

Universidade de Brasília
Faculdade de Educação Física

**Efeito de tarefas de karatê shotokan
enriquecidas cognitivamente sobre o
desempenho da memória de trabalho de
crianças: um ensaio clínico randomizado
cruzado**

Leonardo Cezar dos Santos Silvério

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Brasília
2025

Universidade de Brasília
Faculdade de Educação Física

**Efeito de tarefas de karatê shotokan enriquecidas
cognitivamente sobre o desempenho da memória
de trabalho de crianças: um ensaio clínico
randomizado cruzado**

Leonardo Cezar dos Santos Silvério

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós- Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lamas

Brasília
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

S587e Silvério, Leonardo Cezar dos Santos.
Efeito de tarefas de karatê shotokan enriquecidas cognitivamente sobre o desempenho da memória de trabalho de crianças: um ensaio clínico randomizado cruzado / Leonardo Cezar dos Santos Silvério; orientador Leonardo Lamas. -- Brasília, 2025.
143 p.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Física) -- Universidade de Brasília, 2025.

1. Karatê Shotokan. 2. Funções Executivas. 3. Memória de Trabalho. 4. Enriquecimento Cognitivo. I. Lamas, Leonardo, orient. II. Título.

Universidade de Brasília
Faculdade de Educação Física

**Efeito de tarefas de karatê shotokan enriquecidas
cognitivamente sobre o desempenho da memória de trabalho
de crianças: um ensaio clínico randomizado cruzado**

Leonardo Cezar dos Santos Silvério

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós- Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre

Trabalho aprovado. Brasília, 25 de fevereiro de 2025:

Prof. Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro,
UnB/FEF/PPGEF
Orientador

Prof. Dr. Juan Carlos Perez Morales,
UnB/FEF/PPGEF
Examinador interno

Profa. Dra. Isabela Almeida Viana Ramos,
UCB/PPGEF
Examinadora externa

*Este trabalho é dedicado às crianças karatecas que,
por meio do seu esforço diário, mantém viva
a esperança de um futuro mais honrado, justo e respeitoso.*

Agradecimentos

Agradeço à Universidade de Brasília e à Faculdade de Educação Física por terem cedido seus espaços e instalações para a realização do experimento descrito no presente trabalho. Agradeço aos servidores, técnicos e professores da FEF e do CO, sempre realizando o melhor trabalho possível mesmo em condições muitas vezes desfavoráveis.

Agradeço aos membros do Laboratório de Análise do Desempenho e Ensino do Esporte - LabEsporte por toda a cooperação, assistência e parceria. Todas as discussões, interações e diversões foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho. Encontrar cientistas verdadeiramente humanos não é tarefa fácil, me sinto muito sortudo por poder me dizer membro desse grupo.

Especialmente, gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo Lamas por me permitir participar de um espaço em que o conhecimento científico e a excelência acadêmica são tratados como prioridade. Ademais, a convivência com o Prof. Lamas me fez respeitá-lo imensamente, não apenas como servidor público ou pesquisador, mas como pessoa. Trata-se de um indivíduo altruísta, empático e justo. Aprendi muito mais do que apenas fazer pesquisa com o senhor.

Também gostaria de agradecer à minha família, meu eterno porto seguro em qualquer tempestade. Sem o apoio incondicional de vocês, eu jamais teria conseguido chegar onde cheguei. Vocês são a minha maior força e minha fonte de inspiração. Desejo todos os dias ser metade do que vocês veem em mim.

Ao meu bem, Isabela, agradeço pela parceria inabalável, pelo apoio irrestrito, pelos momentos de escuta e pelos acalantos tão necessários para que eu me lembrasse que ao fim de todo esse processo eu ainda sou apenas uma pessoa.

Um agradecimento especial à todas as famílias que se propuseram a participar do presente trabalho, confiando suas crianças a nós. Sem vocês, nada seria feito. Graças a vocês, tive a oportunidade de devolver para a sociedade uma pequena parte de tudo que recebi nos anos de educação pública.

Sou imensamente grato a todos os mestres de karatê que me ensinaram, ao longo dos anos, o verdadeiro sentido de praticar uma arte marcial: seguir um caminho de profundo autoconhecimento e permanente auto-desenvolvimento.

*“Só existe saber na invenção, na reinvenção,
na busca inquieta, impaciente, permanente,
que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros.”*
(Paulo Freire)

Resumo

O Karatê Shotokan (KS) é uma arte marcial que foi inicialmente desenvolvida com o objetivo de promover o crescimento integral do indivíduo, abrangendo aspectos motores, afetivos e cognitivos. A implementação de tarefas cognitivamente enriquecidas no KS tem o potencial de aprimorar as funções executivas (FEs), resultando em melhorias no comportamento orientado para objetivos, as quais podem ser transferidas para outras habilidades da vida cotidiana. Contudo, ainda há uma limitação na evidência científica que apoia a manipulação de parâmetros das FEs para potencializar esse efeito. Neste contexto, o presente estudo visou comparar os efeitos de diferentes manipulações de parâmetros em tarefas do KS, com o objetivo de enriquecer cognitivamente o desempenho de um domínio específico das FEs: a memória de trabalho (MT). Participaram do estudo 24 crianças neurotípicas (11 meninas, idade média de $9,73 \pm 1,27$ anos), todas com pelo menos dois anos de prática no KS. Os participantes foram submetidos a três condições experimentais: AE (adição de elementos), AS (alteração de sequências) e CO (condição controle). Em cada uma das condições, os participantes realizaram individualmente doze execuções do kata, uma sequência de 21 blocos de técnicas do KS, adaptada com base nos parâmetros de enriquecimento cognitivo AE e AS, focando na MT. A avaliação da MT foi feita de forma ecológica através do Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF), e os efeitos agudos das tarefas enriquecidas foram verificados por meio da comparação do desempenho antes e depois da intervenção na tarefa *Corsi Block*. Durante a execução das tarefas, a demanda de MT foi monitorada por meio de uma análise notacional, levando em consideração erros executivos, como erros intra e inter-blocos, omissões/adições, além de episódios de *buffer*. A notação foi realizada em quatro momentos específicos: na primeira (tempo 1), sexta (tempo 2), sétima (tempo 3) e décima segunda (tempo 4) execuções do kata. Todos os dados foram coletados por um único observador (cientista do esporte e técnico faixa-preta de KS), com avaliação de confiabilidade (Kappa de Cohen: 1,0). Para comparar o desempenho da MT nas diferentes condições, dentro e entre elas, foram utilizados modelos de Equações de Estimativas Generalizadas, com post-hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$). As pontuações do BRIEF ficaram dentro da faixa considerada aceitável: Escala de MT ($54,39 \pm 9,07$), Índice de Metacognição ($55,43 \pm 10,46$) e Composto Executivo Global ($54,52 \pm 8,98$). A acurácia no teste *Corsi Block* não apresentou variação significativa entre as condições (efeito temporal negativo, $p < 0,05$). A manipulação da MT durante o kata nas condições AE, AS e CO revelou interações significativas entre condições, tempos e tipos de erro ($p < 0,05$), destacando-se os seguintes achados: i) AS mostrou pior desempenho do que AE no tempo 1, com erros intra-bloco e buffers; ii) Em AE, houve um aumento dos erros intra-bloco do tempo 1 para os tempos 3-4; iii) Em AE, os buffers aumentaram tanto do tempo 1 para os tempos 3-4 quanto do tempo 2 para os tempos 3-4.

Este estudo contribui para o enriquecimento cognitivo das tarefas do KS, por meio de uma manipulação precisa dos parâmetros. O efeito principal do tempo no *Corsi Block* indicou um declínio geral da MT após a execução das tarefas. As estratégias de enriquecimento (AE e AS) apresentaram diferentes demandas cognitivas, como evidenciado pelos tipos de erro e pelas taxas de aumento, especialmente do tempo 1 para os tempos 3-4, à medida que as exigências cognitivas aumentaram progressivamente. Esses resultados podem ser úteis tanto para a parametrização de tarefas esportivas cognitivamente enriquecidas por treinadores, quanto para abordagens mais eficazes de avaliação do desempenho em tempo real.

Palavras-chave: Karatê Shotokan; Funções Executivas; Memória de Trabalho; Enriquecimento Cognitivo.

Abstract

Shotokan Karate (SK) is a martial art originally developed with the aim of promoting the holistic growth of the individual, encompassing motor, emotional, and cognitive aspects. The implementation of cognitively enriched tasks in SK has the potential to enhance executive functions (EFs), leading to improvements in goal-oriented behavior, which can be transferred to other life skills. However, there is still a lack of scientific evidence supporting the manipulation of EF parameters to maximize this effect. In this context, the present study aimed to compare the effects of different parameter manipulations in SK tasks, with the goal of cognitively enriching the performance of a specific domain of EFs: working memory (WM). The study involved 24 neurotypical children (11 girls, mean age of 9.73 ± 1.27 years), all with at least two years of SK practice. The participants were assigned to three experimental conditions: AE (addition of elements), AS (sequence alteration), and CO (control condition). In each condition, the participants individually performed twelve executions of the *kata*, a sequence of 21 blocks of SK techniques, adapted based on the AE and AS cognitive enrichment parameters, focusing on WM. WM was assessed ecologically using the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF), and the acute effects of the enriched tasks were evaluated by comparing performance before and after the intervention on the Corsi Block task. During task execution, the demand for WM was monitored through a notational analysis, considering executive errors such as intra- and inter-block errors, omissions/additions, and *buffer* episodes. Notation was performed at four specific moments: the first (time 1), sixth (time 2), seventh (time 3), and twelfth (time 4) executions of the *kata*. All data were collected by a single observer (sports scientist and black belt SK coach), with a reliability assessment (Cohen's Kappa: 1.0). To compare WM performance across conditions, both within and between them, Generalized Estimating Equations models with post-hoc Tukey tests ($\alpha = 0.05$) were used. BRIEF scores were within the acceptable range: WM Scale (54.39 ± 9.07), Metacognition Index (55.43 ± 10.46), and Global Executive Composite (54.52 ± 8.98). Accuracy on the Corsi Block task did not vary significantly between conditions (negative temporal effect, $p < 0.05$). Manipulation of WM during the *kata* in the AE, AS, and CO conditions showed significant interactions between conditions, times, and types of error ($p < 0.05$), with the following key findings: i) AS showed worse performance than AE at time 1 for intra-block errors and buffers; ii) In AE, intra-block errors increased from time 1 to times 3-4; iii) In AE, buffers increased both from time 1 to times 3-4 and from time 2 to times 3-4. This study contributes to the cognitive enrichment of SK tasks through precise parameter manipulation. The main temporal effect on the Corsi Block task indicated a general decline in WM after task execution. The enrichment strategies (AE and AS) presented different cognitive demands, as evidenced by the types of error and their rates

of increase, especially from time 1 to times 3-4, as cognitive demands progressively increased. These findings can be useful for both the parameterization of cognitively enriched sports tasks by coaches and more effective approaches to real-time performance evaluation.

Keywords: Shotokan Karate; Executive Functions; Working Memory; Cognitive Enrichment.

Lista de figuras

Figura 2.1	Modelo teórico que organiza as subdimensões das funções executivas a partir da tríade memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva. Onde Working Memory: Memória de Trabalho; Inhibitory Control: Controle Inibitório; Cognitive Flexibility: Flexibilidade Cognitiva; Self-Regulation: Autorregulação; Effortful Control: Controle Deliberado; Executive Attention: Atenção Executiva; Higher-Level Executive Functions: Funções Executivas de Ordem Superior; Reasoning: Raciocínio; Problem-Solving: Resolução de Problemas; Planning: Planejamento. Fonte: Diamond (2013)	31
Figura 2.2	Ilustração simplificada do modelo multicomponente da memória de trabalho de Baddeley, 2010 . Attention Controller: Controlador de Atenção; ACC: córtex singulado anterior; Parietal Lobe: Lóbulo Parietal; Episodic Buffer: Buffer Episódico; Perceptual processing: Processamento perceptivo; Central Executive: Executivo Central; Phonological Loop: Alça Fonológica; Occipital Lobe: Lóbulo Occipital; Visuo-spatial Sketch-pad: Esboço Visuoespacial. Fonte: Chai, 2018	34
Figura 2.3	Fluxograma que ilustra a complementaridade da hipótese da aptidão cardiovascular e da hipótese da estimulação cognitiva. Representa as funções mediadoras das demandas de exercício e do processo de aquisição de habilidades na saúde do cérebro e no desempenho cognitivo. Fonte: Tompsonski e Pesce (2019)	45
Figura 4.1	Etapas experimentais. O período de <i>wash-out</i> é de pelo menos sete dias. BRIEF: <i>Behavior Rating Inventory of Executive Function</i> . Condição AE: manipulação da demanda cognitiva por adição de elementos; Condição AS: manipulação da demanda cognitiva por alteração de sequência; Condição SM: sem manipulação da demanda cognitiva.	65
Figura 4.2	Sequência de blocos de ações na tarefa do <i>kihon kata</i> . Os números indicam qual bloco está sendo realizado. As setas indicam a direção seguida pelo indivíduo. As áreas demarcadas por linhas pontilhadas representam uma visão lateral dos blocos 13, 14, 15 e 16. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.	68
Figura 4.3	QR Code que leva a um vídeo que apresenta a sequência do <i>kihon kata</i> . Elaboração própria.	69

Figura 4.4	QR Codes que levam aos vídeos que apresentam os gestos técnicos a serem adicionados no primeiro (a), segundo (b) e terceiro (c) nível da tarefa de adição (baixa demanda cognitiva). Elaboração própria.	70
Figura 4.5	QR Codes que levam aos vídeos que apresentam os gestos técnicos a serem adicionados no quarto (a), quinto (b) e sexto (c) nível da tarefa de adição (alta demanda cognitiva). Elaboração própria.	71
Figura 4.6	Sequência de gestos técnicos a ser adicionada aos blocos de ações na tarefa de alteração do <i>kihon kata</i> . O primeiro gesto é o gesto original do bloco realizado e, por ser uma defesa, trata-se um bloco de defesa. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria. . .	73
Figura 4.7	Sequência de gestos técnicos a ser adicionada aos blocos de ações na tarefa de alteração do <i>kihon kata</i> . O primeiro gesto é o gesto original do bloco realizado e, por ser um ataque, trata-se de um bloco de ataque. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.	73
Figura 4.8	Sequência de gestos técnicos a ser adicionada aos blocos de ações na tarefa de alteração do <i>kihon kata</i> . O primeiro gesto é o gesto original do bloco realizado e, como foi realizado 3/4 de um giro para chegar à essa posição, trata-se um bloco de giro. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.	74
Figura 4.9	QR Codes que levam aos vídeos que apresentam, respectivamente, a sequência de defesa (a), a sequência de ataque (b) e a sequência de giro (c); que foram utilizadas na tarefa de alteração (baixa e alta demanda cognitiva). Elaboração própria.	74
Figura 4.10	Fluxograma que representa os possíveis caminhos na realização da tarefa computadorizada <i>Corsi Block</i> , iniciando em um tamanho de sequência mínimo de dois dígitos e finalizando com um tamanho de sequência máximo de nove dígitos. As condições para o avanço ao tamanho de sequência seguinte estão representadas pelos losangos vermelhos. Os dois caminhos possíveis a partir da regra condicional, pelas setas vermelhas. As reticências representam todas os outros tamanhos de sequência (de quatro dígitos até oito dígitos) - Elaboração própria.	81
Figura 4.11	Esquema que representa dois blocos da tarefa de adição sendo realizados. A categorização dos erros e do tempo de processamento executivo foi realizada nos momentos de avaliação inter- e intrabloco. - Elaboração própria.	84
Figura 5.1	Fluxograma ilustrando o caminho seguido pelos participantes no decorrer do estudo. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	87

Figura 5.2	Acurácia média (\pm DP), no teste de Corsi Block para memória de trabalho pré- e pós-testes. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	89
Figura 5.3	Acurácia por bloco nas sessões diagnóstica, AE, AS e SM. Os pontos indicam a distribuição individual de acertos por participante, variando de 0% a 100%, enquanto as linhas representam a média de acurácia em cada bloco. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	90
Figura 5.4	Frequência acumulada (somatório) dos erros executivos (intra-, inter-, contagem, <i>buffer</i>) por tempo e por condição.	92
Figura 5.5	Frequência de erros: A - intra-bloco; B - inter-bloco ; C - contagem; D - <i>buffer</i>	93
Figura 5.6	A - Frequência de erros do tipo intra-bloco por tempo e por condição; B - Quantidade de erros intra-bloco por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE, AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	94
Figura 5.7	A - Frequência de erros do tipo inter-bloco por tempo e por condição; B - Quantidade de erros inter-bloco por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE, AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	95
Figura 5.8	A - Frequência de erros do tipo de contagem por tempo e por condição; B - Quantidade de erros de contagem por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE, AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	95
Figura 5.9	A - Frequência da ocorrência de tempo de processamento executivo por tempo e por condição; B - Quantidade de <i>buffers</i> por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	96

Lista de quadros

Quadro 2.1	Parâmetros de estimulação cognitiva para a função executiva memória de trabalho. O parâmetro de estimulação demanda um procedimento que deve recorrer a realização de uma ação, seja ela motora ou não. Os termos elementos, ações, itens e informações abrangem estímulos visuais, cinestésicos, auditivos, táteis assim como a combinação de diferentes estímulos. Elaborado pelo autor.	49
------------	--	----

Lista de tabelas

Tabela 5.1	Características antropométricas da amostra, onde o Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado por meio da idade, massa corporal e estatura dos participantes.	86
Tabela 5.2	Classificação dos níveis de coordenação motora global dos participantes obtida partir da aplicação do teste KTK.	86
Tabela 5.3	Resultados - média (\pm DP) dos escores t obtidos para todas as medidas do BRIEF, incluindo as oito escalas, os dois índices e o Composto Executivo Global. Índice de Regulação Emocional: IRE; Índice Metacognitivo: IM; Composto Executivo Global: CEG.	88
Tabela 5.4	Comparação pré- e pós-teste para a acurácia no teste de Corsi Block para desempenho da memória de trabalho.	89
Tabela 5.5	Quantidade total de erros cometidos em cada nível das condições experimentais AE e AS e na primeira e última rodada da condição experimental SM. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.	91
Tabela 5.6	Comparação das frequências de erros (executivos + <i>buffers</i>) nos quatro tempos analisados notacionalmente.	94

