam ser resolvidas mentalmente no tempo máximo de 10 minutos.....	93
Figura 18	Tela do Teste Blocos Corsi (TBC) no software PEBL.....	95
Figura 19	Etapas da coleta, processamento e análise utilizadas na VFC.....	100
Figura 20	O d de Cohen emparelhado é mostrado no gráfico de estimativa Cumming abaixo, para a Memory Span (extensão da maior série recordada) para o pré e pós HIIT [BAM (A) e AAM (B)] e pré e pós Alongamento [BAM (C) e AAM (D)]. Os dados brutos são plotados nos eixos superiores; cada conjunto pareado de observações é conectado por uma linha. Nos eixos inferiores, cada diferença média emparelhada é plotada como uma distribuição de amostragem bootstrap. As diferenças médias são representadas como pontos; Intervalos de confiança de 95% são indicados pelas extremidades das barras de erro verticais. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).....	104
Figura 21	O d de Cohen emparelhado é mostrado no gráfico de estimativa Cumming abaixo, para o Teste de Desempenho Matemático (acertos) na condição pré e pós HIIT [BAM (A) e AAM (B)] e pré e pós Alongamento [BAM (C) e AAM (D)]. Os dados brutos são plotados nos eixos superiores; cada conjunto pareado de observações é conectado por uma linha. Nos eixos inferiores, cada diferença média emparelhada é plotada como uma distribuição de amostragem bootstrap. As diferenças médias são representadas como pontos; Intervalos de confiança de 95% são indicados pelas extremidades das barras de erro verticais. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).....	106
Figura 22	Comparação da SampEn na condição de repouso (A1) em relação ao pós alongamento (A2) para BAM (Figura 22A) e para AAM (Figura 22B). Note que teve aumento da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).....	107
Figura 23	Comparação da SampEn na condição de repouso (H1) em relação ao pós HIIT (H2) para BAM (Figura 23A) e para AAM (Figura 23B). Note que teve redução	

	da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT).....	108
Figura 24	Comparação da SampEn na condição de repouso (A1) em relação ao momento de realização do TDM no pós alongamento (A2), para BAM (Figura 24A) e para AAM (Figura 24B). Note que teve aumento da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).....	109
Figura 25	Comparação da SampEn na condição de repouso (H1) em relação ao momento de realização do TDM no pós HIIT (H2), para BAM (Figura 25A) e para AAM (Figura 25B). Note que não foi observado alteração da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT).....	110
Figura 26	Comparação da SampEn na condição de repouso em relação ao momento de realização do TDM para crianças com BAM. Note que não foram observadas alterações na SampEn em qualquer momento do experimento. (REP – repouso, TDM – teste de desempenho matemático, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).....	111
Figura 27	Comparação da SampEn na condição de repouso em relação ao momento de realização do TDM para crianças com AAM. Note que foram observadas alterações na condição pós HIIT (Figura 27B). Não foram observadas alterações na SampEn nos outros momentos do experimento (Figuras 27A, 27C e 27D). (REP – repouso, TDM – teste de desempenho matemático, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Fórmula da frequência cardíaca máxima por idade dos participantes, a zona alvo de trabalho utilizada durante a sessão para o grupo experimental e o percentual da FC máxima sugerido para o HIIT e adotado na pesquisa.....	91
Tabela 2	Interpretação do resultado de acordo com a Escala de percentil do MARS-E.....	92
Tabela 3	Caracterização da amostra em porcentagem com relação a Ansiedade Matemática, Sexo, Idade e Ano escolar.....	101
Tabela 4	Estatística descritiva do MARS_E, Idade, Peso e Altura entre os grupos com BAM e AAM.....	102
Tabela 5	Resultados descritivos com média e desvio padrão da MTV na condição pré e pós HIIT e Alongamento.....	103
Tabela 6	Resultados descritivos com média e desvio padrão, do TDM na condição pré e pós HIIT e Alongamento.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro I	Sequência do HIIT utilizado nesta pesquisa.....	97
Quadro II	Sequência do Alongamento utilizado nesta pesquisa.....	98

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	20
CAPÍTULO I - MEMORIAL.....	27
CAPÍTULO II - O HIIT NA SALA DE AULA MELHORA A APTIDÃO FÍSICA, COGNIÇÃO E SAÚDE MENTAL	34
2.1. Introdução	35
2.2. Benéficos agudos e crônicos do HIIT	36
2.3. Aplicabilidade do HIIT no contexto Escolar.....	38
2.4. Considerações finais	39
2.5. Referências	40
CAPÍTULO III - EXERCÍCIO FÍSICO E ANSIEDADE MATEMÁTICA: IMPLICAÇÕES NO CÉREBRO, APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA, COGNIÇÃO E SAÚDE MENTAL A PARTIR DE EVIDÊNCIAS DAS NEUROCIÊNCIAS	42
3.1. Introdução	43
3.2. Evidências dos efeitos do exercício físico no aspecto físico, cognitivo e saúde mental	44
3.3. Ansiedade Matemática (AM).....	51
3.4. Considerações finais	62
3.5. Referências	63
CAPÍTULO IV – ASSOCIAÇÕES ENTRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC) E ANSIEDADE MATEMÁTICA (AM).	76
4.1. Índices da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	81
4.2. Índices (métodos) não lineares	81
CAPÍTULO V – MATERIAIS E MÉTODOS	87
5.1. Delineamento metodológico da pesquisa	90
5.2 - Materiais	92
5.2.1. Escala Revisada de Ansiedade Matemática (Mathematics Anxiety Rating Scale - MARS-E).....	92
5.2.2. Teste de Desempenho Matemático (TDM).....	94
5.2.3. Teste da Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV).....	95
5.2.4. Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT).....	97
5.2.5. Alongamento	98

5.2.6. Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)	100
5.2.7. Análise estatística.....	101
CAPÍTULO VI - RESULTADOS	102
6.1. Dados Demográficos.....	102
6.2. Efeito agudo do HIIT e Alongamento na MTV entre os grupos com BAM e AAM.....	104
6.3. Efeito agudo do HIIT e Alongamento no TDM entre os grupos com BAM e AAM.....	106
6.4. Resultados da SampEn na condição de repouso durante o pré e pós alongamento para AM.	108
6.5. Resultados da SampEn na condição de repouso durante o pré e pós HIIT para AM.	109
6.6. Resultados da SampEn na condição do TDM, durante o pré e pós alongamento para AM.	110
6.7. Resultados da SampEn na condição do TDM, durante o pré e pós HIIT para AM.	111
6.8. Resultados da SampEn na condição de repouso em relação ao TDM, no pré e pós HIIT e pré e pós Alongamento para BAM.	112
6.9. Resultados da SampEn na condição de repouso em relação ao TDM, no pré e pós HIIT e pré e pós Alongamento para AAM.....	113
CAPÍTULO VII – DISCUSSÃO	114
7.1. Dados Demográficos.....	114
7.2. Efeito agudo do HIIT e Alongamento na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV) em crianças com Ansiedade Matemática (AM).	115
7.3. Efeito agudo do HIIT e Alongamento no Teste de Desempenho Matemático (TDM) em crianças com Ansiedade Matemática (AM).	116
7.4. Efeito agudo do HIIT e Alongamento na SampEn em crianças com Ansiedade Matemática (AM).	117
CONCLUSÃO.....	121
REFERÊNCIAS	122
Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	140
Apêndice B - Ficha de Avaliação do Protocolo EXAM.....	142
Anexo A - Parecer de Aprovação do Conselho de Ética em Pesquisa	150

INTRODUÇÃO

A Ansiedade Matemática (AM) é uma fobia específica, quando o indivíduo está diante de situações que envolvam números ou resolução de problemas matemáticos (FAUST, 1992; MENDES, 2016), desencadeando uma resposta emocional de estresse e ansiedade com implicações do desempenho escolar na disciplina (SUÁREZ-PELLICIONI *et al.*, 2016; SUPEKAR *et al.*, 2015).

Este tipo de ansiedade é um problema mundial que atinge estudantes de todas as faixas etárias, desde a infância, passando pela adolescência, até a fase adulta (SÁNCHEZ-PÉREZ *et al.*, 2021), com 17% da população mundial apresentando sintomas fisiológicos e psicológicos mais ou menos graves relacionados à ansiedade, diante de tarefas relacionadas com informações numéricas (LUTTENBERGER *et al.*, 2018).

Tendo como parâmetro a avaliação do PISA (*Programme for International Student Assessment*), os resultados indicam que 33% dos estudantes do mundo, relatam que ficam muito tensos nos exercícios de matemática para serem feitos em casa, 43% acreditam que não são bons em matemática, 59% dos alunos acreditam que as aulas de matemática são difíceis e 61% dos estudantes tem preocupação em tirar notas baixas nesta disciplina (OCDE, 2015).

A nível de Brasil, a média da proficiência em matemática dos estudantes brasileiros na prova do PISA em 2018, foi de 384 pontos, o que representa 108 pontos abaixo da média dos estudantes dos países que compõem a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), de acordo com o relatório do PISA 2018 (BRASIL, 2019).

Por outro lado, evidências científicas nas últimas décadas indicam que a prática do exercício físico proporciona melhorias na cognição (TOMPOROWSK, 2003; ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2015; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015) e no desempenho escolar (TARAS, 2005; RASBERRY *et al.*, 2011; DONNELLY *et al.*, 2016), devido à ativação em áreas cerebrais específicas como o córtex pré-frontal (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015), o estriado dorsal (CHADDOCK *et al.*, 2010), a substância branca, especificamente, no joelho do corpo caloso¹ (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2013;

¹ O corpo caloso tem a função de integrar informações cognitivas, motoras e sensoriais entre os hemisférios esquerdo e direito do cérebro (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2018).

CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2018) e no hipocampo (CHADDOCK *et al.*, 2010; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015).

Portanto, entender os benefícios neurocognitivos de um estilo de vida ativo durante a infância tem importantes implicações educacionais e de saúde pública, haja vista que atualmente, as crianças estão se tornando cada vez mais obesas, sedentárias e inativas (CHADDOCK *et al.*, 2010).

Ademais, essas evidências correspondem aos avanços das pesquisas na área da Neurociências e aprendizagem (WANG *et al.*, 2018), que utilizam diversas técnicas como por exemplo a Eletroencefalografia (EEG), o Potencial Relacionado a Eventos (ERP), a Tomografia de Emissão de Pósitron (TEP), o Imageamento por Ressonância Magnética Funcional (fMRI) e a Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS), permitindo o estudo das estruturas cerebrais em indivíduos vivos (PONTIFEX *et al.*, 2018; LAMBRICK *et al.*, 2016; KANDEL *et al.*, 2014).

Diversas pesquisas que investigaram os efeitos do exercício físico na cognição e no desempenho escolar, apresentaram em relação ao tipo de exercício, resultados positivos tanto nos exercícios físicos agudos de intensidade moderada (HILLMAN; PONTIFEX; RAINE *et al.*, 2009; DROLLETTE *et al.*, 2012), quanto no efeito crônico de intensidade moderada (ARDOY *et al.*, 2014; HAVE *et al.*, 2018), envolvendo crianças e adolescentes. Essas evidências indicam que crianças fisicamente ativas apresentam maior hipocampo e volume dos gânglios da base, maior integridade da substância branca, padrões elevados e mais eficientes de atividade cerebral, e desempenho cognitivo superior, bem como melhor desempenho escolar, quando comparadas com crianças menos ativas fisicamente (DONNELLY *et al.*, 2016).

Nesse contexto, apresento dois tipos de exercícios físicos, o Alongamento e o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade. O alongamento caracteriza-se por ser um exercício físico de baixa intensidade (WONG; FIGUEROA, 2021), a fim de melhorar a flexibilidade, a prevenção de lesões e reduzir dores musculares (SA *et al.*, 2013). Nesta investigação o Alongamento Estático (AE) foi utilizado como comparação ao Treinamento Intervalado de Alta Intensidade.

O Treinamento Intervalado da Alta Intensidade, é um tipo de exercício físico², cuja sigla no idioma da língua inglesa é conhecido popularmente como HIIT (*High Intensity Interval Training*) (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; FERRARI; MARTINS, 2020), que apresenta como características principais manter o percentual da Frequência Cardíaca máxima (FC máx), em valores superiores a 85%, intercalando exercícios físicos de alta intensidade com períodos de recuperação (EDDOLLS *et al.*, 2017; ALVES *et al.*, 2018).

O HIIT, se enquadra como alternativa viável nas escolas, por se tratar de uma estratégia comportamental, sustentável, econômica, inovadora e eficiente em termos de tempo de execução, pois, sua realização pode ser feita em curto período de tempo (SHARP *et al.*, 2020; COSTIGAN *et al.*, 2016), resultando em adaptações fisiológicas equivalentes a sessões mais longas de treinamento aeróbico de intensidade moderada (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013), com benefícios potentes à saúde dos jovens (SHARP *et al.*, 2020; COSTIGAN *et al.*, 2016), por proporcionar melhorias na aptidão física, na resistência cardiorrespiratória, resistência muscular (TOTTORI *et al.*, 2019), com redução do Índice de Massa Corpórea (IMC) e gordura corporal em pré-adolescentes e adolescentes na faixa etária de 11 a 18 anos (COSTIGAN *et al.*, 2015a; COSTIGAN *et al.*, 2015b).

O HIIT pode proporcionar benefícios positivos de curto prazo para os currículos escolares, com ganhos a nível cognitivo na função executiva da memória de trabalho, conforme foi demonstrado na pesquisa de Tottori *et al.*, (2019), em três sessões de 8 a 10 minutos por semana, durante 4 semanas. Outro estudo mostrou no grupo experimental, melhoria no desempenho escolar (MEZCUA-HIDALGO *et al.*, 2019) e saúde mental em crianças e adolescentes (PINDUS *et al.*, 2019; KAO *et al.*, 2017). Em síntese, essas evidências mostraram que os participantes do grupo experimental, apresentaram melhores desempenhos nos testes cognitivos e no desempenho escolar em comparação aos integrantes do grupo controle.

Nesse sentido, nos últimos cinco anos vem crescendo o número de pesquisas que investigaram o efeito agudo do HIIT, na melhoria da aptidão física, cognição e desempenho escolar em crianças e adolescentes (WESTON *et al.*, 2016; SAMUEL *et al.*, 2017; COOPER *et al.*, 2018; TOTTORI *et al.*, 2019; KETELHUT *et al.*, 2020). No

² É um subgrupo da atividade física que possui o planejamento, a estruturação e a repetição de movimentos, a fim de promover a melhoria do condicionamento físico ou sua manutenção (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985).

entanto, ainda existe a necessidade de mais pesquisa envolvendo esse tipo de exercício físico com crianças (CHANG *et al.*, 2012).

Sendo assim, esses resultados indicam que a prática do exercício físico pode ser uma alternativa para melhorar e potencializar o desempenho escolar a nível nacional e regional brasileiro, pois, dados recentes do relatório da OCDE, classificou os estudantes brasileiros como o 2º mais ansioso do mundo (OCDE, 2015), e talvez isso possa explicar o baixo desempenho escolar dos estudantes brasileiros nos testes internacionais em Matemática (BRASIL, 2019).

Outra variável utilizada nesta pesquisa foi a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), definida como um marcador biológico, que descreve as oscilações do intervalo entre os batimentos cardíacos consecutivos R-R, bem como as oscilações entre as frequências cardíacas instantâneas consecutivas (VANDERLEI *et al.*, 2009; FERREIRA, 2010; LOPES *et al.*, 2013). Alta VFC está associada com melhor condição de saúde (VANDERLEI *et al.*, 2009), enquanto baixa VFC, está relacionada com disfunções imunológicas, com processos inflamatórios, com doença cardiovascular e aumento no risco de morte prematura (KEMP; QUINTANA, 2013; KEMP, 2016; ALVARES *et al.*, 2016).

Dentre os parâmetros da VFC, a SampEn, uma medida não linear, foi utilizada nas análises, devido alguns achados indicarem alta SampEn associada com a melhoria da cognição em situações de estresse (BOUNY *et al.*, 2021; DESCHODT-ARSAC *et al.*, 2020).

Quando me refiro ao quadro de ansiedade e estabeleço relação com o desempenho escolar, em particular com a Ansiedade Matemática (AM), é importante destacar que a AM é um tipo de ansiedade, associada a uma manifestação emocional negativa (SUÁREZ-PELLICIONI, NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016), com implicações nos aspectos: cognitivo, comportamental, escolar, pessoal e profissional (CARMO; CUNHA; ARAÚJO, 2007; MENDES, 2012; MENDES, 2016; DAKER *et al.*, 2021).

Em contrapartida, a prática do exercício físico está associada a elevações do estado de humor e bem-estar psicológico, sendo importante aliado na redução do estresse psicológico, da ansiedade e da depressão (TOMPOROWSK, 2003; PARFITT; ESTON, 2005). Alguns estudos mostraram redução do estado de ansiedade em indivíduos que realizaram exercício físico, quando comparados ao grupo controle que não o fizeram (ENSARI *et al.*, 2015; GORDON *et al.*, 2017). Portanto, esses resultados

indicam que a prática do exercício físico proporcionou melhorias à saúde mental de crianças e adolescentes, devido ao aumento da circulação geral do organismo e do fluxo sanguíneo para o cérebro, estimulando a produção e o aumento dos níveis de substâncias como a norepinefrina e a endorfina, provocando sensações de bem-estar, associada à melhoria da saúde em geral (TARAS, 2005; COSTIGAN *et al.*, 2016; ASHDOWN-FRANKS *et al.*, 2020).

Entretanto, torna-se necessário mais pesquisas na área, a fim de apontar novas direções em um período de 5 a 10 anos, que possam resultar na implementação de políticas públicas educacionais (RASBERRY *et al.*, 2011), para incentivar o aumento do tempo de exercício físico nas escolas, na perspectiva de encontrar mais evidências da relação com a função cognitiva, o desempenho escolar, o sexo, a intensidade, tipo de exercício físico, assim como, algumas variáveis psicológicas dessa associação (ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2015), buscando comprovar os benefícios da prática do exercício físico para todos os indivíduos durante a infância e em toda a vida adulta (HILLMAN; ERICKSON; HATFIELD, 2017), já que sua prática está associada também às melhorias na composição corporal, na redução da pressão arterial, na resistência à insulina e no perfil lipídico (JANSSEN; LEBLANC, 2010).

O interesse pelo objeto de pesquisa da ansiedade matemática, resultou da participação no projeto de pesquisa EXAM, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) da Universidade Federal do Pará (UFPA), que investiga os efeitos do Exercício Físico na Ansiedade Matemática. Sendo assim, na busca de tentar compreender se existia uma relação dose-resposta entre o tipo de exercício físico e o efeito na melhoria do desempenho escolar em crianças com ansiedade matemática, partiu-se da problemática: Qual o efeito agudo do treinamento intervalado de alta intensidade e do alongamento estático na cognição, no desempenho matemático e na Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em crianças com ansiedade matemática?

As 64 crianças partícipes da pesquisa, foram divididas de acordo com o resultado bruto obtido na Escala de Ansiedade Matemática Elementar MARS-E (RICHARDSON e SUINN, 1972), em Baixa Ansiedade Matemática (BAM) e Alta Ansiedade Matemática (AAM).

A hipótese nula é que o alongamento não melhora a cognição e o desempenho matemático. A hipótese alternativa, diante desse problema, é que o treinamento

intervalado de alta intensidade melhora a cognição, o desempenho matemático e a variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos com ansiedade matemática. Com base na problemática e na hipótese levantada, delimitou-se como objetivo geral: Investigar o efeito agudo do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e do alongamento estático na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV), Desempenho Matemático Aritmético (TDM) e Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em crianças escolares de 9 a 12 anos com ansiedade matemática.

E como objetivos específicos:

Avaliar o efeito agudo do treinamento intervalado de alta intensidade e do alongamento estático na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV) em crianças com alta e baixa ansiedade matemática;

Avaliar o efeito agudo do treinamento intervalado de alta intensidade e do alongamento estático no Teste de Desempenho Matemático (TDM) em crianças com alta e baixa ansiedade matemática;

Analisar os resultados da relação da medida não linear SampEn em repouso e durante o TDM em crianças com alta e baixa ansiedade matemática.

Esta pesquisa está estruturada em sete capítulos. Em dois capítulos optou-se pelo formato de artigo, que foram submetidos para publicação em revista com qualis A. O Capítulo V, que é o texto original da tese, teve parte de seus resultados publicados nos anais do XIII Congresso Brasileiro de Atividade Física e Saúde, realizado no mês de novembro de 2021, na cidade de Manaus (AM). Portanto, esta tese apresenta um formato misto, com parte de seu texto em forma de artigo e parte no modelo tradicional de uma tese.

O CAPÍTULO I, trata do **MEMORIAL** com a trajetória pessoal, acadêmica e profissional, bem como os elementos motivadores que foram fundamentais para a formação do pesquisador. No **CAPÍTULO II**, consta o artigo denominado **O HIIT NA SALA DE AULA MELHORA A APTIDÃO FÍSICA, COGNIÇÃO E SAÚDE MENTAL**, em que a partir de diversas evidências, apresenta os benefícios dos efeitos agudo e crônico desse exercício físico em diversos aspectos, bem como sua aplicabilidade no contexto escolar.

O CAPÍTULO III, trata do artigo intitulado **EXERCÍCIO FÍSICO E ANSIEDADE MATEMÁTICA: IMPLICAÇÕES NO CÉREBRO, APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA, COGNIÇÃO E SAÚDE MENTAL A PARTIR DE**

EVIDÊNCIAS DAS NEUROCIÊNCIAS, que explica a hipótese de pesquisa, a partir das bases teóricas do efeito do exercício físico no cérebro.

O **CAPÍTULO IV**, tem-se as **ASSOCIAÇÕES ENTRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC) E ANSIEDADE MATEMÁTICA (AM)**, apresentando a rede estrutural e funcional do sistema nervoso, os índices da VFC, bem como evidências que apresentam a relação desse marcador biológico com a ansiedade.

No **CAPÍTULO V** apresento os **MATERIAIS e MÉTODOS**, com a descrição do delineamento metodológico, etapas e instrumentos utilizados na pesquisa, seguidos dos **CAPÍTULOS VI e VII**, com os **RESULTADOS e DISCUSSÕES**, respectivamente.

CAPÍTULO I - MEMORIAL

Ao iniciar esse texto de tese doutoral, compreendo a necessidade de relatar sobre a minha trajetória pessoal desde a infância, etapa em que guardo as ótimas lembranças relacionadas à prática de exercícios físicos, as quais foram determinantes na escolha da área de atuação em minha vida acadêmica e profissional. Portanto, mostro neste memorial, como foi se constituindo os aspectos gnosiológico no que se refere à produção do conhecimento e o ontológico no que concerne a investigação teórica, a começar de minha realidade objetiva, a partir da captura do fenômeno Educação, em que recorro os objetos: Exercício Físico, Cognição e Ansiedade à Matemática.

Nasci em Belém do Pará, conhecida como “Cidade Morena” e porta de entrada à floresta amazônica em razão de sua localização geográfica. Neste lugar encantador, tenho lembranças de uma rotina diária que envolvia o estudo na escola no turno matutino, a realização das tarefas escolares no início da tarde, seguida das brincadeiras de rua (futebol, tacobol, empinar pipa, jogo de peteca, jogos de tabuleiro, dentre outras) com as crianças do entorno onde morava e, concomitante, a prática da natação. Em 1983, quando ingressei no ensino fundamental maior, lembro-me de minha primeira participação nos jogos internos do Colégio onde estudava. Este evento foi marcante e um dos momentos mais esperado dentro da programação escolar anual, bem como as aulas de Educação Física que aconteciam todas às sextas-feiras no turno contrário aos meus estudos.

Acredito que todas as experiências positivas que se acumulam em nossas vidas, podem ser determinantes para o futuro, e a participação em eventos esportivos na minha infância e adolescência, definiram minha escolha profissional, pois durante os jogos escolares, ficava fascinado por todo o cerimonial que envolvia os jogos internos da escola: o desfile dos alunos por turma, o juramento dos atletas e o jogo de Futebol de salão (Futsal) e o Handebol (minhas duas modalidades preferidas) com as outras turmas da escola. As referidas modalidades foram praticadas ao longo do ensino fundamental e médio em escolinhas específicas no turno contrário aos meus estudos, as quais ajudaram a melhorar meu nível técnico e me permitiram compor a equipe de Futsal da escola para disputar os Jogos Estudantis Paraenses (JEPS). Esta vivência com a prática esportiva diária foi determinante no momento de escolha da profissão e de que curso fazer na hora de prestar o vestibular.

Quando ingressei no curso de Licenciatura em Educação Física na Universidade Estadual do Pará (UEPA), em 1991, procurei me dedicar e colocar em prática três conteúdos da cultura corporal: os esportes, a ginástica e a luta (DARIDO; JÚNIOR, 2007). Para além disso, tive muita afinidade com uma abordagem pedagógica chamada Psicomotricidade, definida como uma ciência que tem o objetivo de desenvolver na criança os aspectos motor, cognitivo e afetivo (GALLAHUE; OZMUN, 2005; LOVISARO, 2011).

A Psicomotricidade é constituída de diversos elementos: o Esquema Corporal, a Coordenação Motora, a Percepção Espacial, a Percepção Temporal, a Lateralidade, o Equilíbrio e o Ritmo (DE MEUR; STAES, 1989; BRETAS *et al.*, 2005). Esses elementos são estimulados na criança por meio do movimento corporal com a finalidade de ajudar no entendimento de diversos conceitos como por exemplo: direita, esquerda, dentro e fora, para cima e para baixo (NEIVA, 2017). A partir do momento que a criança desenvolve a capacidade de conhecer o seu corpo e entender a relação existente entre o corpo e o meio em que vive, o entendimento desses conceitos vão ajudá-la no decorrer do seu processo de aprendizagem da leitura, da escrita e da matemática (MORAES; MALUF, 2015).

Entretanto, quando não é oportunizado à criança o conhecimento do seu corpo na perspectiva do aspecto motor, cognitivo e afetivo, consequências podem surgir na aprendizagem, resultando em dificuldades no aprendizado da leitura, da escrita e na resolução dos cálculos matemáticos (CARVALHO; GONÇALVES, 2019; FERNANDES *et al.*, 2014), a partir do momento em que a criança não consegue por exemplo distinguir o n e u, on e ou, b e p, 6 e 9 (OLIVEIRA, 1996; SACCHI; METZNER, 2019).

Além de compreender a importância da psicomotricidade no desenvolvimento infantil, sempre entendi que a prática das modalidades esportivas são fundamentais para o desenvolvimento de qualidades físicas como a força, a coordenação, o equilíbrio, a velocidade, dentre outras. Sendo assim, procurei me dedicar ao estudo da modalidade esportiva Handebol, na perspectiva de trabalhar com a iniciação esportiva para crianças e consegui passar no processo seletivo para monitor dessa modalidade na UEPA, onde trabalhei durante dois anos.

Ao final do último ano da graduação, participei da seleção de estagiários do Programa de Esporte Riacho Doce da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde

lecionei por seis meses as modalidades esportivas: handebol, futebol de salão e natação para crianças e adolescentes que moravam nas proximidades da universidade. Esse momento de estágio foi especial para a aquisição de competências docentes como o didático-pedagógico, o técnico e o cultural.

Ao concluir a graduação no ano de 1994, comecei a me preparar para a seleção da Especialização *Lato Sensu* do primeiro curso em Educação e Informática pelo Centro de Educação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em 1995. O projeto elaborado na época era na perspectiva de relacionar a Educação Física com a Informática. Após passar pelas etapas comuns a todo processo seletivo (tais como prova escrita, entrevista, análise do currículo) consegui a tão esperada aprovação. Ao elaborar esse texto, consigo resgatar à minha memória as lembranças dos primeiros dias de aula na especialização, e da grande dúvida e preocupação em articular atividades entre o corpo e a mente, com a finalidade de contribuir para a aprendizagem das crianças. Esse aspecto de como articular esses dois elementos corpo e mente se tornou meu problema de pesquisa que resultou na Monografia intitulada: *A Contribuição da Educação Física e da Informática Educativa no Desenvolvimento da Percepção Espacial e Lateralização*. Uma pesquisa de cunho teórico com foco nos alunos da Educação Infantil.

A perspectiva de trabalhar com a Psicomotricidade nos anos iniciais do ensino fundamental com foco na aprendizagem norteou minha prática pedagógica quando ingressei por meio de concurso público na Secretaria Municipal de Educação e Cultura de Belém (SEMEC) no ano de 1996, para atuar como Professor de Educação Física na Fundação Municipal Escola Bosque Professor Eidorfe Moreira (FUNBOSQUE). Nesta instituição tive a oportunidade de colocar em prática as atividades propostas na monografia, e assim articulei as vivências das aulas de educação física, buscando estimular dentre outras qualidades, a percepção espacial e a lateralização. Após as aulas de vivências corporais, os alunos tinham atividade prática na sala de informática da escola, onde para construir figuras no computador, eles precisavam compreender e utilizar os conceitos: direita, esquerda, frente, atrás, em cima, em baixo.

Hoje, mais amadurecido academicamente, observo que a pesquisa apresentou algumas fragilidades metodológicas, as quais associadas à falta de recursos tecnológicos impossibilitaram uma comprovação científica do efeito do movimento corporal no cérebro que refletisse na aprendizagem desses conceitos espaciais. Entretanto, o interesse em aprofundar a temática da aprendizagem a partir do movimento corporal

nunca se esgotou, bem como a determinação em resgatar esse diálogo entre o corporal e o mental continuou sendo meu principal norteador acadêmico e profissional, por entender que o movimento corporal pode ser um importante recurso na aprendizagem da criança.

Entretanto, outras oportunidades profissionais foram surgindo, e após atuar como professor de Educação Física por um período de nove anos com alunos da educação infantil, ensino fundamental e médio, fui convidado no ano de 2005, a fazer parte da equipe multidisciplinar do Centro de Formação de Educadores Paulo Freire da SEMEC, para atuar na área da formação dos professores dos anos iniciais do ensino fundamental. Naquele momento minha ação estava focada em três eixos norteadores, a Formação mensal do professor, o Assessoramento pedagógico e a Avaliação da aprendizagem.

Concomitantemente, no ano de 2006, fui aprovado e nomeado para assumir o cargo de professor efetivo na Secretaria de Estado de Educação (SEDUC), para a disciplina Educação Física, e passei a trabalhar com Educação Física adaptada na Escola Professor Astério de Campos, com alunos surdos durante cinco anos. Durante esse período conciliava minha função de professor na SEDUC e formador na SEMEC. Essas duas funções me permitiram problematizar principalmente com os professores da SEMEC, a importância do corpo, enquanto instrumento de alfabetização e aprendizagem, já que as atividades estavam relacionadas diretamente com a melhoria da aprendizagem dos alunos em relação à leitura, à escrita e à Matemática.

A partir desse período, participei de diversas formações nessas áreas, tentando articular esse diálogo entre o corpo e o cérebro, associando com o processo de aprendizagem da leitura, da escrita e da matemática. Essa vivência com a formação de professores me despertou o interesse pela área da Educação Matemática que na época adotava os seguintes eixos de ensino: Números; Operações; Espaço e formas; Grandezas e medidas; Tratamento da informação (BRASIL, 1997). Atualmente, com a implementação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Matemática para o Ensino Fundamental I, apresenta as seguintes unidades temáticas: Número e Operações; Geometria; Grandezas e Medidas; Álgebra e Funções; Estatística e Probabilidade (BRASIL, 2017).

Nesse momento, consegui ampliar meu entendimento sobre a necessidade de oportunizar à criança vivências por meio do movimento corporal, a fim de que ela

pudesse se apropriar do mundo que a cerca, ter consciência corpórea, interagir com objetos, formas, direções, sentidos, posições e distâncias, na perspectiva de desenvolver o pensamento geométrico a partir de atividades que envolvam o conceito de: em cima, em baixo, à frente, atrás, direita, esquerda, usando as passadas para identificar objetos que estão perto ou longe a partir de um referencial (MORETTI; SOUZA, 2015; FAINGUELERNT, 1999).

Impulsionado pelo anseio de continuar meus estudos, decidi me preparar para o processo seletivo de mestrado acadêmico e, no ano de 2011, ingressei no Mestrado do Programa de Pós-graduação e em Educação da Universidade Federal do Pará (UFPA). O foco da minha pesquisa foi a Influência da Prova Brasil na Política de Formação de Professores da SEMEC, visto que a Avaliação Externa era o objeto central de investigação desse período. Os resultados desse estudo não mudaram meu posicionamento favorável à avaliação formativa por considerá-la mais completa para aferir a aprendizagem do aluno e se contrapor nesse contexto em que a avaliação externa vinha ganhando força.

Em 2012, ingressei na docência do ensino superior na Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR), primeiramente, lecionei a disciplina pedagógica Ludicidade e Educação, e nos anos seguintes até o ano de 2017, passei a atuar somente no curso de Educação Física ministrando as disciplinas: Fundamentos do Atletismo, Didática e Formação Docente em Educação Física, Metodologia do Ensino da Educação Física, Metodologia da Pesquisa I e II e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC I).

Após concluir o mestrado em 2013, retornei para a equipe de formação de professores da SEMEC e me deparei com a intensificação de atividades formativas sobre as avaliações externas e com o surgimento da Avaliação Nacional da Alfabetização (ANA), a qual visava à avaliação dos níveis de alfabetização e letramento em Língua Portuguesa e em Matemática das crianças matriculadas no terceiro ano do ensino fundamental. Entretanto, ao observar que os resultados dos alunos da rede pública municipal de ensino, principalmente na prova de Matemática não estavam melhorando, comecei a questionar sobre as possíveis causas dessa não aprendizagem e isso me instigou a elaborar um projeto, cujo objetivo era investigar qual modelo de avaliação o professor estava utilizando em sala de aula e qual o reflexo desse modelo na aprendizagem de seus alunos. Com esse projeto, participei do processo de seleção para

o doutorado e fui aprovado no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM-UFPA), na linha de pesquisa em Etnomatemática, Linguagem, Cultura e Modelagem Matemática.

Concomitantemente, em 2017, tive as primeiras experiências acadêmicas orientando trabalhos de conclusão de curso no PARFOR. Essas experiências foram fundamentais ao meu aprimoramento pessoal e profissional, por meio das quais, consegui observar diversas realidades educacionais e o mais gratificante foi contribuir com a formação de muitos professores de diversas redes municipais de ensino do Estado do Pará.

No início do meu doutoramento em 2017, o Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM), organizou o I Seminário Nacional de Neurociência e Educação Matemática (I SENNEM), e dentre tantas palestras apresentadas, a proferida pelo Prof. Dr. João Bento Torres Neto, sob o tema “Uma escola inesquecível: marcas indeléveis da emoção e do exercício físico no aprendizado”, me chamou bastante atenção por apresentar diversas evidências científicas que relacionavam os efeitos do exercício físico no cérebro, comprovando por exames de ressonância magnética, as áreas cerebrais que tinham sido estimuladas em consequência do exercício físico e as implicações no desempenho escolar dos alunos em Matemática (TOMPOROWSKI, 2003; HILLMAN; CASTELLI; BUCK, 2005; CASTELLI *et al.*, 2007; HILLMAN *et al.*, 2009).

Os resultados das evidências apresentadas pelo pesquisador Bento Torres no I SENNEM mostraram que os alunos submetidos ao exercício físico na esteira ou na bicicleta ergométrica, antes de serem expostos à resolução de testes de Matemática, apresentaram desempenhos superiores em relação aos alunos que não foram expostos ao exercício físico, comprovando, portanto, o efeito do exercício físico no cérebro, no aspecto cognitivo e consequentemente no desempenho acadêmico em Matemática. Esta palestra intensificou meu interesse em pesquisar os efeitos do exercício físico no cérebro a partir do enfoque da Neurociência Cognitiva.

Portanto, na etapa acadêmica em que me encontro, senti a necessidade da inserção de outro elemento epistemológico na pesquisa: a Neurociências³. Desse modo,

³ É uma área do conhecimento que tem o objetivo de compreender o funcionamento do sistema nervoso (que envolve o cérebro, a medula espinhal e os nervos do corpo), e as pessoas que estudam cientificamente sobre essa área são consideradas neurocientistas (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

meu projeto de pesquisa inicial do doutorado precisou de ajustes e enquanto proposta final investigou o efeito agudo do HIIT e do Alongamento estático na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV), no Teste de Desempenho Matemático (TDM) e na Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em crianças com Ansiedade Matemática (AM). Nessa perspectiva, apresento nas páginas seguintes os demais capítulos da tese.

CAPÍTULO II - O HIIT NA SALA DE AULA MELHORA A APTIDÃO FÍSICA, COGNIÇÃO E SAÚDE MENTAL

Mauro Roberto de Souza Domingues⁴
Felipe Barradas Cordeiro⁵
Renan Wallace Guimarães da Rocha⁶
Luisa Matos da Silva⁷
Natáli Valim Oliver Bento Torres⁸
João Bento Torres Neto⁹

RESUMO: Discutimos neste artigo, os benefícios do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) no contexto escolar, como estratégia para a inclusão de pausas ativas em sala de aula, por ser uma alternativa viável para o treinamento por exercícios físicos no cotidiano escolar, devido seu curto tempo de execução e facilidade de adaptação a diversos espaços e limitação de recursos. Evidências indicam resultados promissores, agudos e crônicos, na melhora da aptidão física, apresentando tamanhos de efeitos pequenos e moderados sobre a função executiva e saúde mental de crianças e adolescentes. Nossas discussões apontam à necessidade de reflexões sobre a implementação desse método de treinamento no contexto escolar brasileiro, respaldados pela ciência, com a participação de educadores e governantes, a fim de implementações de políticas públicas eficientes, mesclando saúde e educação, que possam efetivamente proporcionar a diminuição do comportamento sedentário, melhora nos desempenhos cognitivo, escolar e saúde mental de crianças e adolescentes.

Palavras-chaves: Exercício Físico. Aptidão Física. Cognição. Saúde Mental. Promoção de Saúde no Ambiente Escolar. Política Pública de Saúde.

ABSTRACT: We address the benefits of High Intensity Interval Training (HIIT) in the school environmental, as a strategy for active breaks in the class. HIIT is a viable option to physical exercise training in daily school life, due to its short execution time and easy adaptation to different spaces and limited resources. Research evidence indicates promising results, both acute and chronic, in improving physical fitness, with small and moderate effect sizes on executive function and mental health in children and adolescents. We highlight the need for educators and governments discussions for the implementation of this training method in the Brazilian school, in order to implement

⁴ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) - Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: mauro.domingues@hotmail.com

⁵ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) - Universidade Federal do Pará (UFPA). Email: fbarradascordeiro@gmail.com

⁶ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) - Universidade Federal do Pará (UFPA). Email: prof.renawallace@gmail.com

⁷ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) - Universidade Federal do Pará (UFPA). Email: luisamatos88@gmail.com

⁸ Professora do Instituto de Ciências da Saúde - Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: natalivalim@ufpa.br

⁹ Professor do Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: bentotorres@gmail.com

efficient health and education public policies, which can effectively reduce sedentary behavior, improve cognitive and school performance, and mental health of children and adolescents.

2.1. Introdução

O plano de ação global da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a promoção da atividade física¹, propõe diversas ações na perspectiva de aumentar a prática da atividade física e reduzir o comportamento sedentário na população mundial. O documento apresenta quatro objetivos estratégicos, relacionados com a criação de sociedades, ambientes, pessoas e sistemas ativos. Ações de promoção a atividade física estão alinhadas com o aumento do sedentarismo entre os adolescentes e o insuficiente desempenho acadêmico em português e matemática dos estudantes brasileiros². Tais desempenhos em indicadores internacionais causam preocupação, e sinalizam a necessidade de intervenções baseadas em evidências direcionadas às mudanças de hábitos de vida, por meio do aumento da atividade física, compreendendo esta, como qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que vão resultar em gasto de energia³.

Por outro lado, diretrizes internacionais mostram que a prática de atividade física contribui diretamente para a boa saúde e bem estar¹, devido seus benefícios fisiológicos, como a melhora da aptidão física, que por sua vez proporciona mudanças em vários outros segmentos, por exemplo, com melhoria da função cerebral e cognição, implicando em melhorias no desempenho escolar⁴ e saúde mental⁵. Ressaltando que a cognição, é uma função multidimensional, constituída também pelas funções executivas com destaque para o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva⁶. E a saúde mental, compreendida como algo que vai além da ausência de doença mental, ao contrário, é um estado de completo bem-estar, que envolve os aspectos biológicos, psicológicos ou sociais⁵.

Nesse contexto, tem-se na prática do exercício físico, considerado um subgrupo da atividade física, suas características como o planejamento, a estruturação e a sistematização, uma estratégia com a finalidade de promover a manutenção ou melhoria do condicionamento físico³, bem como promover melhorias em outros aspectos da dimensão humana, conforme mostrado anteriormente.

Na perspectiva de contribuir com dois objetivos estratégicos do plano de ação global (ambientes e pessoas ativas), sugerimos a inclusão de métodos de exercícios físicos de forma breve e estruturada no cotidiano escolar, em particular na sala de aula,

por meio da pausa na instrução acadêmica, denominado de pausa ativa⁷. Como opção para implantação das pausas ativas no contexto escolar apresentamos o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT - *High Intensity Interval Training*), que se caracteriza pela prática de exercício físico intermitente de alta intensidade, correspondendo a valores acima de 85% da Frequência Cardíaca Máxima, intercalados entre períodos de treino e recuperação (ou descanso)⁸, com duração total a partir de 4 minutos⁷, indicando resultados promissores com crianças a partir dos 7 anos⁹, nos componentes da aptidão física da resistência muscular, cardiorrespiratória¹⁰ e força dos membros superiores e inferiores⁹, bem como na adequação do Índice de Massa Corporal (IMC)¹¹.

Frente as evidências de que o HIIT é importante elemento à manutenção da saúde de crianças e adolescentes em idade escolar e, associado ao seu curto tempo de execução, esse método de treinamento, surge como viável no cotidiano escolar⁷, na perspectiva de diminuir o comportamento sedentário, visto que 81% dos adolescentes na faixa etária dos 11 aos 17 anos de diversos países, incluindo o Brasil, estão se tornando cada vez mais sedentários, não atingindo as diretrizes atuais da prática de atividade física de intensidade moderada a vigorosa de 60 minutos diários¹.

A seguir apresentamos os benefícios agudos e crônicos do HIIT para a aptidão física, cognição e saúde mental, e sua aplicabilidade no contexto escolar, como opção para implantação das pausas ativas.

2.2. Benéficos agudos e crônicos do HIIT

Entende-se como benefícios agudos as respostas regulatórias observadas em curto período, após a realização do exercício físico, enquanto os crônicos, como as respostas adaptativas de médio e longo prazo decorrentes do treinamento com exercícios físicos¹².