Sumário

1	Introdução	18
2	Referencial teórico	25
2.1	Artes Marciais	25
2.2	Funções executivas	29
2.3	Memória de Trabalho	34
2.4	Efeito de atividades físicas sobre as FEs	38
2.5	Enriquecimento cognitivo	44
2.6	Avaliação das funções executivas	50
2.7	Análise observacional de tarefas esportivas	56
3	Objetivos e Hipóteses	58
3.1	Objetivo geral	58
3.2	Objetivos específicos	58
3.3	Hipóteses	58
4	Metodologia	59
4.1	Delineamento experimental	59
4.2	Participantes	59
4.3	Procedimentos	60
4.3.1	Recrutamento e avaliação diagnóstica	60
4.3.2	Teste de Coordenação Corporal para Crianças (KTK)	62
4.3.3	Condições Experimentais	64
4.3.4	Organização da sessão experimental	67
4.4	Tarefas de karatê nas sessões experimentais	68
4.4.1	Tarefa de Adição	69
4.4.2	Tarefa de Alteração	70
4.4.3	Exemplo de sessões de intervenção	75
4.5	Instrumentos	78
4.5.1	Questionário ecológico	78
4.5.2	Tarefa computadorizada	80
4.5.3	Erro executivo	82
4.6	Análise de dados	84
5	Resultados	86
5.1	Caracterização da amostra	86
5.2	Teste de Coordenação Motora para Crianças - KTK	86
5.3	Behavior Rating Inventory of Executive Functions - BRIEF	88

5.4	Acurácia na tarefa computadorizada Corsi Block	88
5.5	Análise bloco a bloco - Corsi Block	89
5.6	Desempenho da memória de trabalho nas tarefas de karatê	91
6	Discussão	97
7	Conclusão	110
	Referências	112
	Anexos	132

1 Introdução

O estudo do desenvolvimento humano é uma temática transdisciplinar que desvenda processos contínuos e interdependentes que moldam a formação do indivíduo (Palangana, 2015). Compreender como e por que uma pessoa pensa, age ou se abstém de agir é fundamental para a construção de instrumentos, modelos e espaços que promovam o desenvolvimento integral do ser humano (Wallon, 1979). Ao analisar a infância, deparamo-nos com um vasto leque de potencialidades presentes em uma criança, um universo de ações, vontades, comportamentos, instintos e capacidades que podem ser estimulados ou suprimidos, reforçados ou invalidados (Palangana, 2015). É por meio da prática regular de atividades pedagogicamente organizadas, como o karatê, que essas possibilidades podem ser efetivamente desenvolvidas (Alesi *et al.*, 2014). Através de treinos, aulas e reflexões constantes, o praticante da arte marcial expande tanto suas capacidades físicas e cognitivas quanto suas habilidades emocionais e padrões comportamentais (Stefania *et al.*, 2020; Greco; Ronzi, 2020; Lima *et al.*, 2017; Bouchard; Shephard; Stephens, 1994).

Dentro das artes marciais, o karatê-do (cujo nome significa “caminho das mãos vazias”) se apresenta como uma prática corporal ímpar. O caminho histórico e multicultural percorrido por esta arte, a busca pela excelência e eficiência física, mental e espiritual (Alesi *et al.*, 2014), e o constante desenvolvimento de habilidades socioemocionais (Alesi *et al.*, 2014) são alguns exemplos que confirmam o caráter *sui generis* do karatê. Adicionalmente, a prática de karatê, que é intencionalmente organizada para ser realizada durante toda a vida, traz benefícios globais para o desenvolvimento do indivíduo, seja no domínio cognitivo, afetivo ou psicomotor (Lage; Junior, 2007; Alesi *et al.*, 2014).

No contexto do presente trabalho, define-se a cognição como o processo mental de aquisição de conhecimentos e compreensão através de pensamentos, experiências e sentidos (Harvey, 2019). O domínio cognitivo, portanto, engloba aspectos como a percepção, a memória, o raciocínio e a tomada de decisões (Harvey, 2019). Adicionalmente, conceitua-se desenvolvimento cognitivo como o processo através do qual os indivíduos adquirem e melhoram as suas habilidades cognitivas ao longo do tempo, por meio da constante interação com o ambiente (Harvey, 2019). Compreende-se, atualmente, que o desenvolvimento cognitivo pode ser aprimorado por meio da prática regular de atividades físicas (Diamond; Lee, 2011). Uma das premissas essenciais nesse processo é a melhoria das funções executivas. Esse termo guarda-chuva descreve um conjunto de habilidades cognitivas que desempenham um papel crucial para iniciar e desenvolver uma atividade com um objetivo específico (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013).

De forma ampla, as funções executivas podem ser entendidas como um conjunto de mecanismos de controle cognitivo (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez,

2013). Elas dirigem e coordenam o comportamento humano de forma adaptativa, permitindo mudanças rápidas e flexíveis em resposta às novas demandas do ambiente (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013). Em suma, o termo abrange um conjunto de processos mentais *top-down* (processos que sofrem influência do conhecimento prévio, das expectativas e do contexto na percepção e no processamento da informação) que são fundamentais para pensar e agir de forma consciente e deliberada, sem depender de instintos ou ações automáticas (Diamond, 2013). Essas funções são essenciais para o desenvolvimento cognitivo e podem ser potencializadas por meio da prática sistematizada de atividades esportivas (Diamond; Lee, 2011).

Embora ainda não exista consenso na literatura a respeito do caráter fundamental das funções executivas, eixos teóricos já estabelecidos ajudam a compreender limites e potencialidades no seu estudo. O esforço mental, concretizado por meio de ações intencionais e posturas comportamentais como planejamento, autocontrole, resolução de problemas, disciplina e criatividade, é basilar para o seu desenvolvimento (Baggetta; Alexander, 2016). Os principais modelos teóricos defendem a denominação de três funções executivas centrais (Miyake; Emerson; Friedman, 2000; Lehto *et al.*, 2003). São elas: a) controle inibitório (CI), b) memória de trabalho (MT) e c) flexibilidade cognitiva (FC). O CI pode ser compreendido como a habilidade de premeditadamente controlar pensamentos e comportamentos, incluindo aqueles que são automatizados pelo indivíduo. A MT caracteriza-se pela habilidade de conservar mentalmente uma tarefa ou ideia enquanto recebe, manipula e descarta informações em resposta às demandas momentâneas. Já a FC refere-se à habilidade de, intencionalmente, movimentar-se entre tarefas, conjuntos mentais ou metas estabelecidas, além de permitir a adoção de diferentes perspectivas ao compreender problemas alheios e ao empatizar com outros indivíduos. O planejamento, o raciocínio lógico, a antecipação e a resolução de problemas são consideradas funções executivas de ordem superior, de modo que se realizam a partir da interação e manipulação das funções executivas centrais (Baggetta; Alexander, 2016).

As funções executivas influenciam aspectos fundamentais para a vida cotidiana, sua fluência é mais importante para o início da vida escolar do que o QI ou do que os indicadores de nível inicial de leitura ou de matemática (Diamond; Ling, 2016; Blader, 2014). Ao mesmo tempo, as funções executivas são capazes de prever competências em leitura e em matemática no decorrer dos anos escolares (Diamond; Ling, 2016). Enquanto pessoas que apresentam melhores funções executivas possuem melhor qualidade de vida (Diamond; Ling, 2016; Blader, 2014), a escassez nas funções executivas pode levar a problemas sociais como comportamentos descontrolados, explosões emocionais, violência e criminalidade (Diamond, 2020). Sabendo que a melhoria das funções executivas permite que o desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor seja potencializado (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013) e que a sua ausência pode ser determinante para o surgimento

de problemáticas sócio-estruturais (Diamond, 2020), sua relação com a área da educação se configura de forma consequente e legítima. Isso ocorre, pois é por meio do desenvolvimento das funções executivas que a aquisição de habilidades e o aprimoramento de capacidades determinantes para o sucesso acadêmico e profissional são possibilitados (Diamond, 2013).

Tendo em vista que a contínua trajetória de aprendizagem de um sujeito tem início na infância, é seguro afirmar que compreender o papel das funções executivas no desenvolvimento cognitivo infantil é potencialmente revelador (Lehto *et al.*, 2003). Adicionalmente, uma visão integral do ser humano, e mais especificamente, da criança, proporciona possibilidades teórico-subjetivas tanto no estudo da cognição quanto em investigações de caráter psicopedagógico (Baggetta; Alexander, 2016).

Uma criança evolui de diversas formas, incluindo cognitiva, afetiva e psicomotoramente, com interações entre esses aspectos. Pesquisas destacam a relação entre atividade física e aprendizado como importante (Chang *et al.*, 2012; Tomporowski; Pesce, 2019). Estudos têm evidenciado associações positivas entre a participação de crianças em práticas corporais, as funções executivas e o desempenho acadêmico (Becker *et al.*, 2014; Blair, 2016). Sessões curtas de exercício aeróbico, por exemplo, parecem beneficiar as funções executivas, denotando um potencial efeito agudo destas atividades (Tine; Butler, 2012; Voelcker-Rehage; Niemann, 2013). Complementarmente, Bouchard, Shephard e Stephens (1994) e Ardoy *et al.* (2014) observaram que o desempenho acadêmico de crianças que receberam aulas extras de Educação Física foi significativamente superior ao de crianças que não receberam Educação Física extra. Outros estudos, por sua vez, apresentam evidências de que a atividade física melhora o controle cognitivo, a concentração, a atenção e a habilidade de raciocínio de crianças (Diamond; Ling, 2016; Blair, 2016).

Existem poucos estudos que analisam de forma detalhada a relação entre a modulação da atividade física e os aspectos cognitivos dos participantes (Pesce, 2012). Esses estudos focam principalmente na manipulação de elementos quantitativos das intervenções, como a intensidade do exercício (leve, moderada ou vigorosa), duração e frequência (Pesce, 2012). No entanto, há pouca evidência empírica considerando aspectos qualitativos, como a complexidade coordenativa e a demanda cognitiva de diferentes tipos de atividades (Chang *et al.*, 2012; Pesce, 2012; Vazou *et al.*, 2019). A complexidade coordenativa é uma das três dimensões do construto de complexidade da tarefa, definido por Wood em 1986, e refere-se à natureza dos relacionamentos entre as entradas e os produtos da tarefa, contemplando as relações entre as sequências de movimento necessárias para completar uma tarefa (Wood, 1986). A demanda cognitiva de uma tarefa está relacionada ao nível de esforço mental exigido para completar a tarefa, sendo influenciada por fatores como a complexidade e o tipo de tarefa (Pesce *et al.*, 2013; Tomporowski; Pesce, 2019).

Geralmente, os estudos empíricos constroem suas intervenções a partir de paradigmas baseados na hipótese da aptidão cardiovascular (North; McCullagh; Tran, 1990). Essa

hipótese assume que é a melhoria da aptidão cardiovascular, causada por atividade física regular, que media a relação entre atividade física e funções executivas. Por outro lado, a hipótese da estimulação cognitiva (Tompsonski *et al.*, 2008; Pesce, 2012) propõe que atividades relacionadas a esportes que exigem coordenação e não são automatizadas ativam as mesmas regiões cerebrais usadas para controlar processos cognitivos de ordem superior, levando a benefícios em domínios específicos das funções executivas (Tompsonski *et al.*, 2008; Pesce, 2012). Atualmente, a literatura a respeito dos efeitos da atividade física sobre as funções executivas é dominada por essas duas hipóteses (Schmidt *et al.*, 2015). É notável, todavia, que aspectos como o nível de aprendizagem motora exigida pela prática esportiva e a demanda cognitiva implícita em diferentes modalidades esportivas têm sido negligenciadas como possíveis otimizadoras das funções cognitivas, sendo raros estudos experimentais que modulem qualitativamente suas intervenções (Moreau; Morrison; Conway, 2015; Diamond; Ling, 2016).

A análise dos parâmetros da atividade física associadas à potencialização das funções executivas sugere que as crianças que participam de modalidades esportivas com habilidades abertas (como tênis, futebol e karatê) têm um melhor desenvolvimento dessas funções em comparação com modalidades com habilidades fechadas (como golfe e natação) (Gu *et al.*, 2019; Formenti *et al.*, 2021). De acordo com Ishihara *et al.* (2017b), os meios utilizados para abordar os conteúdos de modalidades esportivas com habilidades abertas exigem um alto nível de esforço cognitivo (Ishihara *et al.*, 2017b). Esse esforço é requerido, por exemplo, nos movimentos corporais complexos implicados nessas atividades (receber um saque em uma partida de tênis, esquivar de um golpe em uma luta de karatê), o que favorece o desenvolvimento das funções executivas. Esses meios, que envolvem reação, comportamento orientado a metas, comportamento estratégico e tomada de decisão, promovem um maior desenvolvimento das funções executivas em comparação com sessões focadas apenas na técnica e compostas principalmente por atividades repetitivas (Ishihara *et al.*, 2017b).

Por envolver alta interferência contextual (mudanças imprevisíveis contextualizadas), o contexto esportivo oferece diversas demandas relacionadas ao exercício das funções executivas (Tompsonski *et al.*, 2008). No entanto, ainda há pouco conhecimento sobre a natureza interna de cada modalidade em termos de envolvimento cognitivo (mais especificamente o nível de engajamento cognitivo atingido por meio da prática), resultando em uma subutilização desse potencial natural dos esportes (Pesce, 2012; Tompsonski; McCullick; Pesce, 2015). Ao mesmo tempo, há poucas informações sobre as possíveis relações causais entre as variáveis pedagógico-procedimentais de tarefas enriquecidas cognitivamente (estrutura didática, tipo de *feedback*, objetivo específico da tarefa) e o desenvolvimento das funções executivas (Rasberry *et al.*, 2011; Diamond; Lee, 2011). Isso cria uma grande lacuna na literatura disponível em relação aos efeitos específicos de cada variável pedagógico-procedimental de uma tarefa, incluindo o nível de demanda cognitiva de cada um, o impacto na aprendizagem

e outros aspectos relevantes (Singh *et al.*, 2019).

Mesmo com um grande volume de estudos abordando os variados efeitos da atividade física sobre o desenvolvimento cognitivo, um consenso sobre os aspectos metodológicos que modulam essa relação ainda não foi estabelecido (Singh *et al.*, 2019). Singh *et al.* (2019) argumentam que é necessário estudar os parâmetros que governam as atividades físicas utilizadas em estudos experimentais. Essa perspectiva está alinhada com Diamond e Ling (2016), que indicam que, embora saibamos que as funções executivas podem ser treinadas e aprimoradas, ainda não foram investigadas as tarefas específicas, a dosagem, a frequência e a duração necessárias (ou ideais) para que a abordagem seja efetiva na melhoria das funções executivas (Diamond; Ling, 2016). Portanto, é fundamental avançar na busca por respostas para o estudo da cognição, descrevendo, compreendendo e discutindo igualmente o modelo psicopedagógico (estrutura teórica abrangente que integra princípios da psicologia e da pedagogia com o objetivo de compreender e intervir no processo de aprendizagem), a organização metodológica e a intencionalidade das tarefas elaboradas.

Adicionalmente, é importante considerar os aspectos emocionais no planejamento de tarefas cognitivo-motoras. Acredita-se que a progressiva incorporação de demandas cognitivas e emocionais seja essencial para o aprimoramento das funções executivas (Diamond; Ling, 2016). No entanto, essa demanda deve ser intencional, uma vez que desequilíbrios emocionais parecem prejudicar as funções executivas (Diamond; Ling, 2016). Por outro lado, sentimentos de prazer e situações reafirmadoras parecem beneficiá-las (Diamond; Ling, 2016). Dessa forma, práticas corporais que abordem demandas nos diferentes domínios do desenvolvimento humano têm um grande potencial educativo.

As artes marciais, mesmo em métodos tradicionais de ensino, testam e desafiam as funções executivas, estimulam as capacidades motoras, promovem transformações comportamentais e visam a tomada de consciência, o autoaperfeiçoamento, a autorregulação e a empatia (Lima *et al.*, 2017; Tomporowski; Pesce, 2019; Greco; Ronzi, 2020). Atividades físicas dessa natureza, como o karatê, podem ser qualificadas como intrinsecamente ricas para o desenvolvimento das funções executivas ao apresentarem conteúdos e métodos de ensino alinhados com as demandas exigidas para a sua estimulação (Diamond; Ling, 2016; Tomporowski; Pesce, 2019). Contudo, mesmo possuindo bases teórico-metodológicas propícias para o aprimoramento das funções executivas, o ensino e a prática do karatê podem ser intencionalmente enriquecidos (Pesce, 2012). Esse enriquecimento pode ser concretizado por meio de manipulações qualitativas na atividade realizada (Pesce, 2012; Tomporowski; Pesce, 2019). São exemplos de possíveis manipulações: alterações nos conteúdos programáticos que serão trabalhados, variabilidade de atividades ou de modelos de aula, manipulação de parâmetros cognitivos da tarefa-alvo e transformações nas interações sociais (relação professor-aluno e aluno-aluno) que compõem o processo.

Funções executivas bem desenvolvidas podem ser determinantes na qualidade de

vida, suprimindo padrões comportamentais indesejáveis e potencializando capacidades autorregulatórias (Diamond; Ling, 2016). Atualmente, entende-se que a transferência de habilidades a partir do treinamento cognitivo (e.g. ganhos cognitivos oriundos de treinamento computadorizado se traduzindo em melhorias observáveis em situações cotidianas) apresenta limitações (Guerra *et al.*, 2022). É fundamental, portanto, que ganhos cognitivos, afetivos e psicomotores sejam possibilitados a partir de diferentes ambientes de aprendizagem, por meio da construção de processos psicopedagógicos integrativos (processos didaticamente estruturados com o objetivo de beneficiar aspectos cognitivos, afetivos e motores de forma abrangente e sistemática) (Pesce, 2012; Tomporowski *et al.*, 2015; Tomporowski; Pesce, 2019).