No estudo de Cooper e colaboradores¹³ que investigou o efeito agudo do HIIT, foi utilizado o ensaio cruzado randomizado, com 39 adolescentes (20 meninos), na faixa etária de 11 a 13 anos, realizando exercícios de basquete durante 60 minutos (aquecimento, exercícios baseados em habilidades da modalidade e pequenos jogos) dividido em condições de alta intensidade e baixo volume, com frequência cardíaca média de 158 ± 11 batimentos por min (bpm) e a frequência cardíaca máxima de 197 ± 9 (bpm), em comparação a condição de repouso. Neste estudo, quando analisado a relação da aptidão física com as funções executivas, os adolescentes com melhor

aptidão, apresentaram melhor controle inibitório 45 minutos após o exercício físico e melhor memória de trabalho 5 e 45 minutos pós-exercício.

Em outro estudo que investigou os efeitos agudos¹⁴, usando um protocolo com duração de 16 minutos, quatro minutos por série, 4 série de cada exercício, com uma relação de trabalho descanso de 30:30 segundos (1:1). Foram avaliados 158 adolescentes (grupo experimental, 77 alunos, com realização de exercícios envolvendo deslocamento lateral, agachamentos e saltos e grupo controle com realização de alongamento estático com 81 alunos), na faixa etária dos 12 a 16 anos. O grupo experimental obteve melhora na atenção seletiva após a primeira hora.

Além disso, em recente revisão¹⁵, os autores propõem, baseados em meta-análise, que o HIIT proporciona melhoras agudas com tamanho de efeitos pequeno a moderado na função executiva e saúde mental, em crianças e adolescentes. É importante destacar que esta revisão sistemática, foi a primeira a analisar quantitativamente os efeitos do HIIT na função cognitiva e saúde mental nestas populações. As limitações estão relacionadas com a não separação nos estudos entre populações saudáveis e não saudáveis, bem como a diversidade nos estudos usadas para os testes cognitivos, onde não foi possível determinar os efeitos em domínios específicos. Portanto, limitando a generalização dos achados.

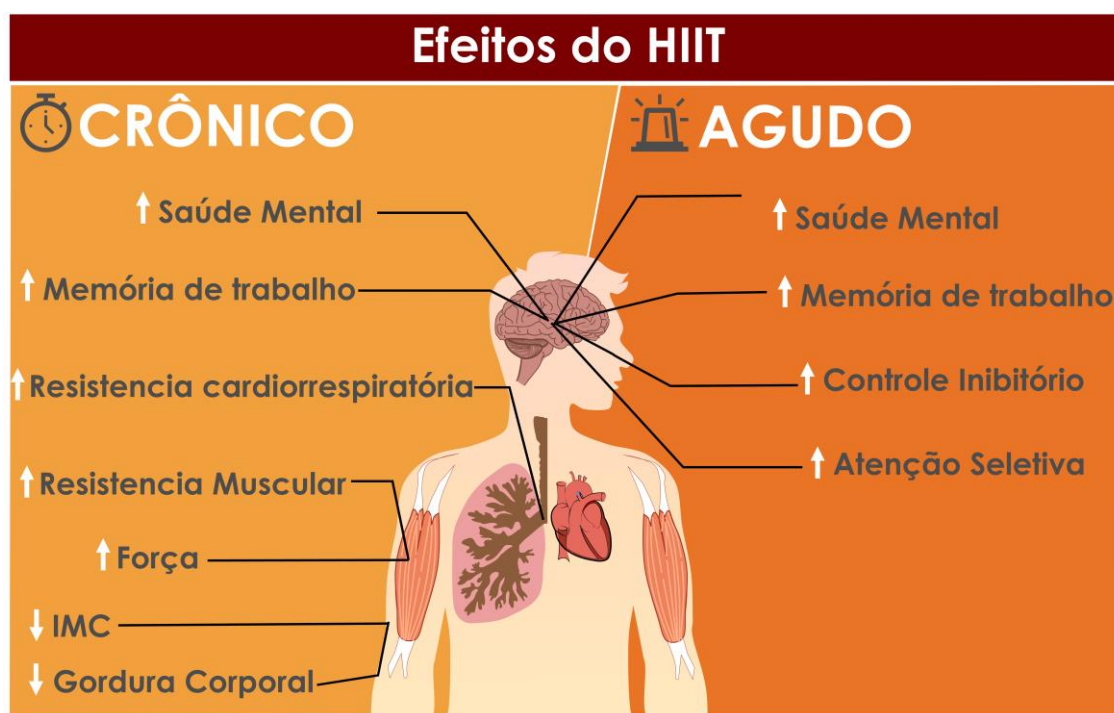
Sobre os efeitos crônicos do HIIT, achados mostram que utilizando protocolo de 4 minutos, alocados como 20 segundos de exercício e 10 segundos de repouso, na proporção trabalho descanso de 2:1, com exercícios de flexão de braço, agachamentos, saltos em distância em pé, durante 5 dias por semana, por 6 semanas, resultou em ganhos de força dos membros superiores e inferiores em comparação ao grupo de crianças não praticante⁹. Outra pesquisa¹⁰, que investigou crianças de 8 a 12 anos (n=56), usando corridas de vaivém de 13 m ou 26 m, polichinelos, saltos verticais, encontrou após 4 semanas de treinamento (3 sessões de 8 a 10 minutos por semana, na proporção trabalho descanso de 30:30 segundos), melhoras do desempenho cognitivo na função executiva da memória de trabalho, além de componentes da aptidão física como resistência cardiorrespiratória e resistência muscular no grupo experimental em comparação ao grupo controle.

Ademais, uma revisão sistemática e meta-análise que investigou os efeitos crônicos do HIIT, em adolescentes, encontrou grande tamanho de efeito na melhoria da

aptidão cardiorrespiratória, moderado na composição corporal (com redução do Índice de Massa Corpórea (IMC) e gordura corporal) e pequeno na circunferência da cintura¹¹.

A revisão sistemática e meta-análise de Leahy e colaboradores¹⁵, indicou efeitos crônicos de tamanho pequenos na função executiva e saúde mental em crianças e adolescentes. Em geral, nesta revisão, os efeitos agudos do HIIT foram mais fortes do que os efeitos crônicos para função cognitiva e saúde mental. Todavia, devido ao pequeno número de estudos (22) e grande heterogeneidade, mais pesquisas de alta qualidade são necessárias para confirmar esses achados. A seguir apresentamos a sistematização dos efeitos agudos e crônicos do HIIT (Figura 1).

Figura 1 - Efeitos agudos e crônicos do HIIT



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.3. Aplicabilidade do HIIT no contexto Escolar

O HIIT pode ser uma forma viável para implementar a prática do exercício físico no ambiente escolar, para que as crianças desenvolvam esse hábito na infância⁹, com o intuito de que possam se transformar em adultos fisicamente ativos, reduzindo o risco de desenvolverem doenças crônicas não transmissíveis (doenças cardíacas, derrame cerebral, diabetes, câncer, etc.), prevenindo a hipertensão, sobrepeso e melhorando a saúde mental¹.

Mesmo em escolas com escassez de estrutura adequada para práticas de exercício físico, a implementação do HIIT não necessita de equipamentos específicos⁷, podendo ser realizado apenas com o peso corporal, tornando-se uma estratégia segura e eficaz para melhorar a saúde global do indivíduo¹¹.

Para o controle da intensidade do HIIT, o professor pode orientar os alunos a realizarem o número máximo de movimentos possíveis em um determinado tempo ou orientar a realização de sprints máximos⁹. Ambas as estratégias do HIIT são caracterizadas como máximas nesse modelo. O tempo de duração de cada pausa ativa através da realização do HIIT pode iniciar a partir de 4 minutos, constituído de 20 segundos de exercícios (agachamentos, saltos e corridas estacionárias), seguido por 10 segundos de repouso, sendo repetido oito vezes⁷, com melhores resultados demonstrados sobre as variáveis de saúde e desempenho acadêmico para treinos realizados durante 1 mês, composto por três sessões de 8 a 10 minutos por semana¹⁰.

Existem iniciativas internacionais que implementaram o HIIT no cotidiano escolar com sucesso em alguns atributos da aptidão física⁹ e na atenção seletiva, uma função executiva considerada essencial para o aprendizado e sucesso acadêmico⁷. A nível de Brasil, entendemos que nosso sistema educacional, ainda precisa encontrar suas próprias estratégias e soluções locais, baseadas em evidências para reduzir o comportamento sedentário dos adolescentes, estimulando o aumento da prática de exercício físico na escola.

2.4. Considerações finais

Diante das recomendações da OMS sobre a necessidade do aumento da prática da atividade física na população mundial, como forma de combater o aumento das doenças crônicas não transmissíveis, temos por outro lado evidências mostrando os benefícios da prática do HIIT na melhoria de alguns atributos da aptidão física, cognição e saúde mental, podendo resultar, caso seja aplicado em nosso país, em melhorias diretas nos indicadores nacionais e internacionais dos estudantes brasileiros. Portanto, busca-se com esse ensaio teórico, propor o HIIT como método de pausa ativa na sala de aula, em um contexto onde crianças e adolescentes estão se tornando cada vez mais sedentários, visando instigar também, reflexões sobre a necessidade de mudanças de paradigmas teórico-metodológicos na formação dos professores, com efeitos no desempenho escolar, respaldado a partir das evidências, na perspectiva de que esses agentes possam envolver nessa discussão os secretários municipais e estaduais de

educação, e quiçá os governantes (prefeitos e governadores), a fim de compreender a necessidade de formulação e implementação de políticas públicas que possam mesclar saúde e educação, proporcionando melhorias a nível da saúde geral do indivíduo das crianças e adolescentes.

2.5. Referências

1. WHO. More Active People for a Healthier World. *J. Policy Model.* 28, 615–627 (2018).
2. BRASIL. Relatório Brasil no PISA 2018. *Ministério da Educ.* 53, 1689–1699 (2019).
3. Caspersen CJ, Powell KF, C. G. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Heal. Rep* 100 (2), 126–31 (1985).
4. Erickson, K. *et al.* the 2018 Physical Activity Guidelines. *Med Sci Sport. Exerc.* 51, 1242–1251 (2020).
5. Manwell, L. A. *et al.* What is mental health? Evidence towards a new definition from a mixed methods multidisciplinary international survey. *BMJ Open* 5, 1–11 (2015).
6. 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, 34–48 (2016).
7. Ma, J. K., Mare, L. Le & 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, 238–244 (2015).
8. Ferrari, F. & Martins, V. M. High-intensity interval training versus continuous exercise: Is there a difference regarding the magnitude of blood pressure reduction? *Arq. Bras. Cardiol.* 115, 15–16 (2020).
9. Ekström, A. *et al.* The effects of introducing Tabata interval training and stability exercises to school children as a school-based intervention program. *Br. J. Sports Med.* 31, 1–11 (2015).
10. Tottori, N., Morita, N., Ueta, K. & Fujita, S. Effects of high intensity interval training on executive function in children aged 8–12 years. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, (2019).
11. Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R. & Lubans, D. R.

- High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 49, 1253–1261 (2015).
12. Forjaz, C. L. de M. & Tricoli, V. A fisiologia em educação física e esporte. *Rev. Bras. Educ. Física e Esporte* 25, 7–13 (2011).
 13. Cooper, S. B. *et al.* High intensity intermittent games-based activity and adolescents' cognition: Moderating effect of physical fitness. *BMC Public Health* 18, 1–14 (2018).
 14. Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S. & Martínez-López, E. J. 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning. *Percept. Mot. Skills* 126, 202–222 (2019).
 15. Leahy, A. A. *et al.* Review of High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Youth. *Med. Sci. Sports Exerc.* 52, 2224–2234 (2020).

CAPÍTULO III - EXERCÍCIO FÍSICO E ANSIEDADE MATEMÁTICA: IMPLICAÇÕES NO CÉREBRO, APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA, COGNIÇÃO E SAÚDE MENTAL A PARTIR DE EVIDÊNCIAS DAS NEUROCIÊNCIAS

Mauro Roberto de Souza Domingues¹⁰

Marcos Guilherme Moura Silva¹¹

Felipe Barradas Cordeiro¹²

Mizael Carvalho de Souza¹³

Renan Wallace Guimarães da Rocha¹⁴

Natáli Valim Oliver Bento Torres¹⁵

João Bento Torres Neto¹⁶

RESUMO: Objetivamos descrever os efeitos do exercício físico no cérebro, no desempenho cognitivo e escolar a partir das evidências científicas das Neurociências, relacionando com o estado emocional da Ansiedade Matemática (AM), apresentando as diversas implicações no aspecto pessoal, acadêmico e profissional. O estado da arte apontou diversas evidências dos benefícios do exercício físico no cérebro, tanto no aspecto das alterações funcionais e estruturais quanto na melhoria da aptidão cardiorrespiratória, desempenho cognitivo e estado emocional da ansiedade. Essas evidências dão suporte aos benefícios da prática do exercício físico sobre a ansiedade matemática nas populações jovens em idade escolar. Nossas discussões caminham na perspectiva de fomentar a implementação na escola, a curto e médio prazo, de estratégias metodológicas viáveis consolidadas como políticas públicas educacionais, a fim de aumentar o tempo de exercício físico na escola, para a melhoria da saúde e do desempenho matemático.

PALAVRAS-CHAVE: Neurociências. Exercício Físico. Cognição. Ansiedade Matemática.

ABSTRACT: We aim to describe the effects of physical exercise on the brain, on cognitive and school performance from the scientific evidence of Neurosciences, relating it to the emotional state of Mathematical Anxiety (MA), presenting the various implications in the personal, academic and professional aspects. The state of the art

¹⁰ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) - Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: mauro.domingues@hotmail.com

¹¹ Professor do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) - Universidade Federal do Pará (UFPA) Email: marcosgmouras@yahoo.com.br

¹² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) - Universidade Federal do Pará (UFPA). Email: fbarradascordeiro@gmail.com

¹³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) - Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: mizael.souza@iemci.ufpa.br

¹⁴ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) - Universidade Federal do Pará (UFPA). Email: prof.renawallace@gmail.com

¹⁵ Professora do Instituto de Ciências da Saúde -Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: natalivalim@ufpa.br

¹⁶ Professor do Instituto de Ciências Biológicas -Universidade Federal do Pará - (UFPA). Email: bentotorres@gmail.com

pointed to several evidences of the benefits of physical exercise on the brain, both in terms of functional and structural changes and in the improvement of cardiorespiratory fitness, cognitive performance and emotional state of anxiety. This evidence supports the benefits of physical exercise on math anxiety in young school-age populations. Our discussions are guided by the perspective of promoting the implementation at school, in the short and medium term, of viable methodological strategies consolidated as public educational policies, in order to increase the time of physical exercise at school, for the improvement of health and mathematical performance.

KEYWORDS: Neurosciences. Physical exercise. Cognition. Mathematical anxiety.

3.1. Introdução

Evidências mostram que indivíduos que possuem altos níveis de Ansiedade Matemática (AM), apresentam decréscimo no desempenho escolar e/ou nas avaliações externas (padronizadas) quando comparados aos seus pares menos ansiosos (CAREY *et al.*, 2017; ASHCRAFT; KRAUSE, 2007). Além disso, indivíduos com alta AM, possuem alterações associadas ao aumento da frequência cardíaca, da concentração de cortisol na corrente sanguínea (FAUST, 1992), prejuízos na memória de trabalho (SOLTANLOU *et al.*, 2019) e no controle inibitório (HOPKO *et al.*, 2002), quando comparados com outros indivíduos com baixa AM.

A matemática é uma área fundamental para a ciência, a tecnologia e a engenharia (SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016). Entretanto, altos níveis de AM acabam sendo obstáculo no processo de formação escolar e pode influenciar negativamente a escolha por cursos e profissões que envolvam cálculos devido à baixa motivação, limitando e impactando o desenvolvimento pessoal e profissional de muitos jovens (YOUNG; WU; MENON, 2012).

Considerando o alto nível de ansiedade ao teste entre os estudantes brasileiros (OCDE, 2015) - o Brasil ocupou o segundo lugar, dentre 72 países, com os alunos mais ansiosos do mundo - entendemos que as associações entre a AM e o baixo desempenho dos estudantes brasileiros no componente curricular da matemática, precisam ser pesquisados mais profundamente.

Na prova do PISA¹⁷ em 2018, o relatório do desempenho mostrou que a média de proficiência em matemática dos estudantes brasileiros foi de 384 pontos, 108 pontos abaixo da média dos estudantes dos países que compõem a OCDE¹⁸ (BRASIL, 2019).

Diante da problemática, este artigo é resultado do projeto de pesquisa intitulado Exercício Físico e Ansiedade Matemática (EXAM), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Trata-se de uma revisão de escopo realizada a partir das principais bases de dados eletrônicas (*Medline, Pubmed, Psycinfo e Lilacs*), que tem como escopo investigar a relação do exercício físico com o desempenho cognitivo e matemático, envolvendo a AM.

3.2. Evidências dos efeitos do exercício físico no aspecto físico, cognitivo e saúde mental

O avanço das pesquisas em Neurociências¹⁹, que utilizam diversas técnicas como a Eletroencefalografia (EEG), o Potencial Relacionado a Eventos (ERP), a Tomografia de Emissão de Pósitron (TEP), o Imageamento por Ressonância Magnética Funcional (fMRI) e a Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS), tem permitido o estudo das estruturas cerebrais na parte interna do crânio no indivíduo vivo (GORMAN; DOYLE, 2009; MIMA, 2009), o que contribui para a identificação das áreas do cérebro mais ativas a partir de determinada condição relacionada ao estado do corpo durante a realização de uma atividade (PONTIFEX *et al.*, 2018; LAMBRICK *et al.*, 2016; KANDEL *et al.*, 2014; HILLMAN *et al.*, 2009).

Nas últimas duas décadas, as pesquisas envolvendo as neurociências e a aprendizagem ganharam notoriedade (WANG *et al.*, 2018; O'REILLY; FRANK, 2006), o que impulsionou a necessidade de mapear as regiões cerebrais e verificar onde e em quais circunstâncias ocorrem os processos cognitivos específicos (MOURÃO JÚNIOR *et al.*, 2017), que são o mote da neurociência cognitiva, a fim de entender quais são os mecanismos neurais das capacidades mentais humanas mais complexas como a imaginação, a linguagem, a memória, a percepção a consciência, dentre outras (BEAR

¹⁷ PISA é a sigla do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes que avalia estudantes de 15 anos em leitura, matemática e ciências.

¹⁸ OCDE é a sigla da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico composta pelos 30 países mais ricos do mundo (GATTI; BARRETO; ANDRÉ, 2011).

¹⁹ Neurociências é uma área do conhecimento que tem o objetivo de compreender o funcionamento do sistema nervoso (que envolve o cérebro, a medula espinhal e os nervos do corpo) e as pessoas que estudam cientificamente sobre essa área são consideradas neurocientistas (BEAR *et al.*, 2017).

et al., 2017; KANDEL *et al.*, 2014; LENT, 2010; GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006).

De acordo com as evidências sobre possíveis mediadores, abordaremos (i) as implicações do exercício físico sobre a função e estrutura cerebral, (ii) na aptidão cardiorrespiratória, (iii) na cognição (e desempenho escolar), e (iv) na saúde mental. Por fim, apresentamos a hipótese do efeito do exercício físico na ansiedade matemática.

Nesse contexto, evidências indicam que a prática do exercício físico²⁰ promove diversas alterações fisiológicas no cérebro em diversos grupos (crianças, adolescentes, adultos e idosos), como por exemplo, padrões elevados e mais eficientes de atividade cerebral, com maior ativação no córtex pré-frontal na condição pós-exercício, (TOMPOROWSKI, 2003; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015; KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016; DONNELLY *et al.*, 2016), melhorias tanto funcionais no córtex pré-frontal (HASLACHER *et al.*, 2015) quanto estruturais no hipocampo²¹ (WRANN, 2015; BASSO; SUZUKI, 2017).

Numerosos estudos mostram que as modificações funcionais e estruturais (definidas como neuroplasticidade), decorrentes da prática do exercício físico ao longo da vida, melhoram a saúde do cérebro (BURLEY *et al.*, 2016), resultando em melhorias na aprendizagem, aquisição de habilidades e no aumento da capacidade do indivíduo em responder a novas demandas com adaptações comportamentais (HÖTTING; RÖDER, 2013).

Sobre a aptidão física²², achados indicam que a prática de exercício físico aumenta a aptidão cardiorrespiratória (ACR)²³ em crianças (CASTELLI *et al.*, 2007; CHOMITZ *et al.*, 2009), adultos (RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020) e idosos (YU *et al.*, 2018). Nesse contexto, dados convergentes de pesquisas, mostram a relação da prática

²⁰ É um tipo de atividade física que tem as seguintes características: o planejamento, a estruturação e a sistematização com propósito de promover a manutenção ou melhoria do condicionamento físico (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985; ORTEGA *et al.*, 2008).

²¹ É uma estrutura do sistema nervoso central, localizado no lobo temporal central, em cada hemisfério encefálico, com alto grau de plasticidade, relacionada com a aprendizagem (TEIXEIRA, 2013), que tem a função de formar e armazenar memórias (CHENG, 2013; LAZAROV; HOLLANDS, 2016).

²² É um conjunto de atributos relacionados a capacidade de realizar uma atividade física que pode estar relacionado a saúde e ao desempenho esportivo. Como componentes relacionados à aptidão física podemos citar a Aptidão Cardiorrespiratória (ACR) ou resistência cardiorrespiratória, os componentes da composição corporal, a resistência muscular, a força muscular, a agilidade, o equilíbrio, a coordenação motora, a potência, a velocidade e a flexibilidade. Esses componentes podem ser medidos com testes específicos (CASPERSEN *et al.*, 1985; GUEDES; GUEDES, 1995; ARAUJO; ARAUJO, 2000; PLOWMAN; SMITH, 2009).

²³ É a capacidade máxima dos sistemas cardiovascular e respiratório de fornecer oxigênio aos músculos esqueléticos durante o exercício (CAO *et al.*, 2019; MYERS; KOKKINOS; NYELIN, 2019).

do exercício físico com o aumento da ACR, melhorando a saúde do cérebro e função cognitiva na infância (KHAN; HILLMAN, 2014), em diversos aspectos como por exemplo na criatividade, concentração, testes verbais e matemáticos (VOSS *et al.*, 2011; DONNELLY *et al.*, 2016).

Achados indicam que a prática de exercício físico, em particular do treinamento intervalado de alta intensidade, proporcionou melhorias em alguns atributos da aptidão física, como a redução do Índice de Massa Corpórea (IMC) e gordura corporal (COSTIGAN *et al.*, 2015a), melhorando também a aptidão cardiorrespiratória e muscular em crianças e adolescentes (TOTTORI *et al.*, 2019; CAO *et al.*, 2019; MARTIN-SMITH *et al.*, 2020). Nesses termos, a prática do exercício, provocou melhorias na ACR, com efeitos positivos na redução da depressão, do estado de ansiedade, melhorias no estado de humor e autoestima (ORTEGA *et al.*, 2008; BONHAUSER *et al.*, 2005).

Em relação à cognição²⁴, há evidências de que a prática do exercício físico proporciona melhorias na cognição (TOMPOROWSKI *et al.*, 2008; BORROR, 2017) em funções cerebrais específicas (TOMPOROWSKI, 2003; ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2015; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015), com várias evidências, incluindo uma metanálise, indicando que níveis mais elevados de ACR predizem melhor desempenho escolar durante a infância tanto em matemática quanto em leitura (SIBLEY; ETNIER, 2003; GRISSOM, 2005; CHOMITZ *et al.*, 2009), uma vez que ao comparar crianças com maior ACR com as de menor ACR, as primeiras se mostram mais eficientes em atividades de controle cognitivo que envolvem o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (CHADDOCK *et al.*, 2012).

O estudo de Chaddock-Heyman *et al.*, (2015), por exemplo, indicou que crianças com maior ACR apresentaram melhor desempenho aritmético nos testes padronizados em relação aos seus pares com menor resistência; por outro lado, baixos níveis de ACR indicam associação com menor desempenho acadêmico (CASTELLI *et al.*, 2007; CHOMITZ *et al.*, 2009).

Outras pesquisas indicam relação do desempenho escolar com o exercício físico (TARAS, 2005; DONNELLY *et al.*, 2016) e com o nível de exercício físico durante o

²⁴ A cognição humana é multidimensional, formada por diversas funções cognitivas como a atenção, a memória, a linguagem, a percepção, as funções executivas, dentre outras (ZIMMERMANN *et al.*, 2016). Os referenciais neuropsicológicos dizem respeito, com maior frequência, a três componentes da FE: o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (DIAMOND, 2013; MIYAKE *et al.*, 2000).

período escolar (RASBERRY *et al.*, 2011). Dessa forma, as pesquisas que investigaram os efeitos do exercício físico na cognição e no desempenho escolar, particularmente, em crianças e adolescentes, apresentaram correlação com a intensidade do exercício²⁵, evidenciando resultados positivos tanto nos exercícios físicos de intensidade moderada de forma aguda na condição pós-exercício (HILLMAN *et al.*, 2009; DROLLETTE *et al.*, 2012; DROLLETTE *et al.*, 2014), quanto no exercício de intensidade moderada com efeito crônico (ARDOY *et al.*, 2014; HAVE *et al.*, 2018; TOMPOROWSKI; PESCE, 2019).

Sobre os efeitos do exercício físico de alta intensidade²⁶, a revisão sistemática de Hsieh *et al.*, (2021) mostrou os benefícios tanto do efeito agudo quanto do efeito crônico na cognição ao longo da vida. Outras evidências indicam que os exercícios físicos de alta intensidade, podem ser viáveis no ambiente escolar para melhorar alguns atributos da aptidão física, da cognição e da saúde mental dos adolescentes (COSTIGAN *et al.*, 2015b; COSTIGAN *et al.*, 2016). Na revisão sistemática e meta-análise que investigou os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade de forma crônica no contexto escolar em pré-adolescentes e adolescentes na faixa etária de 11 a 18 anos, os resultados mostraram melhorias na aptidão física, com redução do Índice de Massa Corpórea (IMC) e gordura corporal (COSTIGAN *et al.*, 2015a).

TOTTORI *et al.*, (2019) indicaram efeitos positivos do treinamento intervalado de alta intensidade em três sessões de 8 a 10 minutos por semana, durante 1 mês na memória de trabalho, além de componentes da aptidão física. Em relação ao efeito agudo desse tipo de exercício físico no contexto escolar, os resultados mostram melhorias no controle cognitivo e na saúde mental em crianças e adolescentes (PINDUS *et al.*, 2019; KAO *et al.*, 2017).

Dentre as pesquisas que investigaram os efeitos do exercício físico na cognição, o componente do controle inibitório aparece como um dos mais pesquisados (Pontifex *et al.*, 2018). O controle inibitório (ou inibição, ou atenção seletiva) é uma habilidade

²⁵ A intensidade do exercício físico pode ser descrita pelo percentual da Frequência Cardíaca Máxima (FC_{máx}), levando-se em consideração a escala de Borg, que se divide em: muito leve (< 35%), leve (35-59%), moderada (60 a 79%), elevada (80%-89%), muito elevada (> 90%) e muito, muito pesado (100%) (POLLOCK; FEIGENBAUM; BRECHUE, 1995).

²⁶ Este tipo de exercício físico é conhecido no Brasil pela sigla TIAI - Treinamento Intervalado de Alta Intensidade, e no idioma inglês pela sigla HIIT - *High Intensity Interval Training* (CETOLIN, 2014; ALVES *et al.*, 2018; PERRIER-MELO *et al.*, 2018; STEIN, 2018; JOAQUIM, 2019). Se caracteriza pela prática de exercício físico intermitente de alta intensidade, correspondendo a valores acima de 85% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}), intercalados com períodos de recuperação (EDDOLLS *et al.*, 2017).

cognitiva da função executiva²⁷ que se caracteriza em prestar atenção (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2013), inibir informações (interferências) e realizar respostas competitivas em determinada situação (ZIMMERMANN *et al.*, 2016; STERNBERG; STERNBERG, 2016; SILVA *et al.*, 2017). Alguns estudos (REINHOLDT-DUNNE; MOGG; BRADLEY, 2009; STERNBERG; STERNBERG, 2016) mostram que esse componente cognitivo é diretamente afetado pela ansiedade traço (geral, relacionado a personalidade) ou estado (situações específicas), tornando esses indivíduos menos capazes de inibir distratores quando realizam determinadas tarefas.

Outra habilidade cognitiva que aparece como segunda mais avaliada nas pesquisas envolvendo os efeitos do exercício físico na cognição (PONTIFEX *et al.*, 2018), é a memória de trabalho, que é a capacidade de reter e manipular temporariamente uma informação, enquanto realiza operações mentais com a informação armazenada previamente (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006). Essa habilidade cognitiva também é afetada diretamente quando comparamos o baixo desempenho nesse tipo de tarefa das crianças com alta ansiedade matemática em relação com as de baixa ansiedade matemática (SOLTANLOU *et al.*, 2019).

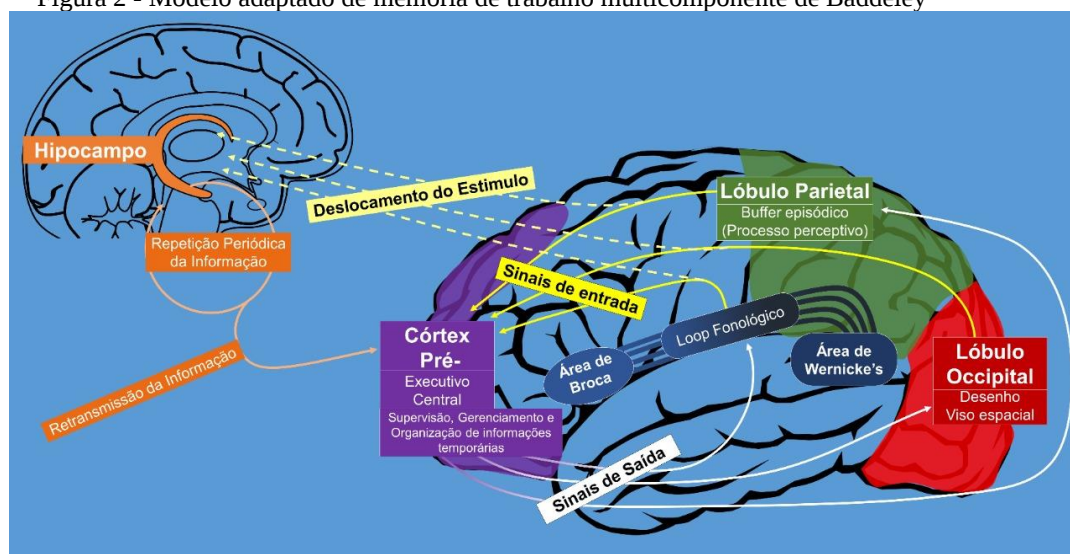
O modelo que explica o funcionamento dessa habilidade cognitiva chama-se modelo de memória de trabalho multicomponente de Baddeley (2010), amplamente citado (CHAI; ABD HAMID; ABDULLAH, 2018). Segundo esse modelo (Figura 2), a memória de trabalho é um sistema multicomponente que manipula o armazenamento de informações que serão utilizadas em atividades cognitivas mais complexas e é composta por quatro subcomponentes envolvidos

O primeiro, chamado de loop fonológica, através da ativação das áreas da Broca e de Wernicke's. O segundo chama-se o esboço viso espacial, através da ativação do lóbulo occipital. O terceiro é o buffer episódico, através da ativação do lóbulo parietal e, por fim o executivo central que, através da ativação do córtex pré-frontal envolve o sistema de controle atencional e funciona como o “centro de controle” que supervisiona a manipulação, a recuperação e o processamento de informações. (CHAI; ABD HAMID; ABDULLAH, 2018).

²⁷ As Funções Executivas (FE) são um conjunto de funções que exigem controle da atenção, do planejamento de metas e um comportamento intencional direcionado à realização de objetivos. (ZIMMERMANN *et al.*, 2016, CAPOVILLA *et al.*, 2007; MALLOY-DINIZ *et al.*, 2014).

Outro componente importante nesse processo é o hipocampo. Por mais que essa região seja tradicionalmente relacionada ao suporte à memória declarativa de longo prazo (LUM; CONTI-RAMSDEN, 2013), estudos recentes apontam que o hipocampo é responsável pela manutenção da memória de trabalho, através de um mecanismo de recuperação da memória de longo prazo que mantém a representação da informação percebida anteriormente e não mais disponíveis por meio da repetição periódica de informações no hipocampo (BEN-YAKOV; DUDAI, 2011; FUENTEMILLA *et al.*, 2010; POCH *et al.*, 2011)

Figura 2 - Modelo adaptado de memória de trabalho multicomponente de Baddeley



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Os componentes da função executiva, como o controle inibitório e a memória de trabalho, associados a outros como por exemplo a orientação espacial e o raciocínio, são fundamentais e preditores para as habilidades da aprendizagem matemática em crianças (BULL; SCERIF, 2001; ST CLAIR-THOMPSON; GATHERCOLE, 2006; ANDERSSON, 2008). As evidências indicam que crianças fisicamente ativas, quando comparadas com seus pares menos ativos, apresentam maior volume do hipocampo e núcleos da base, maior integridade da substância branca, padrões elevados e mais eficientes de atividade cerebral, e desempenho cognitivo superior e melhor desempenho escolar (ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015).

Nesse contexto, entender os benefícios neurocognitivos de um estilo de vida ativo durante a infância tem importantes implicações educacionais e de saúde pública, haja vista que, nos últimos anos as crianças estão se tornando cada vez mais obesas, sedentárias e inativas (CHADDOCK *et al.*, 2010; BERMEJO-CANTARERO *et al.*,

2017; SILVA *et al.*, 2018), que associados ao momento que a humanidade está passando da pandemia do COVID-19, crianças e adolescentes estão provavelmente mais propensos a experimentar altas taxas de depressão e ansiedade durante e após o término do isolamento social forçado, para conter a disseminação da doença (LOADES *et al.*, 2020; SINGH *et al.*, 2020), impactando diretamente em sua saúde mental (LEE *et al.*, 2020; SALTZMAN; HANSEL; BORDNICK, 2020).

No que se refere a saúde mental²⁸, evidências indicam que a prática do exercício físico, atua como coadjuvante para reduzir o estado de diversos transtornos mentais, dentre esses a ansiedade (JAYAKODY; GUNADASA; HOSKER, 2014; CAMPOS, *et al.*, 2019; ASHDOWN-FRANKS *et al.*, 2020), tipicamente caracterizada por hiperexcitação, medo excessivo e preocupação (KANDOLA *et al.*, 2018). Algumas evidências mostram a redução do estado de ansiedade em indivíduos que realizaram exercício físico, quando comparados a grupos controle (ENSARI *et al.*, 2015; GORDON *et al.*, 2017).

Ademais, pesquisas recentes descobriram que durante a prática do exercício físico, o músculo libera na corrente sanguínea a partir da contração muscular, a miocina irisina que vai estimular no cérebro a produção de neurotrofinas como o Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro – BDNF²⁹ (WRANN, 2015; ISLAM; YOUNG; WRANN, 2017; YOUNG; VALARIS; WRANN, 2019), que é produzida em maior quantidade no hipocampo (COTMAN; BERCHTOLD; CHRISTIE, 2007; SZUHANY; BUGATTI; OTTO, 2015) e, cuja função é promover o neurodesenvolvimento, a formação das redes neurais e a plasticidade neural do sistema nervoso central (HUANG; REICHARDT, 2001; MARTINHO JR *et al.*, 2012), relacionando-se também com à memória e aprendizagem (TYLER *et al.*, 2002). Portanto, analisadas em conjunto essas evidências, demonstram o potencial terapêutico do exercício físico no cérebro (WRANN, 2015), especialmente em áreas que são diretamente implicadas por estados de ansiedade como o hipocampo (MADONNA *et al.*, 2019).

²⁸ A saúde mental é mais do que a ausência de doença mental, ao contrário, é um estado de completo bem-estar (que envolve a qualidade de vida, o aspecto físico, o emocional, psicológico e social), que se refere à nossa capacidade de aproveitar a vida e lidar com os desafios que enfrentamos (MANWELL *et al.*, 2015; DORÉ; CARON, 2017; GAINO *et al.*, 2018).

²⁹ Uma molécula importante para a saúde cerebral da plasticidade sináptica, aprendizado e memória (VAYNMAN; YING; GOMEZ-PINILLA, 2004; MIRANDA *et al.*, 2019).

Como síntese das discussões até o momento, apresentamos um modelo das implicações da prática do exercício físico no cérebro, em alguns componentes da aptidão física como na ACR, na cognição e na saúde mental (Figura 3).

Figura 3: Modelo das Implicações da prática do exercício físico, originando um ciclo que se estabelece e se retroalimenta.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Uma vez que a ansiedade pode ser tratada e controlada por meio do exercício físico, compreendemos que este tipo de atividade pode permitir no caso das crianças que elas se sintam mais seguras, e, assim, possam ter mais condições de enfrentar um determinado problema evitando resposta cognitiva e emocional de luta e fuga.

Entretanto, quando a ansiedade ocorre no meio escolar e não é identificada, problemas na aprendizagem podem surgir devido ao bloqueio provocado por condições ameaçadoras; logo, devido à necessidade de delimitação do nosso objeto de pesquisa, no próximo tópico será definido o que vem a ser Ansiedade Matemática (AM), suas causas e implicações no desempenho escolar.

3.3. Ansiedade Matemática (AM)

Ainda não há consenso na literatura sobre a definição de ansiedade matemática (FASSIS; MENDES; CARMO, 2014). Classicamente é definida como fobia (medo) específica, aprendida diante de um estímulo e/ou situação (FAUST, 1992). Outra

definição de AM, considera o contato com números ou situações relacionadas à matemática (resoluções de problemas), como fator que desencadeia uma resposta emocional a sentimentos negativos como o estresse e a ansiedade que vão atrapalhar seu desempenho na disciplina (SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016; SUPEKAR *et al.*, 2015). Por outro lado, a AM, pode ainda ser definida como reação fisiológica desagradável, que envolve o aspecto cognitivo e o comportamental (medo e aversão) diante de qualquer contexto relacionado à essa disciplina (MENDES, 2012; MENDES; CARMO, 2014; MENDES, 2016).

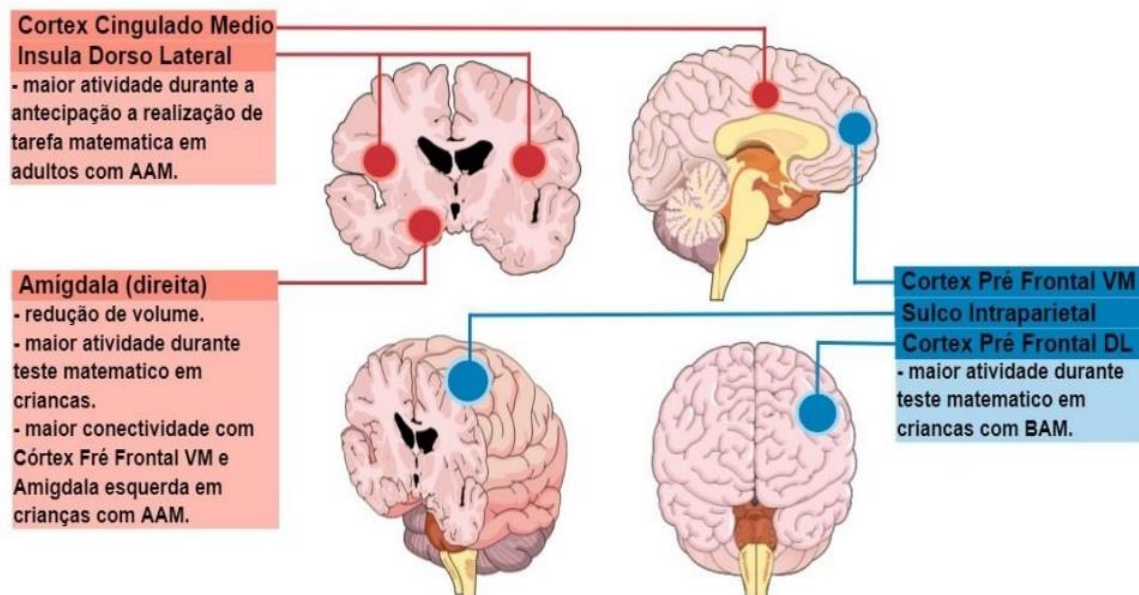
A AM é um fenômeno multifatorial que pode perpassar pelo histórico escolar do aluno com experiências negativas na disciplina, a criação do mito na cultura ocidental e na família de que a disciplina é difícil, a postura do professor por meio de um ensino sem motivação, a cobrança pelo professor de respostas rápidas dos alunos, muitos testes ou problemas para serem resolvidos, dentre outros (CARMO; SIMIONATO, 2012). Destaca-se que a atuação docente em relação às experiências negativas com essa disciplina, parece exercer papel fundamental na relação entre baixo desempenho escolar e nível de AM dos escolares (SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016).

A AM provoca alterações fisiológicas, cognitivas e comportamentais (FASSIS; MENDES; CARMO, 2014). Chamamos atenção para o aspecto emocional (MOURA-SILVA; BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020), com destaque para duas redes neurais envolvidas com a AM (Figura 4), a rede da dor relacionada com a ínsula³⁰ e a rede do medo relacionado com a amígdala³¹.

³⁰ A ínsula é um lobo cerebral que está relacionada com diversas funções: a linguagem, a regulação visceral motora e sensitiva, o comportamento alimentar, a memória, a dor, o controle cardiovascular e a emoção (ANDRADE, 2013; RIBAS; OLIVEIRA, 2007).

³¹ É um circuito cerebral que está associado com as emoções negativas como o medo, o estresse e a ansiedade (KUCIAN *et al.*, 2018; MADONNA *et al.*, 2019), mas também associada com o aprendizado e a memória emocional (GAZZANIGA *et al.*, 2006).

Figura 4 - Regiões cerebrais analisadas por meio de ressonância magnética funcional que apresentaram ativação tanto em indivíduos com AAM (alta ansiedade matemática) em vermelho, quanto em indivíduos com BAM (baixa ansiedade matemática) em azul, ao realizarem testes matemáticos



Fonte: Moura-Silva; Bento-Torres; Gonçalves, 2020.

Os mapeamentos dessas áreas cerebrais são importantes para as pesquisas na área da AM, pois ajudam a esclarecer o porquê das atitudes comportamentais aversivas diante dessa disciplina (SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016), mostrando nos indivíduos com baixa ansiedade matemática, maior ativação no Córtex Pré-frontal Vento Medial (VM), Dorsolateral (DL) e sulco intraparietal, (MOURA-SILVA; BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020).