A construção de programas voltados para a melhoria das FEs, quando alinhada com os objetivos de aprendizagem pré-estabelecidos, permite que o desenvolvimento cognitivo seja progressivamente testado e avaliado (Guerra *et al.*, 2022; Guerra *et al.*, 2021). Dentro da temática de desenho de ambientes de aprendizagem, uma maneira de abordar algumas relações ainda não exploradas é através da elaboração e análise dos efeitos de tarefas enriquecidas cognitivamente (que exigem um alto esforço cognitivo) (Pesce, 2012). Neste estudo, adotaremos a definição de atividade física e esportiva enriquecida proposta por Tomporowski, McCullick e Pesce (2015), que consiste em tarefas que apresentam alta interferência contextual (mudanças imprevisíveis contextualizadas), controle mental (desafio sistemático das diferentes subdimensões das funções executivas com base em seus construtos) e descoberta (resolução de problemas psicomotores variados).

Diante das inconsistências nos resultados relacionando atividade física e benefícios cognitivos, e da sugestão de que a natureza complexa das atividades esportivas pode influenciar efeitos mais significativos, investigar estratégias para a implementação de metodologias neuro-orientadas (tarefas demandantes cognitivamente, ou enriquecidas cognitivamente), na prática esportiva é um passo importante na área (Diamond; Ling, 2016; Singh *et al.*, 2019). Dessa forma, a comparação entre processos semelhantes (p.ex. karatê enriquecido vs. karatê convencional) pode permitir contrastar modulações distintas de elementos didático-metodológicos a partir de uma perspectiva neuro-orientada - como o tipo de atividade, a demanda cognitiva e a intencionalidade proposta.

A área de estudo sobre as funções executivas ainda enfrenta desafios metodológicos, especialmente no processo de mensuração dessas funções, com problemas conceituais que ainda não foram totalmente resolvidos (Miyake; Emerson; Friedman, 2000; Miyake; Friedman, 2012). Segundo Miyake e Friedman (2012), as tarefas utilizadas para avaliação cognitiva não são capazes de isolar subdimensões específicas das FEs (p.ex. Controle Inibitório, Memória de Trabalho, Flexibilidade Cognitiva), gerando um problema crônico na eficácia desses instrumentos. No entanto, em termos teórico-metodológicos, a memória de trabalho é um processo cognitivo básico bem estabelecido, diferentemente das outras funções executivas (Miyake; Friedman, 2012; Guerra *et al.*, 2022). A MT possui diversos modelos que descrevem-

na, apresentando uma ampla gama de estudos que se propõem a sistematizar seus papéis no armazenamento e manipulação de informação (Baddeley, 1992; Baddeley; Logie, 1999; Baddeley, 2000; Baddeley, 2003; Cowan *et al.*, 2005) e também os mecanismos pelos quais ela é ativada em diferentes tipos de atividades (sejam elas motoras, cognitivas ou psicomotoras) (Bo; Seidler, 2009; Seidler; Bo; Anguera, 2012; Baggetta; Alexander, 2016; Buszard; Masters, 2018). Portanto, a estimulação da memória de trabalho por meio do enriquecimento cognitivo se torna um ponto de partida válido para compreender os parâmetros e os efeitos da sua modulação no contexto da atividade física e esportiva.

Além das tarefas computadorizadas utilizadas para avaliar a memória de trabalho (por exemplo, *Corsi Block*), uma abordagem avaliativa integrativa pode envolver a análise notacional do esporte, através da construção de um instrumento de análise observacional que inclui a categorização das falhas no sequenciamento de ações e a quantificação do tempo necessário para a realização da ação, assim como o uso de questionários comportamentais ecológicos validados que se concentram no desempenho das funções executivas dos indivíduos. Um exemplo é o *Behavior Rating Inventory of Executive Function* (Gioia *et al.*, 2000b). Esses instrumentos visam mensurar o efeito do enriquecimento cognitivo de tarefas esportivas no desempenho executivo, especialmente em relação à memória de trabalho.

A mensuração das funções executivas é um desafio metodológico (Miyake; Emerson; Friedman, 2000; Miyake; Friedman, 2012), mas a memória de trabalho se destaca como um ponto de partida válido para compreender os efeitos da modulação cognitiva no contexto da atividade física e esportiva (Buszard; Masters, 2018). A hipótese da estimulação cognitiva sugere que atividades que exigem coordenação e não são automatizadas (atividades em que o indivíduo precisa realizar tomadas de decisão, controlar seu foco atencional e agir em direção a alguma meta de forma deliberada) podem beneficiar as funções executivas, indo além da aptidão cardiovascular (Tomprowski *et al.*, 2008; Pesce, 2012). Assim, a promoção da memória de trabalho por meio de enriquecimento cognitivo é uma base sólida para compreender os efeitos e parâmetros da sua modulação no âmbito esportivo.

2 Referencial teórico

2.1 Artes Marciais

O Karatê encontra suas raízes mais antigas nas artes marciais que tiveram origem na Índia e que, posteriormente, se disseminaram para a China. Lá, se desenvolveram duas formas distintas de lutas: "ChuanFa" e "Nan-Pei-Chun" (Lage; Junior, 2007; Cowie; Dyson, 2016). Essas lutas migraram para a Ilha de Okinawa, no Japão, e se integraram às técnicas marciais locais, dando origem às escolas de "Shuri-Te", "Naha-Te" e "Tomari-Te" (Lage; Junior, 2007; Cowie; Dyson, 2016). Com o passar do tempo, essas escolas evoluíram e deram origem a diversos estilos de Karatê, que são praticados até hoje (Lage; Junior, 2007; Cowie; Dyson, 2016).

Em 1922, Gichin Funakoshi introduziu o Karatê em Tóquio. Funakoshi havia passado anos interagindo com mestres e praticantes de outras artes marciais, como Aikido, Judô e Kendô (Cowie; Dyson, 2016). Essa troca de influências o levou a incorporar princípios do Budô ao Karatê ortodoxo, que até então se concentrava principalmente na prática de Katas (sequências pré-estabelecidas de lutas imaginárias). Esses princípios, característicos das outras artes marciais de origem nipônica, se tornaram a essência e o alicerce do Karatê (Lage; Junior, 2007; Frosi; Mazo, 2011).

A escola liderada por Gichin Funakoshi recebeu o nome de "Shotokan" por seus alunos. "Shoto" era o pseudônimo usado por mestre Funakoshi em seus poemas (Lage; Junior, 2007; Cowie; Dyson, 2016). A palavra "SHO" representa pinheiro e "TO" se refere às ondas ou ao som produzido pelas árvores quando o vento as toca (Lage; Junior, 2007). Quando Funakoshi buscava inspiração para seus poemas e reflexões, ele costumava ouvir o som suave dos pinheiros balançando ao vento. Esse nome captura a essência poética e serena da arte que ele estava propagando (Lage; Junior, 2007).

O karatê shotokan evoluiu como uma prática holística, com o objetivo de aprimorar técnicas de combate contextualizadas, padrões de movimento eficazes, além de promover o controle mental e a tranquilidade (Cowie; Dyson, 2016). Essa abordagem abrangente permitiu aos praticantes explorar a integração do corpo, mente e espírito, buscando não apenas habilidades de combate, mas também desenvolvimento pessoal e harmonia interior (Lage; Junior, 2007).

Originando-se como uma forma de defesa pessoal fundamentada filosoficamente, o karatê transformou-se em um esporte de combate tecnicamente estruturado e pedagogicamente organizado (Lage; Junior, 2007; Frosi; Mazo, 2011). Essa transformação reflete a capacidade da arte marcial de se adaptar às exigências e contextos modernos. Ao longo

do tempo, novos estilos de karatê emergiram, resultando na criação de diversas escolas e federações que se desenvolveram paralelamente.

O Karatê contemporâneo, influenciado principalmente pela cultura japonesa e inicialmente difundido por imigrantes japoneses, mantém raízes profundas em sua tradição, frequentemente referenciadas e reconhecidas como sua "filosofia" (Lage; Junior, 2007). Esse termo está ligado aos elementos de sabedoria, cultura e comportamento orientais que permeiam as artes marciais.

De maneira geral, é evidente que o que atualmente identificamos como karatê é uma arte híbrida, representando a culminância de um longo processo multicultural (Lage; Junior, 2007; Frosi; Mazo, 2011). Essa prática corporal que é, ao mesmo tempo, uma arte marcial e um esporte de combate, promove o desenvolvimento pessoal por meio de um dos fenômenos humanos mais primitivos: a luta (Lage; Junior, 2007; Frosi; Mazo, 2011; Cowie; Dyson, 2016).

O processo de aprendizado do karatê moderno ocorre de forma gradual e sequencial, seguindo uma progressão de dificuldade crescente (Barreira; Massimi, 2008; Cowie; Dyson, 2016). Nesse método, os obstáculos diminuem e são superados na medida que se avança, dando lugar a novos desafios de natureza diferente. A ênfase inicial recai sobre os fundamentos e técnicas básicas, visando alcançar um domínio preciso dos movimentos (Alesi *et al.*, 2014). No karatê, a progressão sempre ocorre do fácil para o difícil, do simples para o complexo (Barreira; Massimi, 2008).

Esse enfoque visa a internalização dos estágios iniciais da aprendizagem. A ideia é que os movimentos se tornem intrínsecos e naturais, como se fossem esquecidos, deixando de ocupar a consciência do praticante - um estado que é característico da transcendência (Barreira; Massimi, 2008). Quando essa etapa é alcançada, os princípios que antes eram obstáculos transformam-se em um padrão técnico sólido (Nakayama, 1966; Nakayama, 1979). Isso libera a consciência para contemplar estágios mais avançados e, idealmente, atingir uma libertação completa, em que a consciência não mais é demandada para que prática seja realizada (Barreira; Massimi, 2008).

Em contraste com a abordagem de aprendizagem ocidental, que muitas vezes se baseia na análise e no acúmulo conceitual, o método de aprendizado do karatê enfatiza a imersão e fundamenta-se na redução de mediações (Barreira; Massimi, 2008). A cisão entre corpo, mente e espírito, característica do pensamento cartesiano, deve ser superada para que a transcendência possa ser alcançada (Barreira; Massimi, 2008; Frosi; Mazo, 2011).

No karatê, a diversidade de golpes, técnicas, estratégias e táticas deve ser orientada para retornar a um princípio fundamental, que é o verdadeiro propósito subjacente a qualquer ação (Nakayama, 1966; Nakayama, 1979). Esse princípio é chamado de *kime*, essência conceitual que define o karatê, é a representação máxima da eficiência técnica (Barreira; Massimi, 2008). O *kime*, explicado de forma sucinta, pode ser entendido como a expressão da maior quantidade possível de força no menor período de tempo disponível (Nakayama,

1966; Nakayama, 1979). A essência do *kime* é técnica e transcendente, não podendo ser pré-determinado ou guardado depois de realizado (Barreira; Massimi, 2008). A partir da busca constante pela produção do *kime*, derivam princípios que, quando seguidos com fidelidade, conduzem à retidão moral e espiritual (Lage; Junior, 2007; Barreira; Massimi, 2008).

O karatê, sendo uma arte marcial funcional pautada por uma filosofia de vida, permite que seus praticantes desenvolvam elementos como autoconhecimento e consciência corporal (Lage; Junior, 2007; Barreira; Massimi, 2008). Ao mesmo tempo, o carateca é capacitado na autodefesa, por meio de um treinamento extenso e vigoroso de diversas habilidades técnicas e táticas de combate (socos, chutes, bloqueios, fintas, projeções etc.) (Alesi *et al.*, 2014).

A organização do treinamento do karatê baseia-se na tríade *kihon* (fundamentos, técnicas), *kata* (formas, sequências) e *kumite* (combate, luta) (JKA, 2008). Embora todas as habilidades estejam presentes nos três domínios, é a forma como cada habilidade é executada e a intenção por trás dela que diferencia esses pilares de treinamento (Nakayama, 1966; Nakayama, 1979). Por exemplo, no *kihon*, ao praticar um chute, o foco está no aprendizado de nuances mecânicas e posturais necessárias para a excelência técnica. No *kata*, o mesmo chute é executado após um bloqueio, a partir de uma postura específica, e deve ser seguido por um soco específico, tudo isso ritmicamente. No *kumite*, o carateca agora enfrenta um oponente e precisa ser capaz de executar o mesmo chute, mas desta vez também deve estar ciente dos elementos tático-situacionais envolvidos.

No campo motor, o treinamento tradicional de karatê apresenta características do método analítico, concentrando-se na aquisição de habilidades técnicas e padrões de movimento (Proença; Manzato; Sant'Ana, 2021). A ênfase recai na execução dessas habilidades de forma exemplar. O ensino tradicional, contudo, não se restringe à aquisição de habilidades motoras, como também desempenha um papel fundamental na construção de atitudes e valores embasados no budô - budô é um termo japonês que remete às artes marciais tradicionais japonesas, definindo uma "forma de viver" que tem como elementos centrais a excelência, a disciplina, a honra e a transcendência, dentro e fora de um ambiente de combate; "bu" significa guerra ou combate, e "dô" significa caminho. (JKA, 2008; Proença; Manzato; Sant'Ana, 2021).

Do ponto de vista técnico, o karatê exige a refinação constante da coordenação motora, com gestos técnicos que exigem equilíbrio, estabilidade e ritmo; a aplicação correta desses gestos técnicos depende de uma contínua alternância entre contrações musculares máximas e relaxamento deliberado e generalizado (Nakayama, 1966; Alesi *et al.*, 2014; Proença; Manzato; Sant'Ana, 2021). É importante ressaltar que, embora o treinamento de karatê shotokan seja caracteristicamente composto por elevados volumes de repetições de gestos técnicos, é por meio das experiências cotidianas que o praticante consegue sentir, perceber e aprender o budô (Lage; Junior, 2007; Barreira; Massimi, 2008). A importância da vida cotidiana para o desenvolvimento do karatê não pode ser diminuída: é por meio da vivência reflexiva das pequenas coisas do dia a dia que se é possível compreender o caráter transcendental

que técnicas de combate podem vir a ter. Dessa forma, o karatê atinge seu maior potencial quando seus ensinamentos superam a dimensão física, alcançando outras esferas da vida do praticante (Nakayama, 1966; Lage; Junior, 2007; Proença; Manzato; Sant'Ana, 2021).

De acordo com a pesquisa de Alesi *et al.* (2014), a prática do karatê oferece uma gama abrangente de benefícios que resultam em melhorias tanto fisiológicas quanto psicológicas em crianças. Aquelas que se dedicam ao karatê demonstraram um desempenho superior tanto em habilidades motoras quanto cognitivas em comparação com crianças sedentárias (Alesi *et al.*, 2014). Além disso, elas também apresentaram resultados melhores do que crianças sedentárias em testes psicométricos que avaliam funções executivas (FEs) (Alesi *et al.*, 2014).

Esses resultados podem ser atribuídos à natureza intrincada do treinamento de karatê, que envolve a coordenação de movimentos complexos em exercícios que requerem transições rápidas de direção e velocidade (Alesi *et al.*, 2014). Essa abordagem parece ter um impacto significativo nos mecanismos de controle cognitivo (Alesi *et al.*, 2014). A capacidade de controlar e inibir comportamentos automáticos - como regular a agressividade em uma luta ou deixar que um golpe chegue muito próximo do próprio rosto - é um aspecto essencial para a proficiência no karatê e está diretamente ligada às FEs (Alesi *et al.*, 2014; Diamond; Ling, 2016).

O karatê, ao envolver movimentos interligados e complexos em contextos que demandam um alto grau de envolvimento cognitivo (interferência contextual característica de uma luta, escolhas táticas realizadas no calor do momento), tem a capacidade de acionar processos regidos pelas FEs (mudanças rápidas de direção e sentido, atualização de esquemas mentais, resolução de problemas psicomotores etc.) (Alesi *et al.*, 2014; Diamond; Ling, 2016). As implicações da prática do karatê no desenvolvimento cognitivo podem ser avaliadas a partir de várias perspectivas, incluindo a neuropsicológica, que considera as possíveis mudanças na estrutura e no funcionamento do cérebro (essa perspectiva será abordada em profundidade na próxima subseção), a contextual, que sugere a criação de um ambiente enriquecedor, a social, que promove interações e cooperação, e a motivacional, que desenvolve autocontrole e autoconsciência (Alesi *et al.*, 2014).

Em última análise, o karatê emerge como um exemplo notável de prática corporal intrinsecamente positiva para a saúde em longo prazo. Seus pilares pedagógicos de treinamento (*kihon*, *kata* e *kumite*), em conjunto com seus princípios teórico-filosóficos promovem uma constante busca pelo auto-aperfeiçoamento, auto-conhecimento e auto-controle. A prática dessa arte marcial impacta tanto a mente quanto o corpo de seus praticantes de maneira benéfica, em diferentes etapas da vida (Lage; Junior, 2007; Alesi *et al.*, 2014; Diamond; Ling, 2016).

2.2 Funções executivas

Atualmente, é amplamente reconhecido que o desenvolvimento cognitivo pode ser potencializado por meio da prática regular de atividades físicas (Diamond; Lee, 2011). Um dos eixos centrais nessa relação reside no aprimoramento das funções executivas (FEs), um sistema funcional neuropsicológico que desempenha um papel crucial ao iniciar e desenvolver uma atividade com um objetivo específico (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013). No âmbito da literatura científica, as FEs são abordadas através de diversas palavras-chave que englobam esse amplo conceito. Isso inclui termos como processos cognitivos, processos cognitivos de ordem superior, habilidades de autorregulação, processos hipotéticos, processos psicológicos e habilidades comportamentais (Baggetta; Alexander, 2016).

A definição das FEs apresenta múltiplas perspectivas, de modo que o estudo desse construto foi historicamente realizado a partir de diferentes óticas (Diamond, 2013; Baggetta; Alexander, 2016). Uma perspectiva estrutural contempla diferentes dimensões de FEs (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva), as quais são tratadas de maneira separada e distinta, conforme discutido por Miyake, Emerson e Friedman (2000). Outra visão sugere que as FEs podem ser encaradas como um possível indicador comportamental do funcionamento do córtex pré-frontal (Welsh; Pennington, 1988). Nesse sentido, as FEs representam a habilidade de manter um conjunto adequado de soluções de problemas para alcançar metas futuras, conforme explorado por Welsh, Pennington e Groisser (1991). Ademais, as FEs são consideradas funções de controle executivo, que são habilidades adquiridas em conjunto com FEs superiores, como entendimento, vontade, abstração e julgamento, conforme argumentado por Royall *et al.* (2002). Por fim, existem autores que enxergam as FEs como um sistema supervisor responsável por coordenar e executar diversos processos cognitivos, moldando a compreensão das FEs com base no modelo de Executivo Central de Baddeley e Logie (1999).

Embora ainda haja divergências na literatura quanto ao caráter fundamental das funções executivas, abordagens teóricas estabelecidas ajudam a delimitar suas características e potencialidades. As principais tradições de pesquisa convergem no estudo da execução de ações, comportamentos ou respostas direcionadas por objetivos ou orientadas por uma visão futura (Diamond, 2013; Baggetta; Alexander, 2016). Nesse contexto, as FEs abrangem a intencionalidade, permitindo que indivíduos realizem ações de forma consciente. Ações intencionais, como resolução de problemas, planejamento, controle de impulsos e atualização, podem ser consideradas tanto ações/comportamentos específicos das FEs quanto componentes intrínsecos a elas (Baggetta; Alexander, 2016). Nessa perspectiva, as FEs podem ser compreendidas como um conjunto de mecanismos de controle cognitivo (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013). Elas direcionam e coordenam o comportamento humano de forma adaptativa, permitindo respostas rápidas e flexíveis às novas demandas do ambiente (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013). De

forma cíclica, o esforço mental, expresso por ações intencionais e posturas comportamentais como planejamento, autocontrole, resolução de problemas, disciplina e criatividade, é fundamental para o desenvolvimento das FEs (Baggetta; Alexander, 2016). Em síntese, o termo funções executivas engloba um conjunto de processos mentais *top-down* que são essenciais para o pensamento e ação consciente e deliberada, independente de instintos ou ações automáticas (Diamond, 2013).

As FEs estão interconectadas, revelando tanto habilidades subjacentes comuns quanto características distintas (Lehto *et al.*, 2003; Miyake; Friedman, 2012). Essa dualidade é uma característica notável das FEs. Uma abordagem valiosa para compreender as FEs, segundo Miyake e Friedman (2012), é a perspectiva de unidade/diversidade. Sob essa abordagem, são analisados os elementos específicos de cada FE, decompondo-as em funções compartilhadas (percepção, atenção, antecipação) e específicas (inibição, atualização, alternância) (Morra *et al.*, 2018). Isso permite uma descrição mais precisa dos processos cognitivos subjacentes a habilidades particulares (Miyake; Friedman, 2012). Atualmente, os principais modelos teóricos identificam três funções executivas centrais (Miyake; Emerson; Friedman, 2000; Lehto *et al.*, 2003): a) controle inibitório (CI), que envolve a capacidade de premeditar e controlar pensamentos e comportamentos, inclusive os automatizados; b) memória de trabalho (MT), que implica a habilidade de manter mentalmente uma tarefa ou ideia enquanto lida com informações em resposta às demandas do momento; e c) flexibilidade cognitiva (FC), que diz respeito à habilidade de mover-se intencionalmente entre tarefas, conjuntos mentais ou metas estabelecidas, permitindo adotar diferentes perspectivas ao compreender problemas e empatizar com outros indivíduos. Alguns autores ainda trabalham com a noção de funções executivas de ordem superior, como planejamento, raciocínio lógico, antecipação e resolução de problemas (Diamond, 2013; Baggetta; Alexander, 2016). Essas seriam concretizadas por meio da interação e manipulação das três funções executivas centrais (CI, MT e FC) (Baggetta; Alexander, 2016). Nessa perspectiva, as FEs de ordem superior não são representadas por construtos únicos mas sim por uma sobreposição de elementos específicos das três FEs principais. Trata-se da interação entre diversos processos cognitivos fundamentais, de forma contextualizada e dependente de aprendizagem específica (Baggetta; Alexander, 2016). A figura 2.1 ilustra esse modelo teórico.

Existe um grande corpo de evidências estabelecendo a centralidade das funções executivas no desenvolvimento integral do ser humano (Diamond; Lee, 2011). Brown e Landgraf (2010) e Davis *et al.* (2010), por exemplo, afirmam que indivíduos com maiores índices de FEs desfrutam de uma melhor qualidade de vida (Brown; Landgraf, 2010; Davis *et al.*, 2010). No contexto da prontidão escolar, as FEs desempenham um papel crucial (Fitzpatrick *et al.*, 2014; Pellicano *et al.*, 2017). Adicionalmente, as funções executivas têm a capacidade de prever a competência em matemática e leitura ao longo dos anos escolares (Gilmore; Cragg, 2018; Butterfuss; Kendeou, 2018; Follmer, 2018; Zhong *et al.*, 2022). Em contraste, deficiên-

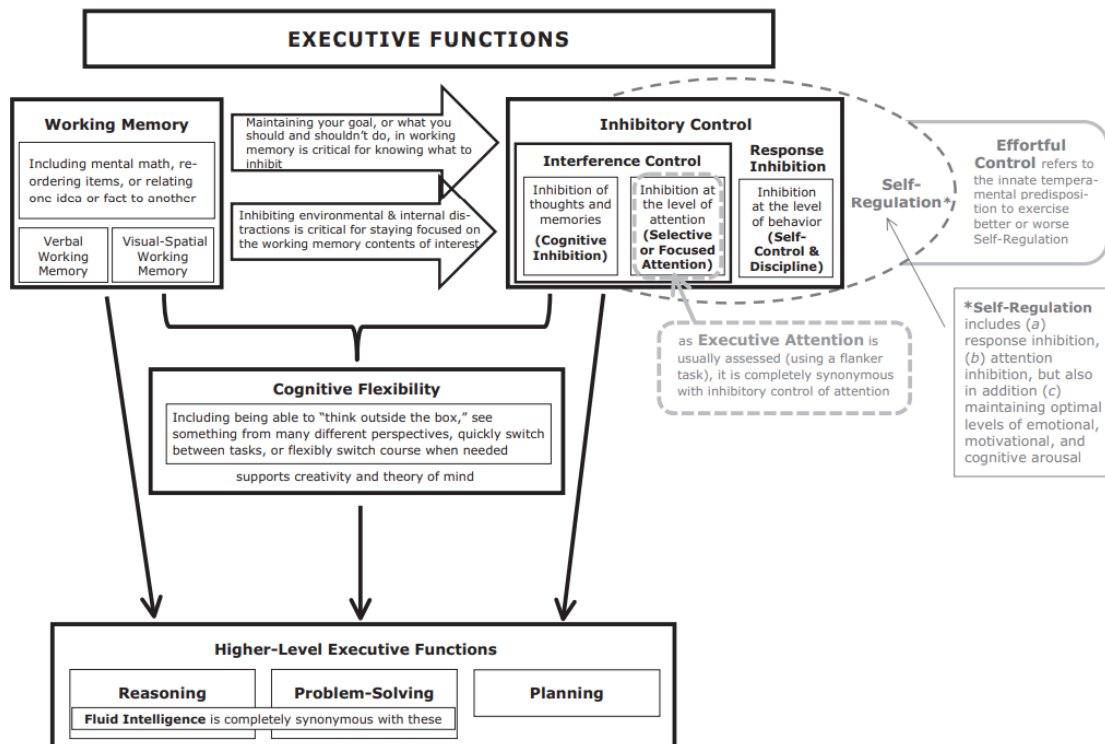


Figura 2.1 – Modelo teórico que organiza as subdimensões das funções executivas a partir da tríade memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva. Onde Working Memory: Memória de Trabalho; Inhibitory Control: Controle Inibitório; Cognitive Flexibility: Flexibilidade Cognitiva; Self-Regulation: Autorregulação; Effortful Control: Controle Deliberado; Executive Attention: Atenção Executiva; Higher-Level Executive Functions: Funções Executivas de Ordem Superior; Reasoning: Raciocínio; Problem-Solving: Resolução de Problemas; Planning: Planejamento. Fonte: [Diamond \(2013\)](#).

cias ou insuficiências nas FEs estão correlacionadas a problemas sociais, incluindo crimes, comportamentos impulsivos, atos de violência e explosões emocionais ([Horne; Henshall; Golden, 2020](#); [Corvo, 2014](#); [Meijers et al., 2017](#)).

Tendo em vista que as funções executivas exercem uma influência significativa em diversos aspectos da vida, é natural que a comunidade científica busque formas de melhorar as próprias FEs. Atualmente, sabe-se que é possível aprimorar as FEs por meio de intervenções baseadas em treinamento computadorizado, artes marciais ou exercício físico em conjunto com práticas de *mindfulness* ([Klingberg, 2010](#); [Diamond; Lee, 2011](#)). Evidências apontam que intervenções ou programas de FEs demonstram ser particularmente benéficos para crianças com defasagens nas FEs ([Karchach; Kray, 2009](#); [Flook et al., 2010](#)). Especificamente, a prática de atividades físicas engajantes cognitivamente (programa de educação física focado na aquisição e utilização de habilidades abertas) beneficiou as funções executivas de crianças com sobrepeso ([Crova et al., 2014](#)).

O desenvolvimento progressivo - superação sequencial de desafios psicomotores cada vez mais demandantes - é fundamental para o aprimoramento das FEs; sem essa abordagem,

é improvável observar ganhos substanciais, de modo que a repetição na prática desempenha um papel essencial no desenvolvimento das FEs (Nutley *et al.*, 2011; Diamond; Ling, 2016). Evidências indicam que atividades como as artes marciais contribuem para o desenvolvimento das FEs em crianças, como destacado por Lakes e Hoyt (2004). Concorde-se majoritariamente com a ideia de que desafiar e exercitar as FEs é uma estratégia eficaz para o seu aprimoramento (Nutley *et al.*, 2011; Diamond, 2012; Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013).

Para alcançar melhorias significativas nas FEs, é essencial que a atividade seja conduzida de maneira desafiadora e constante (Diamond; Ling, 2016). No entanto, é importante notar que os benefícios obtidos tendem a diminuir após a conclusão do treinamento (Diamond; Ling, 2016). De qualquer forma, apesar de ser possível aprimorar as FEs em qualquer faixa etária, ainda não estão claros os parâmetros que regem os limites para que uma melhoria significativa seja observada (Diamond; Ling, 2016). Compreende-se, portanto, que a literatura carece de estudos que investiguem sistematicamente as co-variáveis capazes de modular o efeito de intervenções que visam o desenvolvimento das funções executivas, como a complexidade coordenativa e a demanda cognitiva da tarefa (Pesce, 2012; Diamond; Ling, 2016; Guerra *et al.*, 2022).

Por fim, o treinamento em funções executivas parece ter capacidade de transferência, embora de maneira limitada (Diamond; Ling, 2016). Essa capacidade expressa-se em um tipo de treinamento (p.ex. treinamento computadorizado de FEs) é capaz de promover melhorias na utilização dessas mesmas FEs em outro meio (p.ex. uma situação esportiva). Ainda sobre a especificidade inerente ao treinamento das FEs, a eficácia do ganho em FEs está diretamente relacionada ao tempo dedicado à prática (Diamond; Ling, 2016). Além disso, a condução da atividade desempenha um papel crucial na obtenção de melhorias nas FEs (Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013; Diamond, 2016). Uma vez que diversos fatores emocionais e sociais também desempenham um papel na saúde das FEs, vivenciar experiências prazerosas e condições reafirmadoras pode contribuir para a melhoria das FEs (Diamond; Ling, 2016). Isso se evidencia tanto em situações experimentais quanto na vida cotidiana (Diamond; Ling, 2016). Dessa forma, abordar plenamente necessidades emocionais, sociais e físicas pode ser fundamental para o desenvolvimento eficaz das FEs (Pesce, 2012; Diamond; Ling, 2016).

O processo de mensuração das funções executivas (FEs) apresenta em seu cerne problemas conceituais ainda não resolvidos (Miyake; Emerson; Friedman, 2000; Miyake; Friedman, 2012). Segundo Miyake e Friedman (2012), as tarefas utilizadas para avaliar as FEs não são capazes de isolar subdimensões específicas das FEs. As diferentes subdimensões das funções executivas, como a memória de trabalho, o controle inibitório e a flexibilidade cognitiva, correlacionam-se umas com as outras (Miyake; Friedman, 2012; Morra *et al.*, 2018). Elas são, ao mesmo tempo, compostas por processos subliminares comuns (percepção, atenção,

antecipação) e por processos específicos (inibição, atualização, alternância) (Miyake; Friedman, 2012). Esse tipo de análise permite que os processos cognitivos subliminares de cada FE sejam categorizados objetivamente.

Em seu trabalho de 2018, Morra e colegas (Morra *et al.*, 2018) se debruçaram sobre o tópico da distinção entre construtos de FEs. Esses autores afirmam que a área das FEs apresenta, em geral, problemas na utilização de conceitos e terminologias (Morra *et al.*, 2018). Os autores compararam os modelos conceituais de Im-Bolter, Johnson e Pascual-Leone (2006) e Miyake e Friedman (2012) quanto aos construtos utilizados por cada, e suas respectivas funções dentro do funcionamento executivo. O controle inibitório, por exemplo, é estabelecido por Miyake e Friedman (2012) como uma função geral envolvida em qualquer tarefa de FE, enquanto a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva são consideradas funções executivas específicas.

Em contraste, Im-Bolter, Johnson e Pascual-Leone (2006) descrevem o controle inibitório como um componente central em seu modelo, sendo hierarquicamente superior à memória de trabalho e à flexibilidade cognitiva (Im-Bolter; Johnson; Pascual-Leone, 2006). Curiosamente, estudos recentes apontam para a existência de diferentes tipos de controle inibitório, não considerando-o um construto singular (Morra *et al.*, 2018). É possível afirmar, portanto, que a natureza do controle inibitório enquanto componente das FEs ainda não é de fato conhecida (Morra *et al.*, 2018).

Em relação à flexibilidade cognitiva, a abrangência conceitual é ainda maior. Segundo Morra *et al.* (2018), o próprio uso do termo “flexibilidade” como um componente único e distinguível dentro das FEs é controverso. A utilização de “flexibilidade cognitiva” e “alteração” como termos equivalentes não encontra suporte na literatura atual (Morra *et al.*, 2018). Adicionalmente, nenhum dos dois termos se sustenta em um modelo conceitual que se proponha a descrever o construto como um componente singular (Morra *et al.*, 2018; Rey-Mermet *et al.*, 2019). Assim como no controle inibitório, a estrutura cognitiva que rege a flexibilidade cognitiva ainda é desconhecida (Morra *et al.*, 2018).

A memória de trabalho, diferentemente das outras FEs, é bem estabelecida como um sistema cognitivo básico (Miyake; Friedman, 2012). A memória de trabalho é descrita como um sistema capaz de armazenar e processar informações simultaneamente. Modelos conceituais, como o de Baddeley (1992), se propõem a estruturá-la. Esses modelos descrevem os papéis desempenhados pela memória de trabalho, seus componentes e suas limitações em relação a sobreposição de tarefas de ordem executiva (Miyake; Friedman, 2012). Dessa forma, a memória de trabalho se configura como a FE mais bem estruturada no que se diz respeito a possibilidade de testagem empírica de processos cognitivos específicos à ela (como a atualização ou a rotação mental) (Baddeley, 2012; Buszard; Masters, 2018).

2.3 Memória de Trabalho

Em algumas linhas de estudo da neuropsicologia, a memória de trabalho (MT) é abordada como uma função executiva central (Baggetta; Alexander, 2016; Morra *et al.*, 2018). Esse ponto de vista, embora amplamente difundido, não é capaz de contemplar toda a complexidade que esse construto possui (Morra *et al.*, 2018). O modelo clássico de memória de trabalho o estabelece como um sistema cerebral de armazenamento e manipulação de informações necessárias para tarefas cognitivas, de forma temporária (Baddeley, 1992).

Esse sistema inicialmente era composto por três elementos: i) a alça fonológica, responsável por armazenar e ensaiar informações advindas da fala; ii) o esboço visuoespacial, responsável por realizar a manipulação de imagens visuais; e iii) o executivo central, que coordena as informações dos sistemas subordinados, atuando como um sistema de controle atencional (Baddeley, 1992). Posteriormente, foi proposta a adição do *buffer* episódico como o quarto componente da memória de trabalho (Baddeley, 2003). Esse *buffer* pode ser entendido como um armazenamento limitado que agrupa informações formando episódios integrados (Baddeley, 2003). A figura 2.2 ilustra o modelo multicomponente da MT de Baddeley (2010).