Já os que apresentam alta ansiedade matemática, possuem maior ativação da amígdala direita, que tem a função de abrigar um repositório de memória do medo de forma inconsciente (YOUNG; WU; MENON, 2012; MADONNA *et al.*, 2019), assim como na ínsula, responsável pela sensação da dor (ISNARD *et al.*, 2011), que apresenta maior ativação durante uma tarefa de matemática (MOURA-SILVA; BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020). Em adição, observamos ainda, por meio de ressonância magnética funcional, os correlatos neurais da ansiedade matemática em crianças, em que se destacam os circuitos cerebrais envolvidos nessa emoção negativa como a amígdala, ínsula, córtex pré-frontal e hipocampo (KUCIAN *et al.*, 2018).

Outros achados indicam que durante a resolução de problemas matemáticos em crianças com alta ansiedade matemática, maior hiperatividade da amígdala direita com o hipocampo, e menor ativação nas regiões do Córtex Pré-frontal Parietal e Dorsolateral

posterior (DL), envolvidas no raciocínio matemático (EICKHOFF *et al.*, 2005; YOUNG; WU; MENON, 2012; SUPEKAR *et al.*, 2015).

Os achados de Klados *et al.*, (2015), corroboram com as evidências anteriores, indicando que níveis mais elevados de ansiedade matemática autorrelatada afetam o funcionamento da memória de trabalho, e os registros eletroencefalográficos mostraram ativação mais baixa no córtex pré-frontal (envolvido na memória de trabalho), durante a execução de tarefas de cálculo aritmético simples; assim, as evidências indicam que essas áreas são estimuladas antes e durante uma atividade numérica, além da capacidade reduzida da memória de trabalho e controle inibitório (MOURA-SILVA, BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020).

É importante destacar que na metanálise de Hembree (1990), observou-se correlação fraca ($r= 0,38$) entre AM e ansiedade geral. Portanto, quem possui alta AM, pode ter ansiedade geral em níveis elevados, mas são tipos de ansiedade diferentes. Contudo, diferente da ansiedade geral, a AM é uma ansiedade de estado, ocorrendo por exemplo durante uma tarefa de matemática, o que se diferencia da ansiedade geral (SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016).

A revisão de Kim e Kim (2021), indicam as áreas cerebrais associadas com a ansiedade geral como a amígdala, ínsula, hipocampo córtex cingulado anterior, córtex pré-frontal. Ademais, achados com auxílio da ressonância magnética funcional, em situações ansiosas, com crianças e adolescentes, em comparação aos seus pares do grupo controle, mostraram maior conectividade funcional da amígdala direita e o córtex pré-frontal ventrolateral direito (MONK *et al.*, 2008), bem como, maior ativação da amígdala direita, com correlações positivas do córtex pré-frontal ventral e córtex cingulado anterior (MCCLURE *et al.*, 2007).

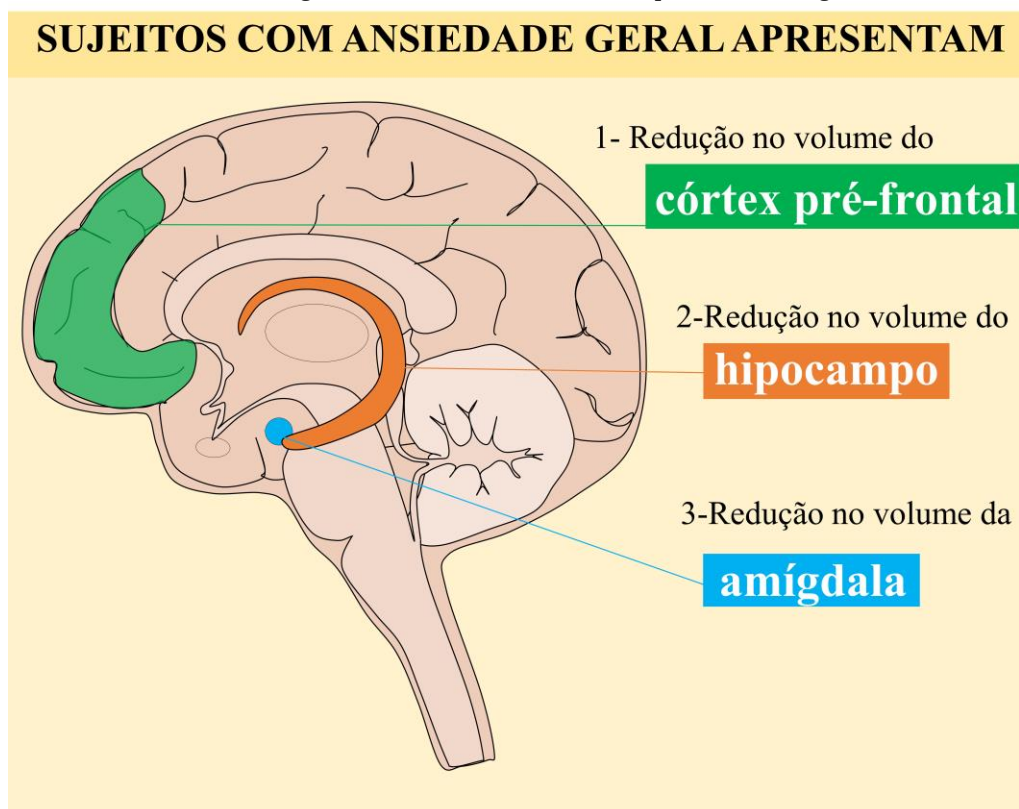
Outras evidências que investigaram por meio de ressonância magnética estrutural, as alterações morfológicas nas áreas cerebrais em crianças com transtornos de ansiedade (MILANI *et al.*, 2017; KRIBAKARAN *et al.*, 2020), mostraram reduções nos volumes totais do vermis cerebelar, corpo caloso, hipocampo (esquerdo e direito) e da amígdala (esquerda e direita), indicando que os circuitos cerebrais do Sistema Límbico, dentre eles o hipocampo e a amígdala, envolvidos em outros tipos de ansiedade (MADONNA *et al.*, 2019), são os mesmos na AM (SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ 2016). Ademais, existe evidência com crianças, sugerindo

que a ansiedade matemática está associada com alterações no volume cerebral, com mudanças estruturais e redução na amígdala (KUCIAN *et al.*, 2018).

Diante desse contexto, sobre transtornos de ansiedade, áreas cerebrais afetadas e implicações na aprendizagem, o estudo de Supekar *et al.*, (2013), mostrou a utilização de mediações envolvendo a tutoria cognitiva a fim de melhorar a aprendizagem das habilidades matemáticas, com crianças na faixa etária de 8 e 9 anos. Os resultados da pesquisa, indicaram dois aspectos importantes relacionados com os mecanismos neurais sobre a habilidade no desempenho aritmético. Primeiro, os resultados da ressonância magnética funcional, apontaram conectividade do hipocampo com os córtices pré-frontais dorsolateral (DL) e ventrolateral (VL) e os núcleos basais, prevendo melhorias de desempenho. Segundo, a ressonância magnética estrutural, indicou que crianças com maior volume da massa cinzenta do hipocampo, tiveram melhoria no desempenho aritmético em relação aos seus pares, que apresentavam o volume do hipocampo menores, indicando correlação direta do hipocampo com a melhoria no desempenho (SUPEKAR *et al.*, 2013). Talvez isso, possa explicar a baixa performance em atividades que envolvem a memória de trabalho e o desempenho matemático em indivíduos com alta ansiedade matemática (HARTWRIGHTM, *et al.*, 2018).

Nesse sentido, as evidências comprovam os danos causados tanto pela AM, quanto pela ansiedade geral, em áreas importantes do cérebro como o córtex pré-frontal (CPF), considerada a região mais evoluída, que atende às nossas habilidades cognitivas de ordem superior (ARNSTEN, 2009), porém, é a região mais sensível aos efeitos prejudiciais da exposição ao estresse (ARNSTEN, 2015; DATTA; ARNSTEN, 2019). Dentre essas áreas, destaca-se o córtex pré-frontal dorsolateral (DL), que possui conexões com córtices sensoriais e motores que regulam a atenção, o pensamento e a ação (ARNSTEN, 2009) e o córtex pré-frontal ventromedial (VM), responsável em orientar condutas frente a outros indivíduos da mesma espécie (BUTMAN; ALLEGRI, 2001), que tem conexão com a amígdala (formando os circuitos corticolímbico), relacionado no processamento e regulação das respostas a estímulos emocionais (SWARTZ *et al.*, 2014a; MOURA-SILVA; BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020; KIM; KIM, 2021), envolvido nos transtorno de ansiedade em crianças e adolescentes (STRAWN *et al.*, 2012; SWARTZ; MONK, 2014; SWARTZ *et al.*, 2014b), conforme Figura 5.

Figura 5 - Áreas cerebrais afetadas pela ansiedade geral



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Notavelmente, transtornos de ansiedade têm sido associados à disfunção cognitiva (ANGERMAN; ERTL, 2018), hipocampal (KANDOLA *et al.*, 2018), e na amígdala (MADONNA *et al.*, 2019), sofrendo remodelação estrutural (com reduções de volume) induzida por estresse e ansiedade em áreas específicas como o hipocampo, o córtex pré-frontal, amígdala e ínsula (MCEWEN, 2007; MONK *et al.*, 2008; MOON; JEONG, 2017; KUCIAN *et al.*, 2018; KRIBAKARAN *et al.*, 2020).

No entanto, intervenções baseadas nos exercícios físicos em pessoas com transtornos de ansiedade, tem-se mostrado eficazes como terapias alternativas para reduzir seus sintomas (STONEROCK *et al.*, 2015; STUBBS *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2020), tanto em sessões agudas (ENSARI *et al.*, 2015), quanto crônicas (HERRING; O'CONNOR; DISHMAN, 2010), com uma revisão sistemática e meta-análise indicando que o exercício aeróbico foi eficaz no tratamento com reduções no nível de estado da ansiedade em comparação com grupos de controle, e que exercícios de alta intensidade mostraram efeitos maiores com redução nos níveis de ansiedade, do que programas de baixa intensidade (AYLETT *et al.*, 2018). Outros achados indicam aprimoramentos cognitivos e melhorias no funcionamento do hipocampo (KANDOLA *et al.*, 2016).

Uma intervenção por exercício aeróbico de moderada a alta intensidade realizada em jovens com ansiedade social durante 4 meses (60 minutos, 3x por semana), gerou redução dos níveis de ansiedade, com aumento significativo do volume da massa cinzenta do hipocampo (CORBETT, 2019). Outra pesquisa empregou o exercício físico agudo (corrida na esteira *versus* caminhada) por meio do ensaio cruzado, em pessoas ansiosas, mostrou que após a corrida, a amígdala exibiu maior conectividade funcional, positivamente correlacionada com o córtex orbitofrontal e a ínsula (CHEN *et al.*, 2019).

As evidências indicam três possíveis mecanismos de intervenções do benefício do exercício físico no estado de ansiedade, o primeiro diz respeito a melhoria da função no hipocampo em regular o eixo Hipotálamo-Pituitária-Adrenocortical (HPA), no qual atua como feedback das respostas ao estresse e ansiedade (JACOBSON; SAPOLSKY, 1991; MCEWEN, 2007). O segundo está relacionado com as propriedades anti-inflamatórias do exercício físico, exercendo impacto positivo no tratamento de transtornos de ansiedade ao mediar as vias inflamatórias crônicas (MOYLAN *et al.*, 2013; VOGELZANGS *et al.*, 2013).

Por fim, tem-se os mecanismos neurogênicos importantes para o funcionamento adequado do cérebro, induzidos pelo exercício físico, devido os fatores de crescimento de regulação positiva, como o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) (KNAEPEN *et al.*, 2010; KANDOLA *et al.*, 2018), comprovando o grande efeito do exercício físico na melhoria do funcionamento e neurogênese do hipocampo (VOSS *et al.*, 2013; HUANG; REICHARDT, 2001).

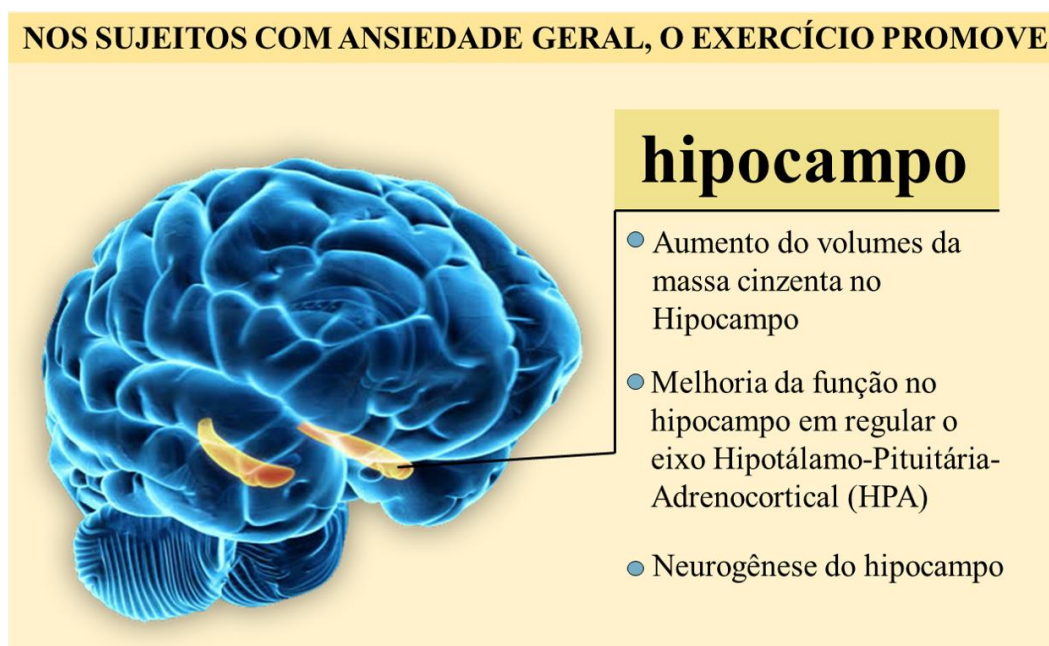
Além disso, alguns achados já demonstram a capacidade de algumas exercinas de mediar o efeito do exercício físico em transtornos de humor. Por mais que esses estudos frequentemente estejam focados na depressão (DELEZIE; HANDSCHIN, 2018; PEDERSEN, 2019), alguns achados elucidam a via músculo-cérebro pelo qual o exercício físico tem seu efeito ansiolítico.

Um estudo recente demonstrou que a atividade física voluntária diminui a ansiedade modo associado ao aumento dos níveis de oxitocina no cérebro de camundongos fêmeas (YÜKSEL *et al.*, 2019). A irisina é outra exercina que pode mediar essa relação, estando associada ao aumento do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), e sendo um fator influente em transtornos de ansiedade (CHIAVAROLI *et al.*, 2017; WRANN *et al.*, 2013). Também foi demonstrado que o

exercício regular diminui a ansiedade, estando essa diminuição correlacionada com os níveis de irisina no cérebro e no tecido adiposo branco (UYSAL *et al.*, 2018).

Em síntese, as discussões apresentadas até o momento, indicam que áreas em comum afetadas, tanto pela Ansiedade Matemática, quanto pela Ansiedade Geral, são as mesmas, em particular o córtex pré-frontal, hipocampo, amígdala e ínsula. No entanto, quando pessoas com ansiedade são submetidas a um programa de intervenção utilizando exercício físico, apresentaram aumento da conectividade funcional positiva da amígdala (responsável pelo processamento e regulação das respostas a estímulos emocionais), com o córtex pré-frontal e a ínsula, bem como, aumento no volume do hipocampo, indicando os benefícios do exercício físico em uma área cerebral importante responsável pela formação, armazenamento da memória e aprendizagem (Figura 6).

Figura 6 - Áreas cerebrais que sofrem mudanças funcionais e estruturais devido ao exercício físico em pessoas com ansiedade geral



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ademais, se estados de estresse e ansiedade implicam na redução das habilidades cognitivas de ordem superior das funções executivas (LISTON; MCEWEN; CASEY, 2009; ARNSTEN, 2009; DIAMOND; LING, 2016), por afetar áreas do córtex pré-frontal (YOUNG; WU; MENON, 2012; MOURA-SILVA; BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020) e do hipocampo (MILANI *et al.*, 2017; KRIBAKARAN *et al.*, 2020), intervenções baseadas em exercício físico, vem ganhando destaque no campo da neurociência cognitiva, pelas descobertas de que o exercício físico induz a neurogênese

(surgimento de novos neurônios) hipocampal em humanos (RAICHLIN; ALEXANDER, 2017; MA *et al.*, 2017), mostrando-se como promissora abordagem terapêuticas em distúrbios que comprometem a integridade do hipocampo (OUDEN *et al.*, 2018; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015; CHADDOCK *et al.*, 2010), apresentando maior ativação no córtex pré-frontal na condição pós-exercício, quando comparados a indivíduos do grupo controle (TOMPOROWSKI, 2003; ERICKSON; HILLMAN; KRAMER, 2015; DONNELLY *et al.*, 2016), melhorando a saúde cognitiva ao longo da vida humana (GOMEZ-PINILLA; HILLMAN, 2013; KENNEDY *et al.*, 2017), prevenindo o declínio cognitivo, que está associado com doenças neurodegenerativas relacionadas ao envelhecimento, como Alzheimer e Parkinson (BARNES, 2015; MA *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2019).

Outros estudos indicam que melhorias da ACR induzidas pelo exercício físico (HÖTTING; RÖDER, 2013), contribuem à plasticidade cerebral, atuando como prevenção do envelhecimento do cérebro humano (COLCOMBE *et al.*, 2004). Nesse contexto, os estudos de conectividade com o uso de ressonância magnética que investigaram a rede de modo padrão, indicam que níveis mais altos de ACR estão associados ao aumento da conectividade funcional em estado de repouso do hipocampo e regiões corticais pré-frontais em adultos jovens saudáveis (STILLMAN *et al.*, 2018).

Outro estudo que utilizou a conectividade funcional da rede de modo padrão em estado de repouso e durante o teste de esteira, testou a hipótese de que a ACR prediz a conectividade entre o hipocampo e outras áreas cerebrais como o córtex pré-frontal ventromedial, córtex cingulado posterior e córtex temporal lateral e córtex pré-frontal dorsomedial, o que foi confirmado pelas análises de regressão linear (KRONMAN *et al.*, 2020).

Por fim, o estudo de Esteban-Cornejo *et al.*, (2021), foi o primeiro a investigar a relação da ACR e conectividade em crianças com sobrepeso e obesidade, apresentando maior conectividade funcional do estado de repouso no hipocampo a regiões corticais, indicando que a maior ACR, pode melhorar a conectividade funcional do hipocampo anterior e regiões frontais do cérebro (ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2021), dessa forma, os três estudos, mostraram que a ACR, está associada com maior conectividade nas mesmas regiões como o hipocampo e córtex pré-frontal, tanto em indivíduos saudáveis quanto em não saudáveis

Em particular tanto o hipocampo quanto o córtex pré-frontal sofrem alterações decorrentes do exercício físico e essas áreas tem relação direta com os aspectos da cognição como o controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (CHADDOCK *et al.*, 2012), sendo importantes habilidades preditoras da aprendizagem escolar (ANDERSSON, 2008), com evidências indicando que elas são potencializadas pelo exercício físico, sugerindo associações positivas com a cognição e aumento do desempenho matemático (DONNELLY *et al.*, 2016; SNECK *et al.*, 2019).

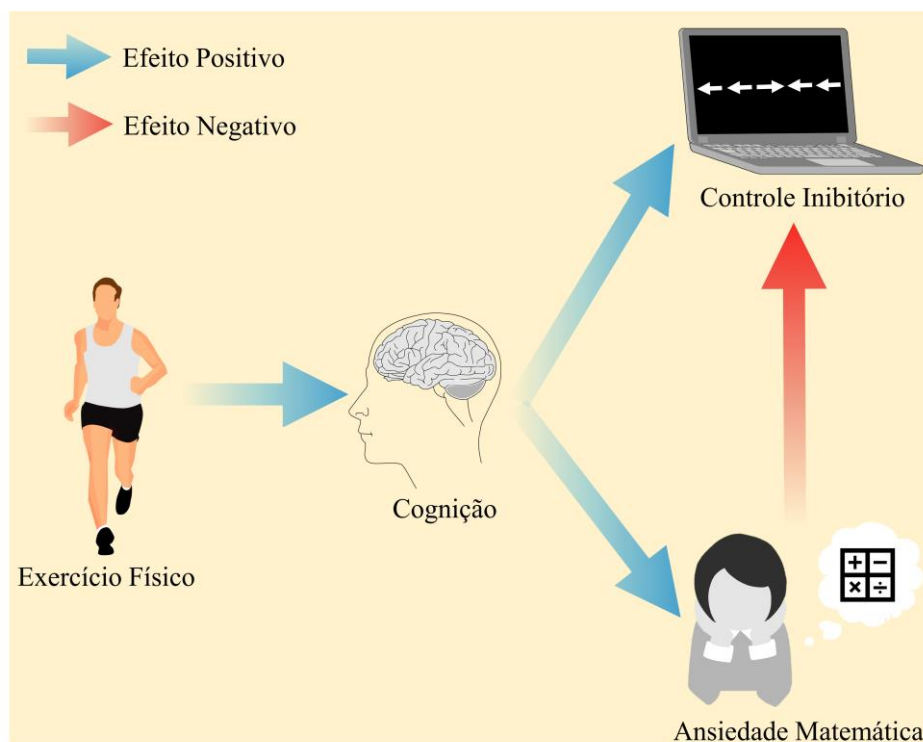
Sobre a saúde mental, evidências indicam melhoria na função hipocampal em adolescentes submetidos a intervenções de exercício físico causados pelo estresse (HUESTON; CRYAN; NOLAN, 2017), indicando os efeitos do exercício físico na melhoria do estado de humor (VAN PRAAG, 2008), assim como na estrutura do hipocampo que desempenha uma função importante na função cognitiva (aprendizagem e memória), bem como na regulação do humor e comportamentos afetivos (BETTIO *et al.*, 2020).

Por fim, duas revisões sistemáticas recentes corroboram com toda a discussão apresentada ao longo do texto, demonstrando que a prática de exercícios físicos induz no cérebro a mudanças funcionais e estruturais, melhorando a cognição, desempenho acadêmico, saúde física e psicológica (MANDOLESI *et al.*, 2018; ERICKSON *et al.*, 2018).

A teoria é que se o exercício físico provoca melhora em pessoas que têm ansiedade geral porque altera o mediador (cérebro), nossa hipótese é que também vai alterar o das crianças que tem ansiedade matemática, pela semelhança neuroanatomia das pessoas que tem ansiedade matemática e ansiedade geral. O exercício físico, pode alterar o cérebro, tornando melhor, funcionalmente e estruturalmente, áreas que são afetadas na ansiedade matemática.

Todavia, o modelo proposto neste artigo é que o exercício físico vai beneficiar crianças com AM e, modificando o estado da ansiedade, pode melhora as funções cognitivas. A teoria que estamos apresentando aqui, tem um modelo conceitual, onde a hipótese é que o exercício físico, modificando o cérebro (apresentando mudanças no funcionamento e estrutura), modifica o comportamento e a cognição. O mediador seria o exercício físico, que vai regular a AM, e por isso melhorar o desempenho cognitivo das crianças (Figura 7).

Figura 7 - Modelo de mediação do Exercício Físico na Ansiedade Matemática.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Sendo assim, hipotetizamos que pode haver benefícios cognitivos, com implicações educacionais e de saúde pública, entrelaçando esses dois campos de pesquisa, já que a intervenção do exercício físico na ansiedade matemática ainda não foi demonstrada; logo, diante desse contexto, o que propomos investigar é algo inédito decorrente das pesquisas que estão sendo realizadas no projeto EXAM da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde formulamos a seguinte hipótese: A prática do exercício físico melhora a cognição, o desempenho escolar e a saúde mental em crianças com ansiedade matemática. Conforme infográfico elaborado por nós para ilustrar, a partir das evidências, os argumentos que respaldam a hipótese de pesquisa (Figura 8).

Figura 8 - De acordo com o estímulo sofrido pelo cérebro, a balança pesará mais para o exercício físico ou à ansiedade matemática



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3.4. Considerações finais

As pesquisas na área das Neurociências que investigam o efeito do exercício físico na cognição e no desempenho matemático ainda são recentes, mas já apresentam resultados significativos no âmbito internacional; assim, compreendemos ser necessária a realização de ações efetivas para tentar reverter o quadro que ora se apresenta com os baixos índices de desempenho educacional, em especial para o contexto brasileiro e amazônico, onde estão os piores índices de desempenho escolar em matemática.

Os estudos sugerem que tanto os exercícios físicos agudos e crônicos de intensidade moderada (DROLLETTE *et al.*, 2014; ARDOY *et al.*, 2014) quanto os exercícios físicos agudos e crônicos de alta intensidade (COSTIGAN *et al.*, 2015a; COSTIGAN *et al.*, 2016), promovem melhorias no aspecto cognitivo e desempenho escolar (HAVE *et al.*, 2018). Evidências mostraram ainda que a prática do exercício físico melhorou alguns componentes da aptidão física (COSTIGAN *et al.*, 2015a; TOTTORI *et al.*, 2019), bem como a saúde mental relacionada à ansiedade (VAN PRAAG, 2008).

No que diz respeito à ansiedade matemática, é possível apontar que as bases neurais da AM sofrem alterações funcionais e morfológicas (MOURA-SILVA; BENTO-TORRES; GONÇALVES, 2020; KUCIAN *et al.*, 2018), devido ao tipo de exposição ao estímulo, ou melhor ao componente curricular da matemática. Entretanto, compreendemos que ainda existe um longo caminho de pesquisas com muitas hipóteses

a serem investigadas e testadas, como por exemplo qual o tipo de exercício físico que pode influenciar positivamente na ansiedade matemática, sua intensidade, frequência e duração. Além disso, à luz das evidências, os resultados se mostram animadores e promissores, como os achados da pesquisa de Supekar *et al.*, (2013) sobre as regiões cerebrais preditoras da melhoria no desempenho matemático, que são as mesmas que estão diretamente influenciadas pelo exercício físico como o córtex pré-frontal (HASLACHER *et al.*, 2015) e o hipocampo (WRANN, 2015; BASSO; SUZUKI, 2017).

Diante das evidências no contexto internacional, em comparação ao cenário nacional e local, compreendemos que esse baixo desempenho escolar, que envolve também a matemática, pode estar associado ao estado emocional de crianças e adolescentes decorrentes da ansiedade matemática que se agravam quando relacionados com outras dificuldades frequentes no cotidiano da escola pública: a falta de recursos pedagógicos e tecnológicos (material didático, computador, acesso à internet banda larga, jogos educativos, dentre outros); espaços de sala de aula inadequados (sem ventiladores, cadeiras e mesas); ausência de quadras poliesportivas ou cobertas; e redução ou falta da merenda escolar. Estes se constituem obstáculos para a melhoria da aprendizagem

Nesse sentido, tal realidade requer dos gestores municipais e estaduais maior seriedade, principalmente na execução das políticas públicas educacionais básicas e vigentes, no que tange à sensibilidade de mudanças de paradigmas teórico-metodológico a nível da formação dos professores na perspectiva de que esses agentes públicos possam compreender a necessidade de mudanças dessas políticas públicas tanto na saúde quanto na educação.

Por fim, para transpor essa situação, é necessário mais investimento financeiro em pesquisas relacionadas com a temática, assim como, a implementação de políticas públicas educacionais que possam aumentar o tempo de exercício físico no currículo escolar, a fim de identificar outros mecanismos que podem proporcionar mais benefícios para a saúde da juventude, o que, conseqüentemente, pode proporcionar uma melhoria no desempenho escolar.

3.5. Referências

ALVES, B. L. *et al.* Comparação dos efeitos do treinamento aeróbio de baixa e alta intensidade no emagrecimento: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de**

Prescrição e Fisiologia do Exercício, São Paulo. v.12. n.75. Suplementar 1. p.448-461. Jan./Jun. 2018.

ARNSTEN, A. F. Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. **Nat Rev Neurosci**. 2009 Jun;10(6): 410-22.

_____. Stress weakens prefrontal networks: molecular insults to higher cognition. **Nat Neurosci**. 2015 Oct;18(10):1376-85.

ANDERSSON, U. Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. **Br J Educ Psychol**. 2008 Jun;78(Pt 2):181–203.

ANDRADE, A. F. A. **Volume da ínsula**: estudo de 58 indivíduos saudáveis. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas. Recife, 2013.

ANGERMANN, C. E; ERTL, G. Depression, Anxiety, and Cognitive Impairment: Comorbid Mental Health Disorders in Heart Failure. **Curr Heart Fail Rep**. 2018 Dec;15(6):398-410.

ARAÚJO, D. S. M. S.; ARAÚJO, C. G. S. Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos. **Rev Bras Med Esporte** [online]. 2000, v. 6, n. 5 p.194-203.

ARDOY, D. N. *et al*. A Physical Education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. **Scand J Med Sci Sports**. 2014 Feb;24(1): e52-61.

ASHCRAFT, M. H.; KRAUSE, J. A. Working memory, math performance, and math anxiety. **Psychonomic Bulletin & Review**. 2007 Apr;14(2):243-8.

ASHDOWN-FRANKS G. *et al*. Exercise as Medicine for Mental and Substance Use Disorders: A Meta-review of the Benefits for Neuropsychiatric and Cognitive Outcomes. **Sports Med**. 2020 Jan;50(1):151–170.

AYLETT, E. *et al*. Exercise in the treatment of clinical anxiety in general practice - a systematic review and meta-analysis. **BMC Health Serv Res**. 2018 Jul 16;18(1):559.

BADDELEY, A. Working memory. **Current biology: CB**, v. 20, n. 4, p. R136-140, 23 fev. 2010.

BARNES, J.N. Exercise, cognitive function, and aging. **Adv Physiol Educ**. 2015 Jun;39(2):55-62.

BASSO, J. C.; SUZUKI, W. A. The effects of acute exercise on mood, cognition, neurophysiology, and neurochemical pathways: a review. **Brain Plasticity**. 2017 Mar;2(2):127-152.

BEN-YAKOV, A.; DUDAI, Y. Constructing realistic engrams: poststimulus activity of hippocampus and dorsal striatum predicts subsequent episodic memory. **The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience**, v. 31, n. 24, p. 9032–9042, 15 jun. 2011.

BETTIO, L. *et al*. Interplay between hormones and exercise on hippocampal plasticity across the lifespan. **Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis**. 2020 Aug 1;1866(8):165821.

- BORROR, A. Brain-derived neurotrophic factor mediates cognitive improvements following acute exercise. **Med Hypotheses**. 2017 Sep;106:1-5.
- BURLEY, C. V. *et al.* Brain train to combat brain drain; focus on exercise strategies that optimize neuroprotection. **Exp Physiol**. 2016 Sep 1;101(9):1178-1184.
- BEAR, M. F. *et al.* **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. tradução: [Carla Dalmaz ... *et al.*] ; [revisão técnica: Carla Dalmaz, Jorge Alberto Quillfeldt, Maria Elisa Calcagnotto]. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BERMEJO-CANTARERO, A. *et al.* Association between physical activity, sedentary behavior, and fitness with health related quality of life in healthy children and adolescents: A protocol for a systematic review and meta-analysis. **Medicine** (Baltimore). 2017 Mar;96(12):e6407.
- BONHAUSER, M. *et al.* Improving physical fitness and emotional well-being in adolescents of low socioeconomic status in Chile: results of a school-based controlled trial. **Health Promot Int**. 2005 Jun;20(2):113-22.
- BRASIL. **Relatório do Brasil no PISA 2018**. Brasília: MEC/INEP/DAEB, 2019. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf . Acesso em 05 de janeiro de 2020.
- BUTMAN, J.; ALLEGRI, R. F. A Cognição Social e o Córtex Cerebral. **Psicol. Reflex. Crit.**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 275-279, 2001.
- BULL R.; SCERIF, G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. **Dev Neuropsychol**. 2001;19(3):273-293.
- CAO, M. *et al.* Effect of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. **Int J Environ Res Public Health**. 2019 Apr 30;16(9):1533.
- CAMPOS, C. G. *et al.* Conhecimento de adolescentes acerca dos benefícios do exercício físico para a saúde mental. **Ciênc. saúde coletiva**. Rio de Janeiro, v. 24, n. 8, p. 2951-2958, agosto de 2019.
- CAPOVILLA, A. G. S. *et al.* Avaliação neuropsicológica das funções executivas e relação com desatenção e hiperatividade. **Aval. psicol.** Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 51-60, jun., 2007.
- CAREY, E. *et al.* Differentiating anxiety forms and their role in academic performance from primary to secondary school. **PLoS One**. 2017;12(3):e0174418. Published 2017 Mar 28.
- CARMO, J. S.; SIMIONATO, A. M. Reversão de ansiedade à matemática: alguns dados da literatura. **Psicologia em Estudo**, Maringá, 2012, v.17, n. 2, p. 317-327.
- CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. F.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep**. 1985;100:126-31.
- CASTELLI, D. M. *et al.* Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. **J Sport Exerc Psychol**. 2007 Apr;29(2):239-52.
- CETOLIN, T. **Respostas fisiológicas do treinamento intervalado de alta intensidade em terreno arenoso e de grama natural em jogadores de futebol**. 2014, 77 f.

Dissertação (Mestrado em Educação Física). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de desportos. Programa de pós-graduação em educação física. Florianópolis, SC, 2014.

CHADDOCK, L. *et al.* A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. **Brain research**. 2010 Oct;1358, 172–183.

_____. *et al.* Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. **Journal of Sports Sciences**. 2012;30(5):421-30.

CHADDOCK-HEYMAN, L. *et al.* White matter microstructure is associated with cognitive control in children. **Biol Psychol**. 2013 Sep;94(1):109–15.

_____. *et al.* The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. **PLoS ONE**. 2015 Aug;10(8):e0134115.

CHAI, W. J.; ABD HAMID, A. I.; ABDULLAH, J. M. Working Memory From the Psychological and Neurosciences Perspectives: A Review. **Frontiers in Psychology**, v. 9, p. 401, 2018.

CHENG, S. The CRISP theory of hippocampal function in episodic memory. **Front Neural Circuits**. 2013 May 6;7:88.

CHEN, Y. C. *et al.* Habitual physical activity mediates the acute exercise-induced modulation of anxiety-related amygdala functional connectivity. **Sci Rep**. 2019 Dec 24;9(1):19787.

CHEN, Z. *et al.* Exercise Intervention in Treatment of Neuropsychological Diseases: A Review. **Front Psychol**. 2020 Oct 22;11:569206.

CHIAVAROLI A. *et al.* Effects of central fibroblast growth factor 21 and irisin in anxiety-like behavior. **J Biol Regul Homeost Agents**. 2017 Jul-Sep;31(3):797-802.

CHOMITZ V.R. *et al.* Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. **J Sch Health**. 2009 Jan;79(1):30-7.

CORBETT, S. Adolescent Mental Health: Canadian Psychiatric Risk and Outcome Study (PROCAN)- **Exercise Intervention Pilot Study** (Unpublished doctoral thesis). University of Calgary, Calgary, AB. 2019.

COLCOMBE, S. J. *et al.* Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 2004 Mar;101(9):3316-3321.

COSTIGAN, S. A. *et al.* High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med**. 2015a Oct;49(19):1253–1261.

_____. *et al.* Preliminary efficacy and feasibility of embedding high intensity interval training into the school day: A pilot randomized controlled trial. **Prev Med Rep**. 2015b;2:973–979.

_____. *et al.* High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. **MedSci Sports Exerc**. 2016 Oct;48(10):1985-93.

COTMAN, C.W.; BERCHTOLD, N.C.; CHRISTIE, L.A. Exercise builds brain health: Key roles of growth factor cascades and inflammation. **Trends Neuro Sci**. 2007 Sep;30:464–472.

DATTA, D.; ARNSTEN, A. F. T. Loss of Prefrontal Cortical Higher Cognition with Uncontrollable Stress: Molecular Mechanisms, Changes with Age, and Relevance to Treatment. **Brain Sci.** 2019 May 17;9(5):113.

DELEZIE J.; HANDSCHIN, C. Endocrine Crosstalk Between Skeletal Muscle and the Brain. **Front Neurol.** 2018 Aug 24;9:698.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annual Review of Psychology.** 2013 Jan;64, 135-69.

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

DONNELLY, J. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **MedSci Sports Exerc.** 2016 Jun;48(6):1197-222.

DORÉ, I.; CARON, J. Santé mentale: concepts, mesures et déterminants [Mental Health: Concepts, Measures, Determinants]. **Sante Ment Que.** 2017 Spring;42(1):125-145. French.

DROLLETTE, E. S. *et al.* Maintenance of Cognitive Control during and after Walking in Preadolescent Children. **Medicine & Science In Sports & Exercise.** 2012 Oct;44(10):2017-24.

_____. *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.** 2014 Jan;7:53-64.

EDDOLLS, W. *et al.* High-intensity interval training interventions in children and adolescents: A systematic review. **Sports Medicine.** 2017 Nov;47(11), 2363–2374.

EICKHOFF, S. B. *et al.* A new SPM toolbox for combining probabilistic cytoarchitectonic maps and functional imaging data. **Neuroimage.** 2005 May 1;25(4):1325-35.

ENSARI, I. *et al.* Meta-analysis of acute exercise effects on state anxiety: an update of randomized controlled trials over the past 25 years. **Depress Anxiety.** 2015 Aug;32(8):624-34.

ERICKSON, K.; HILLMAN, C.; KRAMER, A. Physical activity, brain, and cognition. **Current Opinion in Behavioral Sciences.** 2015 Aug;4. 10.1016/j.cobeha.

_____. *et al.* Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. **Med Sci Sports Exerc.** 2019 Jun;51(6):1242-1251.

ESTEBAN-CORNEJO, I. *et al.* Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. **J Sci Med Sport.** 2015 Sep;18(5):534-9.

ESTEBAN-CORNEJO, I. *et al.* Physical fitness, hippocampal functional connectivity and academic performance in children with overweight/obesity: The ActiveBrains project. **Brain Behav Immun.** 2021 Jan;91:284-295.

FAUST, M. W. **Analysis of physiological reactivity in mathematics anxiety** (Unpublished doctoral dissertation, Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio, 1992.

- FASSIS, D.; MENDES, A.; CARMO, J. S. Diferentes graus de ansiedade à matemática e desempenho escolar no ensino fundamental. **Psicol. educ.** [online]. 2014, n.39 [citado 2019-11-23], p. 47-61.
- FUENTEMILLA, L. et al. Theta-Coupled Periodic Replay in Working Memory. **Current Biology**, v. 20, n. 7, p. 606–612, 13 abr. 2010.
- GATTI, B. A.; BARRETO, E. S. S.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Políticas docentes no Brasil**: um estado da arte. Brasília: UNESCO, 2011.
- GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva**: a biologia da mente. Tradução: Angelica Rosat Consiglio *et al.* 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- GAINO, L. V.; SOUZA, J.; CIRINEU, C. T.; TULIMOSKY, T. D. O conceito de saúde mental para profissionais de saúde: um estudo transversal e qualitativo. **SMAD. Revista eletrônica saúde mental álcool e drogas**. 2018, 14(2), 108-116.
- GUEDES, D.P.; GUEDES, J. E. R. P. Atividade física, aptidão física e saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. v. 1. n.1., p. 18-35, 1995.
- GORMAN, A. M.; DOYLE, K. M. Considerations and recent advances in neuroscience. **Biochem Soc Trans.** 2009;37(Pt 1):299–302.
- GOMEZ-PINILLA, F.; HILLMAN, C. The influence of exercise on cognitive abilities. **Compr Physiol.** 2013 Jan;3(1):403-28.
- GORDON, B. R. *et al.* The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. **Sports Med.** 2017 Dec;47(12):2521-2532.
- GRISSOM J. Physical fitness and academic achievement. **J Exerc Physiol.** 2005;8: 11–25.
- HARTWRIGHT, C. E. *et al.* The Neurocognitive Architecture of Individual Differences in Math Anxiety in Typical Children. **Sci Rep.** 2018 Jul 23;8(1):11302.
- HASLACHER, H. *et al.* Physical exercise counteracts genetic susceptibility to depression. **Neuropsychobiology.** 2015;71(3):168-75.
- HAVE, M. *et al.* Classroom-based physical activity improves children's math achievement - A randomized controlled trial. **PLoS One.** 2018 Dec;13(12):e0208787. Published 2018 Dec 17.
- HEMBREE, R. The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. **Journal for Research in Mathematics Education**, 1990, n. 21, p. 33–46.
- HERRING, M. P.; O'CONNOR, P. J.; DISHMAN, R. K. The effect of exercise training on anxiety symptoms among patients: a systematic review. **Arch Intern Med.** 2010 Feb 22;170(4):321-31.
- HILLMAN, C. *et al.* The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. **Neuroscience.** 2009 Mar 31;159(3):1044-54.
- HOPKO, D. R. *et al.* The emotional Stroop paradigm: Performance as a function of stimulus properties and self-reported mathematics anxiety. **Cognitive Therapy and Research.** 2002 Apr; n. 26, p. 157–166.

- HÖTTING, K.; RÖDER, B. Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. **Neurosci Biobehav Rev.** 2013 Nov;37(9 Pt B):2243-57.
- HSIEH, S. *et al.* Systematic review of the acute and chronic effects of high-intensity interval training on executive function across the lifespan. **Journal of Sports Sciences.** 2021 Jan;39(1):10-22.
- HUANG, E. J.; REICHARDT, L. F. Neurotrophins: roles in neuronal development and function. **Annu Rev Neurosci.** 2001;24:677-736.
- HUESTON, C. M.; CRYAN, J. F.; NOLAN, Y. M. Stress and adolescent hippocampal neurogenesis: diet and exercise as cognitive modulators. **Transl Psychiatry.** 2017 Apr 4;7(4):e1081.
- ISLAM, M. R.; YOUNG, M. F.; WRANN, C. D. The Role of FND5/Irisin in the Nervous System and as a Mediator for Beneficial Effects of Exercise on the Brain. 2018 Mar 8. In: **Spiegelman B, editor. Hormones, Metabolism and the Benefits of Exercise.** Cham (CH): Springer; 2017.
- ISNARD, J. *et al.* Does the insula tell our brain that we are in pain? **Pain.** 2011 Apr;152(4):946-951.
- JACOBSON, L.; SAPOLSKY, R. The role of the hippocampus in feedback regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis. **Endocr Rev.** 1991 May;12(2):118-34.
- JAYAKODY, K.; GUNADASA, S.; HOSKER, C. Exercise for anxiety disorders: systematic review. **Br J Sports Med.** 2014 Feb;48(3):187-96.
- JOAQUIM, A. G. **Treinamento intervalado de alta intensidade e contínuo de moderada intensidade reduzem interleucina-6, mas exercem limitadas mudanças cardiometabólicas em mulheres obesas: estudo randomizado e controlado.** 2019, 140 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica). Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2019.
- KANDEL, E. *et al.* **Princípios de neurociências.** Tradução: Ana Lúcia Severo Rodrigues... [et al.]; revisão técnica: Carla Dalmaz, Jorge Alberto Quillfeldt. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- KANDOLA, A. *et al.* Aerobic Exercise as a Tool to Improve Hippocampal Plasticity and Function in Humans: Practical Implications for Mental Health Treatment. **Front Hum Neurosci.** 2016 Jul 29; 10:373.
- _____. *et al.* Moving to Beat Anxiety: Epidemiology and Therapeutic Issues with Physical Activity for Anxiety. **Curr Psychiatry Rep.** 2018 Jul 24;20(8):63.
- KAO, S. C. *et al.* Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. **Psychophysiology.** 2017 Sep;54(9):1335-1345.
- KENNEDY, G. *et al.* How Does Exercise Reduce the Rate of Age-Associated Cognitive Decline? A Review of Potential Mechanisms. **J Alzheimers Dis.** 2017;55(1):1-18.
- 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.** 2014 May;26(2):138-46.