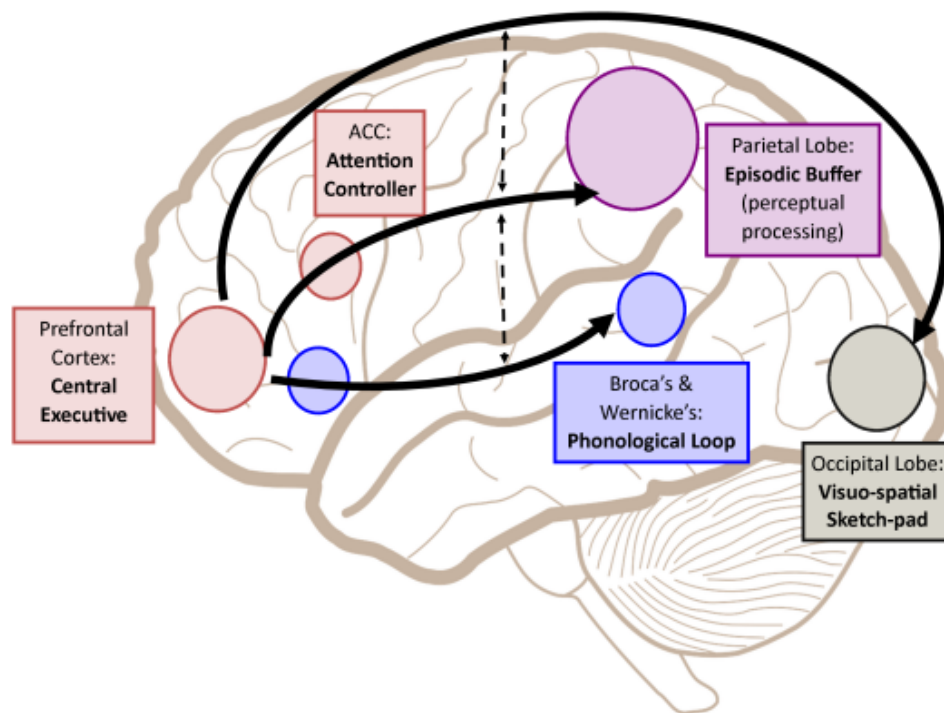


Figura 2.2 – Ilustração simplificada do modelo multicomponente da memória de trabalho de Baddeley, 2010. Attention Controller: Controlador de Atenção; ACC: córtex singulado anterior; Parietal Lobe: Lóbulo Parietal; Episodic Buffer: Buffer Episódico; Perceptual processing: Processamento perceptivo; Central Executive: Executivo Central; Phonological Loop: Alça Fonológica; Occipital Lobe: Lóbulo Occipital; Visuo-spatial Sketch-pad: Esboço Visuoespacial. Fonte: Chai, 2018.

A adição do *buffer* episódico ao modelo tríade de Baddeley visou solucionar alguns

problemas, em especial no que se diz respeito à interação com a memória de longo prazo (Baddeley, 2003). Esses problemas advêm de um entendimento simplificado do executivo central como um sistema puramente atencional (Baddeley, 2003). Adicionalmente, o modelo tríade também não permitia a formação de blocos (*chunking*), tampouco apresentava mecanismos que permitissem que os subsistemas fonológicos e visuoespaciais interagissem um com o outro (Baddeley, 2003). Por fim, o modelo tríade não apresentava um mecanismo que abordasse o papel da memória de trabalho na percepção consciente (Baddeley, 2003).

Em conjunto com a proposição do seu modelo atualizado, Baddeley afirmou que eram necessárias pesquisas que investigassem as relações entre o esboço visuoespacial, o processamento visual e o controle motor (Baddeley, 2003). Ele afirmava ser necessário relacionar o executivo central com a literatura disponível sobre controle executivo, tendo em vista que ainda não se sabia o que de fato guiava a memória de trabalho (Baddeley, 2003).

A relação entre a capacidade de memória de trabalho e a aquisição de habilidades motoras, incluindo a adaptação, correção de movimentos diante de erros e sequenciamento de padrões de movimento, tem sido objeto de estudo (Buszard; Masters, 2018). Nesse sentido, estudos apontam que as diferenças individuais na capacidade de memória de trabalho podem desempenhar um papel importante na aquisição de habilidades motoras (Buszard; Masters, 2018). Especificamente, a capacidade de adaptar, corrigir e sequenciar movimentos parece ser afetada por essas diferenças (Buszard; Masters, 2018). Nessa perspectiva, a investigação do componente de atenção executiva dentro da memória de trabalho parece ser uma abordagem promissora para compreender a relação entre capacidade de MT e a aquisição de habilidades motoras (Buszard; Masters, 2018). Essa noção surge a partir do entendimento de que a capacidade de MT não é algo definido. Argumenta-se, na verdade, que são os recursos atencionais disponíveis que limitam a capacidade da MT (Buszard; Masters, 2018). A análise da organização de recursos atencionais, dependentes dos sentidos da visão, da audição e do tato, pode auxiliar no desenvolvimento de estudos que testem diretamente o efeito da capacidade de memória de trabalho na aquisição de habilidades motoras, uma vez que medidas de memória de trabalho verbal e visuoespacial tendem a estar altamente correlacionadas (Buszard; Masters, 2018).

Além disso, explorar o papel da memória de trabalho em contextos de interferência durante a aprendizagem, onde a prática pode ter um efeito inverso na aprendizagem, é uma linha de investigação necessária (Buszard; Masters, 2018). Paradigmas de pesquisa também devem ser diversificados, especialmente aqueles que abordam habilidades motoras representativas de atividades do cotidiano, a fim de fornecer uma compreensão abrangente da relação entre a capacidade de memória de trabalho e a aquisição de habilidades motoras (Pesce, 2012; Buszard; Masters, 2018).

A memória de trabalho desempenha um papel nos estágios iniciais da adaptação visuomotora e na aprendizagem de sequências motoras (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Há

evidências que sustentam a ideia de que a adaptação visuomotora requer processamento cognitivo (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Um processo cognitivo potencialmente relevante é a memória de trabalho espacial (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Modelos revisados da memória de trabalho de Baddeley (Cornoldi *et al.*, 2003; Beschin *et al.*, 2005) propõem que tarefas de memória de trabalho que envolvem a manipulação de informações (por exemplo, rotação mental) demandam mais processamento do que tarefas de armazenamento passivo (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Adicionalmente, a adaptação motora é afetada por distrações cognitivas (sinais distratores relevantes para a tarefa executada) (Taylor; Thoroughman, 2007; Taylor; Thoroughman, 2008), de modo que a contribuição da memória de trabalho espacial ativa pode ser crucial na adaptação visuomotora (Seidler; Bo; Anguera, 2012).

Uma vez que a memória de trabalho espacial influencia a aprendizagem motora, pode-se argumentar que "aumentar" a capacidade da memória de trabalho através do treinamento ou "diminuí-la" por meio de fadiga específica ao processo poderiam facilitar ou prejudicar a aquisição de habilidades, respectivamente (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Em estudos experimentais que exploraram a adaptação manual de movimentos, foi observado que as ondas de eletroencefalograma durante tentativas com muitos erros eram significativamente maiores do que aquelas com poucos erros, indicando uma associação entre ativação neural e adaptações motoras (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Ainda não está claro, todavia, se a memória de trabalho espacial está envolvida nos sub-movimentos corretivos dentro da mesma tentativa ou se atua nas correções realizadas entre diferentes tentativas (Seidler; Bo; Anguera, 2012).

Seidler, Bo e Anguera (2012) descrevem um modelo teórico que leva o erro motor em consideração para o processo de atualização. Essa descrição é importante para o entendimento geral dos possíveis moderadores do aprendizado de sequências motoras, já que promove um maior entendimento do papel específico da memória de trabalho na aprendizagem motora (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Segundo os autores, a informação do erro motor é armazenada na memória de trabalho espacial para atualizar adequadamente o planejamento motor para ações subsequentes (Seidler; Bo; Anguera, 2012).

A aprendizagem de sequências motoras pode ser modulada por diversas covariáveis (Seidler; Bo; Anguera, 2012). Mais especificamente, sabe-se que essa aprendizagem é afetada por parâmetros da tarefa, como comprimento da sequência (Turcotte; Gagnon; Poirier, 2005; Verwey, 2001), ritmo (Bove *et al.*, 2007), complexidade (Howard *et al.*, 2004) e se a sequência é adquirida de forma explícita ou implícita (Brown; Robertson, 2007; Moisello *et al.*, 2011).

Existem também evidências que suportam a formação de blocos (*chunking*) identificáveis em uma sequência motora (Shea; Park; Braden, 2006; Verwey, 1996; Verwey, 2001). Sobre isso, pontos de quebra de blocos dentro de uma sequência são apoiadas pela distribuição desigual dos períodos entre cada movimento após o treinamento. Maiores intervalos entre movimentos representam os pontos de divisão entre blocos, enquanto intervalos menores indicam uma forte associação dentro de cada bloco (Shea; Park; Braden, 2006; Verwey, 1996;

Verwey, 2001).

Em 2009, Bo & Seidler examinaram a relação entre as diferenças individuais nas habilidades de memória de trabalho e a aprendizagem de novas sequências motoras sob instrução explícita. Os participantes desenvolveram distribuições desiguais de padrões temporais - indicando blocos claramente identificáveis - ao aprender a sequência (Bo; Seidler, 2009). Além disso, evidenciou-se que a capacidade de memória de trabalho visuoespacial (mensurada por meio de uma versão modificada do teste de Luck e Vogel (1997)) correlaciona-se tanto com o ritmo inicial de aprendizagem da sequência quanto com o padrão de formação de blocos observado na sequência aprendida (Bo; Seidler, 2009).

A memória de trabalho tem sido alvo de diversos modelos teóricos que buscam estruturá-la. Uma diferença destacada por Morra *et al.* (2018) entre os modelos clássicos de MT e os modelos atuais reside na importância dos processos de atenção e controle. Para os autores, os modelos de memória de trabalho baseados em componentes (Baddeley, 1992; Baddeley, 2012), embora tenham sido dominantes em certo período, têm perdido influência. Isso se deve, em parte, à dificuldade de estimar a capacidade máxima de cada componente especializado (e até mesmo de demonstrar claramente sua existência) e também porque o conceito de um "executivo central" foi substituído pelo conceito de diversas funções executivas distintas (Morra *et al.*, 2018).

Em contraste, os modelos contemporâneos de memória de trabalho (Barrouillet; Portrat; Camos, 2011; Cowan *et al.*, 2005; Cowan, 2016; Engle, 2002) veem a memória de trabalho como um subconjunto ativado da memória de longo prazo e enfatizam o papel dos recursos de atenção em manter informações relevantes para a tarefa em questão. Nesse contexto, a capacidade limitada da memória de trabalho é vista como uma consequência da própria limitação dos recursos atencionais (Morra *et al.*, 2018).

Em seu trabalho, Morra *et al.* (2018) ainda argumentam que existe uma distinção significativa entre os conceitos de "memória de trabalho" e "atualização". Enquanto a memória de trabalho refere-se a um sistema que pode armazenar e processar informações simultaneamente, a "atualização" envolve a habilidade de modificar temporariamente informações armazenadas com base em novos dados (Morra *et al.*, 2018).

Ao considerar a memória de trabalho e a atualização como conceitos distintos, potencialmente representando construtos diferentes em um modelo, é crucial identificar as possíveis tarefas a serem utilizadas para avaliá-las, de acordo com a variável subjacente que cada uma é capaz de indicar (Morra *et al.*, 2018). Os autores concluem que há uma escassez de tarefas que avaliam a habilidade de atualização em crianças (Morra *et al.*, 2018). Segundo eles, isso pode ser um dos motivos pelos quais as pesquisas exploram a habilidade de atualização por meio de testes de memória de trabalho (Morra *et al.*, 2018). Essa prática pode ser problemática, uma vez que tarefas propostas como capazes de mensurar construtos psicológicos não apresentam evidências que suportem seu uso (Guerra *et al.*, 2022). Nesse

sentido, resultados obtidos em estudos que utilizaram tarefas inadequadas para a função cognitiva investigada podem estar atribuindo efeitos a intervenções experimentais de forma equivocada (Morra *et al.*, 2018; Guerra *et al.*, 2022). Esse assunto será abordado em profundidade na subseção 2.6 "Avaliação das funções executivas". Entende-se que os conceitos utilizados em investigações devem originar de modelos teóricos formais, possibilitando a testagem empírica do mesmo. Finalmente, a clareza terminológica é fundamental para que questões metodológicas relacionadas à eficácia dos instrumentos em estudos experimentais no campo da memória de trabalho sejam solucionadas.

2.4 Efeito de atividades físicas sobre as FEs

Sabe-se que o desenvolvimento cognitivo está associado à prática de atividades físicas e esportivas (Hillman; Erickson; Kramer, 2008; Uehara; Charchat-Fichman; Landeira-Fernandez, 2013; Cabral *et al.*, 2019) e que processos cognitivos, em especial as funções executivas, podem ser intencionalmente melhorados (Diamond; Ling, 2016). Naturalmente, a existência de uma relação causal entre a prática de atividades físicas e a melhoria de processos cognitivos se configura como uma hipótese central dentro do campo da Educação Física.

Pesquisas que abordam essa questão, embora numerosas, não foram capazes de oferecer evidências conclusivas sobre as especificidades das atividades que geram benefícios (Tomprowski; Pesce, 2019; Sudo *et al.*, 2022). Uma série de revisões indica que os efeitos do exercício sobre o desempenho cognitivo são influenciados por uma série de fatores metodológicos (Cabral *et al.*, 2019; Sudo *et al.*, 2022), psicológicos (Diamond; Ling, 2016) e fisiológicos (Hillman; Erickson; Kramer, 2008; Filho *et al.*, 2014; Basso; Suzuki, 2016). Ademais, estudos que investigam a relação exercício-cognição apresentam resultados heterogêneos (Diamond; Ling, 2020; Sudo *et al.*, 2022). Essa falta de solidez pode ser atribuída, como será mostrado a seguir, a problemas metodológicos recorrentes em pesquisas empíricas que analisam o efeito de intervenções sobre o desempenho cognitivo (Tomprowski; Pesce, 2019).

A partir do início da década de 2010, foram produzidas várias meta-análises e revisões sistemáticas com o objetivo de analisar as evidências existentes sobre a relação entre atividade física e o desenvolvimento cognitivo. O estudo de Chang *et al.* (2012), por exemplo, teve como objetivo explorar a relação entre o exercício agudo e o desempenho cognitivo, analisando também os efeitos de moderadores nos resultados obtidos (Chang *et al.*, 2012).

De uma seleção de 79 estudos, os resultados mais significativos destacaram que o exercício exerce um impacto positivo no desempenho em testes cognitivos, tanto durante quanto imediatamente após a intervenção (Chang *et al.*, 2012). Além disso, foi observado que os benefícios são mais proeminentes em indivíduos bem condicionados, particularmente aqueles que se envolvem em atividades com duração de 20 minutos ou mais (Chang *et*

al., 2012). Também revelou-se que, quando a testagem é realizada imediatamente após o exercício, intensidades mais baixas parecem conferir mais benefícios (Chang *et al.*, 2012). No entanto, intensidades mais altas foram associadas a efeitos cognitivos mais duradouros, que persistem mesmo após um período de pausa pós-exercício (Chang *et al.*, 2012). Esses resultados ressaltam a interação complexa entre a atividade física aguda, a condição física individual e os efeitos que a duração da prática podem ter sobre as funções cognitivas (Chang *et al.*, 2012).

A pesquisa conduzida por Verburgh *et al.* (2014) teve como objetivo investigar os impactos da atividade física nas funções executivas de crianças, adolescentes e jovens adultos. A análise abrangeu 19 estudos selecionados, com intervenções agudas e crônicas sendo comparadas (Verburgh *et al.*, 2014). Os resultados revelaram diferenças significativas nos efeitos das intervenções agudas e crônicas (Verburgh *et al.*, 2014). Nos estudos de intervenções agudas, de desenho cruzado, foi observado um efeito significativo nas funções executivas (Verburgh *et al.*, 2014). Por outro lado, nas intervenções crônicas, conduzidas por meio de ensaios clínicos randomizados (ECRs), não foi evidenciado um efeito significativo nas funções executivas (Verburgh *et al.*, 2014). Ressalta-se que apenas cinco estudos se encaixaram nessa categoria (Verburgh *et al.*, 2014).

Vale ressaltar a existência de variações notáveis nos momentos em que as testagens das funções executivas foram realizadas (Verburgh *et al.*, 2014). Enquanto a maioria dos estudos de intervenções agudas optou por testar imediatamente após a atividade, nos estudos de intervenções crônicas as informações sobre o momento da testagem foram escassas (Verburgh *et al.*, 2014), sublinhando a necessidade de uma abordagem mais uniforme nesse aspecto. Esses resultados indicam a complexidade da relação entre atividade física e funções executivas, ressaltando a importância de investigações mais aprofundadas para compreender completamente esses efeitos em diferentes faixas etárias (Verburgh *et al.*, 2014).

Numa perspectiva educacional, o estudo de Watson *et al.* (2017) teve como propósito avaliar o impacto das intervenções de atividade física realizadas em sala de aula sobre desfechos relacionados a aspectos acadêmicos e físicos. A investigação abrangeu um total de 39 estudos selecionados, dos quais 16 foram direcionados para a meta-análise (Watson *et al.*, 2017). Observou-se existir diversidade tanto no conteúdo das intervenções quanto em suas dosagens (Watson *et al.*, 2017).

É relevante mencionar que os resultados extraídos dessa meta-análise devem ser interpretados com cautela, devido à inclusão de diversos estudos de baixa qualidade metodológica (Watson *et al.*, 2017). Essa ressalva enfatiza a necessidade de se realizar avaliações críticas e rigorosas ao analisar os resultados desta meta-análise, considerando a heterogeneidade dos estudos incluídos (Watson *et al.*, 2017). Esses achados ilustram a importância de futuras pesquisas que busquem não apenas consolidar os efeitos das intervenções de atividade física em sala de aula, mas também aprimorar a qualidade metodológica das abordagens utilizadas

(Pesce, 2012; Tomporowski; Pesce, 2019).

No ano seguinte, a pesquisa conduzida por Greeff *et al.* (2018) teve como objetivo central investigar o impacto da atividade física nas funções executivas, na atenção e no desempenho acadêmico de crianças entre 6 e 12 anos de idade. Foram analisados 31 estudos, abrangendo intervenções agudas e crônicas. Os resultados mais relevantes apontaram para a presença de efeitos pequenos a moderados tanto em intervenções agudas quanto crônicas de atividade física (Greeff *et al.*, 2018). Além disso, os achados indicaram que os benefícios tendem a ser mais expressivos quando a atividade física é combinada com engajamento cognitivo (Greeff *et al.*, 2018). Esse aspecto realça a importância de abordagens que não apenas promovam a movimentação física, mas também estimulem o componente cognitivo, potencialmente otimizando os efeitos sobre as funções executivas e a atenção (Diamond; Ling, 2016; Greeff *et al.*, 2018; Tomporowski; Pesce, 2019).

Em 2019, o estudo realizado por Xue, Yang e Huang (2019) teve como objetivo principal examinar os efeitos de intervenções crônicas de exercício nas funções executivas de crianças e adolescentes. Empregando uma meta-análise, o estudo selecionou 19 estudos para análise. Os resultados destacaram que maiores índices de massa corporal (IMC) estavam associados a melhorias mais significativas nas funções executivas (Xue; Yang; Huang, 2019). Além disso, foi observado que a modalidade da intervenção e o tamanho das sessões de exercício desempenharam um papel moderador nos efeitos das intervenções sobre as funções executivas (Xue; Yang; Huang, 2019). No entanto, vale ressaltar que a maioria dos estudos não conduziu um cálculo amostral prévio (Xue; Yang; Huang, 2019), o que pode influenciar a validade e generalização dos resultados.

Ainda sobre o trabalho de Xue, Yang e Huang (2019), foi identificada uma heterogeneidade significativa devido à diversidade das tarefas cognitivas empregadas nos estudos (Xue; Yang; Huang, 2019), possibilitando variabilidade nos resultados. No tocante aos efeitos das intervenções crônicas de exercício sobre as funções executivas, foi constatado um pequeno efeito significativo (Xue; Yang; Huang, 2019), especificamente nas medidas de funções executivas gerais e no controle inibitório (Xue; Yang; Huang, 2019). Os resultados analisados sugerem que, embora existam benefícios perceptíveis nas funções executivas através do exercício crônico, fatores como composição corporal, modalidade do exercício e tamanhos das sessões devem ser considerados no desenho de procedimentos experimentais.

Com o propósito de avaliar os efeitos de intervalos ativos nos níveis de atividade física, comportamento, funções executivas e rendimento acadêmico de crianças, o estudo realizado por Masini *et al.* (2020) compreendeu uma seleção de 22 estudos. O efeito dos intervalos ativos (sessões de atividade física moderada-vigorosa orientada por professores durante aulas; suas durações vão de cinco a quinze minutos) sobre as funções executivas se mostrou inconclusivo (Masini *et al.*, 2020). Nota-se que o intervalo ativo, exclusivamente, não foi capaz de promover uma melhoria significativa das funções executivas em crianças (Masini

et al., 2020). Esse achado sugere que os intervalos ativos, embora possam ser benéficos em outros domínios (Masini *et al.*, 2020), não parecem ter um impacto discernível sobre as funções executivas.

Ainda em 2020, o estudo conduzido por Haverkamp teve como objetivo investigar o efeito de intervenções de atividade física sobre desfechos cognitivos e rendimento acadêmico em adolescentes e jovens adultos. O estudo compreendeu uma análise de 71 estudos, dos quais 44 trataram de intervenções agudas e 27 abordaram intervenções crônicas. No âmbito das intervenções agudas, os resultados indicaram que, em geral, a atividade física aguda resultou em um efeito moderado sobre desfechos cognitivos (Haverkamp *et al.*, 2020). Especificamente, os tamanhos de efeito foram moderados para o valor geral de funções executivas (englobando MT, CI e FC) e para o controle inibitório (Haverkamp *et al.*, 2020), enquanto não foram observados efeitos significativos sobre a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (Haverkamp *et al.*, 2020). Contudo, a heterogeneidade foi marcante para todos esses efeitos (Haverkamp *et al.*, 2020), sugerindo uma considerável variabilidade nos resultados dos estudos.

Quanto às intervenções crônicas, os resultados apontaram para um efeito moderado sobre desfechos cognitivos, quando analisados de forma geral (Haverkamp *et al.*, 2020). Em específico, o valor geral de funções executivas (englobando MT, CI e FC) e a memória de trabalho, em específico, apresentaram tamanhos de efeito moderados e grandes (Haverkamp *et al.*, 2020), respectivamente, enquanto a flexibilidade cognitiva demonstrou um efeito pequeno e o controle inibitório não apresentou efeito significativo (Haverkamp *et al.*, 2020). Novamente, uma heterogeneidade considerável foi identificada para todos esses efeitos (Haverkamp *et al.*, 2020). Estatisticamente, as meta-regressões revelaram que maiores durações de intervenção se associaram inversamente aos efeitos sobre atenção e flexibilidade cognitiva (Haverkamp *et al.*, 2020). Contudo, a ausência de estudos suficientes que relataram dosagem, carga e nível de aptidão física limitou a possibilidade de calcular as relações desses fatores com outros moderadores (Haverkamp *et al.*, 2020).

Foi realizada uma terceira meta-análise em 2020, por Li *et al.* (2020), que teve como objetivo avaliar o efeito de intervenções crônicas de exercício nas funções executivas de crianças com idades entre 3 e 7 anos (Li *et al.*, 2020). Além disso, buscou-se compreender se as características das intervenções influenciaram os resultados (Li *et al.*, 2020). A análise abrangeu um total de 10 estudos selecionados. Os resultados revelaram que as intervenções crônicas de exercício apresentaram um efeito positivo de pequena magnitude no controle inibitório, na memória de trabalho e no valor geral de funções executivas das crianças dentro da faixa etária de 3 a 7 anos (Li *et al.*, 2020). Além disso, o efeito sobre a flexibilidade cognitiva foi moderado (Li *et al.*, 2020). É importante ressaltar que, apesar dos resultados positivos, a análise constatou que quase todos os estudos empregaram métodos distintos para medir as funções executivas (Li *et al.*, 2020), o que pode introduzir variabilidade nos resultados e

dificultar a comparação direta entre os estudos.

Diferentemente de outras análises (Xue; Yang; Huang, 2019), os efeitos das intervenções não variaram significativamente de acordo com a duração, tamanho da sessão ou frequência da intervenção (Li *et al.*, 2020). Por outro lado, ao se analisar os desfechos de memória de trabalho, flexibilidade cognitiva e controle inibitório, não foi observada heterogeneidade significativa entre os estudos (Li *et al.*, 2020). Contudo, é relevante destacar que a maioria dos estudos não detalhou adequadamente seus processos de randomização, avaliação cega e cálculos amostrais (Li *et al.*, 2020), indicando a necessidade de maior rigor metodológico.

No geral, as evidências sobre o efeito da atividade física sobre as funções executivas revelam existir problemas crônicos no desenho e implementação de intervenções experimentais. Uma meta-revisão sistemática e síntese realista recente abordou essa problemática (Pesce *et al.*, 2023). O trabalho teve como objetivos compreender i) qual é o papel do contexto entre os fatores que influenciam ou explicam a relação exercício-cognição; ii) se os efeitos cognitivos de intervenções de atividade física são moderados pelas características da intervenção (dosagem e tipo) e do contexto da sua implementação (modo e tipo de ensino/abordagem, ambiente); e iii) por meio de quais mecanismos o contexto do exercício pode influenciar seus efeitos sobre a cognição (Pesce *et al.*, 2023).

Em suma, foram analisados 90 estudos (46 revisões sistemáticas (RSs), 15 meta-análises (MAs), 24 RVs com MAs e cinco RSs de RSs), com 203 estudos principais com alto nível de evidência (Ensaio Clínico Randomizado (ECRs), ECRs com *Clusters*) sendo extraídos das listas de referências (Pesce *et al.*, 2023). A meta-revisão demonstrou que houve um aumento acentuado de RSs nos últimos anos, desproporcional ao de estudos principais, com sobreposição moderada em estudos com crianças/adolescentes (Pesce *et al.*, 2023). Para as revisões analisadas, as porcentagens de conclusões positivas, inconclusivas, sem efeito ou negativas foram semelhantes quando computadas em geral ou nos subconjuntos de revisões de qualidade pelo menos moderada: 70%, 25%, 5%, 0%; vs. 71%, 25%, 4%, 0%, respectivamente (Pesce *et al.*, 2023). Limitando-se às revisões de alta qualidade, as conclusões positivas caíram para 64% (Pesce *et al.*, 2023). Em geral, resultados positivos foram encontrados em 68% de todos os estudos principais e chegaram a 76% no subconjunto de estudos principais de maior qualidade metodológica, sem nenhum caso de efeitos negativos (Pesce *et al.*, 2023).

Adicionalmente, foi possível identificar problemas na categorização de RSs de maior qualidade devido a um efeito de piso, e de estudos principais de maior qualidade devido a uma grande diversidade de qualidades metodológicas e nas avaliações de risco de viés e inconsistência em seus resultados (Pesce *et al.*, 2023). Por fim, houve uma baixa consideração da validade externa na avaliação de qualidade metodológica dos estudos ao subestimar a importância de informações sobre o contexto em que a atividade física foi aplicada (Pesce *et al.*, 2023). Essas informações são potencialmente relevantes para explicar inconsistências nos resultados que embasam a discussão no campo da relação exercício-cognição (Pesce *et al.*, 2023).

al., 2023).

Em conjunto com os resultados da meta-revisão, a síntese realista concluiu que existe uma relativa negligência do contexto em que a atividade física é aplicada nas RSs e MAs (Pesce *et al.*, 2023). Também revelou-se o papel de diversos moderadores no nível do participante (idade), no nível da intervenção (quantidade e qualidade da atividade física), no nível do estudo (tipo de comparador) e no nível do contexto (modo de aplicação/expertise, tipo de aplicação e configuração da implementação) que explicaram as diferenças na consistência e na força da evidência entre os estudos principais (Pesce *et al.*, 2023). Adicionalmente, esse trabalho conclui que uma série de condições específicas do contexto pode desencadear diferentes mecanismos que geram efeitos da atividade física sobre a cognição (Pesce *et al.*, 2023).

Em síntese, os estudos principais da meta-revisão mostraram, para todas as idades, uma evidência moderada a fortemente consistente dos efeitos positivos das intervenções - cujas principais características categorizadas eram a quantidade ou a qualidade da atividade física, ou ambas (Pesce *et al.*, 2023). Isso fortalece a tese de complementaridade entre as hipóteses da aptidão cardiovascular e da estimulação cognitiva (Pesce, 2012; Pesca *et al.*, 2023). Identificou-se, ainda, uma evidência geral mais consistente e mais forte de resultados positivos quando a implementação da intervenção era realizada por especialistas (Pesce *et al.*, 2023).

A evidência de resultados cognitivos positivos foi forte e convincente em todas as idades quando o comparador era fisicamente ativo, em contraste com resultados espúrios de estudos em que o grupo controle mantinha seu "status quo", que apresentaram resultados moderados e pouco sugestivos (Pesce *et al.*, 2023). Isso sugere que as características específicas dos diferentes tipos de intervenções fisicamente ativas são relevantes (Pesce *et al.*, 2023). Para compreender isso integralmente, deve-se levar em conta a configuração de implementação e se a aplicação é individual/em grupo (Pesce *et al.*, 2023).

Foram investigados diferentes mecanismos contextualizados por meio da síntese realista (Pesce *et al.*, 2023). Dentre eles, o mecanismo do esforço físico foi confirmado por evidências obtidas ao longo da vida com atividade física estruturada realizada por especialistas e o mecanismo de aprendizado de habilidades motoras com envolvimento cognitivo foi evidenciado para crianças em atividade física estruturada (Pesce *et al.*, 2023). De forma generalista, o mecanismo que encontrou confirmação em atividade física estruturada para todas as idades é o do esforço físico, mostrando a importância da parametrização quantitativa da intervenção proposta (Pesce *et al.*, 2023).

A síntese apoia a noção de que, para desenvolver capacidades cognitivas específicas, um ponto de desafio ideal deve ser alcançado (Pesce *et al.*, 2013) por meio de uma progressão de complexidade de atividades com carga executiva (Pesce *et al.*, 2023). Afinal, o engajamento cognitivo provocado pela atividade física enriquecida com demandas de aprendizado de

habilidades, aplicado por especialistas, parece ser fundamental para obter ganhos de inibição em crianças e adolescentes (Álvarez-Bueno *et al.*, 2017; Greeff *et al.*, 2018; Vazou *et al.*, 2019; Pesce *et al.*, 2023). Vale destacar que as atividades com movimentos conscientes são as únicas entre as abordagens amplamente revisadas para melhorar as funções executivas que encontraram 100% de evidência consistente de resultados positivos (Diamond, 2020; Pesce *et al.*, 2023). Todavia, diferentes tipos de mecanismos parecem convergir para o desafio ideal em diferentes formatos de atividade física (Pesce *et al.*, 2023).

Finalmente, a meta-revisão de 2023 permitiu analisar de forma integral e sistêmica a forma como intervenções de atividade física se relacionam com ganhos cognitivos, organizando as características que diferem atividades benéficas das não benéficas. Em suma, essas características estruturam-se em atividades baseadas em movimento realizadas por especialistas que aumentam a quantidade de atividade física praticada, mas também apresentam características únicas de enriquecimento qualitativo (Pesce *et al.*, 2023).

Um consenso que tem sido construído, nesse sentido, é o de que a prática de atividade física engajante cognitivamente apresenta efeitos positivos sobre as funções executivas (Diamond; Ling, 2016; Tomporowski; Pesce, 2019; Pesce *et al.*, 2023). O desenho e prescrição de atividades físicas que intencionalmente demandam alta coordenação cognitiva por meio do estímulo específico a mecanismos cognitivos acessados pelas FEs recebe o nome de enriquecimento cognitivo. Esse termo guarda-chuva deve ser entendido como sinônimo de “atividade física engajante cognitivamente” e será discutido detalhadamente na próxima subseção.

2.5 Enriquecimento cognitivo

Muitos autores se propuseram a investigar a relação exercício-cognição, buscando evidências que explicassem de que forma a prática de atividades físicas estruturadas impacta o desenvolvimento cognitivo (Pesce, 2012). Existem, todavia, duas principais hipóteses que pautam esse campo de estudo: a hipótese da aptidão cardiovascular e a hipótese da estimulação cognitiva. A hipótese da aptidão cardiovascular assume que a relação entre atividade física e cognição é mediada pela melhoria da aptidão cardiovascular, causada pela prática regular de exercícios (North; McCullagh; Tran, 1990). Evidências mostram, porém, que ganhos de condicionamento cardiovascular ou outros mecanismos metabólicos ou neuroquímicos podem não ser os únicos mediadores dos efeitos do exercício sobre a cognição (Davis *et al.*, 2010). Em contraste, a hipótese da estimulação cognitiva propõe que atividades que exigem coordenação e não são automatizadas ativam as mesmas regiões cerebrais usadas para controlar processos cognitivos de ordem superior, levando a benefícios em domínios específicos das FEs (Tomporowski *et al.*, 2008). Nessa perspectiva, os benefícios cognitivos relacionados ao exercício podem ser devidos à estimulação neural pela complexidade coor-

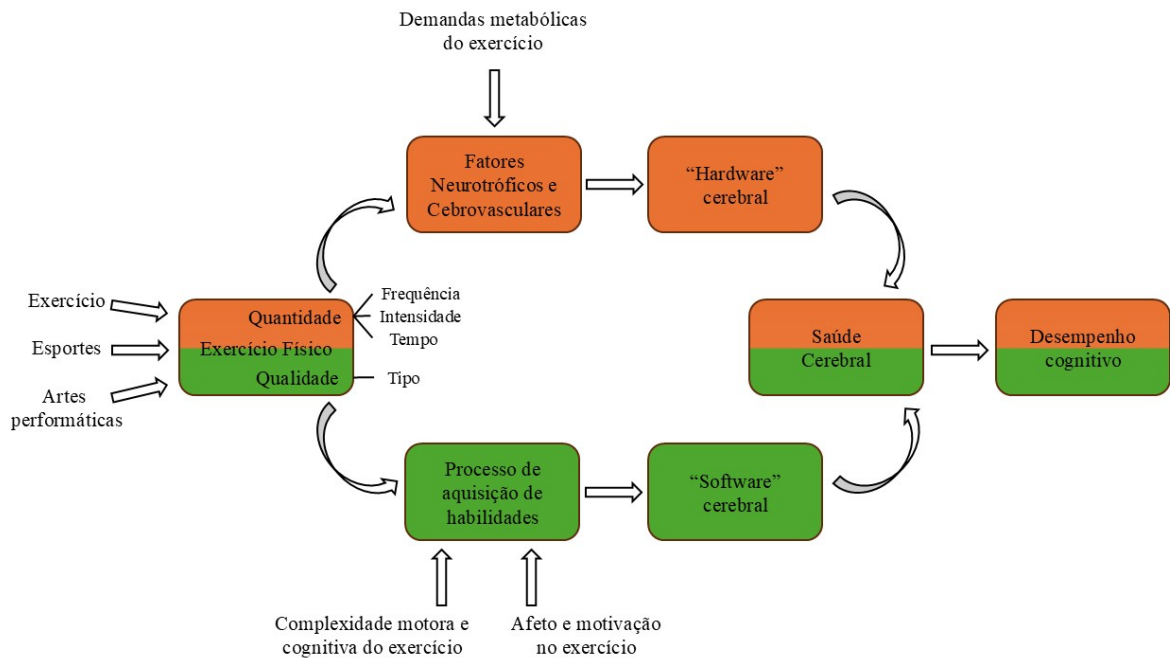


Figura 2.3 – Fluxograma que ilustra a complementaridade da hipótese da aptidão cardiovascular e da hipótese da estimulação cognitiva. Representa as funções mediadoras das demandas de exercício e do processo de aquisição de habilidades na saúde do cérebro e no desempenho cognitivo. Fonte: [Tomprowski e Pesce \(2019\)](#).

denativa e a demanda cognitiva de tarefas motoras ([Davis et al., 2010](#)). Em suma, entende-se atualmente que tanto o treinamento aeróbico quanto o treinamento coordenativo podem melhorar a cognição, embora por mecanismos subjacentes diferentes ([Schmidt et al., 2015](#); [Tomprowski; Pesce, 2019](#)).