- KIM, N.; KIM, M. J. Altered Task-Evoked Corticolimbic Responsivity in Generalized Anxiety Disorder. **Int J Mol Sci**. 2021 Mar 31;22(7):3630.
- KLADOS, M. A. *et al.* ERP measures of math anxiety: how math anxiety affects working memory and mental calculation tasks? **Front Behav Neurosci**. 2015 Oct 26;9:282.
- KNAEPEN, K. *et al.* Neuroplasticity - exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. **Sports Med**. 2010 Sep 1;40(9):765-801.
- KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J.; DESCHENES, M. R. **Fisiologia do exercício: teoria e prática**. Tradução Ana Cavalcanti Botelho e Dilza Balteiro de Campos. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- KRIBAKARAN, S. *et al.* Meta-analysis of Structural Magnetic Resonance Imaging Studies in Pediatric Posttraumatic Stress Disorder and Comparison With Related Conditions. **Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging**. 2020 Jan;5(1):23-34.
- KRONMAN, C. A. *et al.* Cardiorespiratory fitness predicts effective connectivity between the hippocampus and default mode network nodes in young adults. **Hippocampus**. 2020 May;30(5):526-541.
- KUCIAN, K. *et al.* Neurostructural correlate of math anxiety in the brain of children. **Transl Psychiatry**. 2018 Dec;8(1):273. Published 2018 Dec 10.
- LAMBRICK, D. *et al.* Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. **Psychophysiology**. 2016 Sep;53(9):1335-42.
- LAZAROV, O.; HOLLANDS, C. Hippocampal neurogenesis: learning to remember. **Progress in neurobiology**, 2016 Mar-May;138-140, 1-18.
- LEE, C. M.; CADIGAN, J. M.; RHEW, I. C. Increases in Loneliness Among Young Adults During the COVID-19 Pandemic and Association With Increases in Mental Health Problems. **J Adolesc Health**. 2020 Nov;67(5):714-717.
- LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2. ed. Atheneu, 2010.
- LISTON, C.; MCEWEN, B. S.; CASEY, B. J. Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control. **Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.** 2009 Jan;106(3):912-7.
- LIU Y. *et al.* The beneficial effects of physical exercise in the brain and related pathophysiological mechanisms in neurodegenerative diseases. **Lab Invest**. 2019 Jul;99(7):943-957.
- LOADES, M. E. *et al.* Rapid Systematic Review: The Impact of Social Isolation and Loneliness on the Mental Health of Children and Adolescents in the Context of COVID-19. **J Am Acad Child Adolesc Psychiatry**. 2020 Nov;59(11):1218-1239.e3.
- MA, C.L. *et al.* Physical exercise induces hippocampal neurogenesis and prevents cognitive decline. **Behav Brain Res**. 2017 Jan 15;317:332-339.
- MCEWEN, B. S. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. **Physiol Rev**. 2007 Jul;87(3):873-904.

MADONNA, D. *et al.* Structural and functional neuroimaging studies in generalized anxiety disorder: a systematic review. **Braz. J. Psychiatry**. 2019 Jul-Aug;41(4):336-362.

MALLOY-DINIZ, L. *et al.* **Neuropsicologia das funções executivas e da atenção**. In: Fuentes, Daniel; Malloy-Diniz, Leandro Fernandes; Camargo, Candida Helena Pires; Cosenza, Ramon M. (orgs). *Neuropsicologia - Teoria e Prática* [2ed.]. PORTO ALEGRE: ARTMED, 2014. p.115-138.

MANWELL, L. A. *et al.* What is mental health? Evidence towards a new definition from a mixed methods multidisciplinary international survey. **BMJ Open**. 2015 Jun 2;5(6):e007079.

MARTINHO JR, E. *et al.* Polimorfismo do gene do BDNF, cognição e gravidade dos sintomas em uma amostra de base populacional brasileira de indivíduos apresentando o primeiro episódio psicótico. **Brazilian Journal of Psychiatry**, 34, 2012 (Suppl. 2), s219-s225.

MARTIN-SMITH, R. *et al.* High Intensity Interval Training (HIIT) Improves Cardiorespiratory Fitness (CRF) in **Healthy, Overweight and Obese Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies**. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Apr 24;17(8):2955.

MANDOLESI, L. *et al.* Effects of Physical Exercise on Cognitive Functioning and Wellbeing: Biological and Psychological Benefits. **Front Psychol**. 2018 Apr;9:509. Published 2018 Apr 27.

MCCLURE, E. B. *et al.* Abnormal attention modulation of fear circuit function in pediatric generalized anxiety disorder. **Arch Gen Psychiatry**. 2007 Jan;64(1):97-106.

MENDES, A. C. **Identificação de graus de ansiedade à matemática em estudantes do ensino fundamental e médio**: contribuições à validação de uma escala de ansiedade à matemática. Dissertação de mestrado em Psicologia. São Carlos: UFSCar, 2012, 45f.

_____. **Ansiedade à matemática**: evidências de validade de ferramentas de avaliação e intervenção. Tese (Doutorado em Psicologia). São Carlos: UFSCar, 2016, 91f.

_____; CARMO, J. S. Atribuições Dadas à Matemática e Ansiedade ante a Matemática: o relato de alguns estudantes do ensino fundamental. **Bolema**, Rio Claro, v. 28, n. 50, p. 1368-1385, Dec. 2014.

MILANI, A. C. *et al.* Does pediatric post-traumatic stress disorder alter the brain? Systematic review and meta-analysis of structural and functional magnetic resonance imaging studies. **Psychiatry Clin Neurosci**. 2017 Mar;71(3):154-169.

MIMA, T. Social impact of recent advances in neuroscience. **Brain Nerve**. 2009 Jan;61(1):18-26. Japanese.

MIRANDA, M. *et al.* Neurotrophic Factor: A Key Molecule for Memory in the Healthy and the Pathological Brain. **Front Cell Neurosci**. 2019 Aug;13:363. Published 2019 Aug 7.

MIYAKE, A. *et al.* The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. **Cognitive Psychology**. 2000 Aug;41(1), 49–100.

- MONK, C. S. *et al.* Amygdala and ventrolateral prefrontal cortex activation to masked angry faces in children and adolescents with generalized anxiety disorder. **Arch Gen Psychiatry**. 2008 May;65(5):568-76.
- MOYLAN, S. *et al.* Exercising the worry away: how inflammation, oxidative and nitrogen stress mediates the beneficial effect of physical activity on anxiety disorder symptoms and behaviours. **Neurosci Biobehav Rev**. 2013 May;37(4):573-84.
- MOON, C. M.; JEONG, G. W. *et al.* Abnormalities in gray and white matter volumes associated with explicit memory dysfunction in patients with generalized anxiety disorder. **Acta Radiol**. 2017 Mar;58(3):353-361.
- MOURÃO JÚNIOR, C. A. *et al.* **Cognitive neuroscience and human development**. seer.fclar.unesp.br., 2017, 7. 9-30. 10.26673/tes.v7i0.9552.
- MOURA-SILVA, M. G.; BENTO-TORRES, J.; GONCALVES, T. O. Bases Neurais da Ansiedade Matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. **Bolema**. Rio Claro, v. 34, n. 66, p. 246-267, Apr. 2020.
- MYERS J.; KOKKINOS, P.; NYELIN, E. Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. **Nutrients**. 2019 Jul 19;11(7):1652.
- OCDE. **PISA 2015**, Results in Focus. 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus>. Acesso em 03 de janeiro de 2021.
- O'REILLY, R. C.; FRANK, M. J. Making working memory work: a computational model of learning in the prefrontal cortex and basal ganglia. **Neural Computing**. 2006 Feb;18(2):283-328.
- ORTEGA, F. B. *et al.* Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. **Int J Obes (Lond)**. 2008 Jan;32(1):1-11.
- HÖTTING, K.; RÖDER, B. Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. **Neurosci Biobehav Rev**. 2013 Nov; 37(9 Pt B):2243-57.
- OUDEN, L. D. *et al.* The Influence of Aerobic Exercise on Hippocampal Integrity and Function: Preliminary Findings of a Multi-Modal Imaging Analysis. **Brain Plast**. 2018 Dec 26; 4(2): 211- 216.
- PEDERSEN, B. K. Physical activity and muscle-brain crosstalk. **Nat Rev Endocrinol**. 2019 Jul;15(7):383-392.
- PERRIER-MELO, R. J. *et al.* High-Intensity Interval Training in Heart Transplant Recipients: A Systematic Review with Meta-Analysis. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. 2018 Feb;110(2), 188-194.
- PINDUS, D. M. *et al.* Moving fast, thinking fast: The relations of physical activity levels and bouts to neuroelectric indices of inhibitory control in preadolescents. **J Sport Health Sci**. 2019 Jul;8(4):301-314.
- PLOWMAN, S. A.; SMITH, D. **Fisiologia do exercício para saúde, aptidão e desempenho**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2009.
- POCH, C. *et al.* Hippocampal Theta-Phase Modulation of Replay Correlates with Configural-Relational Short-Term Memory Performance. **The Journal of Neuroscience**, v. 31, n. 19, p. 7038–7042, 11 maio 2011.
- POLLOCK, M.; FEIGENBAUM, M. S.; BRECHUE, W. **Exercise Prescription for Physical Fitness**. 1995, Quest. 47. 320-337.

- PONTIFEX, M. B. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychol. Sport Exerc.** 2018 Jul;40, 1–22.
- RAICHLEN, D.A.; ALEXANDER, G.E. Adaptive Capacity: An Evolutionary Neuroscience Model Linking Exercise, Cognition, and Brain Health. **Trends Neurosci.** 2017 Jul;40(7):408-421.
- RAMÍREZ-VÉLEZ, R. *et al.* The Effect of 12 Weeks of Different Exercise Training Modalities or Nutritional Guidance on Cardiometabolic Risk Factors, Vascular Parameters, and Physical Fitness in Overweight Adults: Cardiometabolic High-Intensity Interval Training-Resistance Training Randomized Controlled Study. **J Strength Cond Res.** 2020 Aug;34(8):2178-2188.
- RASBERRY, C. N. *et al.* The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. **Prev Med.** 2011 Jun;52 Suppl 1:S10-20.
- REINHOLDT-DUNNE, M. L.; MOGG, K.; BRADLEY, B. P. Effects of anxiety and attention control on processing pictorial and linguistic emotional information. **Behaviour Research and Therapy.** 2009 May; 47(5):410-7.
- RIBAS, G. C.; OLIVEIRA, E. A ínsula e o conceito de bloco cerebral central. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria.** 2007.65(1), 92-100.
- SALTZMAN, L. Y.; HANSEL, T. C.; BORDNICK PS. Loneliness, isolation, and social support factors in post-COVID-19 mental health. **Psychol Trauma.** 2020 Aug;12(S1):S55-S57.
- SIBLEY, B. A.; ETNIER, J.L. The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. **Pediatr Exerc Sci.** 2003;15: 243–256.
- SILVA, J. B. L. *et al.* Teste Stroop Victoria. In.: **Compêndio de testes neuropsicológicos: atenção, funções executivas e memória.** Organização Annelise Júlio-Costa, Ricardo Moura, Vitor Geraldi Haase. 1. ed. São Paulo: Hogrefe, 2017.
- SILVA, K. S. *et al.* Systematic review of childhood and adolescence sedentary behavior: analysis of the Report Card Brazil 2018. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 20(4), 415-44.
- SINGH, S. *et al.* Impact of COVID-19 and lockdown on mental health of children and adolescents: A narrative review with recommendations. **Psychiatry Res.** 2020 Nov;293:113429.
- SNECK, S. *et al.* Effects of school-based physical activity on mathematics performance in children: a systematic review. **Int J Behav Nutr Phys Act.** 2019 Nov;16, 109.
- SOLTANLOU. M. *et al.* Math Anxiety in Combination With Low Visuospatial Memory Impairs Math Learning in Children. **Front Psychol.** 2019 Jan;10:89.
- ST CLAIR-THOMPSON. H. L.; GATHERCOLE, S. E. Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. **Q J Exp Psychol (Hove).** 2006 Apr;59(4):745–759.
- STERBERG, R.; STERBERG, K. **Psicologia Cognitiva.** Revisão Técnica. Marcelo Fernandes. Tradução Noveritis do Brasil. 2. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016.

STEIN, R. High-Intensity Interval Training for Early Post-Acute Myocardial Infarction - A Promising Approach for Rats, but what about Human Beings?. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. 2018 Apr;110(4), 381-382.

STILLMAN, C. M. *et al.* Cardiorespiratory fitness is associated with enhanced hippocampal functional connectivity in healthy young adults. **Hippocampus**. 2018 Mar;28(3):239-247.

STONEROCK, G. L. *et al.* Exercise as Treatment for Anxiety: Systematic Review and Analysis. **Ann Behav Med**. 2015 Aug;49(4):542-56.

STUBBS, B. *et al.* An examination of the anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and stress-related disorders: A meta-analysis. **Psychiatry Res**. 2017 Mar 249:102-108.

STRAWN, J.R. *et al.* Establishing the neurobiologic basis of treatment in children and adolescents with generalized anxiety disorder. **Depress Anxiety**. 2012 Apr;29(4):328-39.

SUÁREZ-PELLICIONI, M.; NÚÑEZ-PEÑA, M.; COLOMÉ, À. Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. **Cogn Affect Behav Neurosci**. 2016 Feb;16(1):3–22. doi:10.3758/s13415-015-0370-7

SUPEKAR, K. *et al.* Neural predictors of individual differences in response to math tutoring in primary-grade school children. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 2013 May 14;110(20):8230-5.

_____. *et al.* Remediation of Childhood Math Anxiety and Associated Neural Circuits through Cognitive Tutoring. **J Neurosci**. 2015 Sep 9;35(36):12574–12583.

SWARTZ, J. R. *et al.* Age-related changes in the structure and function of prefrontal cortex-amygdala circuitry in children and adolescents: a multi-modal imaging approach. **Neuroimage**. 2014a. Feb 1;86:212-20.

_____. *et al.* Dynamic changes in amygdala activation and functional connectivity in children and adolescents with anxiety disorders. **Dev Psychopathol**. 2014b. Nov;26(4 Pt 2):1305-19.

SWARTZ, J.R.; MONK, C.S. The role of corticolimbic circuitry in the development of anxiety disorders in children and adolescents. **Curr Top Behav Neurosci**. 2014;16:133-48.

SZUHANY, K. L.; BUGATTI, M.; OTTO, M. W. A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. **J Psychiatr Res**. 2015 Jan 60:56-64.

TARAS, H. Physical activity and student performance at school. **J Sch Health**. 2005 Aug;75(6):214-8.

TEIXEIRA, L. C. M. **Exercício físico, neurogênese e memória**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2013, 125 f.

TOMPOROWSKI, P. D. Effects of acute bouts of exercise on cognition. **Acta Psychologica**. 2003 Mar;112(3), 297-324.

_____. *et al.* Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. **Educ Psychol Rev**. 2008 Jun;1;20(2):111-131.

_____; PESCE, C. Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. **Psychol Bull.** 2019 Sep;145(9):929-951.

TOTTORI N. *et al.* Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years. **Int J Environ Res Public Health.** 2019 Nov;16(21):4127.

TYLER, W. J. *et al.* From acquisition to consolidation: on the role of brain-derived neurotrophic factor signaling in hippocampal-dependent learning. **Learning & memory.** 2002 Sep-Oct;9(5):224-37.

UYSAL N. *et al.* Regular aerobic exercise correlates with reduced anxiety and increased levels of irisin in brain and white adipose tissue. **Neurosci Lett.** 2018 May 29;676:92-97.

VAN PRAAG H. Neurogenesis and exercise: past and future directions. **Neuromolecular Med.** 2008 Feb;10(2):128-40.

VAYNMAN, S.; YING, Z; GOMEZ-PINILLA, F. Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. **Eur J Neurosci.** 2004 Nov;20(10):2580–2590.

VOGELZANGS, N. *et al.* Anxiety disorders and inflammation in a large adult cohort. **Transl Psychiatry.** 2013 Apr 23;3(4).

VOSS, M. W. *et al.* Exercise, brain, and cognition across the life span. **J Appl Physiol** (1985). 2011 Nov;111(5):1505-13.

_____. *et al.* Bridging animal and human models of exercise-induced brain plasticity. **Trends Cogn Sci.** 2013 Oct;17(10):525-44.

WANG, J. X. *et al.* Prefrontal cortex as a meta-reinforcement learning system. **Nat Neurosci.** 2018 Jun;21(6):860-868.

WRANN, C. D. *et al.* Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. **Cell Metab.** 2013 Nov 5;18(5):649-59.

WRANN, C. D. FNDC5/irisin - their role in the nervous system and as a mediator for beneficial effects of exercise on the brain. **Brain Plast.** 2015 Oct;1(1):55–61.

YOUNG, C. B.; WU, S. S.; MENON, V. The neurodevelopmental basis of math anxiety. **Psychological Science**, 2012 May;1;23(5):492-501.

YOUNG, M. F.; VALARIS, S.; WRANN, C. D. A role for FNDC5/Irisin in the beneficial effects of exercise on the brain and in neurodegenerative diseases. **Prog Cardiovasc Dis.** 2019 Mar-Apr;62(2):172–178.

YU, F. *et al.* Efficacy and mechanisms of combined aerobic exercise and cognitive training in mild cognitive impairment: study protocol of the ACT trial. **Trials.** 2018 Dec 22;19(1):700.

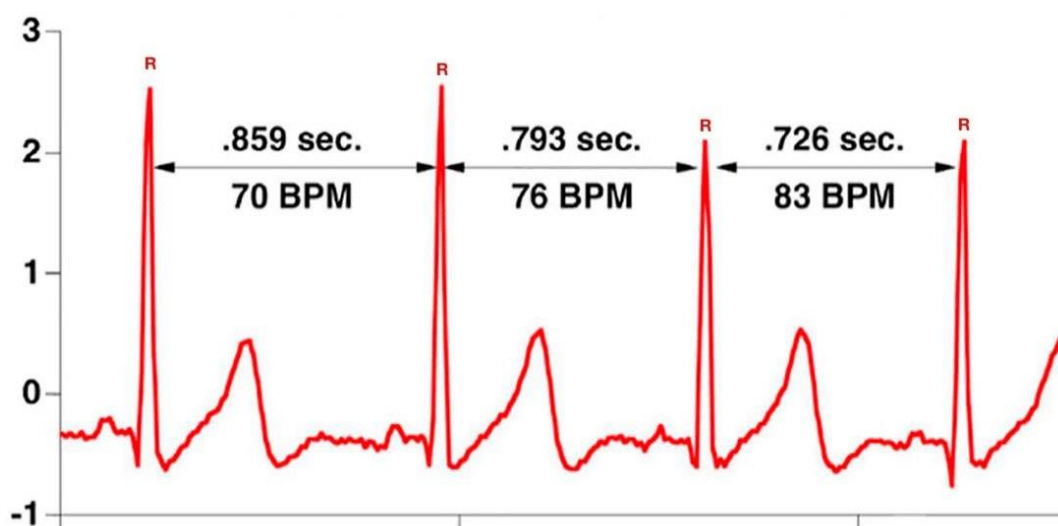
YÜKSEL, O. *et al.* Regular Aerobic Voluntary Exercise Increased Oxytocin in Female Mice: The Cause of Decreased Anxiety and Increased Empathy-Like Behaviors. **Balkan Med J.** 2019 Aug 22;36(5):257-262.

ZIMMERMANN, N. *et al.* Funções executivas e linguagem na infância: conceitos e relações entre componentes cognitivos para a interpretação neuropsicológica e neuropsicolinguística. In.: **Avaliação de linguagem e funções executivas em crianças.** Organização Rochele Paz Fonseca, Mirella Liberatore Prando, Nicolle Zimmermann. São Paulo: Memnon, 2016.

CAPÍTULO IV – ASSOCIAÇÕES ENTRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC) E ANSIEDADE MATEMÁTICA (AM)

A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) é um marcador biológico (LOPES *et al.*, 2013), que vai descrever as oscilações no intervalo entre os batimentos cardíacos consecutivos (denominados de intervalos R-R), bem como as oscilações entre as frequências cardíacas instantâneas consecutivas (VANDERLEI *et al.*, 2009; FERREIRA, 2010), conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Exemplo de um traçado eletrocardiográfico representando os intervalos R-R em milissegundos (ms).



Fonte: <https://mundoentrenamiento.com/frecuencia-cardiaca/>

Ademais, uma alta VFC é sinal de boa adaptação fisiológica do organismo, caracterizando um indivíduo saudável, com mecanismos autonômicos eficientes, em equilíbrio, enquanto baixa VFC é geralmente associada a adaptação anormal e insuficiente do mesmo Sistema Nervoso Autônomo (SNA), indicando possível mau funcionamento fisiológico no indivíduo. (VANDERLEI *et al.*, 2009; FERREIRA, 2010).

A Variabilidade da Frequência Cardíaca pode ser aferida de modo não invasivo (não oferece risco à integridade física do indivíduo), permitindo avaliar a regulação do sistema nervoso autônomo sobre o coração (KAWAGUCHI *et al.*, 2007), ou modulação autonômica cardíaca (CATAI *et al.*, 2020). Este parâmetro foi analisado pela primeira vez em 1965, para realizar a monitorização fetal (HON; LEE, 1965). Posteriormente

passou a ser utilizada a fim de demonstrar a associação entre a redução da VFC com os casos de mortalidade após infarto agudo do miocárdio (WOLF *et al.*, 1978), sendo confirmada como um importante preditor de mortalidade em cardiopatas (KLEIGER *et al.*, 1987). Atualmente, sabe-se que a redução da VFC, persistindo por longo período, pode desencadear uma série de disfunções imunológicas, processos inflamatórios, doenças cardiovasculares e aumento no risco de morte prematura (KEMP; QUINTANA, 2013; KEMP, 2016; ALVARES *et al.*, 2016).

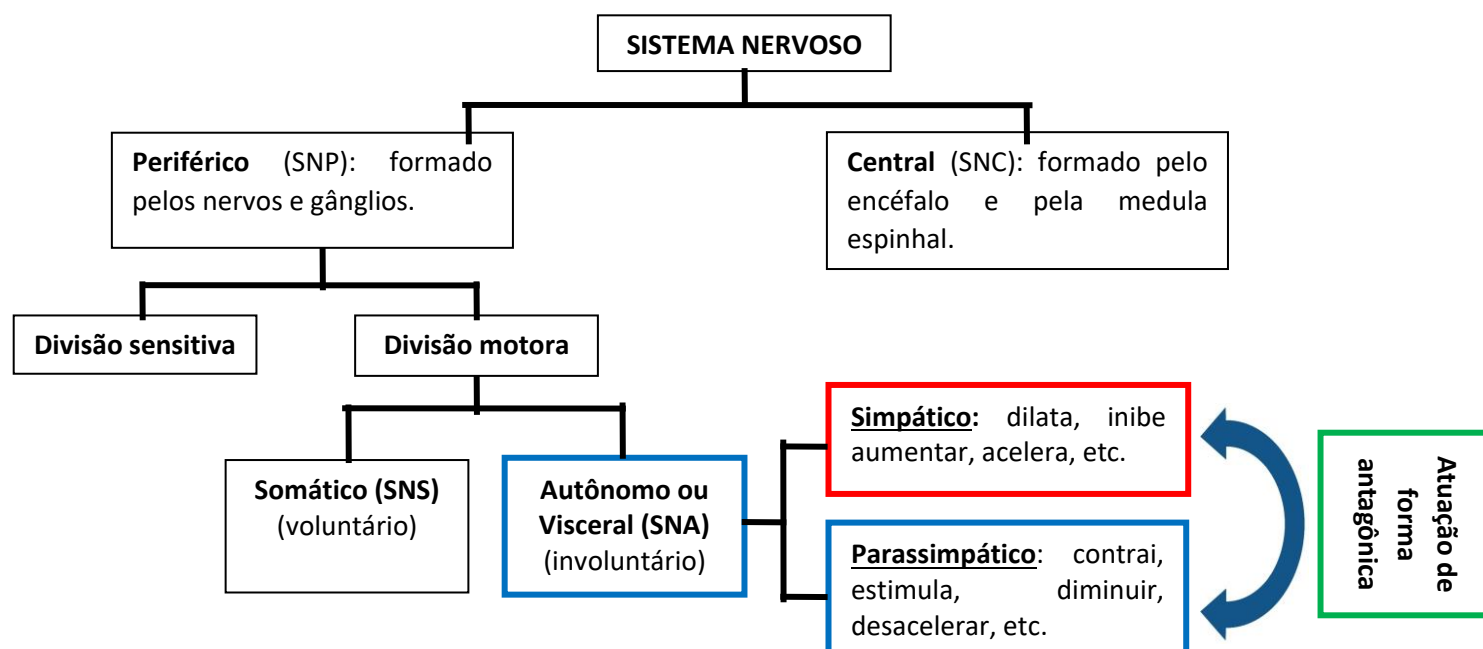
Existem diversos instrumentos que conseguem captar as ondas R (sinais) da VFC, como por exemplo os Eletrocardiógrafos (ECG), os conversores analógicos digitais e os cardiofrequencímetro, que possuem sensores externos colocados em pontos específicos do corpo (VANDERLEI *et al.*, 2009).

A regulação da VFC pode ser explicada pelo modelo psicofisiológico de integração neurovisceral (THAYER; LANE, 2000; KOENIG, 2020), que consiste, basicamente, da interação entre o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) e o Sistema Nervoso Central (SNC), através de circuitos inibitórios pré-frontais subcorticais que estão diretamente relacionados à autorregulação, ligados ao coração através do nervo vago (PORGES, 2009; BENARROCH, 2012; PARK; THAYER, 2014), o principal nervo do sistema nervoso parassimpático (BRODAL, 2010). Para este modelo, a melhoria do desempenho cognitivo executivo, emocional e estado de saúde, está relacionado diretamente com um tônus vagal aumentado, ou mais alto (THAYER *et al.*, 2009).

O sistema nervoso apresenta uma rede estrutural e funcional tendo na sua composição central o encéfalo e a medula espinhal, e na composição periférica é formada pelos nervos e gânglios (FELTEN; SHETTY, 2009; KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2013). Na sua distribuição periférica tem-se duas subdivisões: nervos sensitivos (ou aferentes), responsáveis em informar o SNC sobre o que está ocorrendo dentro e fora do corpo, e os nervos motores (ou eferentes), que são responsáveis pelo envio de informações do SNC aos tecidos, órgãos e sistemas, como resposta aos sinais que chegam via divisão sensitiva (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2013). Na divisão motora tem-se uma inervação que controla os movimentos voluntários chamado de Sistema Nervoso Somático (SNS) e outra que controla os movimentos involuntários chamado de Sistema Nervoso Autônomo (SNA) ou visceral (LENT, 2008). O SNA, é o responsável pelos ramos simpático e parassimpático, que vão atuar de forma antagônica

funcional na regulação dos mecanismos fisiológicos (FELTEN; SHETTY, 2009; LENT, 2010). A seguir apresentamos uma síntese da estrutura do sistema nervoso (Figura 10), e chamamos a atenção para a função de modulação dos processos fisiológicos do SNA.

Figura 10 - Síntese da organização estrutural e funcional do sistema nervoso



Fonte: Felten; Shetty, 2009; Lent, 2010; Bear; Connors; Paradiso, 2017.

O Sistema Nervoso Autônomo (SNA) desempenha uma função importante na regulação e modulação dos processos fisiológicos do organismo humano tanto em condições normais, quanto patológicas (VANDERLEI *et al.*, 2009). Esses processos fisiológicos estão relacionados por exemplo com as ações simpáticas (atuando no miocárdio) por meio da noradrenalina (neurotransmissor) no aumento da frequência cardíaca e, nas ações parassimpáticas do SNA (com atuação no nó sinoatrial, miocárdio atrial e o nó atrioventricular), devido a ação da acetilcolina (neurotransmissor) relacionado com a diminuição da frequência cardíaca (LOPES *et al.*, 2013; THAYER, *et al.*, 2009). Normalmente essas ações simpáticas e parassimpáticas agem de forma antagônicas a fim de manter a homeostase (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

A análise da VFC permite a compreensão da relação entre as funções cardíacas e neurais, apresentando-se como um importante recurso para detectar, prevenir e auxiliar no diagnóstico clínico de patologias (LOPES *et al.*, 2013), como por exemplo nos casos de obesidade (POIRIER *et al.*, 2003; THAYER *et al.*, 2009), cardiopatia congênita (GODOY *et al.*, 2012), diabetes (CAMBRI; OLIVEIRA; GEVAERD, 2008; THAYER *et al.*, 2009) e distúrbios de ansiedade (RAJIV *et al.*, 2011; CHALMERS *et al.*, 2016),

que se manifestam em forma de mudanças nos padrões da VFC, sendo indicador sensível e antecipado de comprometimentos na saúde (VANDERLEI *et al.*, 2009).

A ansiedade é uma reação emocional que não está sob controle voluntário, está ligada ao medo, em situações de crises, luta ou fuga, estando sob domínio do ramo simpático (CHAND; MARWAHA, 2021). Ademais, compreende-se a influência dos desafios ambientais e psicológicos sobre as emoções, pensamentos e atitudes, impactando nas atividades fisiológicas do organismo que tentam se adaptar (THAYER *et al.*, 2009; MCCRATY; SHAFFER, 2015).

No modelo de integração neurovisceral, a VFC é usada para indexar aspectos importantes da regulação do sistema autonômico (THAYER *et al.*, 2009), em indivíduos com transtornos de ansiedade (KEMP, 2016; ALVARES *et al.*, 2016; HELD *et al.*, 2021). Sabe-se que esse transtorno desencadeia mudanças nos padrões desse marcador biológico (RAJIV *et al.*, 2011), indicando redução da VFC, variando de maneira pequena a moderada, com implicações na saúde física e no bem estar do indivíduo (CHALMERS *et al.*, 2014), em comparação aos indivíduos saudáveis (HELD *et al.*, 2021). Portanto, a VFC, mostra-se como um marcador biológico que se aplica a vários domínios da saúde (LOPES *et al.*, 2013).

No caso específico dessa pesquisa, o mote foi investigar a associação da VFC com a ansiedade. Diante do modelo conceitual apresentado no capítulo anterior de que o exercício físico influencia na ansiedade, observa-se que a VFC possui também associações com a ansiedade. Nessa perspectiva, tem-se a pesquisa inédita de Moura Silva (2019), realizada no contexto escolar, que investigou a VFC em crianças com Ansiedade Matemática e os resultados mostraram que crianças com alta ansiedade matemática, apresentaram diminuição da VFC, com redução no desempenho durante a realização do teste de desempenho matemático (aritmética), indicando neste caso a relação do fator emocional, com o SNA, impactando na cognição, corroborando as evidências do predomínio do ramo simpático em situações de estresse, luta e fuga (CHAND; MARWAHA, 2021).

O modelo de integração neurovisceral mostra também que a função autonômica desempenha um papel importante na regulação dos processos cognitivos de ordem superior (GIULIANO *et al.*, 2017), devido a associação da VFC com áreas cerebrais (como por exemplo o córtex pré-frontal, o cíngulo e o núcleo central da amígdala), que são regiões específicas da cognição, sendo que o aumento da VFC está associado a

maior ativação do córtex pré-frontal, área também envolvida no controle inibitório, memória de trabalho, flexibilidade cognitiva (THAYER, *et al.*, 2009), mesmo em indivíduos com alta ansiedade (RAMÍREZ *et al.*, 2015). A VFC atua também como autorregulador da cognição (HOLZMAN; BRIDGETT, 2017), predizendo o desempenho cognitivo no controle inibitório e memória de trabalho (HANSEN *et al.*, 2003). Entretanto, indivíduos ansiosos (com desregulação autonômica), apresentam menor desempenho em atividades de atenção, inibição e memória de trabalho (THAYER *et al.*, 2009).

A VFC vem sendo bastante utilizada também em adultos e crianças fora do ambiente ambulatorial (LOPES *et al.*, 2013), em indivíduos saudáveis, como por exemplo na área da ciência do esporte e do treinamento esportivo, a VFC vem sendo utilizada a fim de identificar e comprovar as alterações autonômicas associadas com a prática do exercício físico (HOTTENROTT; HOOS; ESPERER, 2006). Em relação a intensidade do exercício físico, as evidências indicam associações positivas da VFC com os exercícios físicos de intensidade moderada a vigorosa em crianças e adolescentes (OLIVEIRA *et al.*, 2017). A utilização da VFC em clubes esportivos indica que crianças fisicamente mais ativas apresentaram maior ativação do tônus vagal (parassimpático), com aumento da VFC, em comparação com grupos de crianças menos ativas fisicamente (RADTKE *et al.*, 2013), por fim, as evidências apontam que o hábito da prática esportiva está associado positivamente com a atividade autonômica do sistema nervoso parassimpático em adolescentes (CAYRES *et al.*, 2015).

Sobre o efeito agudo do HIIT na cognição e na VFC, tem-se o estudo de Ludyga *et al.*, (2019), no qual 94 adolescentes foram alocados em três grupos: grupo 1(exercício de intensidade moderada), grupo 2 (exercício de alta intensidade) e grupo 3 (controle: sentados, assistindo vídeo apropriado para a idade, mostrando pessoas realizando exercícios físicos diversos). Todos foram avaliados na tarefa de Flanker (controle inibitório), na condição pré e pós exercício, bem como 30 e 60 minutos após o término do exercício. A VFC, foi aferida em todas as etapas da intervenção por meio de eletrocardiografia. Os índices avaliados foram o **LF** (*Low Frequency*) e o **HF** (*High Frequency*), que significa baixa e alta frequência respectivamente. Os resultados da VFC, mostraram aumento na razão LF/HF nos grupos 1 e 2, mas não no grupo controle. Demonstrando que a VFC aumenta após o exercício de intensidade moderada ou alta.

Até onde sabemos, a pesquisa que ora apresento, será a primeira a investigar o efeito agudo do HIIT na VFC, do índice não linear (SampEn) sob a ótica do modelo de integração neurovisceral, em crianças escolares (classificadas em alta e baixa AM), durante o teste de desempenho matemático (condição estressora).

4.1. Índices da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Durante a verificação da VFC, tem-se diversas medidas (sequências de intervalos R-R que foram coletadas), que podem ser analisados a partir dos índices (métodos): lineares e não lineares (RASSI, 2000; ROCHA *et al.*, 2005; FERREIRA 2010).

Apenas para fim de apresentação, os índices lineares são classificados em domínios do tempo: **SDNN** (Desvio padrão de todos os intervalos NN normais - *Standard Deviation of all normal NN interval*); **SDANN** (Desvio padrão do intervalo NN médio - *Standart Deviation of the Average NN Interval*); **SDNNi** (Média do desvio padrão de 5 minutos dos intervalos NN - *The Mean of the 5 minutes Standard Deviation of NN Intervals*); **rMSSD** (Média raiz da diferença quadrada do intervalo NN sucessivo - *Root-Mean of square sucessive NN interval difference*); **pNN50** (Porcentagem de intervalos NN normal-normais cuja diferença excede 50 ms - *Percent of normal-normal NN intervals whose difference exceeds 50 ms*); **Índice triangular**. Domínios da Frequência: **ULF** (Frequência ultra baixa - *Ultra Low Frequency*); **VLF** (Frequência muito baixa - *Very Low Frequency*); **LF** (Frequência baixa - *Low Frequency*) e o **HF** (Alta Frequência - *High Frequency*), (RASSI, 2000; GODOY, 2003; ROCHA *et al.*, 2005; ACHARYA *et al.*, 2006; KHALED *et al.*, 2006; VANDERLEI *et al.*, 2009; DIAS DE CARVALHO *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2013; MACHADO, 2018).

4.2. Índices (métodos) não lineares

A análise de interpretação desse trabalho focará apenas no índice não linear chamado de SampEn, uma vez que este índice está associado com a variável de desfecho de nosso interesse, sendo, portanto, objeto específico desse trabalho,

Os métodos não lineares são embasados pela teoria do Caos, que no seu sentido filosófico-científico é definida como a interação entre ordem e desordem, desintegração e organização (WILLIAMS, 2001; MORIN, 2002), explicando o funcionamento de sistemas complexos e dinâmicos, estudando a ordem altamente complexa (GODOY, 2003). Nesse contexto, um conjunto de sistemas que constituem o corpo humano como

o respiratório, o nervoso, o cardiovascular, dentre outros, interagem entre si, a fim de regularizar e proporcionar o bom funcionamento do organismo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016; KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016). Dentre esses, destacamos o sistema cardiovascular onde o coração é o principal órgão que vai bombear o sangue por meio dos vasos sanguíneos para todo o corpo, devido ao movimento de contração do coração chamado de sístole, e entre cada batimento cardíaco o coração relaxa devido ao movimento de diástole, enchendo-se novamente de sangue para que possa bombeá-lo para todo o corpo (POWERS; HOWLEY, 2014; MACHADO, 2018).

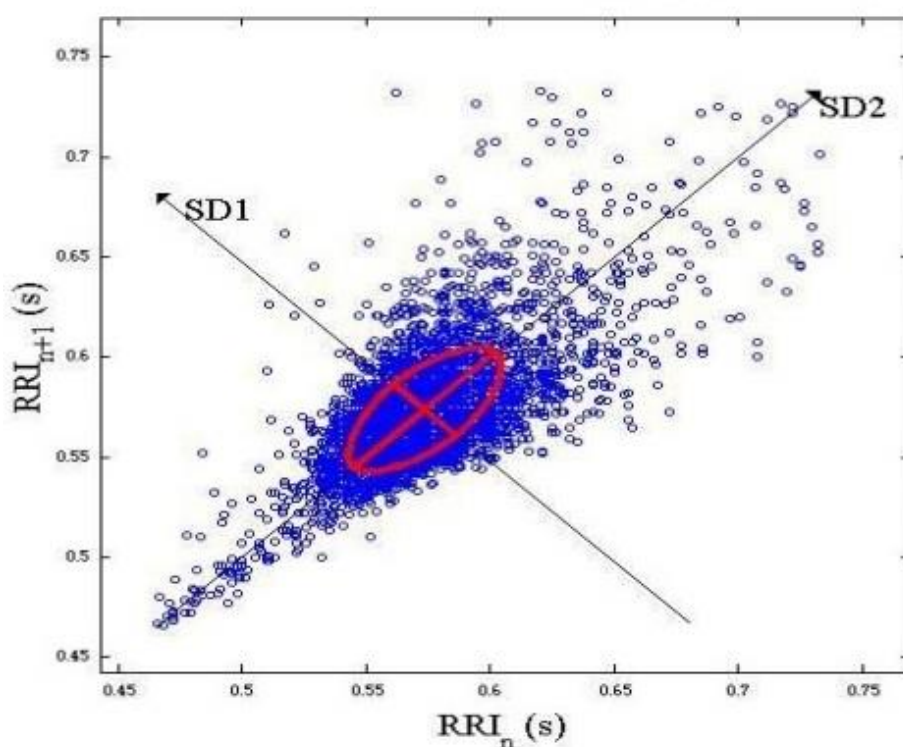
Portanto, devido a toda essa complexidade nos seus diversos processos fisiológicos como o intervalo entre os batimentos cardíacos, a pressão arterial, o fluxo sanguíneo, e a respiração, interagindo com os fatores físicos e químicos como parte de um sistema que também é complexo, dinâmico, determinístico e não linear, é que a VFC vem sendo estudada do ponto de vista da teoria do Caos (GODOY, 2003; FERREIRA 2010), para que seja avaliada a complexidade dos intervalos RR, entendendo esta, como a capacidade de fazer adaptações entre as tensões do dia a dia, sendo que, quanto maior a complexidade, maior será a capacidade do organismo em se adaptar diante das situações, ocorrendo também o inverso (LIPSITZ, 2002), sendo assim, os métodos não lineares, complementam os métodos lineares para análise da VFC, com intuito de identificar, ou quantificar alterações, adaptações ou patologias do SNA (FERREIRA, 2010).

Como métodos não lineares podemos citar: a **Plotagem de Lorenz**, a **Dimensão fractal** e a **Entropia** (VOSS *et al.*, 2007; FERREIRA, 2010).