Identificar quais práticas são capazes de estimular a cognição de forma abrangente foi o objetivo de um grande número de pesquisas na última década ([Li et al., 2020](#); [Liang et al., 2021](#); [Xue; Yang; Huang, 2019](#); [Masini et al., 2020](#)). Mais recentemente, pesquisadores têm abordado a relação exercício-cognição por meio da incorporação de diferentes tipos de moderadores das práticas propostas para beneficiar o desenvolvimento cognitivo. Essa abordagem envolve a integração de pesquisas que modulam intensidade, duração e frequência do exercício com pesquisas que exploram as características qualitativas de tarefas motoras ([Pesce, 2012](#)). Defende-se, portanto, que é essencial compreender tanto o papel de mecanismos metabólicos ou neuroquímicos quanto de variáveis psicopedagógicas no desenho de intervenções experimentais ([Tomprowski; McCullick; Pesce, 2015](#); [Tomprowski; Pesce, 2019](#)).

Dentro da abordagem integrativa descrita, as atividades físicas e esportivas enriquecidas cognitivamente possuem a capacidade de estimular, concomitantemente, as dimensões motora e cognitiva. O termo enriquecimento cognitivo pode ser conceituado a partir das obras de [Pesce \(2012\)](#) e [Tomprowski, McCullick e Pesce \(2015\)](#). Em seu trabalho, Pesce argumenta a favor da extensão da noção de dose e resposta na relação exercício-cognição. A autora propõe

o desenvolvimento de uma nova linha de pesquisa, mudando o foco dos aspectos quantitativos das intervenções de exercício (frequência, duração e intensidade) para os aspectos qualitativos (complexidade coordenativa e demanda cognitiva da tarefa) (Pesce, 2012). É apresentado o termo 'treinamento cognitivo de habilidades motoras grossas', referenciando programas especificamente estruturados para o desafio progressivo das FEs por meio do movimento (Pesce, 2012). Em um livro publicado por Tomporowski, McCullick e Pesca, em 2015, são estabelecidos três princípios do engajamento cognitivo, construídos a partir da linha de pesquisa fundamentada na hipótese da estimulação cognitiva (Tomporowski *et al.*, 2008). Esses princípios são estruturados de acordo com a noção expandida de dose e resposta, que atribui centralidade aos aspectos qualitativos do exercício (Pesce, 2012). Os três princípios são: i) alta interferência contextual; ii) descoberta; e iii) controle mental (Tomporowski; McCullick; Pesca, 2015). A alta interferência contextual se refere a mudanças imprevisíveis contextualizadas, como em uma luta de karatê. A descoberta está relacionada com a resolução de problemas psicomotores variados, apresentando grande associação com conceitos de criatividade, como em um jogo de caça ao tesouro. Por fim, o controle mental diz respeito ao desafio sistemático das diferentes subdimensões das funções executivas (MT, CI e FC) com base em seus construtos, como em atividades intencionalmente engajantes cognitivamente. Esses princípios, em conjunto com o treinamento cognitivo de habilidades motoras grossas (Pesce, 2012), representam as fundações da concepção de enriquecimento cognitivo que será utilizada no presente trabalho.

Embora os três princípios do engajamento cognitivo sejam necessários para garantir o maior grau possível de estimulação cognitiva por meio de uma tarefa, eles não estão igualmente presentes em qualquer tipo de tarefa. A alta interferência contextual e a descoberta, por exemplo, são princípios intrínsecos às modalidades esportivas de habilidades abertas (Ishihara *et al.*, 2017b; Formenti *et al.*, 2021). Evidências apontam que o alto nível de esforço cognitivo exigido por essas atividades favorece o desenvolvimento das FEs (Ishihara *et al.*, 2017b) e que a prática esportiva promove benefícios cognitivos desde que seja mantido um nível adequado de novidade e complexidade coordenativa nas tarefas (Ishihara *et al.*, 2017b; Formenti *et al.*, 2021). Por outro lado, o princípio do controle mental se diferencia dos demais, uma vez que ele, para ser contemplado, necessita de estímulo deliberado. Isso se dá pois, embora as FEs sejam exigidas durante a realização de tarefas psicomotoras, desafios sistematicamente direcionados às subdimensões das FEs não ocorrem de forma natural durante o jogar ou brincar espontâneo (Diamond; Ling, 2016). É necessário, portanto, que o controle mental seja intencionalmente contemplado por meio da mecânica da tarefa proposta. Esse ponto representa um dos grandes desafios atuais no campo da estimulação cognitiva: não se sabe qual a dosagem ideal de engajamento cognitivo em tarefas motoras para que sejam observados efeitos positivos sobre as FEs (Diamond; Ling, 2016; Tomporowski; McCullick; Pesca, 2015). A literatura aponta que são necessários estudos que modulem especificamente o

engajamento cognitivo (Pesce, 2012; *Pesce et al.*, 2013). Por meio da manipulação do controle mental seria possível, por exemplo, comparar intervenções experimentais com níveis de demanda cognitiva diferentes, assim atacando o problema descrito.

A modulação específica do engajamento cognitivo, por meio do princípio de controle mental, depende da sistematização das FEs (Tompsonski; *Pesce*, 2019). É por meio dessa sistematização que se torna possível a estruturação de tarefas que desafiem de forma intencional uma ou todas as FEs (Diamond; *Ling*, 2016). Intervenções baseadas na promoção de engajamento cognitivo, todavia, apresentam lacunas no que se diz respeito ao nível de especificidade do engajamento promovido. O estudo de Schmidt et al. (2020), por exemplo, investigou o efeito de uma intervenção crônica de atividade física demandante cognitivamente sobre as funções executivas de crianças em idade de jardim de infância. Foram comparadas três condições: física-cognitiva (jogos baseados em habilidades motoras grossas e demandantes cognitivamente), cognitiva (jogos baseados em habilidades motoras finas e demandantes cognitivamente) e controle (atividades cotidianas). A partir dos resultados, foi possível observar uma melhoria significativa para a atualização (memória de trabalho) para ambos os grupos que receberam intervenções (físico-cognitivo e cognitivo) (Schmidt et al., 2020); não foram observadas diferenças, porém, para a inibição (controle inibitório) ou para a alteração (flexibilidade cognitiva) (Schmidt et al., 2020).

Na descrição do envolvimento das FEs nas atividades elaboradas para as intervenções do estudo de Schmidt et al. (2020) nota-se uma falta de objetividade e sistematização dos mecanismos específicos das subdimensões das FEs. Por exemplo, para relatar de que modo a habilidade de atualização está sendo exigida, o seguinte parâmetro é descrito: "lembrar diferentes regras e ações motoras" (Schmidt et al., 2020). Esse parâmetro, mesmo que relacionado à memória de trabalho, não é suficientemente específico a ponto de estabelecer uma demanda cognitiva que não poderia ser alcançada em situações cotidianas. Dessa forma, embora as atividades apresentem demandas cognitivas claras, não é possível garantir que as três FEs foram demandadas de forma sistemática, comprometendo a eficácia das intervenções. Adicionalmente, uma vez que a habilidade de alteração ainda não está plenamente desenvolvida nessa faixa etária (Baggetta; Alexander, 2016; Morra et al., 2018), as demandas que seriam específicas para essa FE na verdade estão exigindo ou a atualização, ou a inibição. Com isso, o ganho observado apenas para a atualização poderia ser atribuído ao desenho das tarefas de intervenção. Essa hipótese possui respaldo, tendo em vista que para todas as atividades (da intervenção físico-cognitiva) são descritos parâmetros relacionados às habilidades de atualização e de alteração. Por exemplo, em quase todas as atividades o aumento da demanda cognitiva se dá por meio da alteração de regras, papéis assumidos pelos participantes ou estímulos-alvo (Schmidt et al., 2020). Conclui-se, portanto, que nessas atividades as FEs são demandadas de acordo com a mecânica da própria atividade. Para que as FEs fossem sistematicamente exigidas, seria mais coerente construir as tarefas a partir dos

mecanismos específicos das subdimensões das FEs, de modo que a mecânica da atividade corresponda e exija a utilização de habilidades cognitivas correspondentes à FE alvo (Pesce, 2012; Tomporowski; McCullick; Pesce, 2015). Essa estruturação permitiria o estabelecimento de um nível de estimulação cognitivo a priori, prática que ajudaria a responder a pergunta sobre a dosagem ideal de engajamento cognitivo.

A falta de sistematização descrita anteriormente não é exclusiva para o estudo de Schmidt *et al.* (2020). Na verdade, estudos que se propõem a avaliar efeitos de intervenções engajantes cognitivamente limitam-se a descrever a mecânica das atividades que compõem as intervenções. Dentre esses estudos, alguns apresentam descrições generalizadas dos parâmetros utilizados para estimular as subdimensões das FEs, como é o caso de Biino *et al.* (2023). A maior parte, porém, não descreve os parâmetros cognitivos das atividades propostas, como pode ser observado nos trabalhos de Bedard *et al.* (2021), Bulten *et al.* (2022) e Mavilidi *et al.* (2023).

As questões metodológicas destacadas no parágrafo anterior revelam como a falta de clareza protocolar dificulta a análise do papel do engajamento cognitivo dentro da relação exercício-cognição. Sabendo disso, um objetivo preliminar do presente trabalho é definir parâmetros para o enriquecimento cognitivo das atividades esportivas. Para isso, propõe-se uma especificação do princípio de controle mental, de Tomporowski, McCullick e Pesce (2015), de forma contextualizada. Por meio dessa especificação, são gerados parâmetros de estimulação das FEs que então permitem um alinhamento das demandas cognitivas das tarefas desenhadas com os mecanismos específicos do construto cognitivo em foco.

Exemplificando o processo de especificação do controle mental, considere, por exemplo, o entendimento da memória de trabalho como a habilidade de manter e manipular informações na mente, por meio da constante interação entre memória de longo prazo e dados sensoriais (Baddeley, 2003). Com o construto estabelecido, organizam-se as demandas cognitivas que são contempladas por ele. Essas demandas são categorizadas e transformadas em parâmetros de estimulação da memória de trabalho. Esses parâmetros podem ser mais facilmente compreendidos na forma de frases intencionais como, por exemplo, "reordenar uma sequência de itens/ações recém vistos/ouvidos/sentidos em função de alguma característica pré-estabelecida". A partir disso, o próximo passo é construir tarefas esportivas utilizando esses parâmetros. Agora, porém, é possível modular cognitivamente essas tarefas uma vez que as variáveis qualitativas estão sistematizadas por meio de parâmetros claros e objetivos (Tomporowski; Pesce, 2019). O Quadro 2.1 descreve os 10 parâmetros de estimulação cognitiva sistematizados para a memória de trabalho.

Diante do apresentado, é possível modular as características qualitativas específicas dos exercícios. Para isso, é necessário o desenvolvimento de clareza conceitual a respeito dos construtos cognitivos utilizados para explicar o funcionamento das mais diversas funções cognitivas envolvidas na prática de atividades físicas e esportivas. Ao mesmo tempo, é

Quadro 2.1 – Parâmetros de estimulação cognitiva para a função executiva memória de trabalho. O parâmetro de estimulação demanda um procedimento que deve recorrer a realização de uma ação, seja ela motora ou não. Os termos elementos, ações, itens e informações abrangem estímulos visuais, cinestésicos, auditivos, táteis assim como a combinação de diferentes estímulos. Elaborado pelo autor.

Função Executiva	Parâmetros para estimulação da função
Memória de Trabalho	<p>Associar elementos e ações simples em uma regra "se-então".</p> <p>Comparar estímulos/ações com base em características pré-estabelecidas.</p> <p>Organizar, classificar e executar sequências de itens/ações recém vistos/ouvidos/sentidos.</p> <p>Completar logicamente a composição de uma sequência de itens/ações com elementos faltantes ou subsequentes.</p> <p>Atualizar/corrigir sequências de itens/ações a partir de novos conjuntos de informações.</p> <p>Reproduzir uma sequência de itens/ações na mesma ordem em que foram tocados/realizados.</p> <p>Reproduzir uma sequência de itens/ações recém vistos/ouvidos/sentidos em ordem inversa.</p> <p>Alterar a ordem de uma sequência de itens/ações recém vistos/ouvidos/sentidos em função de alguma característica pré-estabelecida: cor, ordem numérica, função, distância.</p> <p>Realizar rotação mental de uma composição de itens ou postura corporal.</p>

fundamental que a descrição metodológica das intervenções experimentais seja detalhada. Esse processo permite a avaliação eficaz do impacto da modulação qualitativa do exercício sobre as melhorias cognitivas.

No estado atual, contudo, a compreensão das variáveis manipuladas nas intervenções é desafiadora. Isso se dá por conta da superficialidade dos desenhos experimentais disponíveis na literatura (Morra *et al.*, 2018; Tomporowski; Pesce, 2019; Li *et al.*, 2020). Nesse sentido, muitos protocolos de intervenção não incluem: i) detalhamento do tempo de prática (o que é feito em cada momento da intervenção); ii) componente das funções executivas exigido (qual capacidade cognitiva está sendo demandada e como); iii) natureza do ambiente de aprendizagem (tipo de *feedback* fornecido, tratamento dado ao erro); e iv) variável manipulada (quantidade de elementos em uma sequência a serem retidos e reorganizados, tempo disponível para responder a um estímulo etc.) (Tomporowski; Pesce, 2019). Para superar esse desafio, é fundamental avançar na descrição, compreensão e discussão do modelo psicopedagógico, da organização metodológica e da intencionalidade das tarefas elaboradas (Diamond; Ling, 2016).

Finalmente, é notável que as tradições atuais de avaliação das funções executivas apresentam peculiaridades que dificultam a comparação qualitativa entre os resultados obtidos em pesquisas empíricas (Morra *et al.*, 2018; Guerra *et al.*, 2022). Esse tema será abordado na próxima subseção.

2.6 Avaliação das funções executivas

Avaliar as FEs não é um processo simples. Isso se dá por conta de duas grandes questões. Em primeiro lugar, as tarefas cognitivas utilizadas para avaliar as FEs apresentam problemas crônicos em suas eficácias: não se sabe se o alvo da avaliação está de fato sendo avaliado (Miyake; Friedman, 2012). Esses problemas refletem a interdependência característica dos componentes das FEs (relacionada à deficiência dos instrumentos em isolar as dimensões que compõem os construtos que se propõem a avaliar) (Miyake; Emerson; Friedman, 2000; Miyake; Friedman, 2012). Em segundo lugar, a literatura apresenta dificuldades em distinguir categoricamente os construtos cognitivos utilizados para explicar o funcionamento executivo (Baggetta; Alexander, 2016; Morra *et al.*, 2018). Por exemplo, os termos memória de trabalho e atualização são constantemente utilizados como sinônimos em pesquisas empíricas. Essa variação terminológica gera confusão conceitual. Enquanto mais de um modelo teórico se propõe a descrever o construto memória de trabalho (Baddeley, 1992; Cowan, 2016), a definição da habilidade cognitiva de atualização ainda carece de organização formal (Morra *et al.*, 2018). Esse fenômeno, em conjunto com a utilização de diversas tarefas cognitivas, seja em seus formatos originais, seja de forma adaptada, faz com que os estudos empíricos que buscam investigar o efeito de intervenções sobre as FEs apresentem resultados inconclusivos e conflitantes. Além disso, a comparabilidade desses resultados é problemática uma vez que tarefas com mecânicas distintas são utilizadas intercambiavelmente para avaliar os mesmos componentes das FEs.

Atualmente, as tarefas computadorizadas são amplamente utilizadas para avaliar efeitos de intervenções que se propõem a melhorar as FEs (Morra *et al.*, 2018; Haverkamp *et al.*, 2020; Berardi *et al.*, 2021). O problema apontado por Miyake e Friedman (2012), todavia, continua em aberto. O que se percebe, historicamente, é que o campo considera essas tarefas como um padrão-ouro, partindo do pressuposto que qualquer efeito, seja ele positivo ou negativo, será precisamente identificado por meio delas (Berardi *et al.*, 2021). Embora essa limitação seja apontada em estudos empíricos, a solução apontada reside na utilização de mais tarefas (Schmidt *et al.*, 2015; Schmidt *et al.*, 2020), de modo a garantir que cada componente investigado seja contemplado. Essa solução apresenta fragilidades. Não se discute, metodologicamente, a real eficácia das tarefas computadorizadas em si (Morra *et al.*, 2018). Dessa forma, acredita-se que elas serão capazes de detectar melhorias significativas nas FEs, mesmo que a intervenção proposta não trabalhe as habilidades necessárias para um bom desempenho na tarefa. Exemplificando, considere que os efeitos de uma intervenção de atividade física enriquecida cognitivamente sobre a memória de trabalho de crianças serão avaliados por meio de tarefas computadorizadas. Para um bom desempenho na tarefa, o participante depende de diversas habilidades cognitivas relacionadas à sua memória de trabalho, como por exemplo, a habilidade de reter informações na memória de curto prazo e a habilidade de atualizar essas informações de acordo com novos estímulos. Para realizar a

mesma tarefa, o participante também depende de outras habilidades relacionadas a outros aspectos de seu desenvolvimento, como por exemplo, a habilidade de utilizar um mouse de computador, ou a habilidade de alternar o foco atencional entre pequenas imagens em uma tela. Por fim, existem ainda questões afetivas ou motivacionais que podem impactar o desempenho em uma tarefa computadorizada. Voltando à intervenção, considere sessões de jogos de educação física enriquecidos de modo que possuam um alto grau de complexidade coordenativa e de demanda cognitiva, desafiando progressivamente a memória de trabalho do participante. Ao comparar a intervenção proposta com o instrumento utilizado para avaliá-la, nota-se que, embora os mecanismos cognitivos necessários para a realização de ambos possam ser os mesmos, o que é gerado a partir dessa ativação não é igual. Adicionalmente, os contextos em que essas ativações acontecem são diferentes, reforçando a não correspondência entre intervenção e instrumento. Esse ponto de vista encontra suporte na literatura. Evidências apontam que a transferência de habilidades a partir do treinamento cognitivo (p. ex. ganhos cognitivos oriundos de treinamento computadorizado se traduzindo em melhorias observáveis em situações cotidianas) apresenta limitações (Diamond; Ling, 2016; Guerra *et al.*, 2022).