O método chamado a **Plotagem de Lorenz** (ou **Plot de Poincaré** ou **mapa de retorno**), converte cada intervalo RR em um mapa (padrões geométricos) de pontos nas coordenadas cartesianas, onde cada ponto é representado, no eixo horizontal (x) (abscissa), pelo intervalo RR normal precedente e, no eixo vertical (y) (ordenada), pelo intervalo seguinte, gerando gráficos de dispersão (RASSI, 2000; KHALED *et al.*, 2006; SHAFFER; GINSBERG, 2017). A análise pode ser feita de maneira qualitativa (visual), a partir da avaliação da figura formada, indicando o grau de complexidade dos intervalos RR, ou de maneira quantitativa, a partir do ajuste de uma elipse no gráfico formado, onde se obtém três índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (BRUNETTO *et al.*, 2005; DE VITO *et al.*, 2002). O SD1 corresponde ao desvio padrão (mede a dispersão de uma distribuição de dados) dos pontos transversalmente à linha de identidade, com

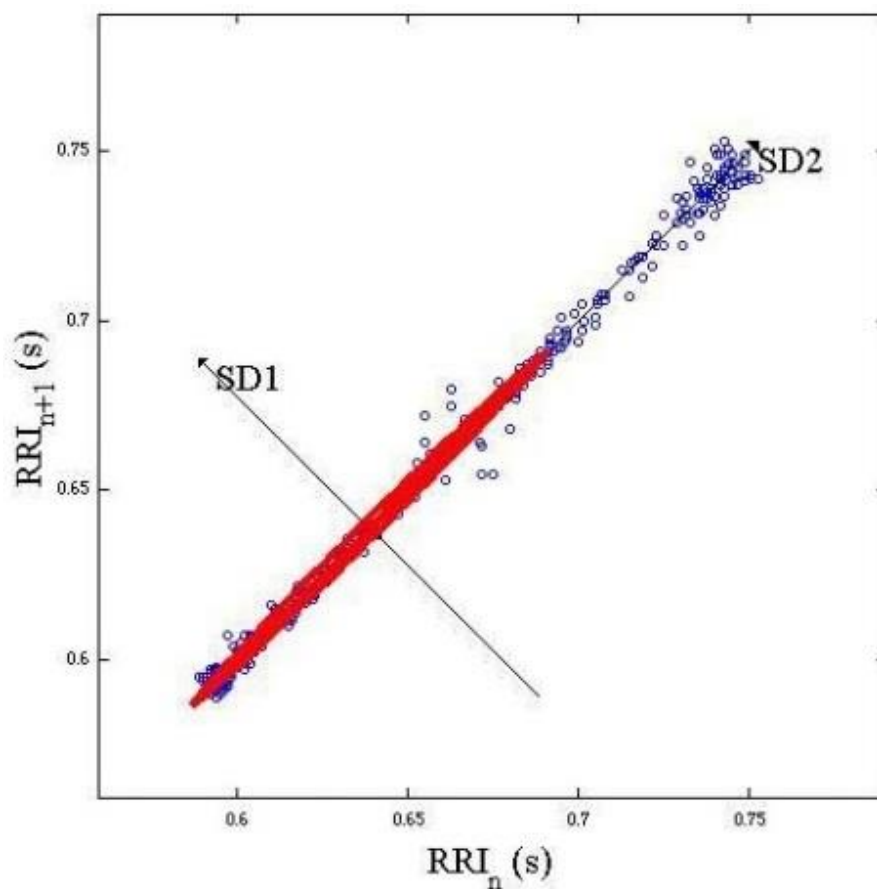
registros instantâneos da variação batimento a batimento, enquanto o SD2, é a dispersão dos pontos longitudinalmente a linha de identidade, representando a VFC em registro de longa duração, tendo no SD1/SD2, a relação entre ambos (ACHARYA *et al.*, 2006; GAMELIN *et al.*, 2006). O SD1, representa o índice do tônus parassimpático, enquanto o SD2, sofre influência do tônus simpático e parassimpático (MOUROT *et al.*, 2004, MOURA SILVA, 2019). Abaixo dois exemplos de gráficos de Poincaré entre um indivíduo saudável (Figura 11) e outro com patologia (Figura 12).

Figura 11 - Nuvens de pontos mais dispersas são indicativas de um indivíduo saudável



Fonte: Godoy, 2003.

Figura 12 - Nuvens de pontos mais concentrados é indicativo de um indivíduo com presença de patologias.



Fonte: Godoy, 2003.

A Dimensão fractal

O método de análise chamado de Flutuação Depurada de tendências (*Detrended Fluctuation Analysis*), representado pela sigla DFA (PENG *et al.*, 1995), mede a correlação entre os intervalos RR sucessivos onde os valores baixos correspondem a uma maior variabilidade (ECHEVERRÍA *et al.*, 2003; MOURA SILVA, 2019). Este método apresenta duas escalas: as flutuações de curto prazo chamadas $\alpha 1$ (alfa), tem como referência para agrupamentos ≤ 11 batimentos, e as flutuações de longo prazo chamadas $\alpha 2$ (alfa), tem como referência para agrupamentos > 11 batimentos (GODOY, 2003). A DFA $\alpha 1$ está associada ao reflexo barorreceptor, e a DFA $\alpha 2$ está associado com os mecanismos que regulam a flutuação do ciclo de batimento (MOURA SILVA, 2019).

A Entropia

A Entropia Aproximada (ApEn), destaca-se como um método não linear para estudar o sistema biológico, medindo o grau de irregularidade e complexidade de um sinal (PINCUS; SINGER, 1995; MADEIRO *et al.*, 2013). A ApEn é definida pelo logaritmo natural da prevalência relativa de repetitivos padrões (amostras da série RR) de tamanho "m" comparados com aqueles de tamanho m+1 (PINCUS; SINGER, 1991; MARQUES, 2010; MADEIRO *et al.*, 2013), representada na seguinte fórmula (Figura 13):

Figura 13 - Fórmula da Entropia.

$$ApEn(S_N, m, r) = \ln \left[\frac{C_m(r)}{C_{m+1}(r)} \right]$$

Fonte: Madeiro, 2013.

Onde " S_N " corresponde ao desvio padrão da série avaliada, " m " representa ao comprimento das sequências a serem comparadas, " r " é tolerância para aceitar correspondências (RICHMAN; MOORMAN, 2000; MOURA SILVA, 2019).

Quanto maior o valor da ApEn, maior será a complexidade ou irregularidade da série RR, indicando um estado saudável, quanto menor o valor da ApEn, menor a complexidade, indicando alguma possível enfermidade (KAPLAN *et al.*, 1991; GODOY, 2003; ACHARYA *et al.*, 2006).

A Entropia da Amostra (SampEn), tem o objetivo de calcular o grau de complexidade da distribuição aleatória da série do intervalo R-R, a partir de uma série temporal menor (RICHMAN; MOORMAN, 2000; HENRIQUES *et al.*, 2020), e quanto maior for a complexidade, indica que o sistema está mais propenso ao enfrentamento de deficiências, entretanto, sua diminuição está relacionada com outros fatores como a idade (envelhecimento) e o surgimento de doenças ou patologias (PORTA *et al.*, 2001; GOLDBERGER; PENG; LIPSITZ, 2002; CAMARGO, 2017).

Em indivíduos saudáveis o valor da SampEn é maior para os sinais cardíacos, quando comparados com indivíduos que apresentam algum tipo de deficiência cardíaca (LOMBARDI, 2000). Portanto, como alta entropia é sinal de saúde, a baixa entropia é sinal de enfermidade, patologias ou doenças (GODOY, 2003). Ademais, achado recente indica que medidas não lineares estão relacionadas com a cognição (BOUNY *et al.*,

2021) e humor (YOUNG; BENTON; CARTER, 2015), sugerindo que a entropia é um marcador confiável de integração neurovisceral, coordenada durante as interações de estresse e cognição (DESHODT-ARSAC *et al.*, 2020). Por este motivo, o índice da SampEn foi utilizado para avaliar a VFC durante os testes de desempenho matemático (condição estressora).

CAPÍTULO V – MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa está vinculada ao projeto intitulado "Implicações da Atividade Física em Crianças com Ansiedade Matemática", registrado na Plataforma Brasil. Todas as etapas e procedimentos realizados foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) da Universidade Federal do Pará (UFPA), de acordo com o Parecer de Aprovação do Conselho de Ética em Pesquisa, consubstanciado pelo Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 76887417.2.0000.0018, de número: 3.195.511 (Anexo A), estando de acordo com as resoluções e normativas do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Esta investigação utilizou o HIIT, como condição experimental, e o Alongamento estático como condição controle, a fim de verificar seus efeitos agudos na função executiva da memória de trabalho³², na resolução de cálculos matemáticos (aritméticos) realizados mentalmente do campo multiplicativo e aditivo, bem como na VFC.

Os participantes da pesquisa, foram divididos de acordo com o resultado bruto obtido na Escala de Ansiedade Matemática Elementar MARS-E (RICHARDSON; SUINN, 1972), em dois grupos: Baixa Ansiedade Matemática (BAM) e Alta Ansiedade Matemática (AAM).

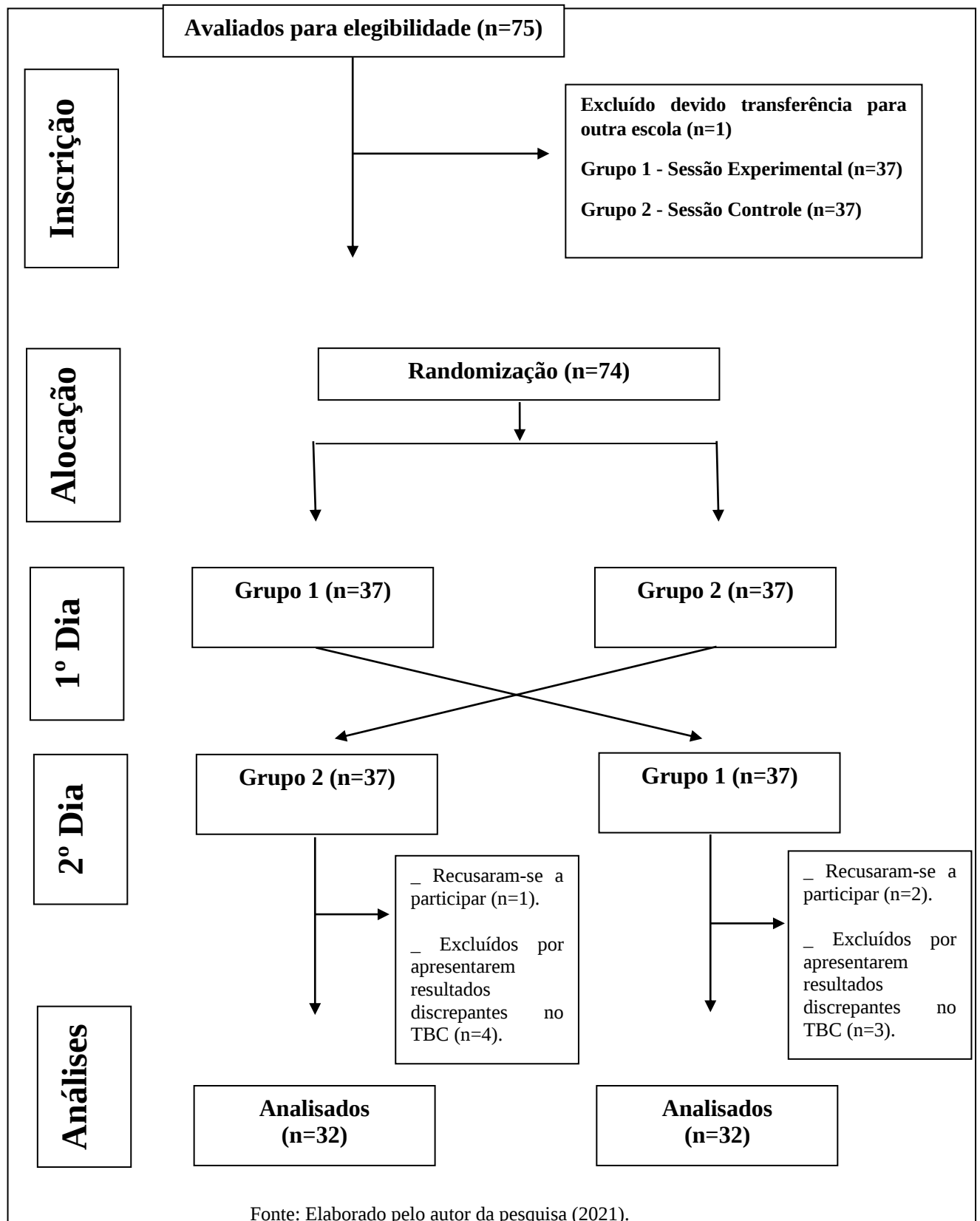
A amostra foi constituída por 64 crianças (33 meninas e 31 meninos) do 4º, 5º e 6º ano do ensino fundamental de uma escola pública na cidade de Belém (Pará), Brasil. Essas crianças participaram da pesquisa após os pais (e/ou responsáveis) terem assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A). Inicialmente 100 (cem) termos foram encaminhados, 75 devidamente autorizados e devolvidos dentro dos critérios de inclusão em relação a idade (9 e 12 anos) e estar regularmente matriculado na escola no turno da manhã.

Dos 75 participantes autorizados, um foi transferido para outra escola no início da coleta, sendo avaliado o total de 74 participantes durante aproximadamente 4 meses e meio. A coleta de dados ocorreu na própria escola dos participantes. Nas semanas seguintes à coleta dos TCLE, foi aplicado o questionário (1ª etapa), seguido dos testes

³² É a capacidade de reter e manipular (processar) temporariamente uma informação, realizando operações mentais com a informação armazenada (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006; STERNBERG; STERNBERG, 2016).

físicos e medidas corporais (2ª etapa). No início da 3ª e 4ª etapas, 3 participantes desistiram de realizar a fase experimental, restando 71 participantes. Durante as análises do teste da memória de trabalho foi necessário excluir dados de 7 participantes que apresentaram resultados discrepantes para evitar viés nas análises, conforme apresentado no Fluxograma (Figura 14).

Figura 14 - Fluxograma representando o fluxo dos participantes em cada etapa da pesquisa.



Como a pesquisa avaliou o efeito agudo do exercício físico na cognição dos participantes, sempre no dia anterior ao experimento, os pais (e/ou responsáveis) eram orientados por telefone para absterem as crianças da prática de exercício físico, e que no jejum, não tomassem bebidas com cafeína, evitando viés nas variáveis analisadas, devido seus efeitos estimulantes no sistema nervoso central, circulação sanguínea e na função cardíaca (MELLO; KUNZLER; FARAH, 2007), como por exemplo na variabilidade da frequência cardíaca (YERAGANI *et al.*, 2005; SARSHIN *et al.*, 2020), influenciando também no desempenho físico e cognitivo (HOGERVORST *et al.*, 2008; SANCHIS *et al.*, 2020), durante as avaliações.

5.1. Delineamento metodológico da pesquisa

O método utilizado foi o Experimental, por meio do Ensaio Cruzado (crossover) Randomizado duplo cego³³. Trata-se de um método onde o pesquisador planeja e intervém ativamente, muito usado para avaliação de intervenção na saúde, seja medicamentosa ou não (OLIVEIRA; PARENTE, 2010; SOUZA, 2009). Nesse método, todos os participantes realizaram um treino de HIIT e um treino de alongamento (em dias separados), sendo o participante controle dele mesmo, com a ordem das condições experimentais sendo contrabalançadas (PONTIFEX *et al.*, 2018).

Os 64 participantes realizaram quatro etapas, na primeira, responderam ao questionário da Escala de Ansiedade Matemática Elementar (MARS-E), de Richardson e Suinn (1972), que durou aproximadamente 15 minutos, em um ambiente climatizado, na própria escola. O referido questionário teve o objetivo de classificar as crianças com Baixa Ansiedade Matemática (BAM) ou Alta Ansiedade Matemática (AAM). De acordo com a pontuação bruta, conforme os anos escolares, foi adotado como sugere o instrumento, um índice de corte para alta ansiedade matemática o percentual acima de 75% (MOURA SILVA, 2019; SUINN *et al.*, 1988).

Na segunda etapa da pesquisa foram realizados os seguintes testes físicos³⁴: Teste de Força do Membro Superior (MMSS), Teste de Força Membro Inferior (MMII), o Teste de Andersen (Teste Indireto de VO2 máximo) e o Teste de Vaivém 4x10m. O

³³ Uma característica do duplo cego, é que tanto o(s) participante(s), quanto o(s) avaliador(es), no caso dessa pesquisa, desconheciam quem pertencia ao grupo de Baixa Ansiedade Matemática ou Alta Ansiedade Matemática (HOCHMAN *et al.*, 2005).

³⁴ Os resultados desses testes físicos serão apresentados posteriormente em forma de artigo científico.

objetivo de aplicar esses testes foi verificar e correlacionar os resultados dos participantes com o desempenho nos testes cognitivos e matemáticos, já que as evidências indicam que crianças com melhor aptidão cardiorrespiratória, apresentam melhores desempenhos acadêmicos do que aquelas com menor aptidão (PINDUS *et al.*, 2016; HILLMAN; BIGGAN, 2017; DAPP; ROEBERS, 2019).

Na terceira e quarta etapas da pesquisa foram realizadas as sessões experimentais, com duração de aproximadamente 45 minutos. Nessas etapas os participantes foram avaliados individualmente no seu turno de aula (manhã), em um ambiente climatizado (sala de informática) previamente adaptado na própria escola, sem interferências externas (o participante utilizava um abafador auricular durante a realização dos testes). A sessão experimental foi constituída de **sete fases**: na **primeira** iniciada com a colocação e ativação do frequencímetro cardíaco no participante, em seguida, foi obedecido 5 minutos de repouso na condição sentado, sem esforço físico. Na **segunda e terceira** fases era aplicado a ficha de avaliação de protocolo (Apêndice B), começando pelo Teste de Desempenho Matemático (TDM), seguido pelo Teste de Blocos Corsi (TBC), que avalia a Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV), esses dois na condição pré.

Na **quarta** fase foi realizado o HIIT (condição experimental) ou Alongamento (condição controle). Cada uma das condições foi composta de quatro tipos de exercícios físicos, que foram realizados durante 20 segundos cada, seguido de uma pausa de 10 segundos, sendo repetido duas vezes cada exercício, até o total de 4 minutos (Quadro I). A sessão de alongamento tinha a mesma quantidade de exercícios, tempo de execução e pausa (Quadro II), que a condição experimental. A **quinta** fase consistiu em um repouso com duração de 11 minutos sentado, pois esse é o tempo recomendado para que seja melhor observado o efeito agudo do exercício físico na cognição (CHANG *et al.*, 2012).

Na condição pós, foi completada as **sexta e sétima** fases (Figura 15), com a reaplicação do Teste de Desempenho Matemático (TDM) e o Teste de Blocos Corsi (TBC). O intervalo de tempo durante a semana de aplicação entre a 3ª e 4ª etapa foi superior a 48h, por exemplo, os participantes avaliados na 2ª feira (3ª etapa), foram reavaliados na 5ª feira (4ª etapa), os participantes avaliados na 3ª feira (3ª etapa), foram reavaliados na 6ª feira (4ª etapa). Esse cuidado foi necessário a fim de evitar viés nas análises, pois, evidências indicam que efeitos residuais do exercício físico na cognição podem perdurar por até 48h (PONTIFEX *et al.*, 2018).

Figura 15 - Fases do desenho experimental que avaliou o desempenho matemático (TDM) e a memória de trabalho visuoespacial (MTV), na condição pré e pós HIIT e Alongamento.



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

Durante toda a sessão da fase experimental a Frequência Cardíaca (FC) foi monitorada por um frequencímetro POLAR V800, a fim de controlar a zona alvo durante o HIIT, calculada conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fórmula da frequência cardíaca máxima por idade dos participantes, a zona alvo de trabalho utilizada durante a sessão para o grupo experimental e o percentual da FC máxima sugerido para o HIIT e adotado na pesquisa.

Fórmula da FC máx ³⁵ : 220 - idade	Zona alvo de trabalho no HIIT	Percentual da FC máxima
220 - 9 = 211 (100%)	> 179 bpm	> 85 % FC máx
220 - 10 = 210 (100%)	> 178 bpm	> 85 % FC máx
220 - 11 = 209 (100%)	> 177 bpm	> 85 % FC máx
220 - 12 = 208 (100%)	> 176 bpm	> 85 % FC máx

Fonte: Eddolls *et al.*, 2017; Alves *et al.*, 2018.

5.2 - Materiais

5.2.1. Escala Revisada de Ansiedade Matemática (Mathematics Anxiety Rating Scale - MARS-E)

Trata-se de um questionário de autorrelato que avalia a ansiedade matemática por meio de questões relacionadas com situações no cotidiano da disciplina matemática (RICHARDSON; SUINN, 1972; SUINN, 1972; SUINN *et al.*, 1988). O instrumento pode ser respondido por pré-adolescentes com idades entre 9 aos 12 anos, por meio de

³⁵ Fórmula de Karvonen, que prediz a frequência cardíaca máxima (CAMARDA *et al.*, 2008), muito utilizada na prescrição à prática de exercícios físicos, devido sua praticidade e simplicidade (BOUDET *et al.*, 2002; ROBERGS; LANDWEHR, 2002; CONDESSA *et al.*, 2014).

26 (vinte e seis) questões objetivas, tipo likert³⁶ de 1 a 5, onde deverá ser escolhido apenas uma das seguintes alternativas: **Nada nervoso**, **Não muito nervoso**, **Bastante nervoso**, **Muito nervoso** e **Extremamente nervoso**, conforme apresentado abaixo (Figura 16).

Figura 16 - Exemplo de questões da Escala MARS-E, envolvendo situações de operações matemáticas e do cotidiano de sala de aula.

	Nada nervoso	Não muito nervoso	Bastante nervoso	Muito nervoso	Extremamente nervoso
Marque o quão nervoso ou tenso você se sentiria se você tivesse que decidir se este problema está correto: $(3+4) + 2 = 4 + (2+3)$.	☐	☐	☐	☐	☐
Quando você é chamado pelo professor para resolver um problema de matemática no quadro. Quão nervoso você se sente?	☐	☐	☐	☐	☐

Fonte: Moura Silva, 2019.

A alternativa "Nada nervoso" equivale a 1 ponto, " Não muito nervoso" equivale a 2 pontos, e assim sucessivamente, até a pontuação 5 para "Extremamente Nervoso". A pontuação obtida na escala varia de 0 a 130. Após o preenchimento, soma-se o valor de cada questão, para chegar-se à pontuação total. De acordo com o instrumento, para crianças do 4º ano por exemplo, se a pontuação variar entre 0 a 62, considera-se um baixo nível de ansiedade matemática. Por outro lado, a partir de 63 pontos, a criança é classificada como alto nível de ansiedade matemática, que corresponde ao percentil de 75% (Tabela 2).

Tabela 2 - Interpretação do resultado de acordo com a Escala de percentil do MARS-E

Percentil	4º ano	5º ano	6º ano	Demais anos
10%	43	42	42	42
30%	47	46	46	46
50%	52	50	49	50
75%	63	59	57	60
95%	85	82	76	81

Fonte: adaptado de Suinn *et al.*, 1988.

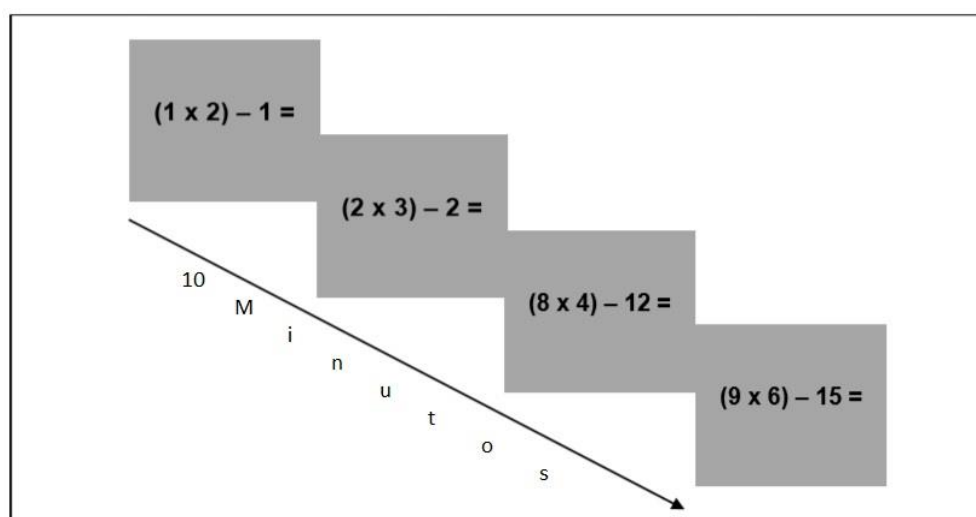
³⁶ É um tipo de questão (que possui uma escala) que pode variar de 3 a 9 respostas, onde o participante seleciona apenas uma alternativa (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012).

O questionário MARS-E, foi adaptado e traduzido transculturalmente para o idioma português do Brasil (MOURA SILVA, 2019). Trata-se de um instrumento com boas, qualidades psicométricas, muito conhecido e utilizado internacionalmente para identificar o nível de ansiedade matemática em crianças (MENDES, 2012; MENDES, 2016). Além disso, foi utilizado com crianças na faixa etária de 10 a 11 anos de uma escola pública na cidade de Belém, Estado do Pará (MOURA SILVA, 2019), portanto, trata-se, da continuidade das investigações propositadas pelo EXAM³⁷.

5.2.2. Teste de Desempenho Matemático (TDM)

O Teste de Desempenho Matemático (TDM), foi constituído com base na aritmética³⁸, envolvendo cálculos mentais (operações) do campo multiplicativo (multiplicação e divisão) e aditivo (adição e subtração), com questões do tipo: $(a \times b) - c = ?$, com $a \neq b$, $c > 0$ (Figura 17). O desempenho nesse teste, foi mensurado a partir da pontuação total de acertos do participante, considerando que sua eficácia tem sido frequentemente medida por taxas de erros, acertos e tempos de resposta (ANSARI *et al.*, 2008; BASTEN *et al.*, 2012; LYONS; BEILLOCK, 2012; MOURA SILVA, 2019).

Figura 17 - Exemplo das equações utilizadas no Teste de Desempenho Matemático (TDM), que deveriam ser resolvidas mentalmente no tempo máximo de 10 minutos.



Fonte: adaptado de Moura Silva, 2019.

³⁷ É a sigla do projeto de pesquisa intitulado "Exercício Físico e Ansiedade Matemática", vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Possui como líder o Prof. Dr. João Bento Torres Neto.

³⁸ É a área da matemática que engloba a ideia de número (LEAL, *et al.*, 2014), lida com as operações (ou cálculos) da adição, subtração, multiplicação e divisão (RAAD, 2005; SANT'ANA; LAUDARES, 2014).

Equipamento: O teste foi realizado em um notebook com monitor de 14'', resolução máxima de 1366x768 (pontos/linha) que exibia na tela, em fundo branco as questões a serem respondidas, distintas por nível de complexidade para sua resolução: sendo 10 questões de baixa complexidade com pouco custo cognitivo, 20 questões de média complexidade com médio custo cognitivo e 10 questões de alta complexidade com alto custo cognitivo. Estas últimas, dependentes das seguintes restrições: $5 < a < 9$, $5 < b < 9$ e $5 < c < 16$, de forma que ao operar $[(a \times b) - c]$ resultasse na subtração condicionada a uma situação de empréstimo de dezena para unidade.

Procedimentos: o participante sentou-se confortavelmente na cadeira, com os braços apoiados sobre a mesa, com o monitor a sua frente. Ao sinal do avaliador, o teste era iniciado, com apresentação das equações. O participante realizava o cálculo mentalmente, expressando-se de maneira oral (verbal), o resultado, que era registrado pelo avaliador na ficha de Avaliação do protocolo da pesquisa (Apêndice B).

A cada participante atribuía-se um tempo de dez minutos para responder o maior número de equações possíveis, no total de 40 questões, com níveis de complexidades cognitivas variando entre baixa, média e alta, distribuídas de forma equitativamente. Durante a realização dos testes aritméticos foi levado em consideração: o conhecimento de números, símbolos, noção de quantidade, habilidade de cálculo, recuperação da informação e velocidade do desempenho na tarefa (DIAS; SEABRA, 2013). O teste foi utilizado no estudo de Moura Silva (2019), portanto, reitera a continuidade das pesquisas realizadas pelo EXAM, que tem como objeto de investigação o efeito do exercício físico na ansiedade matemática.

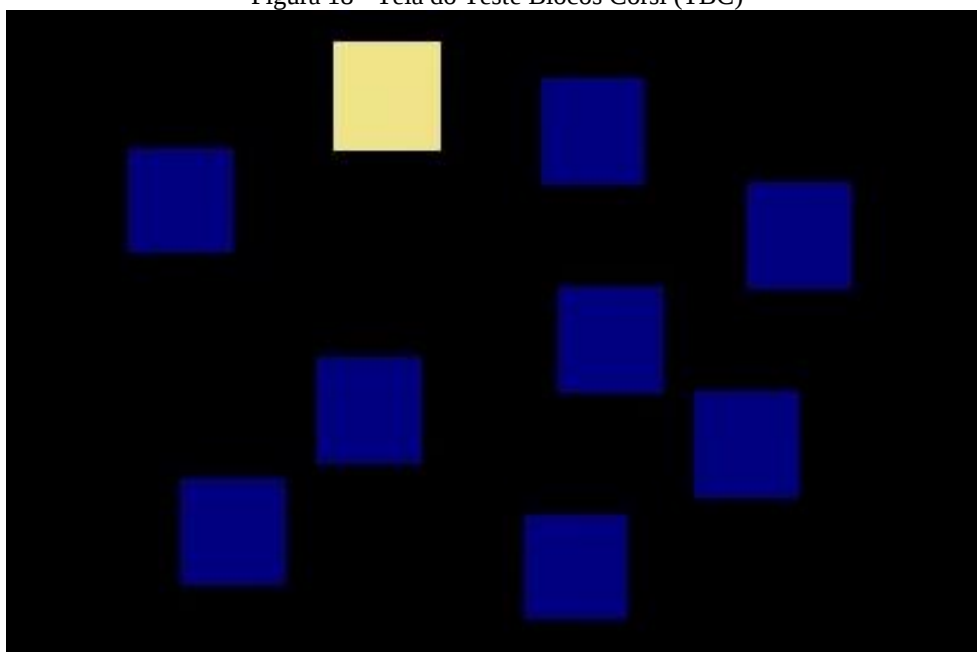
5.2.3. Teste da Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV)

O teste neuropsicológico para avaliar o componente da Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV), da função executiva, foi o Teste de Blocos Corsi (TBC), utilizado em pesquisas com esse mesmo objetivo (AUGUSTO; CIASCA, 2015; ORSINI; PASQUADIBISCEGLIE; PICONE, 2001). O referido teste pode ser aplicado em crianças a partir dos seis anos de idade, a fim de identificar a relação entre o nível de memória de trabalho com o desempenho acadêmico (LONGATO, 2015; OWENS *et al.*, 2008).

Equipamento: Esse teste também foi exibido em monitor de 14'', com resolução de 1366x768 (pontos/linha), localizado na frente do participante e exibia fundo preto com os quadrados azuis e amarelo, por meio do software *The Psychology Experiment Building Language* (PEBL). Trata-se de um software aberto, que permite realizar experimentos neuropsicológicos, dentre eles o Teste de Blocos Corsi (TBC).

Procedimentos: O teste tradicional, apresenta nove blocos com as mesmas dimensões distribuídos em um tabuleiro, onde o avaliador toca com o dedo indicador uma sequência de blocos, num intervalo de tempo de um bloco por segundo, em seguida o participante deve indicar na mesma ordem os blocos que foram tocados pelo examinador (LONGATO, 2015). Nesta pesquisa o participante sentou-se confortavelmente na cadeira, com os braços apoiados sobre a mesa. O avaliador foi substituído pelo notebook com o software PEBL, que apresentou a sequência dos blocos que mudavam de cor (do azul para o amarelo) e que deveriam ser clicados pelo participante na tela, utilizando a seta do mouse, na mesma sequência que mudaram de cor (Figura 18). O desempenho do participante é avaliado pelo número de tentativas corretas e a extensão da maior série recordada corretamente (ou sequência atingida) chamada de *memory span* (PRIMI, 2002; GALERA; SOUZA, 2010), onde se calcula o Score Total (TC x AI), que é o produto da multiplicação entre o total de Tentativas Corretas (TC) e o Alcance de Itens (AI), (ANTUNES; JÚLIO-COSTA; HAASE, 2017).

Figura 18 - Tela do Teste Blocos Corsi (TBC)



Fonte: [http://pebl.sourceforge.net/\(software PEBL\)](http://pebl.sourceforge.net/(software%20PEBL)).

5.2.4. Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT)

É um método de treinamento intervalado de exercício físico de alta intensidade (TABATA *et al.*, 1996), que vem sendo utilizado em sala de aula com o objetivo de melhorar a Aptidão Cardiorrespiratória³⁹ (ACR) de crianças (MA; SURES; GURD, 2015). Uma evidência recente, indica que o exercício físico baseado em sala de aula melhora o desempenho de matemática das crianças (HAVE *et al.*, 2018).

O HIIT foi realizado utilizando o peso corporal, com 8 séries de exercícios físicos (agachamentos, polichinelo, agachamentos com alongamento lateral e corridas no mesmo lugar), com duração de 20 segundos cada exercício, intercalados por 10 segundos de descanso passivo (pausa), totalizando 4 minutos (Quadro I). A intensidade está relacionada com o número máximo de movimentos possíveis em um determinado tempo, o que caracteriza o exercício de alta intensidade (TABATA *et al.*, 1996; MACHADO *et al.*, 2019).

Achados científicos mostraram que esses minutos de exercício físico em sala de aula, melhoraram o desempenho cognitivo (atenção seletiva e memória de trabalho) em crianças e adolescentes (MA; MARE; GURD, 2014; COSTIGAN *et al.*, 2016; SAMUEL *et al.*, 2017), permitindo inferir hipóteses de que esse método de treinamento de exercício físico, pode proporcionar ganhos neurais, cognitivos e acadêmicos em crianças e adolescentes (HILLMAN; BIGGAN, 2017).

³⁹ A ACR é denominada também de resistência cardiorrespiratória (GUEDES; GUEDES, 1995; ARAUJO; ARAUJO, 2000). Níveis elevados de ACR, estão associados a redução dos fatores de riscos cardiovasculares e metabólicos (TWISK *et al.*, 2002; LEFEVRE *et al.*, 2002, VASQUES *et al.*, 2007), assim como, da redução da gordura corporal total e abdominal, com efeitos positivos sobre os sintomas de ansiedade e depressão (PELEGRINI *et al.*, 2017).

Quadro I: Sequência do HIIT utilizado nesta pesquisa.

Sequência	Tipo de Exercício	Pausa	Tipo de Exercício	Pausa	Tempo Total
1ª sequência	Posição em pé, realizar o agachamento com alongamento do corpo ao subir - 20s	10s	Posição em pé, realizar o agachamento com alongamento do corpo ao subir - 20s	10s	1min
2ª sequência	Polichinelo - 20s	10s	Polichinelo - 20s	10s	1min
3ª sequência	Posição em pé, realizar o agachamento com alongamento do corpo ao subir, alternando os braços para direita ou esquerda a cada subida - 20s	10s	Posição em pé, realizar o agachamento com alongamento do corpo ao subir, alternando os braços para direita ou esquerda a cada subida - 20s	10s	1min
4ª sequência	Corrida no mesmo lugar - 20s	10s	Corrida no mesmo lugar - 20s	10s	1min

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

5.2.5. Alongamento

O alongamento é um tipo de exercício físico (DI ALENCAR; MATIAS, 2010), de baixa intensidade (WONG; FIGUEROA, 2021) muito utilizado em práticas esportivas (ENDLICH *et al.*, 2009), com objetivo de manter e/ou melhorar a flexibilidade, prevenção de lesões e reduzir dores musculares (SA *et al.*, 2013). Nesta pesquisa foi utilizado o alongamento estático, que se caracteriza pela realização de movimento contínuo e controlado, para aumentar a amplitude do movimento de uma ou várias articulações (CHAABENE *et al.*, 2019; OPPLERT; BABAULT, 2018). A escolha por este tipo de exercício, foi fundamentado em evidência, que o utilizou como comparação a outros tipos de exercício (PONTIFEX *et al.*, 2018). É sugerido o tempo de 15 a 30 segundos para que o alongamento melhore a flexibilidade (SA *et al.*, 2013). O alongamento foi realizado utilizando o peso corporal, com 8 séries de exercícios físicos, com duração de 20 segundos cada exercício, intercalados por 10 segundos de descanso (pausa), totalizando 4 minutos (Quadro II).

Quadro II: Sequência do Alongamento utilizado nesta pesquisa.

Sequência	Tipo de Exercício	Pausa	Tipo de Exercício	Pausa	Tempo Total
1ª sequência	Posição em pé, realizar o alongamento do membro superior (braço direito estendido lateralmente para o lado esquerdo) 20s	10s	Posição em pé, realizar o alongamento do membro superior (braço esquerdo estendido lateralmente para o lado direito) 20s	10s	1min
2ª sequência	Posição em pé, realizar o alongamento do membro inferior (flexão da perna direita com extensão do quadríceps) 20s	10s	Posição em pé, realizar o alongamento do membro inferior (flexão da perna esquerda com extensão do quadríceps) 20s	10s	1min
3ª sequência	Posição em pé, realizar o alongamento do membro superior (braços direito e esquerdo alongados lateralmente para o lado direito) 20s	10s	Posição em pé, realizar o alongamento do membro superior (braços direito e esquerdo alongados lateralmente para o lado esquerdo) 20s	10s	1min
4ª sequência	Posição em pé, realizar o alongamento do membro inferior (perna direita totalmente estendida com o calcanhar apoiado no chão, com a ponta dos pés para cima, com pequena flexão da perna esquerda, tocando com os dedos da mão direita a ponta dos pés) 20s	10s	Posição em pé, realizar o alongamento do membro inferior (perna esquerda totalmente estendida com o calcanhar apoiado no chão, com a ponta dos pés para cima, com pequena flexão da perna direita, tocando com os dedos da mão esquerda a ponta dos pés) 20s	10s	1min

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

5.2.6. Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

É um método que vem sendo amplamente utilizado em diversas pesquisas com crianças e adolescentes em idade escolar para investigar a relação da frequência cardíaca com o Sistema Nervoso Autônomo (RIBEIRO; MORAES, 2005; HILLMAN, PONTIFEX, RAINE *et al.*, 2009; DROLLETTE *et al.*, 2012). A VFC é um biomarcador de autorregulação, que permite avaliar o comportamento, emoções e cognição (HOLZMAN; BRIDGETT, 2017), portanto, foi um instrumento fundamental nesta pesquisa.

Uma vez que é objetivo deste trabalho foi investigar a ansiedade matemática, foram coletados dados da VFC em repouso e durante a realização do teste de desempenho matemático (condição estressora). Não foram analisados dados da VFC durante a realização de testes de memória de trabalho.

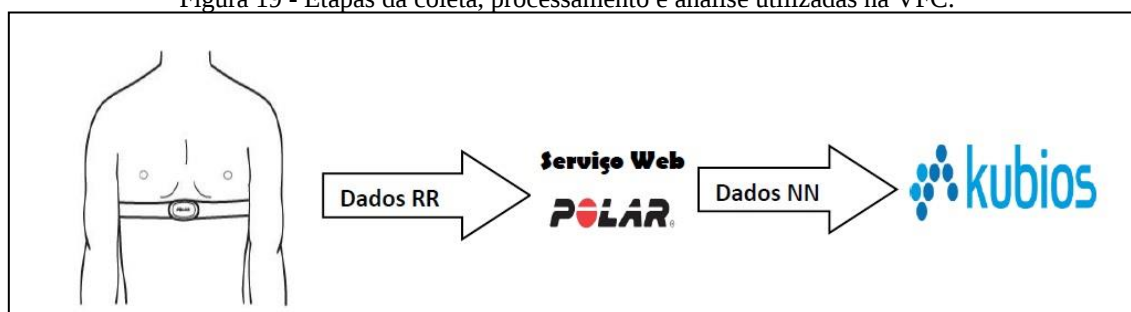
Equipamento: Cardiofrequencímetro POLAR V800⁴⁰ (instrumento eletrônico que possui uma cinta torácica com transmissor cardíaco e um relógio de pulso). Possui boa precisão na gravação dos intervalos RR, possuindo parâmetros da VFC, considerado compatível e consistentes com o Eletrocardiógrafo (GILES; DRAPER; NEIL, 2016). É um instrumento de baixo custo em relação a outros, é prático e atendeu a necessidade da pesquisa (BRUNETTO *et al.*, 2005).

Procedimentos: ao chegar na sala de teste foi colocado, a nível do tórax do participante, a cinta do Polar V800. Antes de iniciar os testes previstos na pesquisa o cardiofrequencímetro foi ativado para detectar o sinal eletrocardiográfico batimento a batimento, que transmitiu simultaneamente através de onda eletromagnética os sinais da frequência cardíaca para o relógio colocado no pulso (NUNAN *et al.*, 2009; ROCHA, 2013). Posteriormente, ao encerrar a bateria de testes, os dados brutos coletados durante a sessão (RR não filtrados, em forma de arquivo .txt) eram enviados ao website da Polar⁴¹. Por meio de filtro automático, todas as amostras de 5 minutos eram processadas a fim de retirar algum artefato, usando como filtro a mediana, que era confirmada pela inspeção visual (MOURA SILVA, 2019). A análise dos dados filtrados para calcular as medidas lineares e não lineares, foram realizadas pelo software Kubios HRV versão 2.0 (Figura 19).

⁴⁰ <https://www.polar.com/br>

⁴¹ Serviço Web Polar Flow: <https://flow.polar.com/>

Figura 19 - Etapas da coleta, processamento e análise utilizadas na VFC.



Fonte: Moura Silva, 2019.

5.2.7. Análise estatística

Para o tratamento estatístico dos dados, utilizou-se o Software Statistical Package For The Social Sciences⁴² (SPSS), versão 20, para tabular e analisar os dados obtidos por meio da estatística descritiva, utilizando as variáveis categóricas por meio das frequências absolutas (n), relativas (%), média e desvio padrão, bem como o Teste t de Student para o sexo e idade (FIELD, 2009).

Além disso, foi utilizado a estatística por estimativa⁴³ (HO *et al*, 2019), para comparar os agrupamentos em relação ao desempenho nos testes de memória de trabalho e desempenho matemático na condição pré e pós HIIT e Alongamento, entre os grupos com BAM e AAM, bem como os resultados da SampEn.

⁴² Pacote estatístico para as ciências sociais.

⁴³ Realizadas no site <https://www.estimationstats.com/#/analyze/two-independent-groups>, utilizando-se de 5 mil amostras de *bootstrap*⁴³ para gerar erros corrigidos, considerando um intervalo de confiança de 95%.

CAPÍTULO VI - RESULTADOS

6.1. Dados Demográficos

A amostra dessa pesquisa teve a participação de 64 crianças de ambos os sexos (33 femininos), divididas em dois grupos: Baixa Ansiedade Matemática (BAM) e Alta Ansiedade Matemática (AAM), de acordo com a pontuação obtida na escala MARS-E, com 27 crianças no grupo com baixa AM (42%). Em relação a idade e ano escolar, observou-se maior concentração de participantes na faixa etária dos 12 anos e no 6º ano, respectivamente (Tabela 3). Não houve diferença entre sexo ($t(64) = 0,338$; $p > 0,05$) e idade ($t(64) = 0,398$; $p > 0,05$) entre os grupos de baixa e alta ansiedade matemática.

Tabela 3 - Caracterização da amostra em porcentagem com relação a Ansiedade Matemática, Sexo, Idade e Ano escolar.

Variável		(%)
Ansiedade Matemática	BAM	42%
	AAM	58%
Sexo	Masculino	48%
	Feminino	52%
Idade	9 anos	9%
	10 anos	22%
	11 anos	31%
	12 anos	33%
	13 anos ⁴⁴	5%
Ano escolar	4º ano	19%
	5º ano	33%
	6º ano	48%

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

Os resultados descritivos (média±DP) da Tabela 4, mostram a média da pontuação obtida das crianças no questionário de Ansiedade Matemática (MARS_E), confirmando que o grupo com Alta Ansiedade Matemática (AAM), obtiveram pontuações acima de 75%, que é a nota de corte do instrumento para classificar

⁴⁴ Esses participantes iniciaram a coleta de dados com 12 anos, porém, fizeram aniversário natalício durante a coleta de dados.

indivíduos altamente ansiosos. Com relação a idade, peso e altura, em média, os resultados apresentaram valores equivalentes entre os dois grupos.

Tabela 4 - Estatística descritiva do MARS_E, Idade, Peso e Altura entre os grupos com BAM e AAM.

	BAM (n=27)	AAM (n=37)
Variáveis	Média ± DP	
MARS_E	46,15 ± 7,56	76,19 ± 12,09
Idade (anos de idade)	11,15 ± 0,98	10,92 ± 1,11
Peso (kg)	40,20 ± 9,52	42,30 ± 11,67
Altura (metros)	1,46 ± 0,08	1,46 ± 0,10

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.2. Efeito agudo do HIIT e Alongamento na MTV entre os grupos com BAM e AAM

Os resultados descritivos (média±DP) da intervenção que avaliou na condição pré e pós, tanto o HIIT, quanto o Alongamento estático, a fim de verificar o efeito na MTV, nos dois grupos de crianças com BAM e AAM (Tabela 5). A comparação entre BAM e AAM não revelou diferença de desempenho na MTV nos dados pré HIIT [d de Cohen 0,0094 (95,0% CI -0,502, 0,511); $p \geq 0,05$], nem nos dados da condição pré Alongamento [d de Cohen 0,0833 (95,0% CI -0,438, 0,609); $p \geq 0,05$].

Tabela 5 - Resultados descritivos com média e desvio padrão da MTV na condição pré e pós HIIT e Alongamento.

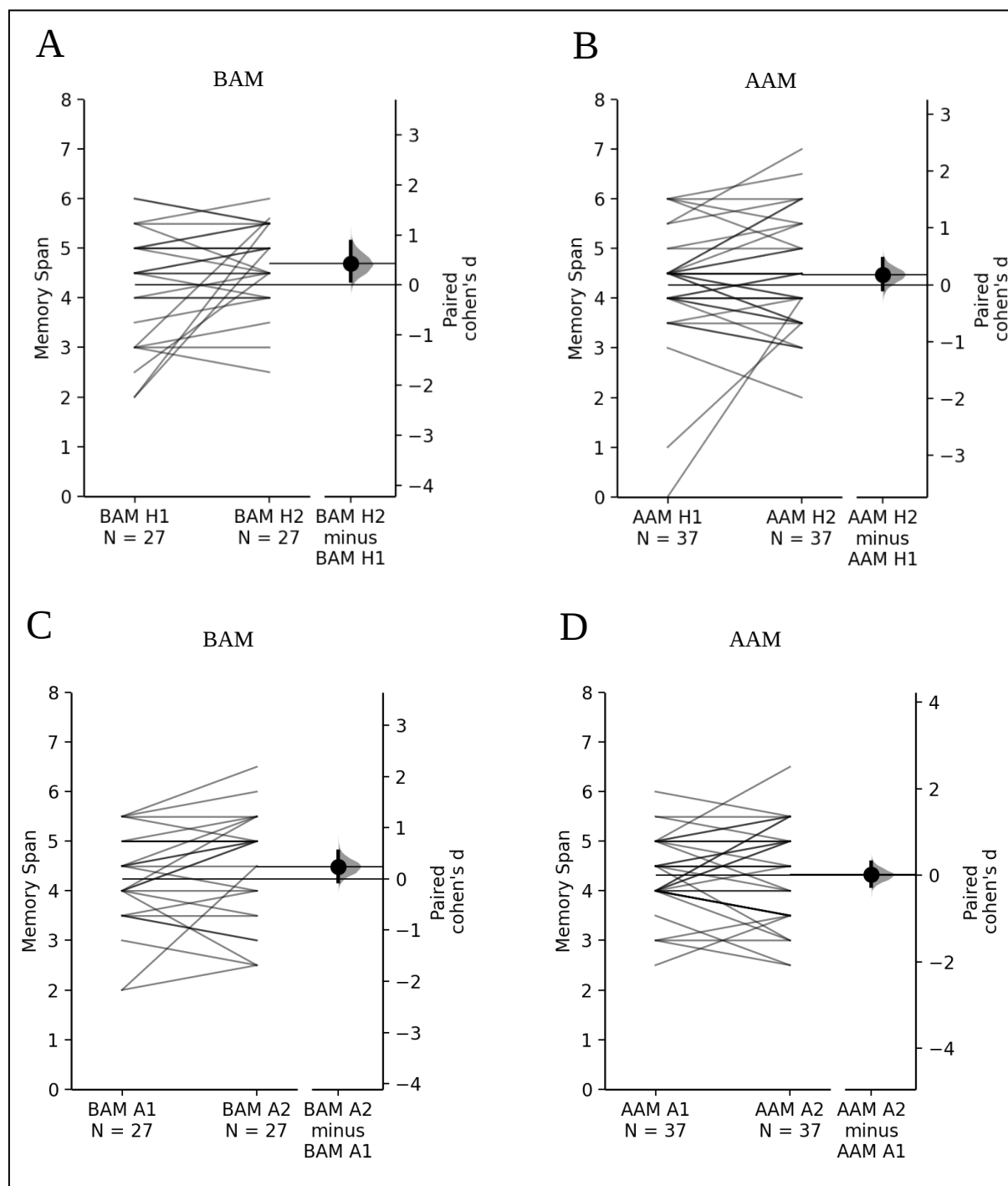
	BAM (n=27)	AAM (n=37)
Variáveis	Média ± DP	
MTV - PRÉ HIIT	4,25 ± 1,15	4,38 ± 0,94
MTV - PÓS HIIT	4,68 ± 0,83	4,47 ± 1,10
MTV - PRÉ Along	4,24 ± 0,95	4,31 ± 0,74
MTV - PÓS Along	4,48 ± 1,10	4,32 ± 0,98

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

Os resultados das análises por estimativa mostram que o grupo de crianças com BAM [d de Cohen 0,426 (IC 95%: 0,081 a 0,86); $p \leq 0,05$], mas não aquelas com AAM [d de Cohen 0,177 (IC 95%: -0,0848 a 0,458); $p \geq 0,05$], apresentaram melhoria do desempenho na memória de trabalho após o HIIT (Figura 20A e 20B). Para o Alongamento (Figura 20C e 20D), não houve diferença, tanto no grupo de crianças com BAM [d de Cohen⁴⁵ 0,233 (IC 95%: -0,0543 a 0,54); $p \geq 0,05$], quanto para o grupo com AAM [d de Cohen 0,0155 (IC 95%: -0,253 a 0,303); $p \geq 0,05$]. O resultado indica, que o HIIT, pode aprimorar a memória de trabalho visuoespacial para crianças menos ansiosas, entretanto, o alongamento não proporcionou melhoria para esta função executiva.

⁴⁵ Possui como valores para interpretação os tamanhos do Efeito: Insignificante (< 0,19); Pequeno (0,20 – 0,49); Médio (0,50 – 0,79); Grande (0,80 – 1,29); Muito grande (>1,30) (ESPÍRITO SANTO; DANIEL, 2017).

Figura 20 - O d de Cohen emparelhado é mostrado no gráfico de estimativa Cumming abaixo, para a Memory Span (extensão da maior série recordada) para o pré e pós HIIT [BAM (A) e AAM (B)] e pré e pós Alongamento [BAM (C) e AAM (D)]. Os dados brutos são plotados nos eixos superiores; cada conjunto pareado de observações é conectado por uma linha. Nos eixos inferiores, cada diferença média emparelhada é plotada como uma distribuição de amostragem bootstrap. As diferenças médias são representadas como pontos; Intervalos de confiança de 95% são indicados pelas extremidades das barras de erro verticais. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.3. Efeito agudo do HIIT e Alongamento no TDM entre os grupos com BAM e AAM

Os resultados descritivos (média±DP) da intervenção que avaliou na condição pré e pós, tanto o HIIT, quanto o Alongamento estático, a fim de verificar o efeito no TDM, nos dois grupos de crianças com BAM e AAM (Tabela 6). A comparação entre AAM e BAM revelou diferença de desempenho no TDM na avaliação pré Alongamento [d de Cohen -0,622 (95,0% CI -1,08, -0,101); $p \leq 0,05$], mas não nos dados da condição pré HIIT [d de Cohen -0,38 (95,0% CI -0,896, 0,146); $p \geq 0,05$].

Tabela 6 - Resultados descritivos com média e desvio padrão, do TDM na condição pré e pós HIIT e Alongamento.

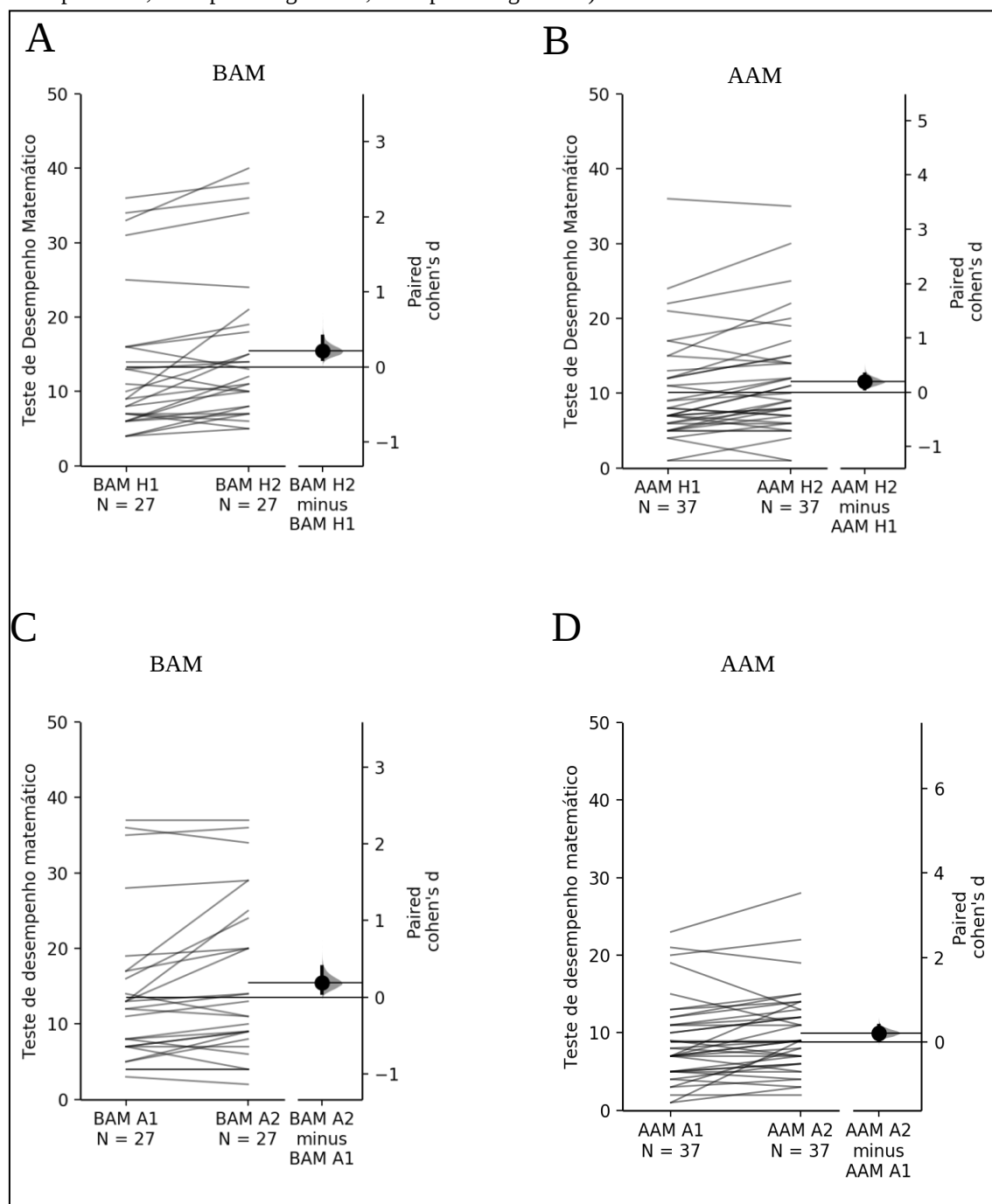
	BAM (n=27)	AAM (n=37)
Variáveis	Média ± DP	
TDM ⁴⁶ - PRÉ HIIT	13,30 ± 9,81	10,14 ± 7,03
TDM - PÓS HIIT	15,48 ± 10,34	11,54 ± 7,48
TDM - PRÉ Along	13,56 ± 9,80	8,84 ± 5,44
TDM - PÓS Along	15,48 ± 10,48	9,97 ± 5,42

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

Os resultados das análises por estimativa mostram que tanto o grupo de crianças com BAM [d de Cohen 0,217 (IC 95%: 0,104 a 0,409); $p \leq 0,01$], quanto aquelas com AAM [d de Cohen 0,194 (IC 95%: 0,0607 a 0,329); $p \leq 0,01$], melhoram o desempenho matemático nos pós HIIT (Figura 21A e 21B). Além disso, observou-se também melhorias no desempenho matemático na condição pós alongamento (Figura 21C e 21D), tanto para o grupo de crianças com BAM [d de Cohen 0,19 (IC 95%: 0,0539 a 0,393); $p \leq 0,05$], quanto no grupo com AAM [d de Cohen 0,209 (IC 95%: 0,0429 a 0,39); $p \leq 0,05$]. Isso indica, que realizar exercícios de alongamento ou de HIIT, previamente a um momento de avaliação escolar, pode oferecer condições para que as crianças aprimorem o desempenho matemático.

⁴⁶ Considerado o acerto total de questões no Teste de Desempenho Matemático (TDM).

Figura 21 - O d de Cohen emparelhado é mostrado no gráfico de estimativa Cumming abaixo, para o Teste de Desempenho Matemático (acertos) na condição pré e pós HIIT [BAM (A) e AAM (B)] e pré e pós Alongamento [BAM (C) e AAM (D)]. Os dados brutos são plotados nos eixos superiores; cada conjunto pareado de observações é conectado por uma linha. Nos eixos inferiores, cada diferença média emparelhada é plotada como uma distribuição de amostragem bootstrap. As diferenças médias são representadas como pontos; Intervalos de confiança de 95% são indicados pelas extremidades das barras de erro verticais. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).

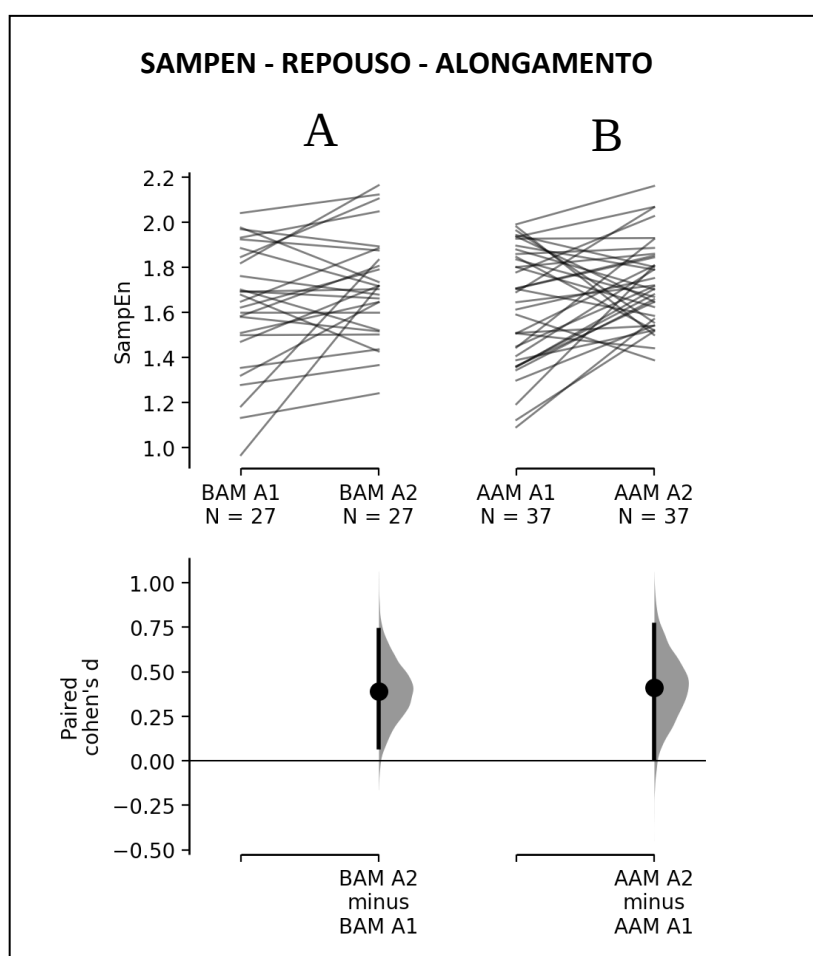


Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.4. Resultados da SampEn na condição de repouso durante o pré e pós alongamento para AM

Ao comparar os grupos com BAM e AAM, para a SampEn na condição de repouso no pré e pós alongamento, o grupo com BAM (Figura 22A), teve aumento da entropia de amostra [d de Cohen 0,389 (IC 95%: 0,0773 a 0,736); $p \leq 0,05$]. O grupo com AAM (Figura 22B), também apresentou aumento da complexidade [d de Cohen 0,41 (IC 95%: 0,0089 a 0,765); $p \leq 0,05$]. Esses resultados indicam que tanto as crianças com BAM, quanto o grupo com AAM, apresentaram uma resposta em repouso na condição pós alongamento com aumento da SampEn.

Figura 22 - Comparação da SampEn na condição de repouso (A1) em relação ao pós alongamento (A2) para BAM (Figura 22A) e para AAM (Figura 22B). Note que teve aumento da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).

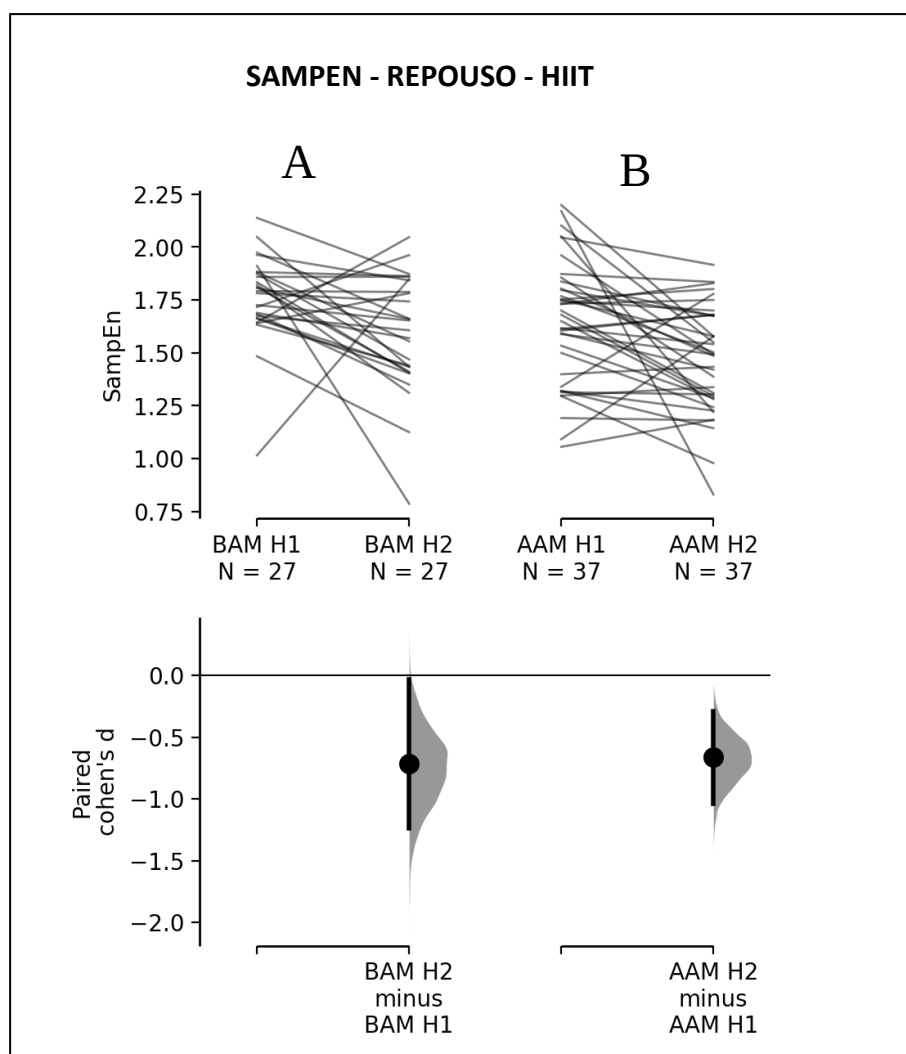


Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.5. Resultados da SampEn na condição de repouso durante o pré e pós HIIT para AM

Quando analisado os grupos com BAM e AAM, para a SampEn em repouso na condição HIIT, o grupo com BAM (Figura 23A), teve redução da entropia de amostra [d de Cohen -0,714 (IC 95%: -1,24 a -0,0296); $p < 0,01$]. O grupo com AAM (Figura 23B), também apresentou redução da complexidade [d de Cohen -0,662 (IC 95%: -1,04 a -0,289); $p < 0,001$]. Esses resultados indicam que tanto as crianças com BAM, quanto o grupo com AAM, apresentaram uma resposta em repouso na condição HIIT com redução da SampEn.

Figura 23 - Comparação da SampEn na condição de repouso (H1) em relação ao pós HIIT (H2) para BAM (Figura 23A) e para AAM (Figura 23B). Note que teve redução da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT).

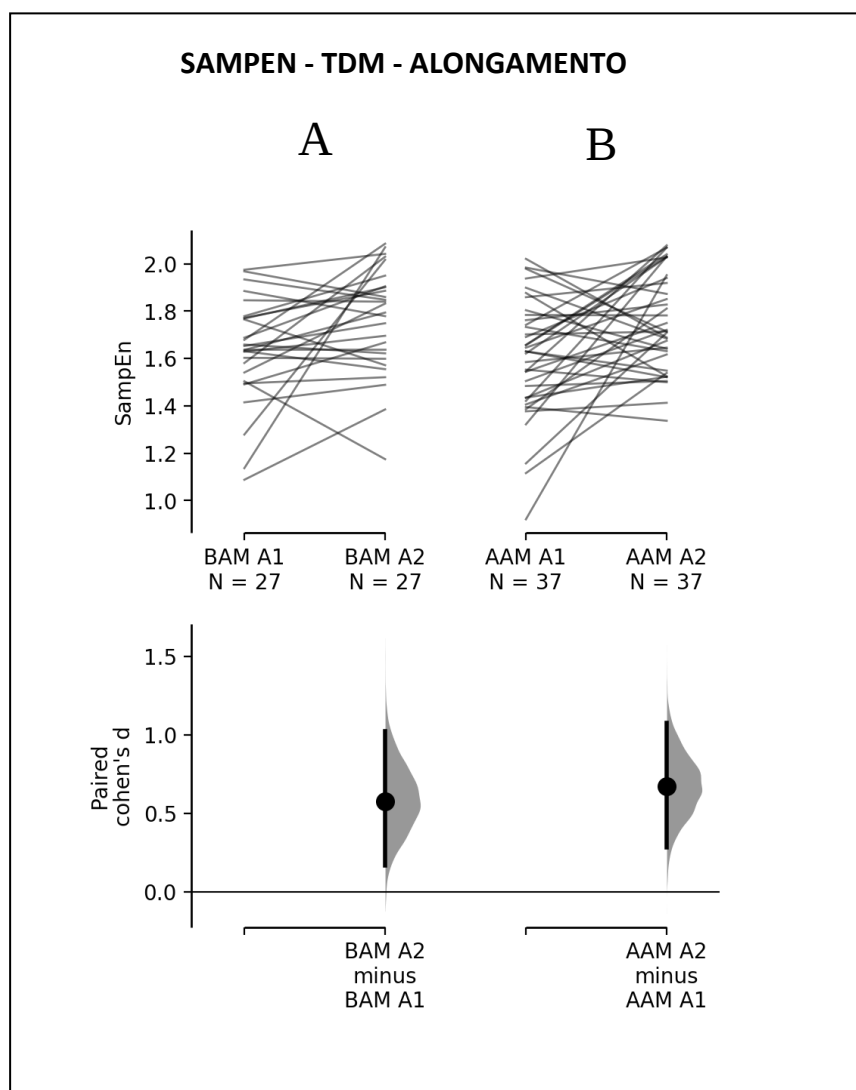


Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.6. Resultados da SampEn na condição do TDM, durante o pré e pós alongamento para AM

Ao comparar os grupos com BAM e AAM, para a SampEn em situação de estresse (TDM) na condição pós alongamento, o grupo com BAM (Figura 24A), teve aumento da entropia de amostra [d de Cohen 0,574 (IC 95%: 0,165 a 1,02); $p \leq 0,05$]. O grupo com AAM (Figura 24B), também apresentou aumento da complexidade [d de Cohen 0,673 (IC 95%: 0,284 a 1,08); $p \leq 0,01$]. Esses resultados indicam que tanto as crianças com BAM, quanto o grupo com AAM, apresentaram uma resposta em situação de estresse (TDM), na condição pós alongamento com aumento da SampEn.

Figura 24 - Comparação da SampEn na condição de repouso (A1) em relação ao momento de realização do TDM nos pós alongamento (A2), para BAM (Figura 24A) e para AAM (Figura 24B). Note que teve aumento da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).

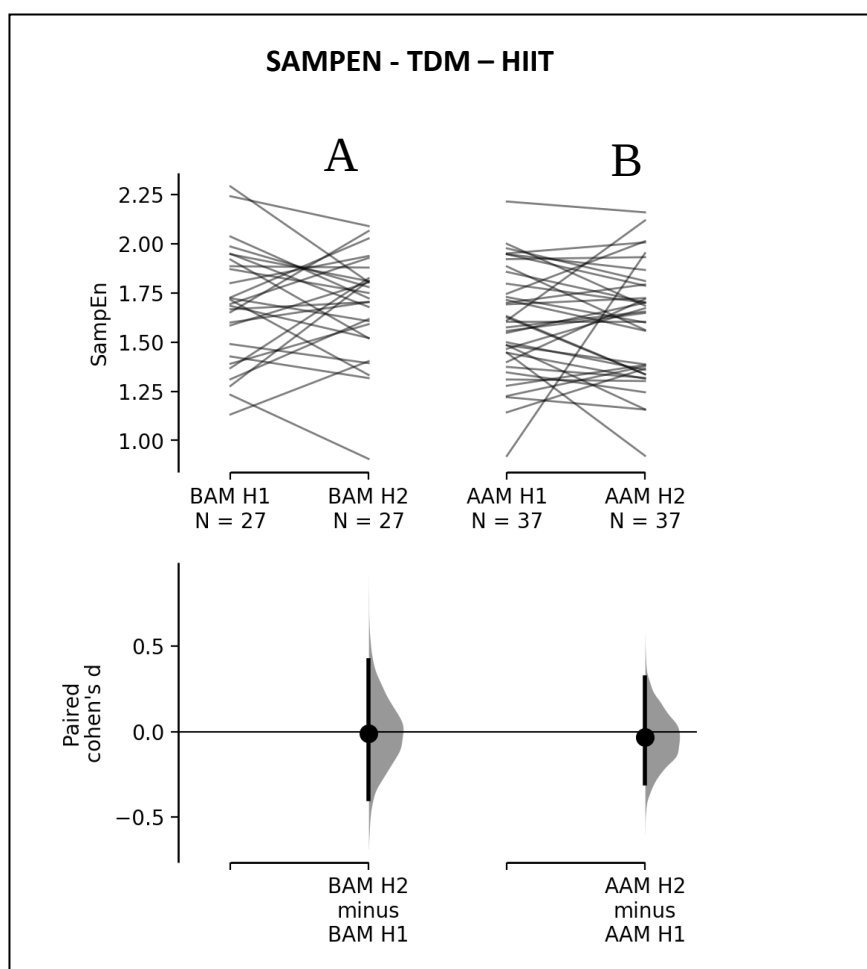


Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.7. Resultados da SampEn na condição do TDM, durante o pré e pós HIIT para AM

Quando analisado os grupos com BAM e AAM, para a SampEn em situação de estresse (TDM) na condição HIIT, o grupo com BAM (Figura 25A), não apresentou diferença da entropia de amostra [d de Cohen -0,00964 (IC 95%: -0,396 a 0,417); $p \geq 0,05$]. O mesmo resultado foi encontrado no grupo com AAM (Figura 25B), sem diferença da complexidade [d de Cohen -0,0321 (IC 95%: -0,304 a 0,319); $p \geq 0,05$]. Esses resultados indicam que tanto as crianças com BAM, quanto o grupo com AAM, não apresentaram alteração do padrão de complexidade em situação de estresse (TDM), na condição HIIT para a SampEn, ou seja, o HIIT, não alterou a complexidade da frequência cardíaca nos momentos medidos.

Figura 25 - Comparação da SampEn na condição de repouso (H1) em relação ao momento de realização do TDM no pós HIIT (H2), para BAM (Figura 25A) e para AAM (Figura 25B). Note que não foi observado alteração da complexidade nas condições pós para ambos os grupos. (BAM - baixa ansiedade matemática, AAM - alta ansiedade matemática, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT).

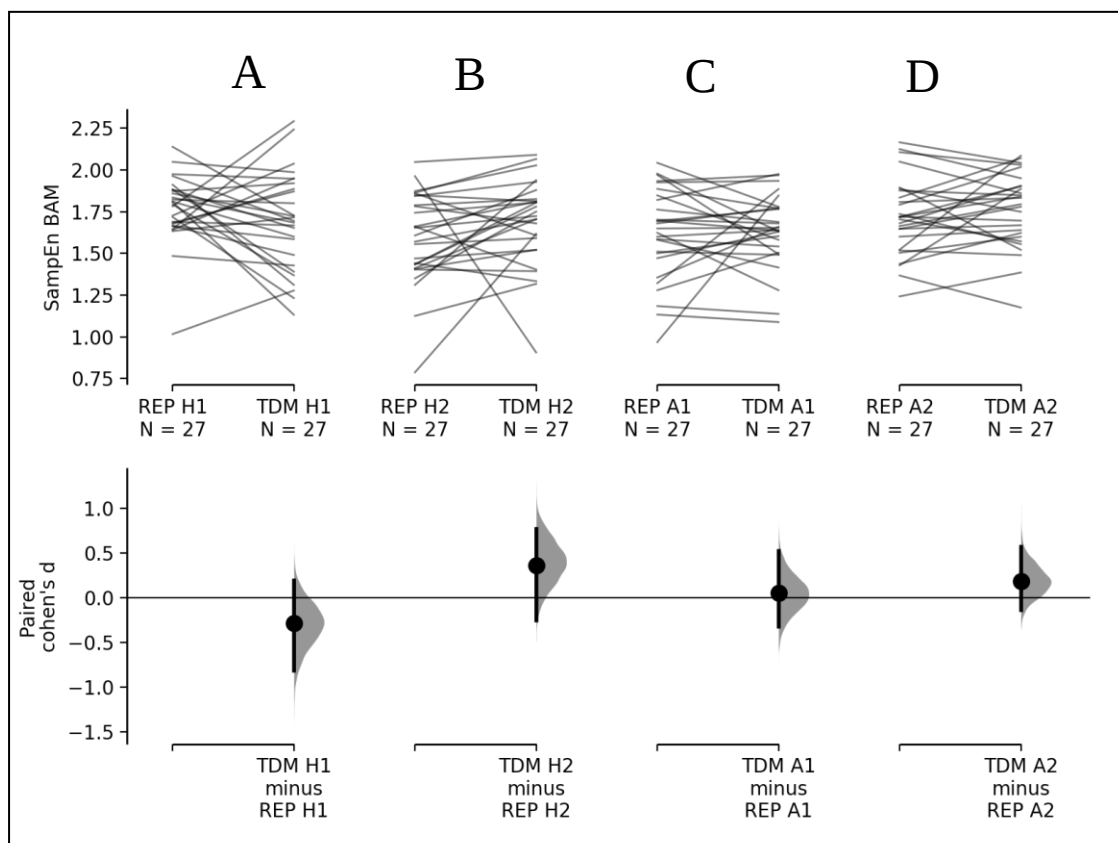


Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.8. Resultados da SampEn na condição de repouso em relação ao TDM, no pré e pós HIIT e pré e pós Alongamento para BAM

Os resultados indicam para o grupo com BAM, que não teve diferença da entropia de amostra: [d de Cohen -0,29 (IC 95%: -0,819 a 0,192); $p \geq 0,05$] (Figura 26A); [d de Cohen 0,363 (IC 95%: -0,252 a 0,767); $p \geq 0,05$] (Figura 26B); [d de Cohen 0,0516 (IC 95%: -0,325 a 0,521); $p \geq 0,05$] (Figura 26C) e [d de Cohen 0,183 (IC 95%: -0,139 a 0,57); $p \geq 0,05$] (Figura 26D). Portanto, tanto o HIIT, quanto o alongamento, não alteraram a complexidade da frequência cardíaca nos momentos medidos.

Figura 26 - Comparação da SampEn na condição de repouso em relação ao momento de realização do TDM para crianças com BAM. Note que não foram observadas alterações na SampEn em qualquer momento do experimento. (REP – repouso, TDM – teste de desempenho matemático, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).

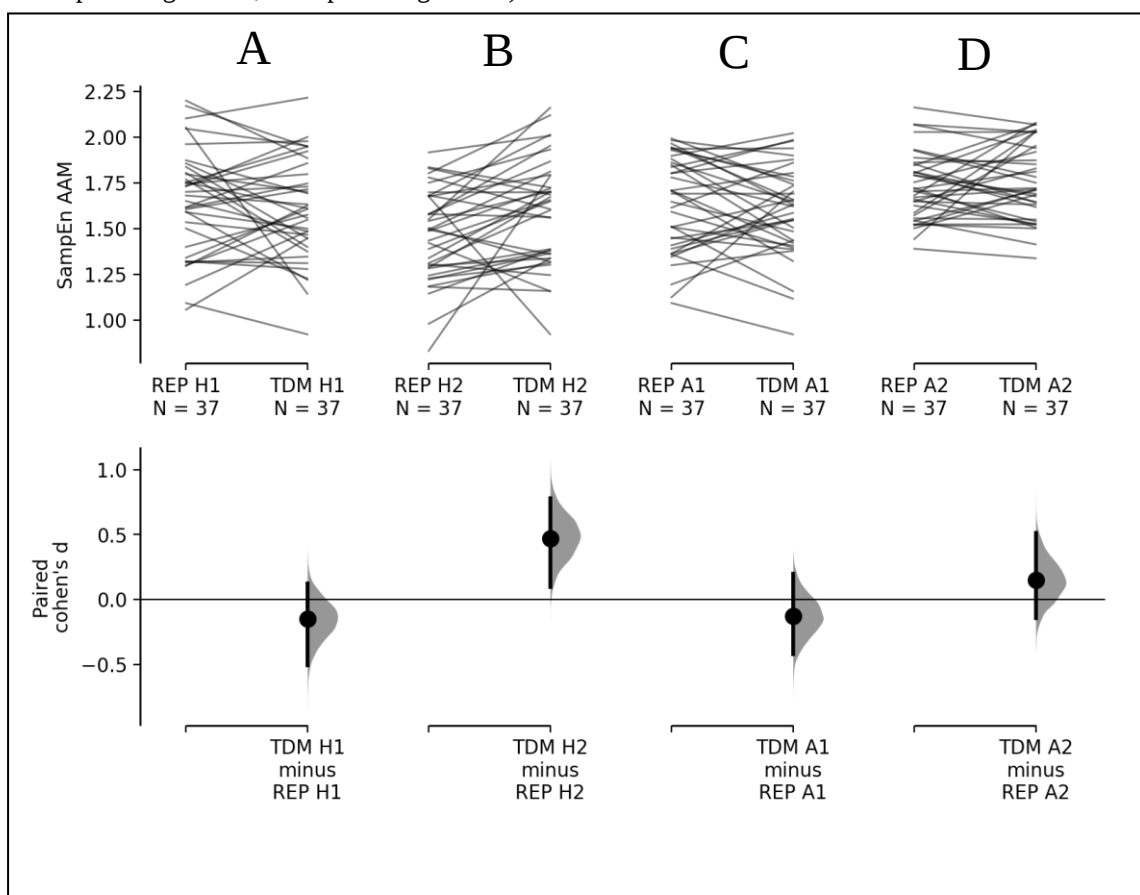


Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

6.9. Resultados da SampEn na condição de repouso em relação ao TDM, no pré e pós HIIT e pré e pós Alongamento para AAM

Os resultados indicam para o grupo com AAM, aumento da entropia de amostra no pós HIIT [d de Cohen 0,471 (IC 95%: 0,0957 a 0,777); $p \leq 0,01$] (Figura 27B); entretanto, não foi observado diferenças nos demais momentos medidos: [d de Cohen -0,152 (IC 95%: -0,506 a 0,123); $p \geq 0,05$] (Figura 27A); [d de Cohen -0,127 (IC 95%: -0,424 a 0,197); $p \geq 0,05$] (Figura 27C) e [d de Cohen 0,147 (IC 95%: -0,143 a 0,513); $p \geq 0,05$] (Figura 27D). Ademais, apenas o HIIT na condição pós (Figura 27B), alterou a complexidade da frequência cardíaca nos momentos medidos.

Figura 27 - Comparação da SampEn na condição de repouso em relação ao momento de realização do TDM para crianças com AAM. Note que foram observadas alterações na condição pós HIIT (Figura 28B). Não foram observadas alterações na SampEn nos outros momentos do experimento (Figuras 28A, 28C e 28D). (REP – repouso, TDM – teste de desempenho matemático, H1 – pré HIIT, H2 – pós HIIT, A1 – pré alongamento, A2 – pós alongamento).



Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa (2021).

CAPÍTULO VII – DISCUSSÃO

Nesse estudo se objetivou avaliar o efeito agudo do treinamento intervalado de alta intensidade e do alongamento estático, na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV), no Teste de Desempenho Matemático (TDM), bem como, analisou as associações da SampEn em repouso e durante o TDM (condição estressora) em crianças com alta e baixa ansiedade matemática.

Nossos resultados demonstraram que a maioria das crianças que participaram da pesquisa apresentam alto nível de AM e que o exercício intervalado de alta intensidade melhorou a memória de trabalho em crianças com baixa AM. HIIT e Alongamento produziram efeito positivo agudo sobre o desempenho aritmético em crianças com alta e baixa AM. A melhora na complexidade da VFC foi observada somente após o exercício de alongamento em ambos os grupos de crianças.

7.1. Dados Demográficos

Sobre os resultados do questionário MARS_E, que avaliou o nível de ansiedade matemática, nesta pesquisa observou-se que a maioria das crianças apresentam alta AM (58%), o que atualiza a literatura que investiga esse escopo, indicando a incidência de déficits de desempenho em participantes com ansiedade diante da matemática (HEMBREE, 1990; ASHCRAFT, 2002). Em relação aos anos escolares, a literatura indica que a ansiedade matemática, está relacionada com fatores ambientais, associada com atitudes dos pais e professores com relação as habilidades dos filhos e dos alunos nesta disciplina, assim como os aspectos pessoais, estereótipos sociais e gênero (LUTTENBERGER; WIMMER; PAECHTER, 2018). Nesta investigação, encontrou-se maior concentração de crianças na faixa etária dos 12 anos, que eram estudantes do 6º ano.

A luz dos resultados, esta pesquisa corrobora com a evidência de que países que disponibilizam o mesmo ensino para homens e mulheres, como foi o caso dessa pesquisa, apresentam pouca ou nenhuma diferença em relação ao desempenho matemático (SPELKE, 2005), o que foi observado nos resultados, nos quais não houve diferença entre sexo e idade para ansiedade matemática. Embora alguns estudos indicarem que existe prevalência do sexo feminino à ansiedade matemática (ELSE-QUEST; HYDE; LINN, 2010; DEVINE *et al.*, 2012; DOWKER, SARKAR, LOOI,

2016), nesta amostra, não houve diferença, indicando que esse transtorno afeta igualmente meninos e meninas. Os resultados em outros domínios como a cognição, desempenho matemática e VFC, serão mostrados a seguir.

7.2. Efeito agudo do HIIT e Alongamento na Memória de Trabalho Visuoespacial (MTV) em crianças com Ansiedade Matemática (AM)

Sobre os diversos benefícios do exercício físico na cognição, já existe um corpo robusto na literatura que comprovam esses resultados, conforme mostrado nos capítulos anteriores (DONNELLY; LAMBOURNE, 2011; BARTHOLOMEW *et al.*, 2018; MEZCUA-HIDAGO *et al.*, 2019). No que diz respeito a memória de trabalho, trata-se de um componente da função executiva importante que associado com outros componentes, como o controle inibitório por exemplo, são habilidades preditoras da aprendizagem matemática (ST CLAIR-THOMPSON; GATHERCOLE, 2006).

Em indivíduos com alta ansiedade matemática, a memória de trabalho é afetada diretamente (SOLTANLOU *et al.*, 2019), e evidências confirmam que indivíduos com alta AM, apresentam menor desempenho na avaliação da memória de trabalho, quando comparados com grupos de baixa AM (SUÁREZ-PELLICIONI *et al.*, 2016; HARTWRIGHT *et al.*, 2018), indicando que, crianças com alta AM, podem ter implicações na aprendizagem escolar, por ser essa habilidade cognitiva, preditora da aprendizagem matemática nas crianças em idade escolar (BULL; SCERIF, 2001; GATHERCOLE *et al.*, 2004; ST CLAIR-THOMPSON; GATHERCOLE, 2006; ANDERSSON, 2008; ASHCRAFT; MOORE, 2009; BASTOS, 2016).

Nessa direção, os resultados dessa pesquisa, que investigou o efeito agudo do HIIT no componente da função executiva da memória de trabalho, soma-se com outras evidências que também investigaram essa relação para aspectos cognitivos (SAMUEL *et al.*, 2017; COOPER *et al.*, 2018; HSIEH *et al.*, 2020). Entretanto, a presente pesquisa avança nesse sentido, uma vez que mostrou os benefícios do HIIT em crianças escolares com AM, indicando que aquelas minimamente ansiosas foram mais beneficiadas por sessões de exercício físico (Figura 20A), do que aquelas com maior nível de AM, o que sugere possível intervenção, para diminuir o estresse emocional gerado em sala de aula, a fim de melhorar o desempenho cognitivo e escolar.

No entanto, como esta pesquisa foi a primeira a investigar o efeito agudo do HIIT na MTV em crianças com AM, recomendamos que outras investigações possam

contribuir com novas respostas, no sentido de descobrir o efeito dose-resposta e o tipo de exercício físico, que pode melhorar o desempenho desse aspecto da cognição para o grupo com alta AM.

7.3. Efeito agudo do HIIT e Alongamento no Teste de Desempenho Matemático (TDM) em crianças com Ansiedade Matemática (AM)

Sabe-se que a AM, apresenta relação inversa com o desempenho matemático, impactando na aprendizagem, na motivação e domínio na disciplina (ASHCRAF; KRAUSE, 2007; BIRGIN *et al.*, 2010), com estudos apresentando correlações fracas em crianças, para todo o ensino fundamental e médio (HEMBREE, 1990; VUKOVIC *et al.*, 2013), com tendência de aumento a partir dos primeiros anos escolares, atingindo todas as faixas etárias (WIGFIELD; MEECE, 1988; RAMIREZ *et al.*, 2012; LUTTENBERGER; WIMMER; PAECHTER, 2018), que pode se estender na fase adulta, tornando uma barreira na escolha de cursos relacionados com áreas da ciência, tecnologia, engenharia e matemática, com implicações na vida acadêmica e profissional (DAKER *et al.*, 2021). Nossos resultados corroboram com as evidências de prejuízo em matemática associado com alta AM em crianças do quarto ao sexto ano do ensino fundamental.

Por outro lado, estudos mostram a relação do benefício do exercício físico, proporcionando melhorias do desempenho em matemática (HOWIE; SCHATZ; PATE, 2015; OWEN *et al.*, 2017; WATSON *et al.*, 2017; HAVE *et al.*, 2018). Nessa perspectiva, os achados dessa pesquisa, revelaram que tanto o HIIT (Figura 21A e 21B), quanto o Alongamento (Figura 21C e 21D), apresentam efeitos positivos na melhoria do desempenho das crianças na condição pós exercício, sejam aquelas com baixa e alta ansiedade matemática.

Ademais, os resultados encontrados nesta pesquisa, somam-se a outras evidências recentes, indicando que aulas fisicamente ativas, potencializam a cognição e proporcionaram melhores resultados em matemática de crianças em idade escolar, quando comparados ao grupo controle (MULLENDER-WIJNSMA *et al.*, 2016). Ressaltando, que a continuidade de aulas fisicamente ativas, está relacionada com o aumento da aptidão física, que também, está associada com pontuações maiores em matemática nas crianças do grupo de intervenção (HAVE *et al.*, 2018).

Na tentativa de explicar a causa do efeito agudo do alongamento estático no desempenho matemático, buscou-se entender os benefícios dessa prática como alternativa para amenizar o estado de ansiedade. Porém, devido ao ineditismo da pesquisa, não encontramos na literatura estudos que investigaram o efeito do exercício físico de baixa intensidade no desempenho matemático em crianças com ansiedade matemática.

Portanto, nesta pesquisa, o alongamento estático realizado durante 4 minutos, proporcionou benefícios a nível cognitivo para crianças com ansiedade matemática, produzindo efeitos positivos na condição pós, com aumento do número de acertos durante a resolução de cálculos aritméticos tanto no grupo com BAM, quanto no grupo com AAM.

Assim, mesmo diante desses achados, a hipótese alternativa inicialmente levantada, era que apenas o HIIT, pudesse melhorar o desempenho durante a resolução do cálculo aritmético, entretanto, o alongamento também provocou essa melhoria. Ademais, até onde sabemos, esse é o primeiro estudo a demonstrar o efeito positivo do alongamento sobre o desempenho matemático em crianças, em particular com ansiedade matemática.

Por fim, nossos resultados corroboram com um campo pouco explorado, com diversas lacunas a serem preenchidas, uma vez que o exercício físico pode ser usado como amenizador dos prejuízos associados aos altos níveis de ansiedade matemática das crianças em idade escolar, impulsionando melhorias no desempenho, visto que à luz das evidências apresentadas no decorrer dos textos, a prática do exercício físico é benéfico para a saúde, seja a nível cognitivo, emocional e físico, mas que para indivíduos com ansiedade matemática há um longo caminho ainda a ser explorado.

7.4. Efeito agudo do HIIT e Alongamento na SampEn em crianças com Ansiedade Matemática (AM)

Optou-se nesta pesquisa pela utilização da variável SampEn da VFC, para analisar sua relação com a ansiedade matemática em dois momentos: em repouso e durante a realização do TDM. Lembrando que a SampEn calcula o grau de complexidade na distribuição da série do intervalo R-R (RICHMAN; MOORMAN, 2000; PORTA *et al.*, 2001), e por se tratar de um método não linear, vem sendo utilizada a fim de interpretar, explicar e prever o comportamento dos fenômenos

biológicos (VANDERLEI *et al.*, 2009; CAMARGO, 2017), bem como, mostra-se como um marcador confiável de integração neurovisceral, durante interações de estresse e cognição (DESCHODT-ARSAC *et al.*, 2020).

As evidências indicam que, quanto maior for a complexidade, melhor será o enfrentamento e adaptação do indivíduo ao estresse da vida cotidiana (GOLDBERGER; PENG; LIPSITZ, 2002; DESCHODT-ARSAC *et al.*, 2020), portanto, alta SampEn está associada com um estado saudável do indivíduo (LOMBARDI, 2000; GODOY, 2003). Ademais, existe a relação da melhoria no desempenho cognitivo com aumento da variabilidade da frequência cardíaca na condição pós exercício (LUFT; TAKASE; DARBY, 2009).

Nesse contexto, quando analisada a VFC durante o TDM após o HIIT, a nossa hipótese alternativa da pesquisa foi testada e observou-se que não houve diferença da SampEn, tanto para Baixa AM (Figura 25A), quanto para alta AM (Figura 25B). Assim como, após o HIIT, foi observado aumento da SampEn durante o TDM em relação ao repouso em crianças com alta AM (Figura 27B). Na verdade, ao fazer essa análise, observa-se que a entropia da amostra após o HIIT, é quase igual ao estado pré HIIT, portanto, esse aumento identificado, no TDM pós HIIT, foi consequência da redução da VFC como resposta regulatória aguda pós exercício. Reduções da VFC, tanto em índices lineares, quanto não lineares, como resposta aguda ao exercício de alta intensidade, também foram observados em estudo recente com adultos, com indicação de que este tipo de exercício provoca uma inibição parassimpática imediatamente após a sessão, o que reduz a VFC, com recuperação acontecendo em condições basais após 24h (SCHAUN; DEL VECCHIO, 2018).

No entanto, os resultados da estatística por estimativa da SampEn mostraram que durante a condição estressora (TDM), tanto o grupo com baixa AM, quanto o de alta AM, tiveram no alongamento, aumento da complexidade e de acertos do número de questões na condição pós (Tabela 6).

Esses resultados indicam que além da alta entropia está associada com um estado saudável do indivíduo (GODOY, 2003), achado recente indica que medidas não lineares estão relacionadas com a cognição e humor (YOUNG; BENTON; CARTER, 2015), sugerindo que a entropia é um marcador confiável de integração neurovisceral coordenada durante as interações de estresse e cognição (DESCHODT-ARSAC *et al.*, 2020).

Com relação ao efeito agudo do alongamento sobre VFC, sabe-se que após 20 minutos de alongamento dos membros superiores e inferiores em gestantes na faixa etária de 24 e 37 anos, apresentaram aumento significativos no SDNN e RMSSD após o exercício (LOGAN; YEO, 2017). O efeito agudo do alongamento em homens adultos com pouca flexibilidade, mostrou aumento da VFC no SDNN e RMSSD após 3 séries de exercícios (FARINATTI *et al.*, 2011).

A revisão recente de Wong e Figueroa (2021), mostrou o efeito agudo do alongamento como uma intervenção terapêutica adjuvante, útil e eficaz para declínios na saúde cardiovascular provocando aumento da função autonômica do coração. Além disso, apresentaram as possíveis causas do aumento da VFC, decorrentes do efeito agudo do alongamento. A primeira, sugere que o alongamento pode melhorar a atividade autonômica (com aumento da atividade parassimpática), reduzindo a pressão (rigidez) na parede arterial, aumentando a VFC. Outra possível causa pode estar relacionada com o relaxamento psíquico-físico, devido a uma resposta hipotalâmica integrada, provocando uma diminuição da atividade simpática.

É possível que o aumento da SampEn, no TDM após o alongamento, tanto em crianças com baixa AM (Figura 24A) e alta AM (Figura 24B), estejam relacionados com bradipneia pelo aumento do tônus parassimpático associada com a regulação da condição de homeostase autonômica no barorreceptor (VASCHILLO *et al.*, 2002; LEHRER *et al.*, 2003), haja vista, que o barorreflexo é mediado pelo núcleo do trato solitário com localização no tronco encefálico (POLSON *et al.*, 2007; ARNOLD *et al.*, 2009), e este núcleo possui comunicação direta com a amígdala e a ínsula (HENDERSON *et al.*, 2004). Lehrer e Gevirtz (2014), sugerem que o aumento da VFC torna o indivíduo mais resiliente tanto física quanto emocionalmente, sendo isso, talvez, a justificativa do aumento do número de acertos durante a condição de estresse (cálculos matemáticos) pós alongamento. Esses resultados vão ao encontro a achados anteriores (WONG; FIGUEROA, 2021; LOGAN; YEO, 2017) sobre o efeito agudo do alongamento no aumento da variabilidade da frequência cardíaca. Outros estudos indicam também, que respirações mais lentas decorrentes da maior amplitude da frequência respiratória, estão relacionados com o aumento da VFC (ECKBERG, 2003; SONG; LEHRER, 2003; LEHRER; GEVIRTZ, 2014).

Ademais, intervenções com exercícios físicos que melhoram o desempenho cognitivo, escolar e aumentam a VFC (com implicações na melhoria saúde), são

importantes estratégias que podem ser utilizadas no cotidiano escolar. Portanto, entendemos que os resultados desta pesquisa se mostraram relevantes por vários aspectos, primeiro, por ser a pioneira em investigar o efeito agudo do exercício físico (tanto de alta intensidade, quanto de baixa intensidade) na cognição, desempenho matemático e na variabilidade da frequência cardíaca em crianças com AM, mostrando benefícios nos aspectos comportamentais, cognitivos e emocionais.

O segundo aspecto, reforça a necessidade do estudo sobre a relação do Exercício Físico com o modelo de integração neurovisceral (THAYER; LANE, 2000; MOURA SILVA, 2019; KOENIG, 2020), que envolve o cérebro (córtex pré-frontal) e o coração, regulando o comportamento, a cognição e a emoção (DESCHODT-ARSAC *et al.*, 2020), principalmente em situações de estresse e ansiedade, que possui impacto direto na cognição e aprendizagem, como foi o caso desta pesquisa que investigou a AM em escolares.

Como terceiro aspecto, está pesquisa mostrou também a viabilidade no contexto escolar da utilização da estratégia comportamental, como o exercício físico, enquanto pausa ativa, a fim de melhorar o desempenho de crianças e adolescentes.

Portanto, em síntese, o HIIT, provocou melhoria no desempenho da MTV no grupo de crianças com baixa AM, assim como, melhorou o desempenho matemático tanto em baixa quanto em alta AM. Porém, não provocou, mudanças na VFC, indicando que a melhoria no desempenho provocada por esta modalidade de alta intensidade, não está associada com a VFC. Ou seja, a via pelo qual o HIIT, beneficiou o desempenho matemático, não está relacionado com a entropia da amostra (SampEn).

Por outro lado, se observou que a prática do exercício de alongamento, está associada com a melhoria no desempenho matemático e aumento da complexidade em crianças com AM. É importante destacar que nossa hipótese não se confirmou para o HIIT, mas se confirmou para o alongamento, portanto, foi um resultado não esperado.

Como um fator limitante da pesquisa, compreendo a coleta de dados em apenas uma escola da rede pública de ensino, pois a intenção inicial seria realizar a pesquisa em pelo menos três escolas da federação, uma federal, uma estadual e outra municipal, porém, devido a limitação dos recursos financeiros, de logística e do início da pandemia do COVID-19, isso não foi possível.

CONCLUSÃO

A presente pesquisa, mostra-se relevante para o campo do conhecimento interdisciplinar, ao mostrar a importância do exercício físico no cotidiano das salas de aulas, desde a infância, para melhorar o desempenho cognitivo e escolar. No campo da Educação Matemática, de maneira particular, oportuniza maiores entendimentos acerca das crianças com ansiedade matemática, onde aquelas altamente ansiosas podem apresentar baixo ou menor desempenho na disciplina, comparado com aquelas menos ansiosas. Porém, intervenções com o exercício físico pode ser um poderoso aliado para mitigar as consequências da alta ansiedade matemática sobre a cognição, o desempenho escolar e a saúde autonômica.

Em relação a viabilidade no cotidiano escolar, os exercícios físicos utilizados nessa intervenção, mostraram-se possíveis de serem aplicados em sala de aula, por serem de curta duração e fácil execução, nesse sentido, podem servir como uma estratégia à inclusão da pausa ativa na escola.

Portanto, além das evidências apresentadas acerca da temática durante todo o texto, os resultados desta pesquisa sugerem intervenções que podem impactar positivamente na prática pedagógicas escolar. Ademais, urge a necessidade de reflexões da comunidade escolar, gestores municipais, estaduais e federais, em relação aos propósitos da educação, a fim de que esses achados possam subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas educacionais que incentivem práticas baseadas em evidências, visando minimizar os efeitos desse transtorno emocional que é a ansiedade matemática.

Além disso, é importante despertar reflexões à necessidade de mudanças nos paradigmas teórico-metodológicos a nível da formação de professores, na perspectiva de inseri-los em abordagens interdisciplinares, envolvendo Neurociências, Educação e Exercício Físico, na perspectiva de que esses agentes públicos possam mesclar em suas práticas ações de saúde e educação, como a pausa ativa, indo ao encontro das diretrizes da OMS, a fim de reduzir o comportamento sedentário na população mundial, com implicações positivas a nível físico, cognitivo e no desempenho escolar.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, U.R. *et al.* Heart rate variability: a review. **Medical and Biological Engineering**, 2006. 44, 1031– 1051.
- ALVES, B.L. *et al.* Comparação dos efeitos do treinamento aeróbio de baixa e alta intensidade no emagrecimento: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo. v.12. n.75. Suplementar 1. p.448-461. Jan./Jun. 2018.
- ALVARES, G.A. *et al.* Autonomic nervous system dysfunction in psychiatric disorders and the impact of psychotropic medications: a systematic review and meta-analysis. **J Psychiatry Neurosci**. 2016 Mar;41(2):89-104.
- ANDERSSON, U. Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. **Br J Educ Psychol**. 2008. 78(Pt 2):181–203.
- ANSARI, T.L. *et al.* Effects of anxiety on task switching: Evidence from the mixed antisaccade task. **Cognitive, Affective, & Behavioral**. 2008. 8(3), 229-238.
- ANTUNES, A.M.; JÚLIO-COSTA, A.; HAASE, V. G. Tarefas de Cubos de Corsi. In: **Compêndio de testes neuropsicológicos: atenção, funções executivas e memória**. Org. Annelise Júlio-Costa, Ricardo Moura, Vitor Geraldi Haase. 1ª ed. São Paulo: Hogrefe, 2017.
- ARAUJO, D.S.M.S.; ARAUJO, C.G.S. Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos. **Rev Bras Med Esporte** [online]. 2000. v. 6, n. 5 p.194-203.
- ARDOY, D.N. *et al.* A Physical Education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. **Scand J Med Sci Sports**. 2014 Feb;24(1): e 52-61.
- ARNOLD, A.C. *et al.* Leptin impairs cardiovagal baroreflex function at the level of the solitary tract nucleus. **Hypertensio**. 2009. n 54 1001–1008.
- ASHCRAFT, M.H.; KRAUSE, J. A. Working memory, math performance, and math anxiety. **Psychonomic Bulletin & Review**. 2007 Apr;14(2):243-8.
- ASHDOWN-FRANKS G. *et al.* Exercise as Medicine for Mental and Substance Use Disorders: A Meta-review of the Benefits for Neuropsychiatric and Cognitive Outcomes. **Sports Med**. 2020 Jan;50(1):151–170.
- ASHCRAFT, M.H. Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. **Current Directions in Psychological Science**. 2002. 11(5), 181–185.

ASHCRAFT, M.H.; MOORE, A.M. Mathematics Anxiety and the Affective Drop in Performance. **Journal of Psychoeducational Assessment**. 2009 apr; 27(3), 197–205,

AUGUSTO, J.A. de O.; CIASCA, S.M. Avaliação da memória em crianças e adolescentes com histórico de acidente vascular cerebral e crianças com queixas de dificuldades escolares. **Rev. psicopedag.** São Paulo, 2015. v. 32, n. 98, p. 128-135.

BARTHOLOMEW, J.B. *et al.* Active learning improves on-task behaviors in 4th grade children. **Prev Med**. 2018 Jun; 111:49-54.

BASTEN, U. *et al.* Trait anxiety and the neural efficiency of manipulation in working memory. **Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience**, 2012. 12(3):571-588.

BASTOS, J.A. Matemática: distúrbios específicos e dificuldades. In: **Transtornos de aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. Org: Newra Tellechea Rotta, Lygia Ohlweiler, Rudimar dos Santos Riesgo. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

BEAR, M.F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. tradução: [Carla Dalmaz ... et al.] ; [revisão técnica: Carla Dalmaz, Jorge Alberto Quillfeldt, Maria Elisa Calcagnotto]. 4. Ed, PortoAlegre: Artmed, 2017.

BENARROCH, E. Central Autonomic Control. In: David R., Phillip L., Ronald P., editors. Primer on the Autonomic Nervous System. **Academic Press**. Cambridge, MA, USA: 2012. pp. 9–12.

BIRGIN, O. *et al.* An investigation of mathematics anxiety among sixth through eighth grade students in Turkey. **Learning and Individual Differences**. 2010. 20. 654-658.

BOUDET, G. *et al.* Median maximal heart rate for calibration in different conditions: Laboratory, Field and Competition. **International Journal Sports Medicine**. Vol. 23. Num. 4. 2002. p. 290-7.

BOUNY, P. *et al.* Entropy and Multifractal-Multiscale Indices of Heart Rate Time Series to Evaluate Intricate Cognitive-Autonomic Interactions. **Entropy** (Basel). 2021 May 25;23(6):663.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: matemática. Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. **Relatório do Brasil no PISA 2018**. Brasília: MEC/INEP/DAEB, 2019. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf . Acesso em 05 de janeiro de 2020.

BRETAS, J. R. da S. *et al.* Avaliação de funções psicomotoras de crianças entre 6 e 10 anos de idade. **Acta paul. enferm.** São Paulo, v. 18, n. 4, p. 403-412, Dec. 2005.

BRODAL, P. The Central Nervous System – Structure and Function. New York, NY: **Oxford University Press**, 2010.

BRUNETTO, AF. *et al.* Limiar ventilatório e variabilidade de frequência cardíaca em adolescentes. **Rev Bras Med Esporte**. 2005. 11(1):22-7.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports Med**. 2013. 43(5):313–38.

BULL, R.; SCERIF, G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. **Dev Neuropsychol**. 2001. 19(3):273–293.

CAMARGO, T.M. de. **Efeito do treinamento físico aeróbico na modulação autonômica da frequência cardíaca de pacientes com hipertensão arterial sistêmica**. Universidade de Campinas - UNICAMP. Campinas, SP, 2017.

CAMARDA, S.R. de A. *et al.* Comparação da frequência cardíaca máxima medida com as fórmulas de predição propostas por Karvonen e Tanaka. **Arq. Bras. Cardiol**. 2008. São Paulo, v. 91, n. 5, p. 311-314, Nov.

CAMBRI, L.T.; OLIVEIRA, F.R.; GEVAERD, M.S. Modulação autonômica cardíaca em repouso e controle metabólico em diabéticos tipo 2. **HU Revista**. 2008. 34(2):115-21.

CAREY, E. *et al.* Differentiating anxiety forms and their role in academic performance from primary to secondary school. **PLoS One**. 2017. 12(3):e0174418.

CARMO, J. S.; CUNHA, L.O.; ARAÚJO, P.V.S. **Atribuições dadas à matemática por alunos do Ensino Fundamental com dificuldades em matemática: um estudo preliminar**. Anais do V Encontro Paraense de Educação Matemática, 2007.

CARVALHO, G.J.; GONÇALVES, L.M. Inclusão educacional: relação entre experiências psicomotoras e o processo de alfabetização de crianças com deficiência intelectual. **Revista Humanidades e Tecnologia**. 2019. Ano XIII, Nº 15.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. F.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep**. 1985. 100:126-31.

CASTELLI, D.M. *et al.* Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. **J Sport Exerc Psychol**. 2007 Apr;29(2):239-52.

CATAI, A.M. *et al.* Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. **Braz J Phys Ther**. 2020 Mar-Apr;24(2):91-102.

CAYRES, S.U. *et al.* Sports practice is related to parasympathetic activity in adolescents. **Rev Paul Pediatr**. 2015. 33(2):174-180.

CHADDOCK, L. *et al.* A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. **Brain research**, 2010 Oct;1358, 172–183.

CHADDOCK-HEYMAN, L. *et al.* Physical Activity Increases White Matter Microstructure in Children. **Frontiers in neuroscience**. 2018. 12, 950.

CHALMERS, J.A. *et al.* Anxiety Disorders are Associated with Reduced Heart Rate Variability: A Meta-Analysis. **Front Psychiatry**. 2014. 5:80.

CHALMERS, J.A. *et al.* Worry is associated with robust reductions in heart rate variability: a transdiagnostic study of anxiety psychopathology. **BMC Psychol**. 2016 Jun 3;4(1):32.

CHANG, Y.K. *et al.* The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. **Brain Res**. 2012. 1453:87–101.

CHAABENE, H. *et al.* Acute Effects of Static Stretching on Muscle Strength and Power: An Attempt to Clarify Previous Caveats. **Front Physiol**. 2019 Nov 29; 10:1468.

CHAND, S.P.; MARWAHA, R. Anxiety. 2021 Jul 26. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): **StatPearls Publishing**; 2021 Jan–. PMID: 29262212.

CONDESSA, L.A. *et al.* Frequência cardíaca máxima: importância e problemas relacionados a sua medida e estimativa: uma revisão. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, Edição Suplementar 2, São Paulo, v.8, n.47, p.428-434. 2014. ISSN 1981-9900.

COSTIGAN, S. A. *et al.* High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: A systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med**. 2015a Oct;49(19):1253–1261.

_____. *et al.* Preliminary efficacy and feasibility of embedding high intensity interval training into the school day: A pilot randomized controlled trial. **Prev Med Rep**. 2015b. 2:973–979.

_____. *et al.* High-Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. **MedSci Sports Exerc**. 2016 Oct;48(10):1985-93.

COOPER, S.B. *et al.* High intensity intermittent games-based activity and adolescents' cognition: moderating effect of physical fitness. **BMC Public Health**. 2018. May 8;18(1):603.

DAKER, R.J. *et al.* First-year students' math anxiety predicts STEM avoidance and underperformance throughout university, independently of math ability. **Sci Learn**. 6, 17, 2021.

DAMÁSIO, A.R. **O erro de Descartes**: emoção, razão e o cérebro humano. Tradução: Dora Vicente, Georgina Segurado. 3ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

DAPP, L.C.; ROEBERS, C.M. The Mediating Role of Self-Concept between Sports-Related Physical Activity and Mathematical Achievement in Fourth Graders. **Int J Environ Res Public Health**. 2019 Jul 25;16(15).

DARIDO, S.C.; JÚNIOR, O.M. de S. **Para ensinar educação física**: possibilidades de intervenção na escola. Campinas, SP: Papirus, 2007.

DE MEUR, A.; STAES, L. **Psicomotricidade**: educação e reeducação. São Paulo: Manole, 1989.

DESCHODT-ARSAC, V. *et al.* Entropy in Heart Rate Dynamics Reflects How HRV-Biofeedback Training Improves Neurovisceral Complexity during Stress-Cognition Interactions. **Entropy**. 2020. (Basel, Switzerland), 22(3), 317.

DE VITO, G. *et al.* Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady-state exercise in healthy humans. **Clin Physiol Funct Imaging**. 2002. 22(1):32-8.

DI ALENCAR, T.A. M.; MATIAS, K.F. de S. Princípios fisiológicos do aquecimento e alongamento muscular na atividade esportiva. **Rev Bras Med Esporte**. 2010. Niteroi, v. 16, n. 3, p. 230-234.

DIAS DE CARVALHO, T. *et al.* Geometric index of heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease. **Revista Portuguesa de Pneumologia** (English Edition), Volume 17, Issue 6, November–December 2011, Pages 260-265.

DIAS, N.M.; SEABRA, A.G. Competência aritmética sob a perspectiva do processamento da informação: compreensão, desenvolvimento e subsídios para avaliação. In: **Avaliação neuropsicológica cognitiva: leitura, escrita e aritmética**. Vol 3. Orgs: Alessandra Gotuzo Seabra, Natália Martin Dias e Fernando César Capovilla. São Paulo: Memnon, 2013.

DEVINE, A. *et al.* Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. **Behav Brain Funct**. 2012. 8, 33.

DOWKER, A.; SARKAR, A.; LOOI, C.Y. Mathematics Anxiety: What Have We Learned in 60 Years? **Front Psychol**. 2016. 7:508. Published 2016 Apr 25.

DONNELLY, J. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **MedSci Sports Exerc**. 2016 Jun;48(6):1197-222.

DONNELLY, J.E.; LAMBOURNE, K. Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. **Prev Med**. 2011 Jun; 52 Suppl 1:S36-42.

DROLLETTE, E.S. *et al.* Maintenance of Cognitive Control during and after Walking in Preadolescent Children. **Medicine & Science In Sports & Exercise**. 2012 Oct;44(10):2017-24.

ECHEVERRÍA, J.C. *et al.* Interpretation of heart rate variability via detrended fluctuation analysis and alphabeta filter. **Chaos**. 2003. 13(2):467-475. doi:10.1063/1.1562051

ECKBERG, D.L.; SLEIGHT, P. **Human Baroreflexes in Health and Disease**. Oxford: Clarendon Press. 1992.

ECKBERG, D.L. The human respiratory gate. **J Physiol**. 2003 Apr 15;548(Pt 2):339-52.

ELSE-QUEST, N.M.; HYDE, J.S.; LINN, M.C. Cross-national patterns of gender differences in mathematics: a meta-analysis. **Psychol Bull**. 2010 Jan;136(1):103-127.

ENDLICH, P. W. *et al.* Efeitos agudos do alongamento estático no desempenho da força dinâmica em homens jovens. **Rev Bras Med Esporte**. 2009. Niteroi, v. 15, n. 3, p. 200-203.

EDDOLLS, W. *et al.* High-intensity interval training interventions in children and adolescents: A systematic review. **Sports Medicine**. 2017 Nov;47(11), 2363–2374.

ENSARI, I. *et al.* Meta-analysis of acute exercise effects on state anxiety: an update of randomized controlled trials over the past 25 years. **Depress Anxiety**. 2015 Aug;32(8):624-34.

ERICKSON, K.; HILLMAN, C.; KRAMER, A. Physical activity, brain, and cognition. **Current Opinion in Behavioral Sciences**. 2015 Aug;4. 10.1016/j.cobeha.

ESPÍRITO SANTO, H.; DANIEL, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (2): Guia para reportar a força das relações. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**. 2017.[S. l.], v. 3, n. 1, p. 53–64.

ESTEBAN-CORNEJO, I. *et al.* Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. **J Sci Med Sport**. 2015 Sep;18(5):534-9.

FAINGUELERNT, E.K. **Educação matemática: representação e construção em geometria**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

FAUST, M.W. **Analysis of physiological reactivity in mathematics anxiety** (Unpublished doctoral dissertation, Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio, 1992.

FARINATTI, P.T. *et al.* Acute effects of stretching exercise on the heart rate variability in subjects with low flexibility levels. **J Strength Cond Res**. 2011 Jun;25(6):1579-85.

FELTEN, D.L.; SHETTY, A.N. **Atlas de neurociência**. ilustradores colaboradores Carlos A. G. Machado, James A. Perkins, John A. Craig; [tradução Raimundo Rodrigues Santos]. - Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

FERNANDES, C.T. *et al.* Desempenho psicomotor de escolares com dificuldades de aprendizagem em cálculos. **Rev. Bras. Estud. Pedagog.** Brasília, 2014 Apr; v. 95, n. 239, p. 112-138.

FERRARI, F.; MARTINS, V.M. Exercício Intervalado de Alta Intensidade versus Exercício Contínuo: Há Diferença na Magnitude de Redução da Pressão Arterial? *Arq. Bras. Cardiol.* [online]. 2020. vol.115, n.1 [citado 2021-01-06], pp.15-16.

FERREIRA, M.T. **Métodos lineares e não lineares de análises de séries temporais e sua aplicação da variabilidade da frequência cardíaca de jovens saudáveis.** Dissertação apresentada no Instituto de Biociências UNESP. 2010.

FIELD, A. **Descobrimos a estatística usando o SPSS.** Tradução LoríViali. – 2. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GALLAHUE, D.L.; OZMUN, J. C. **Compreendendo o desenvolvimento motor:** bebês, crianças, adolescentes e adultos. 2. ed. São Paulo: Phorte, 2005.

GALERA, C.; SOUZA, A. Memória visuoespacial e cinestésica de curto prazo em crianças de 7 a 10 anos. **Estudos de Psicologia** (Natal). 2010.

GAMELIN, F.X. *et al.* Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. **Med Sci Sports Exerc.** 2006. 38(5):887-93.

GATHERCOLE, S.E. *et al.* Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. **Appl. Cogn. Psychol.** 2004. 18:1–16.

GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. **Neurociência cognitiva:** a biologia da mente. Tradução: Angelica Rosat Consiglio et al. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GILES, D.; DRAPER, N.; NEIL, W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. **European Journal of Applied Physiology.** 2016. 116(3):563-71.

GIULIANO, R.J. *et al.* Resting sympathetic arousal moderates the association between parasympathetic reactivity and working memory performance in adults reporting high levels of life stress. **Psychophysiology.** 2017 Aug;54(8):1195-1208.

GODOY, M.F. **Teoria do Caos Aplicada à Medicina.** São José do Rio Preto, 2003. 200p. Livre docência - FAMERP.

GODOY, M.F. *et al.* Gravidade da cardiopatia congênita e nível de redução da variabilidade da frequência cardíaca. **Arq Bras Ciênc Saúde.** 2012. 37(1):19-22.

GOLDBERGER, A.L.; PENG, C.K.; LIPSITZ, L.A. What is physiologic complexity and how does it change with aging and disease? **Neurobiol Aging.** 2002. 23:23–2

GORDON, B.R. *et al.* The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. **Sports Med.** 2017 Dec;47 (12):2521-2532.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J.E.R.P. Atividade física, aptidão física e saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde.** v. 1. n.1., p. 18-35, 1995.

HARTWRIGHT, C.E. *et al.* The Neurocognitive Architecture of Individual Differences in Math Anxiety in Typical Children. **Sci Rep.** 2018 May 31;8(1):8500.

HANSEN, A.L. *et al.* Vagal influence on working memory and attention. **Int. J. Psychophysiol.** 2003. 48(3): 263–274, Jun.

HAVE, M. *et al.* Classroom-based physical activity improves children's math achievement - A randomized controlled trial. **PLoS One.** 2018 Dec;13(12):e0208787.

HELD, J. *et al.* Heart rate variability change during a stressful cognitive task in individuals with anxiety and control participants. **BMC Psychol.** 2021 Mar 17;9(1):44.

HEMBREE, R. The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. **Journal for Research in Mathematics Education**, 1990, n. 21, p. 33–46.

HENDERSON, L.A. *et al.* Functional magnetic resonance signal changes in neural structures to baroreceptor reflex activation. **J. Appl. Physiol.** 2004. 96 693–703.

HENRIQUES, T. *et al.* Nonlinear Methods Most Applied to Heart-Rate Time Series: A Review. **Entropy** (Basel). 2020 Mar 9;22(3):309.

HILLMAN, C.H.; CASTELLI, D.M.; BUCK, S.M. Aerobic Fitness and Neurocognitive Function in Healthy Preadolescent Children. **Medicine & Science in Sport & Science**, 2005 Nov;37(11), 1967-1974.

HILLMAN, C. H. *et al.* Aerobic Fitness and Cognitive Development: Event-Related Brain Potential and Task Performance Indices of Executive Control in Preadolescent Children. **Dev Psychol.** 2009 Jan;45(1):114-29.

HILLMAN, C.H.; PONTIFEX, M.B.; RAINE, L.B.; CASTELLI, D.M.; HALL, E.E.; KRAMER, A.F. The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. **Neuroscience**, 2009. 159(3), 1044-1054.

HILLMAN, C.H.; BIGGAN, J.R. A Review of Childhood Physical Activity, Brain, and Cognition: Perspectives on the Future. **Pediatr Exerc Sci.** 2017 May;29(2):170-176.

HILLMAN, C.H.; ERICKSON, Kirk I.; HATFIELD, Bradley D. Run for Your Life! Childhood Physical Activity Effects on Brain and Cognition. **Kinesiology Review**, 2017.

HOTTENROTT, K.; HOOS, O.; ESPERER, H.D. Herzfrequenzvariabilität und Sport. **Heart rate variability and physical exercise.** Current status. *Herz.* 2006. 31(6):544-552.

HOCHMAN, B. *et al.* Desenhos de pesquisa. **Acta Cir. Bras.** 2005. São Paulo, v. 20, supl. 2, p. 2-9.

HOGERVORST, E. *et al.* Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 2008 Oct;40(10):1841-51.

HON, E.H.; LEE, S.T. Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observation. **Am J Obstet Gynec.** 1965. 87:814-26.

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.** 2015. 86(3):217–224.

HO, J. *et al.* Moving beyond P values: data analysis with estimation graphics. **Nat Methods.** 2019 Jul;16(7):565-566.

HOLZMAN, J.B.; BRIDGETT, D.J. Heart rate variability indices as bio-markers of top-down selfregulatory mechanisms: A meta-analytic review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews.** 2017. 74: 233-255.

HSIEH, S. *et al.* Systematic review of the acute and chronic effects of high-intensity interval training on executive function across the lifespan. **Journal of Sports Sciences.** 2020. 10.1080/02640414.2020.1803630.

JANSSEN, I.L.; BLANC, 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.** 2010. 7(40):1–16.

KAO, S.C. *et al.* Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. **Psychophysiology.** 2017 Sep;54(9):1335-1345.

KANDEL, E. *et al.* **Princípios de neurociências.** Tradução: Ana Lúcia Severo Rodrigues... [et al.]; revisão técnica: Carla Dalmaz, Jorge Alberto Quillfeldt. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KAPLAN, D.T. *et al.* Aging and the complexity of cardiovascular dynamics. **Biophysical journal.** 1991 Apr; 59(4), 945-949.

KHALED, A.S. *et al.* Employing time-domain methods and poincaré plot of heart rate variability signals to detect congestive heart failure. **BIME Journal.** 2006. pp. 35-41

KAWAGUCHI, L.Y.A. *et al.* Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Rev Bras Med Esporte.** Niterói, 2007 ago; v. 13, n. 4, p. 231-236.

KEMP, A.H.; QUINTANA, D.S. The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *Int J Psychophysiol.* 2013. 89(3):288-296.

KEMP, A.H. Heart rate variability, affective disorders and health. Em: Baune B., Tully P. (eds) Cardiovascular Diseases and Depression. **Springer, Cham**, 2016.

KENNEY, W.L.; WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. [tradução Fernando Gomes do Nascimento; tradução Orlando Laitano]. 5ª ed. Barueri, SP: Manole, 2013.

KETELHUT, S. *et al.* Effectiveness of Multi-activity, High-intensity Interval Training in School-aged Children. *Int J Sports Med.* 2020 Apr;41(4):227-232.

KLEIGER, R.E.; MILLER, J.P.; BIGGER, J.T Jr.; MOSS AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1987. 59(4):256-62.

KOENIG, J. Neurovisceral regulatory circuits of affective resilience in youth: Principal outline of a dynamic model of neurovisceral integration in development. *Psychophysiology.* 2020. 57(5):e13568.

KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J.; DESCHENES, M.R. **Fisiologia do exercício: teoria e prática**. Tradução Ana Cavalcanti Carvalho Botelho, Dilza Balteiro Pereira de Campos. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

LAMBRICK, D. *et al.* Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. *Psychophysiology.* 2016 Sep;53(9):1335-42.

LAUX, R. *et al.* Efeito de um Programa de Exercício Físico no Ambiente de Trabalho Sobre a Ansiedade. **Ciência & trabalho.** 2018. 20. 80-83.

LEAL, V. *et al.* Reflexões para o ensino da aritmética nos anos iniciais da educação básica: o pensamento lógico-matemático e o desenvolvimento da abstração. **Revista UNIABEU.** Belford Roxo. 2014. V.7 Número 15 janeiro- abril.

LEFEVRE, J. *et al.* Relation between cardiovascular risk factors at adult age, and physical activity during youth and adulthood: the leuven longitudinal study on lifestyle, fitness and health. *Int J Sports Med.* 2002; 23:32-8.

LEHRER, P.M. GEVIRTZ, R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Front Psychol.* 2014 Jul 21; 5:756.

LEHRER, P.M. *et al.* Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosom Med.* 2003 Sep-Oct;65(5):796-805.

LENT, R. **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2008.

_____. **Cem Bilhões de Neurônios?** Conceitos Fundamentais de Neurociência. 2. ed. Atheneu, 2010.

LIPSITZ, L.A. Dynamics of Stability: The Physiologic Basis of Functional Health and Frailty. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, 2002. 57(3): B115–B125, Mar.

LOGAN, J.G.; YEO, S. Effects of Stretching Exercise on Heart Rate Variability During Pregnancy. **J Cardiovasc Nurs**. 2017 Mar/Apr;32(2):107-111.

LOMBARDI, F. Chaos theory, heart rate variability and arrhythmic mortality. **Circulation**, 101. 2000, 8–10

LONGATO, C.R. **Avaliação Neuropsicológica e afetiva de crianças e adolescentes com epilepsia**, 2015. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Psicologia. Orientador: Pasian, Sonia Regina.

LOVISARO, M. **Psicomotricidade aplicada na escola**: guia prático de prevenções das dificuldades de aprendizagem. 2 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2011.

LOPES, P. *et al.* Aplicabilidade clínica da variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Neurocienc**. 2013. 21(4):600-603.

LUTTENBERGER, S.; WIMMER, S.; PAECHTER, M. Spotlight on math anxiety. **Psychol Res Behav Manag**. 2018. 11:311-322. Published 2018 Aug 8.

LUFT, C.D.; TAKASE, E.; DARBY, D. Heart rate variability and cognitive function: effects of physical effort. **Biol Psychol**. 2009 Oct;82(2):164-168.

LYONS, I.; BEILOCK, S. When Math Hurts: Math Anxiety Predicts Pain Network Activation in Anticipation of Doing Math. **PloS one**. 7. 2012. e48076. 10.1371/journal.pone.0048076.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício, nutrição, energia e desempenho humano**. Revisão técnica Fábio C. Prosdócimi; Tradução Dilza Balteiro Pereira de Campos, PatriciaLydieVoeux. – 8. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

MACHADO, H.A. de O. **Análise da variabilidade da frequência cardíaca usando métodos não lineares**. Dissertação de mestrado, apresentada no programa de mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação. Faculdade de Engenharia na Universidade do Porto, 2018.

MACHADO, A.F. *et al.* High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. **Clinical physiology and functional imaging**. 2019. 39(6), 378-383.

MCCRATY, R.; SHAFFER, F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk. **Glob Adv Health Med**. 2015 Jan; (1): 46–61.

MADEIRO, J. *et al.* Análise de Desempenho da Entropia Aproximada (ApEn) na Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC). **IFMBE Proceedings**. 2013. 33. 1182-1185. 10.1007/978-3-642-21198-0_300.

MARQUES, J.A.L. **Sistema de Análise Multiparamétrico para Auxílio ao Diagnóstico Médico Fetal Baseado em Exames Cardiotocográficos**. Tese. Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática. 150p. 2010.

MA, J.; SURES, S.; GURD, B.J. Funtervals: Fit Breaks in Fewer than Five! **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**. 2015. 86:8, 50-52.

MA, J.K.; MARE, L.; GURD B.J. Classroom-based high-intensity interval activity improves off-task behaviour in primary school students. **Appl PhysiolNutrMetab**. 2014. 39(12):1332–7.

MELLO, D.; KUNZLER, D.K.; FARAH, M. A cafeína e seu efeito ergogênico. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**. 2007. v. 1, n. 2, p. 30-37.

MENDES, A. C. **Identificação de graus de ansiedade à matemática em estudantes do ensino fundamental e médio**: contribuições à validação de uma escala de ansiedade à matemática. Dissertação de mestrado em Psicologia. São Carlos: UFSCar, 2012, 45f.

_____. **Ansiedade à matemática**: evidências de validade de ferramentas de avaliação e intervenção. Tese (Doutorado em Psicologia). São Carlos: UFSCar, 2016, 91f.

MEZCUA-HIDALGO, A. *et al.* 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning. **Percept Mot Skills**. 2019. Apr;126(2):202-222.

MORAES, S.; MALUF, M.F. de M. Psicomotricidade no contexto da neuroaprendizagem: contribuições à ação psicopedagógica. **Rev. psicopedag.** São Paulo, 2015, v. 32, n. 97, p. 84-92.

MORETTI, V.D.; SOUZA, N.M.M. de. **Educação matemática nos anos iniciais do ensino fundamental**: princípios e práticas pedagógicas. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2015.

MORIN, E. **O método 1** – A natureza da natureza. Editora Sulina. Porto Alegre, 2002.

MOURA SILVA, M.G. **Mecanismos subjacentes da Ansiedade Matemática no sistema nervoso autônomo: uma análise da variabilidade da frequência cardíaca, desempenho matemático e função executiva em crianças escolares**. Tese. UFPA, 2019.

MOUROT, L. *et al.* Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. **Clinical Physiology Functional Imaging**. 2004. 24(1): 10–18, Jan.

MULLENDER-WIJNSMA, M.J. *et al.* Physically Active Math and Language Lessons Improve Academic Achievement: A Cluster Randomized Controlled Trial. **Pediatrics**. 2016 Mar;137(3): e20152743.

NEIVA, G.S. **Psicomotricidade e Geometria: uma contribuição para a aquisição conceitual na educação infantil e anos iniciais**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília, 2017.

NUNAN, D. *et al.* Validade e confiabilidade da variabilidade da frequência cardíaca de curto prazo do Polar S810. **Med. Sci. Esportes Exer.** 2009. 41, 243-250.

OCDE. **PISA 2015**, Results in Focus. 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus>. Acesso em 03 de janeiro de 2021.

OLIVEIRA, G. de C. Contribuições da Psicomotricidade para Superação das Dificuldades de Aprendizagem. In: *et al.* Atuação Psicopedagógica e aprendizagem escolar. 4. ed. Petrópolis, In: SISTO, Firmino Fernandes *et al.* (Org.). **Atuação psicopedagógica e aprendizagem escolar**. Vozes, 1996. Cap. 10.

OLIVEIRA, R.S. *et al.* Is cardiac autonomic function associated with cardiorespiratory fitness and physical activity in children and adolescents? A systematic review of cross-sectional studies. **Int J Cardiol.** 2017. 236:113-122.

OLIVEIRA, M.A.P. de.; PARENTE, R. C. M. Entendendo Ensaios Clínicos Randomizados. **Bras. J. Video-Sur.** 2010. v. 3, n. 4: 176-180.

OPPLERT, J.; BABAULT, N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. **Sports Med.** 2018 Feb;48(2):299-325.

ORSINI, A.; PASQUADIBISCEGLIE, M.; PICONE, L. Factors which influence the difficulty of the spatial path in Corsi Block-Tapping Test. **Perceptual Motor Skills**, 2001. 200, 732-738.

OWENS, M. *et al.* Teoria da eficiência de processamento em crianças: memória de trabalho como mediador entre a ansiedade traço e o desempenho acadêmico. **Ansiedade Stress Coping**. 2008. 21 (4) : 417-30 .

OWEN, K.B. *et al.* Effects of physical activity and breaks on mathematics engagement in adolescents. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2017.

PARFITT, G.; ESTON, R.G. The relationship between children's habitual activity level and psychological well-being. **Acta Paediatr.** 2005. 94(12):1791–7.

PARK, G.; THAYER, J.F. From the heart to the mind: Cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. *Front. Psychol.* 2014. 5:5.

PELEGRINI, A. *et al.* Aptidão cardiorrespiratória em adolescentes. **Rev Andal Med Deporte.** 2017. Sevilla, v. 10, n. 3, p. 152-157.

PENG, C.K. *et al.* Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos.* 1995. 5(1):82-87.

PINCUS, S.; SINGER, B.H. Randomness and degrees of irregularity. **Proceedings of the National Academy of Science**, 1995. v. 93, p. 2083-2088.

PINDUS, D.M. *et al.* Moderate-to-Vigorous Physical Activity, Indices of Cognitive Control, and Academic Achievement in Preadolescents. **J Pediatr.** 2016 Jun; 173:136-42.

_____. *et al.* Moving fast, thinking fast: The relations of physical activity levels and bouts to neuroelectric indices of inhibitory control in preadolescents. **J Sport Health Sci.** 2019 Jul;8(4):301-314.

POIRIER, P. *et al.* Impact of Diet-Induced Weight Loss on the Cardiac Autonomic Nervous System in Severe Obesity. **Obes Res** 2003. 11:1040-7.

POLSON, J.W. *et al.* Differential baroreflex control of sympathetic drive by angiotensin II in the nucleus tractus solitarii. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2007. 293 R1954–R1960.

PONTIFEX, M.B. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychol. Sport Exerc.** 2018 Jul;40, 1–22.

PORTA, A. *et al.* Entropy, Entropy rate, and pattern classification as tools to typify complexity in short heart period variability series. **IEEE Trans Biomed Eng.** 2001. 48(11):1282-91.

PORGES, S.W. The polyvagal theory: New insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system. *Clevel. Clin. J. Med.* 2009. 76: S86–S90.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho I.** 8. ed. Barueri: Manole, 2014.

PRIMI, R. Inteligência fluida: definição fatorial, cognitiva e neuropsicológica. **Paidéia** (Ribeirão Preto) 2002.

RAAD, A.J. **Avaliação de leitura, escrita e aritmética em crianças de primeira à quarta séries.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Universidade São Francisco, Itatiba, 2005.

RADTKE, T. *et al.* High-volume sports club participation and autonomic nervous system activity in children. **Eur J Clin Invest.** 2013.43(8):821-828.

RAJIV, K.S. *et al.* Heart rate variability study of childhood anxiety disorders. **J Cardiovasc Dis Res** 2011. 2(2):115-22.

RAMIREZ, G. *et al.* Math Anxiety, Working Memory and Math Achievement in Early Elementary School. **Journal of Cognition and Development.** 2012. 14.

RAMÍREZ, E. *et al.* Anxiety, attention, and decision making: The moderating role of heart rate variability. **International Journal of Psychophysiology**, 2015. 98(3 Pt 1):490-6, Dec.

RASBERRY, C.N. *et al.* The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. **Prev Med.** 2011 Jun;52 Suppl 1:S10-20.

RASSI, A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. **J Diag Cardiol.** 2000. 8.

RIBEIRO, J.P.; MORAES, R.S. Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema autônomo. **Ver. Bras. Hipertensão.** 2005. V. 1, n. 12, p.14-24.

RICHARDSON, F.C.; SUINN, R.M. The Mathematics Anxiety Rating Scale. **Journal of Counseling Psychology.** 1972. 19, 551-554.

RICHMAN, J.S.; MOORMAN, J.R. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am. J. Physiol. Heart and Circ. Physiol.* 2000. 278: 2039–49.

ROBERGS, R.; LANDWEHR, R. The surprising history of the “Hrmax = 220-age” equation. **Journal of Exercise Physiologyonline.** 2002. Vol. 5. Num. 2. p. 1-10.

ROCHA, R.M. *et al.* Variabilidade da frequência cardíaca e ritmo circadiano em pacientes com angina estável. **Rev Socerj.** 2005. 18(4):429-42.

ROCHA, A.C. **Avaliação física para treinamento personalizado, academias e esporte: uma abordagem didática, prática e atual.** São Paulo: Phorte, 2013.

SACCHI, A.L.; METZNER, A.C. A percepção do pedagogo sobre o desenvolvimento psicomotor na educação infantil. **Rev. Bras. Estud. Pedagog.** Brasília, 2019 Apr, v. 100, n. 254, p. 96-110.

SÁNCHEZ-PÉREZ, N. *et al.* Assessing math anxiety in elementary schoolchildren through a Spanish version of the Scale for Early Mathematics Anxiety (SEMA). **PLoS One.** 2021;16(8):e0255777. Published 2021 Aug 5.

SA, M.A. *et al.* Efeito agudo do alongamento estático e facilitação neuromuscular propriocetiva sobre o desempenho do número de repetições máximas em uma sessão de treino de força. **Motri**, Vila Real, 2013 dez, v. 9, n. 4, p. 73-81.

SAMUEL, R.D. *et al.* The Effects of Maximal Intensity Exercise on Cognitive Performance in Children. **J Hum Kinet**. 2017 Jun 22; 57:85-96.

SANCHIS, C. *et al.* Effects of caffeine intake and exercise intensity on executive and arousal vigilance. **Sci Rep**. 2020 May 21;10(1):8393.

SARSHIN, A. *et al.* The effects of varying doses of caffeine on cardiac parasympathetic reactivation following an acute bout of anaerobic exercise in recreational athletes. **J Int Soc Sports Nutr**. 2020 Aug 20;17(1):44.

SCHAUN, G.Z; DEL VECCHIO, F.B. High-Intensity Interval Exercises' Acute Impact on Heart Rate Variability: Comparison Between Whole-Body and Cycle Ergometer Protocols. **J Strength Cond Res**. 2018 Jan;32(1):223-229.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. **Front Public Health**. 2017. 5: 258, Sep.

SHARP, C. A. *et al.* Identifying facilitators and barriers for adolescents participating in a school-based HIIT intervention: the exercise for asthma with commando Joe's® (X4ACJ) programme. **BMC Public Health**. 2020 May 1;20(1):609.

SOUZA, R.F. de. O que é um estudo clínico randomizado? **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, 2009. 42(1), 3-8.

SPELKE, E.S. Sex Differences in Intrinsic Aptitude for Mathematics and Science? A Critical Review. **American Psychologist**. 2005. 60(9), 950–958.

SUÁREZ-PELLICIONI, M.; NÚÑEZ-PEÑA, M.; COLOMÉ, À. Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. **Cogn Affect Behav Neurosci**. 2016 Feb;16(1):3–22.

SUINN, R.M. *et al.* Mathematics Anxiety Rating Scale for Elementary School Students (MARS-E): Psychometric and normative data. **Educational and Psychological Measurement**, 1988. 48(4), 979–986.

SUINN, R.M. Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS). Fort Collins, CO: **Rocky Mountain Behavioral Science Institute**. 1972.

SUPEKAR, K. *et al.* Neural predictors of individual differences in response to math tutoring in primary-grade school children. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 2013 May 14;110(20):8230-5.

_____ *et al.* Remediation of Childhood Math Anxiety and Associated Neural Circuits through Cognitive Tutoring. **J Neurosci**. 2015 Sep 9;35(36):12574–12583.

ST CLAIR-THOMPSON H.L.; GATHERCOLE, S.E. Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. **Q. J. Exp. Psychol.** 2006. 59:745–759.

STERBERG, R.J.; STERBERG, K. **Psicologia Cognitiva**. Revisão Técnica. Marcelo Fernandes. Tradução Noveritis do Brasil. 2^a ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016.

SONG, H.S.; LEHRER, P.M. The Effects of Specific Respiratory Rate on Heart Rate and Heart Rate Variability. **Appl Psychophysiol Biofeedback**, 2003. 28, 13–23.

TABATA, I. *et al.* Effects of moderate-intensity endurance and highintensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂máx. **Med. Sci. Sport.** 1996. Exerc. 28(10). 1327–1330.

TARAS, H. Physical activity and student performance at school. **J Sch Health.** 2005 Aug;75(6):214-8.

THAYER, J.F.; LANE, R.D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. **J Affect Disord.** 2000 Dec;61(3):201-16.

THAYER, J.F. *et al.* Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. **Ann Behav Med.** 2009. 37(2):141-153.

THAYER, J.F. Heart Rate Variability: A Neurovisceral Integration Model. **Encyclopedia of Neuroscience.** 2017. 1041–1047.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K.; SILVERMAN, S.J.; **Métodos de pesquisa em atividade física**. Tradução: Ricardo Demétrio de Souza Peterson. 6. ed. Porto Alegre: artmed, 2012.

TOMPOROWSKI, P.D. Effects of acute bouts of exercise on cognition. **Acta Psychologica**, 2003 Mar;112(3), 297-324.

TOTTORI, N. *et al.* Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years. **Int J Environ Res Public Health.** 2019 Nov;16(21):4127.

TWISK, J.W.R. *et al.* The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam growth and health longitudinal study. **Int J Sports Med.** 2002. 3:8-14.

VANDERLEI, L.C.M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc** [online]. 2009, vol.24, n.2, pp.205-217.

VASCHILLO, E. *et al.* Heart rate variability biofeedback as a method for assessing baroreflex function: a preliminary study of resonance in the cardiovascular system. **Appl Psychophysiol Biofeedback.** 2002 Mar;27(1):1-27.

VASQUES, D.G. *et al.* Aptidão cardiorrespiratória de adolescentes de Florianópolis, SC. **Rev Bras Med Esporte**. Niterói, 2007 Dec, v. 13, n. 6, p. 376-380.

VUKOVIC, R.K. *et al.* Mathematics anxiety in young children: concurrent and longitudinal associations with mathematical performance. **Contemporary Educational Psychology**. 2013 Jan; 38(1): 1–10.

VOSS, A. *et al.* A. Comparison of nonlinear methods symbolic dynamics, detrended fluctuation, and Poincaré plot analysis in risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy. **Chaos** 17. 2007. pp. 15120-15130.

WANG, J.X. *et al.* Prefrontal cortex as a meta-reinforcement learning system. **Nat Neurosci**. 2018 Jun;21(6):860-868.

WATSON, A. *et al.* Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. **Int J Behav Nutr Phys Act**. 2017 Aug 25;14(1):114.

WESTON, K.L. *et al.* Effect of Novel, School-Based High-Intensity Interval Training (HIT) on Cardiometabolic Health in Adolescents: Project FFAB (Fun Fast Activity Blasts) - An Exploratory Controlled Before-And-After Trial. **PLoS One**. 2016 Aug 3;11(8):e0159116.

WILLIAMS, G.P. Chaos Theory. **Tamed Joseph Henry Press**. Washington, 2001.

WIGFIELD, A.; MEECE, J.L. Math anxiety in elementary and secondary school students. **Journal of Educational Psychology**. 1988. 80(2): 210–216.

WOLF, M.; VARIGOS, G.A.; HUNT, D.; SLOMAN, J.G. Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. **Med J Aust**. 1978. 2:52-3.

WONG, A.; FIGUEROA, A. Effects of Acute Stretching Exercise and Training on Heart Rate Variability: A Review, **Journal of Strength and Conditioning Research**: May 2021, Volume 35 - Issue 5 - p 1459-1466.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Physical activity key facts [Internet]. 2018. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.

YERAGANI, V.K. *et al.* Effects of caffeine on linear and nonlinear measures of heart rate variability before and after exercise. **Depression and Anxiety**. 2005. 21(3), 130–134.

YOUNG, H.; BENTON, D.; CARTER, N. The Effect of Chicken Extract on Mood, Cognition and Heart Rate Variability. **Nutrients**. 2015. 7, 887-904.

Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

(Nome _____ do _____ aluno, _____ nacionalidade, _____ idade, _____ endereço) _____

_____ neste ato representado por mim, (nome do representante legal, nacionalidade, idade, estado civil, profissão, endereço, grau de parentesco com o participante da pesquisa ou qualificação como tutor _____ ou curador) _____

_____ está sendo convidado a participar do estudo denominado **Implicações da atividade física em crianças com ansiedade matemática** cujo objetivo destina-se *investigar as implicações da atividade física em crianças com ansiedade matemática*.

A Ansiedade Matemática está relacionada ao baixo desempenho na disciplina, podendo causar consequências tanto na vida acadêmica quanto cotidiana do aluno. Há estudos bem estabelecidos mostrando que a ansiedade matemática se desenvolve em crianças, podendo evoluir para os anos escolares subsequentes. Por outro lado, pesquisas evidenciam melhoras no desempenho matemático em alunos que realizaram atividades físicas específicas. Nesse sentido, pretende-se analisar a atividade física como fator de redução/reversão da ansiedade matemática, e que pode, por sua vez, apresentar efeitos positivos no desempenho matemático dos participantes.

A participação de seu representado no referido estudo será no sentido de responder à um questionário que avalia o grau de ansiedade matemática, participar de testes de desempenho matemático, teste neuropsicológico, bem como de atividade física que serão acompanhados pela equipe de pesquisadores.

Fica informado de que, da pesquisa a se realizar, é possível esperar alguns benefícios para a criança, tais como: melhora no desempenho matemático e redução no nível de ansiedade matemática.

Por outro lado, fica informado os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos decorrentes do estudo, tais como o desconforto de responder a questionários e questões matemáticas e indisposição para realizar atividade física.

A privacidade da criança será respeitada, de modo que seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, o (a) identificar, será mantido em

sigilo.

Fica informado que pode haver recusa à participação no estudo, bem como pode ser retirado o consentimento a qualquer tempo, sem precisar haver justificativa. Ao sair da pesquisa, não haverá qualquer prejuízo a criança participante.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são: Professor Marcos Guilherme Moura Silva, aluno de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará; Mauro Roberto de Souza Domingues, aluno de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará, Doutor Tadeu Oliver Gonçalves, Professor Titular da Universidade Federal do Pará, Doutor João Bento Torres Neto, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará, e com eles poderei manter contato pelos telefones: 91-98108-3765; 91-98318-7339; 91- 98149-7669; 91-98843-1058, 91- 99266-0076, respectivamente.

É assegurada a assistência do meu representado durante toda a pesquisa, bem como lhe é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da participação de _____ (nome do aluno).

Tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do estudo, autorizo a participação de _____ (nome do aluno) na referida pesquisa, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, pela participação.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo ligar para o IEMCI/UFPA (91) 3201-7487 ou mandar um *email* para iemci@ufpa.br

Belém, de de 2019

(Assinatura e RG do representante legal do aluno)

Prof. Msc. Mauro Roberto de Souza Domingues
Pesquisador Responsável

Apêndice B - Ficha de Avaliação do Protocolo EXAM

Preparativos:

Buscar o(a) participante em sala, perguntar se quer ir ao banheiro? Oferecer água?

Colocar o frequencímetro⁴⁷ no(a) participante e ativar o relógio, indicar a cadeira onde será realizado o teste e preencher ficha do protocolo.

Perguntar se o(a) participante consumiu cafeína ou chocolate? Sim () Não ()

Perguntar se o(a) participante está acostumado a usar teclado e mouse? Sim () Não ()

Nome: _____ Série: _____ Sexo: _____ Idade: _____ anos

Data de nascimento: ____/____/____ Data da coleta: ____/____/____
HORA: ____

IDENTIFICAÇÃO (ID): (Data da coleta + Iniciais do nome + Data de nascimento)

Exemplo ID: 280819 + VM + 100110

ID: _____

Obs: Após preencher o cabeçalho colocar o frequencímetro.

REGISTRO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

Início:	Final:
----------------	---------------

Obs: Registro da frequência cardíaca (bpm) em estado basal (após 6 minutos⁴⁸ de completo repouso iniciar os testes).

Tarefas do avaliador durante a realização dos testes:

_ Antes de iniciar os testes o avaliador deverá observar se o(a) participante está sem nenhum objeto na mão que possa atrapalhar a realização da atividade.

_ Acomodar o(a) participante de maneira confortável na cadeira e centralizar o teclado e a tela do computador diante do(a) participante.

_ Durante a realização dos testes o avaliador deverá se posicionar ao lado do(a) participante e antes de cada teste deverá repassar todas as informações de como será realizado cada teste.

⁴⁷ Em casos de participante do sexo feminino, homens deverão se retirar da sala.

⁴⁸ 5 minutos é o tempo mínimo recomendado para começar a verificar a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC).

1º BLOCO

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE DE DESEMPENHO MATEMÁTICO (TDM) [10 min]

- NA TELA DO COMPUTADOR SERÃO APRESENTADAS EXPRESSÕES DE MATEMÁTICA, QUE VOCÊ DEVERÁ RESOLVER MENTALMENTE.
- DIGA EM VOZ ALTA O RESULTADO.
- É PERMITIDO UTILIZAR OS DEDOS PARA ENCONTRAR O RESULTADO.
- TENDE RESPONDER A MAIOR QUANTIDADE DE EXPRESSÕES!
- VAMOS RESOLVER DUAS EXPRESSÕES PARA VER SE VOCÊ ENTENDEU.
- Se negativo, não informar o erro e demonstrar que você irá controlar a apresentação das questões.
- PODEMOS COMEÇAR?
- Caso o(a) participante continue com dúvidas, as instruções deverão ser repetidas.

Tempo Início (cronômetro V800):				Tempo Final (cronômetro V800):			
Questão	Operação	Resposta	Acerto e erro	Questão	Operação	Resposta	Acerto e erro
01	$(1 \times 8) - 3 =$	5	✓✗	21	$(1 \times 9) - 5 =$	4	✓✗
02	$(3 \times 2) - 5 =$	1	✓✗	22	$(2 \times 4) - 3 =$	5	✓✗
03	$(2 \times 3) - 2 =$	4	✓✗	23	$(3 \times 2) - 3 =$	3	✓✗
04	$(4 \times 2) - 5 =$	3	✓✗	24	$(4 \times 2) - 6 =$	2	✓✗
05	$(9 \times 1) - 7 =$	2	✓✗	25	$(8 \times 1) - 7 =$	1	✓✗
06	$(4 \times 5) - 14 =$	6	✓✗	26	$(4 \times 8) - 13 =$	19	✓✗
07	$(7 \times 3) - 13 =$	8	✓✗	27	$(7 \times 3) - 14 =$	7	✓✗
08	$(8 \times 4) - 15 =$	17	✓✗	28	$(8 \times 4) - 14 =$	18	✓✗
09	$(8 \times 5) - 13 =$	27	✓✗	29	$(8 \times 5) - 12 =$	28	✓✗
10	$(9 \times 6) - 15 =$	39	✓✗	30	$(9 \times 5) - 14 =$	31	✓✗
11	$(4 \times 8) - 3 =$	29	✓✗	31	$(4 \times 8) - 4 =$	28	✓✗
12	$(5 \times 9) - 8 =$	37	✓✗	32	$(5 \times 9) - 6 =$	39	✓✗
13	$(3 \times 9) - 3 =$	24	✓✗	33	$(3 \times 9) - 2 =$	25	✓✗
14	$(4 \times 6) - 5 =$	19	✓✗	34	$(4 \times 5) - 6 =$	14	✓✗
15	$(5 \times 3) - 6 =$	9	✓✗	35	$(5 \times 5) - 9 =$	16	✓✗
16	$(7 \times 9) - 4 =$	59	✓✗	36	$(7 \times 9) - 5 =$	58	✓✗
17	$(8 \times 7) - 11 =$	45	✓✗	37	$(8 \times 9) - 15 =$	57	✓✗
18	$(8 \times 9) - 15 =$	57	✓✗	38	$(8 \times 7) - 11 =$	45	✓✗
19	$(8 \times 4) - 14 =$	18	✓✗	39	$(9 \times 7) - 7 =$	56	✓✗
20	$(8 \times 8) - 9 =$	55	✓✗	40	$(5 \times 9) - 10 =$	35	✓✗
Tempo Total do Teste 10 min							
Precisão de resposta (Quantidade total de respostas corretas)							

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE NEUROPSICOLÓGICO FLANKER
(Controle Inibitório) [+/- 8 min]

- _ Abra o slide no power point com as setas
- APONTE PARA QUE LADO A SETA ESTÁ INDICANDO.
 Certifique-se que ele consegue distinguir os lados.
- SE A SETA DO MEIO ESTIVER APONTANDO PARA A ESTE LADO (ESQUERDA),
APERTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL A TECLA “SHIT ESQUERDA” DO TECLADO.
- SE A SETA DO MEIO ESTIVER APONTANDO PARA O OUTRO LADO (DIREITA),
APERTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL A TECLA “SHIT DIREITA” DO TECLADO.
- APARECERÃO 5 SETAS NA TELA, SUA ATENÇÃO DEVERÁ ESTAR VOLTADA
 PARA A SETA QUE ESTÁ NO MEIO.
- IGNORE AS OUTRAS SETAS E FIQUE ATENTO SOMENTE A SETA CENTRAL
- PREPARE-SE E VEJA ALGUNS EXEMPLOS.
- _ Centralizar o teclado e a tela do computador diante do(a) participante.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE NEUROPSICOLÓGICO BLOCOS CORSI
(Memória de Trabalho) [+/- 2 MIN]

- Colocar o mouse na frente do notebook.
- VÃO APARECER NA TELA NOVE QUADRADOS DA COR AZUL.
- ALGUNS QUADRADOS IRÃO PISCAR NA COR AMARELA.
- UTILIZE O MOUSE E CLIQUE APENAS UMA VEZ EM CIMA DE CADA QUADRADO,
 SEGUINDO A SEQUÊNCIA EM QUE ELES MUDARAM DE COR.
- TENHA CERTEZA DE QUE O QUADRADO MUDOU DE COR QUANDO VOCÊ
 CLICOU NELE.
- EM SEGUIDA CLIQUE NO BOTÃO “Final”.
- NESSE TESTE VOCÊ NÃO PRECISA FAZER O MAIS RÁPIDO QUE PUDER, APERTE
 O BOTÃO DO MOUSE PARA CONTINUAR.
- _ Disponibilize o mouse para o participante.
- _ Reforçar durante as tentativas de adaptação as orientações para prevenir os erros.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR A MEDIDA DA ALTURA

_ Será realizada em uma plataforma estadiônica mecânica, onde o indivíduo deve estar descalço, com os pés juntos, os braços estendidos e relaxados ao lado do corpo, os calcanhares, a cintura pélvica, a cintura escapular e a região occipital devem estar em contato com a escala de medida (fita métrica), estando à cabeça alinhada seguindo as orientações do plano de Frankfurt⁴⁹. Em seguida o indivíduo realiza uma inspiração máxima, seguida de um bloqueio respiratório (apneia), neste momento realiza-se a medida.

ALTURA: _____

⁴⁹ A posição da cabeça deverá estar alinhada de forma que uma linha imaginária passe abaixo do bordo inferior da órbita e acima do meato auditivo, formando, assim, uma linha paralela ao solo.

2º BLOCO

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE DE LEITURA MATEMÁTICA [8 min]

- PREENCHER O CABEÇALHO.
- SÃO SITUAÇÕES PROBLEMAS QUE EXIGEM ATENÇÃO NA RESOLUÇÃO.
- ASSIM, PRIMEIRAMENTE, LEIA A QUESTÃO E DEPOIS REALIZE OS CÁLCULOS DA MANEIRA QUE ACHAR MELHOR PARA OBTER A RESPOSTA DO PROBLEMA (MENTALMENTE OU MONTANDO A CONTINHA, DESDE QUE ESCREVA SUA RESPOSTA).
- VOCÊ PODE USAR O ESPAÇO EM BRANCO, ABAIXO DE CADA QUESTÃO, PARA RASCUNHAR E APRESENTAR UMA RESPOSTA. RESOLVA QUANTAS QUESTÕES FOR POSSÍVEL ATÉ QUE SEJA SOLICITADO (A) A PARAR.

Observações para o avaliador:

- _ Perguntar se o(a) participante compreendeu e se está pronto para iniciar o teste.
- _ Se afirmativo, dizer “pode começar”. Se negativo, solicitar que leia a primeira questão e explicar novamente.
- _ Sempre disponibilizar caneta o(a) participante.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE CLOZE [+/- 8 min]

- PREENCHER O CABEÇALHO.
- PRIMEIRAMENTE, FAÇA UMA LEITURA COMPLETA DO TEXTO E DEPOIS ESCREVA A PALAVRA QUE MELHOR COMPLETE O SENTIDO DA SITUAÇÃO APRESENTADA. O TAMANHO DO TRAÇO CORRESPONDE AO TAMANHO DA PALAVRA QUE CABE EM CADA ESPAÇO.

Observações para o avaliador:

- Perguntar se o(a) participante compreendeu e se está pronto para iniciar o teste.
- Se afirmativa, dizer “pode começar”. Se negativo, solicitar que faça uma primeira leitura do texto e explicar novamente.
- _ Sempre disponibilizar caneta o(a) participante

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

TIAI -HIIT - [4 min] ()

Instruções para realizar o teste

- Será realizado quatro tipos de exercícios físico: Agachamento com alongamento do corpo, Polichinelo, Agachamento com alongamento do corpo alternando os braços para direita ou esquerda a cada subida e Corrida no mesmo lugar.
- Cada exercício será realizado durante 20 segundos e será repetido duas vezes.
- Após a realização de cada exercício será feita uma pausa de 10 segundos, recomeçando novamente o exercício por 20 segundos.

ALONGAMENTO - [4 min] ()

Instruções para realizar o teste

- Será realizado quatro tipos de alongamento: Alongamento do membro superior (braços direito lateralmente durante 20 segundos, realizar o mesmo movimento para o outro lado durante 20 segundos); Alongamento do membro inferior (quadríceps, lado direito durante 20 segundos, realizar o mesmo movimento para o outro lado durante 20 segundos; Alongamento do membro superior (braços direito e esquerdo alongados lateralmente para a direita durante 20 segundos, realizar o mesmo movimento para o outro lado durante 20 segundos; Alongamento do membro inferior (perna direita totalmente estendida com a ponta dos pés para cima, com pequena flexão da perna, tocando com os dedos da mão direita a ponta dos pés durante 20 segundos, realizar o mesmo movimento para o outro lado durante 20 segundos)
- Após a realização de cada exercício será feita uma pausa de 10

	segundos, recomeçando novamente o exercício por 20 segundos.
Tempo Início (cronômetro V800):	Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR A ATIVIDADE DE REPOUSO - [11 min]

- VOCÊ DEVERÁ PERMANECER SENTADO, COM OS PÉS EM PARALELO, TOTALMENTE EM REPOUSO E EVITAR REALIZAR MOVIMENTOS CONTÍNUOS DE BRAÇOS E PERNAS.

Observações para o avaliador:

_ Disponibilize revista em quadrinhos para que o participante faça o repouso com leitura.

_ **Disponibilizar uma cadeira em outro lugar na sala onde os testes estão sendo realizados.**

_ **Perguntar ao participante se quer ir ao banheiro (acompanhe o participante para evitar que ele corra) Oferecer água.**

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

3º BLOCO

obs: Ficar atento para colocar o ID e no final digitar o II

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE DE DESEMPENHO MATEMÁTICO (TDM) [10 min]

- NA TELA DO COMPUTADOR SERÃO APRESENTADAS EXPRESSÕES DE MATEMÁTICA, QUE VOCÊ DEVERÁ RESOLVER MENTALMENTE.
- DIGA EM VOZ ALTA O RESULTADO.
- É PERMITIDO UTILIZAR OS DEDOS PARA ENCONTRAR O RESULTADO.
- TENHA RESPONDER A MAIOR QUANTIDADE DE EXPRESSÕES!
- VAMOS RESOLVER DUAS EXPRESSÕES PARA VER SE VOCÊ ENTENDEU.
- Se negativo, não informar o erro e demonstrar que você irá controlar a apresentação das questões.
- **PODEMOS COMEÇAR?**
- Caso o(a) participante continue com dúvidas, as instruções deverão ser repetidas.

Tempo Início (cronômetro V800):				Tempo Final (cronômetro V800):			
Questão	Operação	Resposta	Acerto e erro	Questão	Operação	Resposta	Acerto e erro
01	$(1 \times 8) - 4 =$	4	✓✗	21	$(1 \times 9) - 5 =$	4	✓✗
02	$(3 \times 2) - 3 =$	3	✓✗	22	$(2 \times 4) - 6 =$	2	✓✗
03	$(2 \times 3) - 1 =$	5	✓✗	23	$(3 \times 3) - 4 =$	5	✓✗
04	$(4 \times 2) - 6 =$	2	✓✗	24	$(4 \times 2) - 5 =$	3	✓✗
05	$(9 \times 1) - 8 =$	1	✓✗	25	$(9 \times 1) - 8 =$	1	✓✗
06	$(4 \times 5) - 13 =$	7	✓✗	26	$(4 \times 8) - 12 =$	20	✓✗
07	$(7 \times 3) - 12 =$	9	✓✗	27	$(7 \times 3) - 13 =$	8	✓✗
08	$(8 \times 4) - 14 =$	18	✓✗	28	$(8 \times 4) - 15 =$	17	✓✗
09	$(8 \times 5) - 12 =$	28	✓✗	29	$(8 \times 5) - 13 =$	27	✓✗
10	$(9 \times 6) - 14 =$	40	✓✗	30	$(9 \times 5) - 12 =$	33	✓✗
11	$(4 \times 8) - 5 =$	27	✓✗	31	$(4 \times 8) - 7 =$	25	✓✗
12	$(5 \times 9) - 7 =$	38	✓✗	32	$(5 \times 9) - 8 =$	37	✓✗
13	$(3 \times 9) - 4 =$	23	✓✗	33	$(3 \times 9) - 3 =$	24	✓✗
14	$(4 \times 7) - 6 =$	22	✓✗	34	$(4 \times 5) - 5 =$	15	✓✗
15	$(5 \times 3) - 7 =$	8	✓✗	35	$(5 \times 5) - 8 =$	17	✓✗
16	$(7 \times 9) - 5 =$	58	✓✗	36	$(7 \times 9) - 6 =$	57	✓✗
17	$(8 \times 7) - 12 =$	44	✓✗	37	$(8 \times 9) - 13 =$	59	✓✗
18	$(8 \times 9) - 13 =$	59	✓✗	38	$(8 \times 7) - 10 =$	46	✓✗
19	$(8 \times 4) - 11 =$	21	✓✗	39	$(9 \times 7) - 8 =$	55	✓✗
20	$(8 \times 8) - 7 =$	57	✓✗	40	$(5 \times 9) - 11 =$	34	✓✗
Tempo Total do Teste 10 min							
Precisão de resposta (Quantidade total de respostas corretas)							

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE NEUROPSICOLÓGICO FLANKER
(Controle Inibitório) [+/- 8 min]

- _ *Abra o slide no power point com as setas*
- APONTE PARA QUE LADO A SETA ESTÁ INDICANDO.
Certifique-se que ele consegue distinguir os lados.
- SE A SETA DO MEIO ESTIVER APONTANDO PARA A ESTE LADO (ESQUERDA),
APERTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL A TECLA “SHIT ESQUERDA” DO TECLADO.
- SE A SETA DO MEIO ESTIVER APONTANDO PARA O OUTRO LADO (DIREITA),
APERTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL A TECLA “SHIT DIREITA” DO TECLADO.
- APARECERÃO 5 SETAS NA TELA, SUA ATENÇÃO DEVERÁ ESTAR VOLTADA
 PARA A SETA QUE ESTÁ NO MEIO.
- IGNORE AS OUTRAS SETAS E FIQUE ATENTO SOMENTE A SETA CENTRAL
- PREPARE-SE E VEJA ALGUNS EXEMPLOS.
- _ *Centralizar o teclado e a tela do computador diante do(a) participante.*

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE NEUROPSICOLÓGICO BLOCOS
CORSI (Memória de Trabalho) [+/- 2 MIN]

- *Colocar o mouse na frente do notebook.*
- VÃO APARECER NA TELA NOVE QUADRADOS DA COR AZUL.
- ALGUNS QUADRADOS IRÃO PISCAR NA COR AMARELA.
- UTILIZE O MOUSE E CLIQUE APENAS UMA VEZ EM CIMA DE CADA
 QUADRADO, SEGUINDO A SEQUÊNCIA EM QUE ELES MUDARAM DE COR.
- TENHA CERTEZA DE QUE O QUADRADO MUDOU DE COR QUANDO VOCÊ
 CLICOU NELE.
- EM SEGUIDA CLIQUE NO BOTÃO “Final”.
- NESSE TESTE VOCÊ NÃO PRECISA FAZER O MAIS RÁPIDO QUE PUDER,
 APERTE O BOTÃO DO MOUSE PARA CONTINUAR.
- _ *Disponibilize o mouse para o participante.*
- _ *Reforçar durante as tentativas de adaptação as orientações para prevenir os erros.*

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR A MEDIDA DO PESO CORPORAL:

- _ *O peso corporal será medido por uma balança digital. Durante a aferição do peso corporal o indivíduo deve permanecer em pé, os pés descalços ou com meias leves, com os braços estendidos e relaxados ao lado do corpo, com o mínimo de roupas possível, de preferência short e camiseta.*

Medida _____

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE DE LEITURA MATEMÁTICA [8 min]

- PREENCHER O CABEÇALHO.
- SÃO SITUAÇÕES PROBLEMAS QUE EXIGEM ATENÇÃO NA RESOLUÇÃO.
- ASSIM, PRIMEIRAMENTE, LEIA A QUESTÃO E DEPOIS REALIZE OS CÁLCULOS DA MANEIRA QUE ACHAR MELHOR PARA OBTER A RESPOSTA DO PROBLEMA (MENTALMENTE OU MONTANDO A CONTINHA, DESDE QUE ESCREVA SUA RESPOSTA).
- VOCÊ PODE USAR O ESPAÇO EM BRANCO, ABAIXO DE CADA QUESTÃO, PARA RASCUNHAR E APRESENTAR UMA RESPOSTA. RESOLVA QUANTAS QUESTÕES FOR POSSÍVEL ATÉ QUE SEJA SOLICITADO (A) A PARAR.

Observações para o avaliador:

- _ Perguntar se o(a) participante compreendeu e se está pronto para iniciar o teste.
- _ Se afirmativo, dizer “pode começar”. Se negativo, solicitar que leia a primeira questão e explicar novamente.
- _ Sempre disponibilizar caneta o(a) participante.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE CLOZE [+/- 8 min]

- PREENCHER O CABEÇALHO.
- PRIMEIRAMENTE, FAÇA UMA LEITURA COMPLETA DO TEXTO E DEPOIS ESCREVA A PALAVRA QUE MELHOR COMPLETE O SENTIDO DA SITUAÇÃO APRESENTADA. O TAMANHO DO TRAÇO CORRESPONDE AO TAMANHO DA PALAVRA QUE CABE EM CADA ESPAÇO.

Observações para o avaliador:

- Perguntar se o(a) participante compreendeu e se está pronto para iniciar o teste.
- Se afirmativa, dizer “pode começar”. Se negativo, solicitar que faça uma primeira leitura do texto e explicar novamente.
- _ Sempre disponibilizar caneta o(a) participante

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

Anexo A - Parecer de Aprovação do Conselho de Ética em Pesquisa

UFPA - INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO	
---	---

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Implicações da Atividade Física em Crianças com Ansiedade Matemática

Pesquisador: Marcos Guilherme Moura Silva

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 76867417.2.0000.0018

Instituição Proponente: Instituto de Educação Matemática e Científica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.195.511

Apresentação do Projeto:

A ansiedade matemática (AM) pode interferir negativamente na cognição e no desempenho acadêmico, contribuindo para que uma parcela significativa da população escolar não experimente uma adequada proficiência matemática. Por outro lado, um campo de pesquisa emergente indica que a atividade física pode melhorar funções cognitivas e realizações acadêmicas em crianças. Partindo de tais pressupostos e da ausência de evidências correlacionando essas temáticas, objetiva-se investigar as implicações agudas do exercício físico moderado (~70% VO2 máx.) em meninos e meninas na faixa etária entre 9 e 12 anos que apresentem alta ansiedade matemática (HMA). Após o consentimento dos pais e responsáveis, testes subjetivos como a Escala Curta de ansiedade matemática para Crianças (SEMA), o teste de ansiedade geral (Children's Manifest Anxiety Scale, segunda edição) e a Escala Revisada de Ansiedade e Depressão Infantil (RCADS), serão aplicados em quatro escolas públicas na cidade de Belém (PA), sendo em 120 alunos da Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará, 120 alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental Caldeira Castelo Branco, 120 alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Pedro I e 120 alunos da Escola Municipal de Ensino Fundamental Alzira Pernambuco, classificando-os de acordo com seus graus de ansiedade: HMA- alta ansiedade Matemática e LMA- baixa ansiedade matemática. Após a triagem inicial, as crianças participarão de testes neuropsicológicos e de desempenho matemático, antes (T0) e imediatamente após (T1) à prática de atividade física moderada em esteira motorizada, sempre monitorados por aparelho de

Endereço: Rua Augusto Correa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.		
Bairro: Campus Universitário do Guamá	CEP: 66.075-110	
UF: PA	Município: BELEM	
Telefone: (91)3201-7735	Fax: (91)3201-8028	E-mail: cepcos@ufpa.br

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 3.125.511

variabilidade da frequência cardíaca (cardiofrequenciômetro modelo V800 da marca Polar). Espera-se que a atividade física mitigue os efeitos da AM ao mesmo tempo que melhore o desempenho acadêmico dos participantes.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Investigar as implicações agudas do exercício físico moderado (~70% VO₂ max) em crianças com ansiedade matemática.

Objetivo Secundário: Analisar a relação entre Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), Desempenho Matemático e Ansiedade Matemática;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Dentre os riscos previsíveis, salienta-se o constrangimento ao se tentar responder a Escala de Ansiedade Matemática e o teste de desempenho acadêmico. Em atenção à eles, os testes poderão ser realizados individualmente ou coletivamente com sigilo absoluto de seus resultados, sem prejuízo de informações aos pais e responsáveis. Em relação aos riscos envolvidos na prática da atividade física, ela se dará de modo individual, precedida de uma explicação minuciosa de seu desenvolvimento, sempre mediada pela equipe técnica da pesquisa. Com os riscos minimizados, a pesquisa oferece elevada possibilidade de gerar conhecimento de prevenção e remediação da ansiedade matemática na infância. Ressalta-se que o pesquisador responsável suspenderá a pesquisa imediatamente ao perceber algum dano à integridade física do sujeito participante da pesquisa e o Comitê de Ética em Pesquisa será informado dos efeitos adversos ou fatos significativos que alterem o curso normal da investigação. Igualmente, assume-se a responsabilidade de prover assistência integral decorrentes dos possíveis riscos.

Benefícios: O desenvolvimento do estudo poderá trazer benefícios físicos, mentais e emocionais aos participantes da pesquisa, particularmente aqueles relacionados a melhora no desempenho matemático e a redução no nível de ansiedade matemática, conduzindo para uma adequada proficiência numérica. Ademais, a difusão do conhecimento a partir de canais de comunicação científica, ampliará a discussão emergente dos efeitos da atividade física na cognição.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo encaminhado trata-se de uma emenda com a justificativa de que diante da necessidade de algumas demandas da pesquisa "Implicações da atividade Física em Crianças com

Endereço: Rua Augusto Correa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 66.075-110
UF: PA Município: BELEM
Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepcos@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO**



Continuação do Parecer: 3.195.511

Ansiedade Matemática", já apreciada e aprovada por esse conselho sob o número CAAE: 76887417.2.0000.0018 e Parecer nº 2.305.203, solicitamos a inclusão dessas emendas ao projeto original, que não descaracterizam o estudo originalmente proposto. _ Fizemos a inclusão de mais três (3) escolas: Escola Estadual de Ensino Fundamental Caldeira Castelo Branco, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Pedro I e Escola Municipal de Ensino Fundamental Aizira Pernambuco, com o objetivo de expandir a amostra a fim de aumentar a Heterogeneidade dentro da amostra, com a perspectiva de tornar os resultados mais confiáveis, fazendo com que esse método possa ser reproduzido em outros lugares. _ A inclusão da escala RCADS entra no projeto como covariável, pois, nosso objetivo é que essa escala possa fornecer mais subsídios durante as análises sobre a ansiedade. _ Devido o aumento de escolas, das amostras e da escala RCADS, consequentemente o cronograma da pesquisa precisou sofrer alteração, por este motivo, ampliamos a pesquisa até 31 de dezembro de 2020.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentados contemplam os sugeridos pelo sistema CEP/CONEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PS_INFORMACOES_BASICAS_120858_2_E1.pdf	26/11/2018 00:13:10		Aceito
TCE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Escelido.doc	27/11/2018 23:58:27	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Outros	Questionario_Rcads.doc	27/11/2018 23:50:27	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_execucao_da_pesquisa.doc	27/11/2018 23:49:41	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Outros	Modelo_Testes_Desempenho_Matematico.pdf	31/08/2017 16:51:56	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Outros	EscalaOQPS_RCMAS.pdf	31/08/2017 16:49:09	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito

Endereço: Rua Augusto Correa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.
 Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 88.075-110
 UF: PA Município: BELEM
 Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepco@ufpa.br

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 3.125.511

Outros	SEMA.docx	31/08/2017 16:47:58	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_concordancia_de_pesqui sasores.pdf	31/08/2017 15:31:35	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_instituicao_e_infraestrut ura.pdf	31/08/2017 15:30:56	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Brochura_do_investigador.pdf	31/08/2017 15:27:47	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	31/08/2017 15:20:49	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELEM, 13 de Março de 2019

Assinado por:
Wallace Raimundo Araujo dos Santos
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Augusto Correa nº 01-Sí do ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário do Guamá CEP: 68.075-110
UF: PA Município: BELEM
Telefone: (91)3201-7735 Fax: (91)3201-8028 E-mail: cepsos@ufpa.br