Em seu trabalho de 2018, Morra *et al.* enfatizam as complexidades e nuances envolvidas no estudo das FEs. São discutidas variações metodológicas entre diferentes pesquisas empíricas, a natureza dinâmica do desenvolvimento das FEs e o impacto de fatores específicos das tarefas sobre os resultados obtidos (Morra *et al.*, 2018). Esses fatores, segundo os autores, dificultam uma compreensão abrangente das FEs em diferentes contextos (Morra *et al.*, 2018). O texto também menciona a influência das demandas específicas da tarefa sobre a realização das mesmas (Morra *et al.*, 2018) e das possíveis estratégias incentivadas pela própria mecânica do teste utilizado para a medição (Morra *et al.*, 2018). Além disso, destaca que a natureza da organização latente das FEs pode mudar ao longo do desenvolvimento (Morra *et al.*, 2018). Isso significa que, embora se saiba quais são as funcionalidades que as FEs podem desempenhar, não é possível afirmar que elas estão disponíveis para uso em todos os momentos da vida. Dessa forma, podem existir variações nos papéis desempenhados pelas FEs na execução de uma mesma tarefa em diferentes idades.

Durante todo o trabalho, argumenta-se que a clareza tanto em termos conceituais quanto terminológicos deve ser enfatizada (Morra *et al.*, 2018). Dentro de campos como o das funções executivas, que passam por um contínuo processo de crescimento, construtos semelhantes podem receber diferentes denominações, do mesmo modo que construtos distintos podem ser tratados pelo mesmo nome (Morra *et al.*, 2018). Nessa linha, tarefas similares podem ser empregadas para avaliar construtos diferentes (Morra *et al.*, 2018). Essa diversidade terminológica pode dificultar a comparação entre estudos e a comunicação eficaz entre pesquisadores. Como observado anteriormente, existe uma tradição em reconhecer a existência de pelo menos três funções executivas fundamentais, no entanto, essas funções são

denominadas de forma variada, como inibição, mudança e atualização (Miyake; Emerson; Friedman, 2000); inibição, mudança e memória de trabalho (Garon; Bryson; Smith, 2008); ou controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho (Diamond, 2013). A questão proposta por Morra et al. (2018) é se essas discrepâncias terminológicas refletem apenas diferenças na escolha de rótulos verbais ou se indicam visões conceituais divergentes no campo.

A pesquisa de Morra et al. (2018) adotou uma abordagem de revisão narrativa. Os resultados mais importantes destacam que não existe um consenso quanto à organização estrutural das funções executivas (Morra et al., 2018). Modelos multifatoriais, com fatores latentes correlacionados mas diferenciáveis, têm sido predominantes (Morra et al., 2018). Isso significa que as funções executivas podem ser compostas por diferentes subcomponentes que estão relacionados entre si, mas podem ser distinguidos conceitualmente (Miyake; Friedman, 2012; Baggetta; Alexander, 2016). A partir desse entendimento, a confusão conceitual e terminológica que é comum no campo da avaliação das funções executivas se mostra perigosa. Como resultado do uso frequente de conceitos e nomenclaturas de forma intercambiável, algumas tarefas propostas como capazes de medir construtos psicológicos não têm evidências sólidas que respaldem seu uso (Morra et al., 2018).

Segundo Morra et al. (2018), a inconsistência nos resultados de estudos sobre funções executivas (Tomprowski; Pesce, 2019; Masini et al., 2020; Haverkamp et al., 2020) pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo as diferentes idades dos participantes e diferenças metodológicas (Morra et al., 2018; Xue; Yang; Huang, 2019). Por exemplo, pode não haver um número suficiente de tarefas para avaliar cada componente específico das FEs. Essa limitação dificulta a capacidade de investigar a natureza de subcomponentes individuais das FEs, como dimensões distintas de memória de trabalho (Morra et al., 2018). Além disso, o texto destaca a possibilidade de que tarefas complexas possam exigir habilidades diferentes das FEs em diferentes estágios de desenvolvimento (Morra et al., 2018). Um exemplo é fornecido, no qual a inibição foi considerada um preditor mais forte das habilidades de resolução de problemas em crianças mais novas em comparação com crianças mais velhas, enquanto a memória de trabalho tornou-se mais importante para crianças mais velhas (Morra et al., 2018). Essa discrepância foi atribuída às diferentes linhas temporais de maturação da inibição e da memória de trabalho (Morra et al., 2018).

Por fim, a pesquisa enfatiza que a clareza terminológica decorre da clareza teórica (Morra et al., 2018). Argumenta-se que, para alcançar uma clareza conceitual e terminológica nas funções executivas, é necessário que os conceitos se originem de modelos formais que, por sua vez, precisam ser testados empiricamente. Isso sugere a importância de uma abordagem teórica sólida e embasada empiricamente para a pesquisa nas funções executivas, a fim de evitar ambiguidades conceituais e terminológicas que possam prejudicar o progresso nessa área.

Visando contextualizar a temática da avaliação das funções executivas em crianças no cenário brasileiro, [Guerra et al. \(2022\)](#) realizou a análise crítica de 49 estudos. Esses 49 estudos foram então categorizados com base nos instrumentos investigados da seguinte forma: i) instrumentos considerados adequados pelo Sistema de Avaliação de Testes Psicológicos (SATEPSI) para o uso clínico; ii) instrumentos internacionais com adaptações brasileiras que não foram avaliados pelo SATEPSI e iii) instrumentos projetados no Brasil que não foram avaliados pelo SATEPSI. Essa categorização permitiu a identificação de 13 testes aprovados pela SATEPSI, 15 testes divulgados na literatura internacional, três escalas de funcionamento executivo e seis testes desenvolvidos por pesquisadores brasileiros ([Guerra et al., 2022](#)).

Em relação às propriedades psicométricas dos instrumentos, foram encontrados dados para 27 dos 37 testes identificados ([Guerra et al., 2022](#)). Os métodos mais comuns incluíram a confiabilidade teste-reteste (9), validade convergente (9), medidas de consistência interna (8) e análise fatorial (5). Os resultados dessas análises variaram dependendo do número de métodos utilizados em cada teste e da qualidade dos indicadores ([Guerra et al., 2022](#)).

Quanto às características das amostras, os dados normativos de pesquisas empíricas abrangeram uma ampla diversidade de instrumentos e estudos realizados em diferentes regiões do Brasil. A maioria dos estudos normativos incorporou dados de crianças de escolas públicas e privadas ([Guerra et al., 2022](#)). No entanto, houveram estudos que consideraram apenas um desses contextos educacionais assim como outros que não especificaram o tipo de escola ([Guerra et al., 2022](#)).

Um aspecto relevante destacado pelo estudo é que, apesar da variedade de testes encontrados, apenas um terço deles é formalmente autorizado para uso por psicólogos no Brasil ([Guerra et al., 2022](#)). Além disso, das treze medidas disponíveis, apenas oito foram projetadas especificamente para avaliar funções executivas em crianças, enquanto as outras cinco são testes criados para avaliar funções executivas em adultos, mas que foram adaptados para avaliação em crianças ([Guerra et al., 2022](#)).

Esse panorama enfatiza a complexidade da avaliação das funções executivas em crianças e a importância da qualidade psicométrica dos instrumentos utilizados ([Morra et al., 2018](#); [Berardi et al., 2021](#)). Argumenta-se que existe a necessidade de uma revisão crítica das práticas de avaliação nessa área no Brasil ([Guerra et al., 2022](#)). Paralelamente, o mesmo argumento é estabelecido por Morra et al. em seu trabalho de [2018](#), mostrando que os problemas apontados superam limites geográficos.

A avaliação das funções executivas em crianças é desafiadora pois envolve a influência de habilidades cognitivas mais básicas sobre as FEs. Nessa faixa etária, essa sobreposição pode ser especialmente impactante na realização de tarefas cognitivamente demandantes ([Guerra et al., 2022](#)). É evidente, portanto, que a falta de testes que ofereçam etapas complementares para dissociar processos de nível mais baixo, ou seja, habilidades básicas, das funções executivas, atrapalha a realização de avaliações precisas ([Guerra et al., 2022](#)).

É fundamental destacar a necessidade de considerar cuidadosamente a adequação dos testes projetados para adultos quando aplicados a crianças (Guerra *et al.*, 2022). A transposição direta de medidas concebidas para adultos para a população pediátrica não é uma abordagem adequada, pois as funções executivas em crianças diferem significativamente das de adultos (Diamond, 2013; Baggetta; Alexander, 2016). Essas diferenças podem incluir aspectos dinâmicos do desenvolvimento infantil que não são levados em conta nos testes destinados a adultos.

Um ponto importante de ser considerado é que uma criança sendo capaz de executar uma tarefa concebida para adultos não implica necessariamente que essa tarefa seja apropriada ou sensível para avaliar as funções executivas em crianças (Guerra *et al.*, 2022). As FEs em crianças são interdependentes e estão mediadas por funções de nível inferior, que também estão em constante desenvolvimento nessa faixa etária (Miyake; Friedman, 2012; Diamond, 2013). Portanto, é imperativo priorizar abordagens que permitam a dissociação da contribuição das habilidades executivas e que sejam sensíveis à população infantil.

Essa revisão menciona o BRIEF (*Behavior Rating Inventory of Executive Function*) como uma das principais escalas para avaliar as funções executivas em crianças. Esse destaque pode estar relacionado à sua relevância (Gioia *et al.*, 2000b) e à frequência de uso em pesquisas na área (Guerra *et al.*, 2022). Estudos classificaram a confiabilidade do teste como satisfatória, com a medida de consistência interna de Cronbach variando entre $0,80 \pm 0,98$ para o formulário dos pais e dos professores e também para as amostras clínicas e normativas (Gioia *et al.*, 2000b). A correlação de confiabilidade teste-reteste entre as escalas clínicas para uma subamostra normativa do formulário para pais foi de $r = 0,81$ (intervalo: $0,76 \pm 0,85$) para um intervalo médio de duas semanas. As correlações dos retestes para o Índice Metacognitivo (IM) foi de 0,88. A correlação da subamostra clínica do formulário dos pais foi de $r = 0,79$ (intervalo: $.72 \pm .84$), com correlações de reteste do BRI, MCI e GEC de .80, .83, .81, respectivamente, para um intervalo médio de 3 semanas. A correlação da subamostra normativa da Forma do Professor foi de $r .87$ (intervalo: $.83 \pm .92$), e as correlações dos retestes BRI, MCI e GEC foram de .92, .90, .91, respectivamente, com um intervalo médio de 3,5 semanas. As diferenças entre as pontuações T do teste-reteste mostraram estabilidade das pontuações T num intervalo de 2 a 3 semanas, apoiando a utilização do BRIEF para administração repetida.

É ressaltada a importância de adotar uma abordagem criteriosa na escolha dos instrumentos de avaliação das funções executivas em crianças, levando em consideração não apenas a qualidade psicométrica dos testes, mas também sua adequação ao desenvolvimento infantil. Especificamente para o BRIEF, a capacidade de fornecer *insights* valiosos sobre o comportamento das crianças em contextos cotidianos se mostra essencial para a avaliação integral do funcionamento executivo (Gioia *et al.*, 2000b; Guerra *et al.*, 2022).

Considerando o caráter interdisciplinar das funções executivas, é importante reconhe-

cer que questões culturais e contextuais desempenham um papel significativo na avaliação das FEs em crianças (Guerra *et al.*, 2022). O status socioeconômico (SSE), por exemplo, está relacionado ao desenvolvimento das FEs, com um SSE mais alto frequentemente associado a um melhor desempenho executivo (Diamond, 2013; Diamond, 2016). No entanto, essa relação é complexa e influenciada por uma variedade de fatores, incluindo experiências pré-natais, nutrição, práticas educacionais e interações familiares (Diamond, 2013). Portanto, ao avaliar as FEs em crianças, é fundamental levar em consideração esses aspectos (Morra *et al.*, 2018).

Conhecendo o possível impacto que o contexto cultural pode ter sobre o desenvolvimento cognitivo e sabendo que cada país possui suas próprias experiências culturais e educacionais, infere-se que as tarefas de avaliação das FEs podem ter relações específicas com a trajetória escolar de cada cultura (Guerra *et al.*, 2022). Portanto, ao usar instrumentos de avaliação em contextos diversos, é essencial que eles sejam devidamente adaptados à cultura e ao contexto em que serão utilizados. Isso vai além da simples tradução de testes e requer uma consideração cuidadosa dos aspectos culturais, idiomáticos, linguísticos e contextuais para garantir que os resultados sejam interpretados de forma precisa e relevante (Guerra *et al.*, 2022).

Uma observação importante é que a maioria dos estudos analisados por Guerra *et al.* (2022) incorporou dados de crianças tanto de escolas públicas quanto privadas. Isso destaca a importância de considerar o impacto do status socioeconômico no desenvolvimento das FEs, uma vez que, no Brasil, o tipo de escola frequentada por uma criança frequentemente reflete esse status socioeconômico (Guerra *et al.*, 2022). Portanto, o contexto educacional é um indicador especialmente relevante quando se avalia o desenvolvimento das FEs em crianças brasileiras (Guerra *et al.*, 2022).

Um achado notável é a ausência de estudos na região Centro-Oeste do Brasil (Guerra *et al.*, 2022). Isso cria uma lacuna significativa na compreensão das diferentes trajetórias de desenvolvimento das FEs em crianças no país, uma vez que estudos brasileiros anteriores destacaram diferenças no desempenho executivo entre crianças de diferentes regiões geopolíticas (Guerra *et al.*, 2022). Portanto, o uso de dados normativos inter-regionais como referência em pesquisas deve ser feito com cautela, dada a diversidade cultural e socioeconômica do Brasil.

Adicionalmente, os resultados demonstram diferenças significativas no desempenho executivo entre crianças que vivem na mesma cidade, mas possuem diferentes níveis de status socioeconômico (Guerra *et al.*, 2022). Isso levanta questões importantes sobre a utilização de dados normativos desenvolvidos considerando apenas um contexto social específico (Guerra *et al.*, 2022). Para uma avaliação mais precisa das FEs em crianças, é fundamental garantir que os instrumentos de avaliação sejam sensíveis a essas diferenças.

Em resumo, essa análise crítica destaca a complexidade do desenvolvimento das FEs

em crianças no Brasil, enfatizando a importância de considerar o contexto socioeconômico, cultural e regional ao avaliar e interpretar os resultados dos testes de funções executivas em crianças (Guerra *et al.*, 2022). Dado que o Brasil é caracterizado por uma grande diversidade nesses aspectos, o país representa um campo de estudo importante para entender como esses fatores influenciam as trajetórias das FEs, tanto no desenvolvimento típico quanto no atípico (Guerra *et al.*, 2022). A pesquisa colaborativa e a consideração cuidadosa dessas variações são essenciais para melhorar a avaliação e o entendimento das FEs em crianças brasileiras.

Para avançar na compreensão da relação entre atividade física e funções executivas, é fundamental explorar a complexidade coordenativa das tarefas e a demanda cognitiva específica de cada atividade esportiva (Diamond; Ling, 2016; Pesce, 2012). A mensuração das funções executivas enfrenta desafios metodológicos, mas a estimulação de componentes das FEs por meio do enriquecimento cognitivo é uma abordagem promissora para compreender como os mecanismos desses construtos podem ser especificamente ativados (Buszard; Masters, 2018; Tomporowski; Pesce, 2019). A literatura aponta caminhos para a evolução no campo da avaliação das FEs, demandando principalmente abordagens integrativas que permitam a avaliação multifacetada de construtos cognitivos. Os questionários comportamentais ecológicos validados (como o BRIEF) surgem como ferramentas úteis para avaliar o impacto do enriquecimento cognitivo nas funções executivas. Em conjunto com esses instrumentos, a utilização da análise observacional de tarefas esportivas se apresenta como uma estratégia metodológica sólida para a avaliação sistemática de ações deliberadas.

2.7 Análise observacional de tarefas esportivas

Para avaliar a relação entre as características qualitativas das atividades esportivas (complexidade coordenativa, nível de engajamento cognitivo) e os seus possíveis benefícios cognitivos, uma abordagem sugerida é categorizar os comportamentos motores com base em sistemas de observação padronizados, permitindo quantificar as demandas qualitativas de uma tarefa esportiva (Pesce, 2012).

A análise observacional é uma abordagem de pesquisa que envolve a observação sistemática e a descrição de comportamentos, eventos ou fenômenos em um ambiente natural (Barreira *et al.*, 2020). No contexto do estudo das funções executivas em atividades físicas e esportivas, a análise observacional pode ser empregada para examinar detalhadamente os comportamentos motores e cognitivos dos participantes durante a realização de tarefas específicas.

No estudo da relação exercício-cognição, a análise observacional emerge como uma ponte valiosa entre a observação prática e a compreensão teórica, possibilitando uma visão holística do funcionamento cognitivo e executivo durante experiências motoras (Pesce, 2012).

Para realizar a observação prática e detalhada de comportamentos, utiliza-se a análise

notacional, que é um método sistemático de registro e interpretação de eventos ou padrões de movimentos em uma atividade esportiva (Hughes; Franks, 2004). No contexto do presente trabalho, essa abordagem pode oferecer benefícios. Ao observar as movimentações em uma tarefa motora, é possível avaliar qualitativamente a execução de cada gesto motor (Pesce, 2012). Dessa forma, variações na forma em que gestos motores são realizados podem ser observadas e documentadas.

Nessa perspectiva, é possível categorizar possíveis falhas de sequenciamento em ações motoras, assim como quantificar o período de processamento necessário para a realização de cada ação. Essa análise permite a identificação de sinais relevantes relacionados ao nível de demanda executiva e coordenativa da tarefa proposta, possibilitando uma avaliação detalhada do impacto de cada parâmetro de estimulação cognitiva sobre a execução da tarefa (Pesce, 2012).

Ao empregar a análise observacional, é possível identificar indicadores de engajamento cognitivo durante a execução de tarefas motoras. Trata-se da observação sistemática do tempo de processamento executivo gasto entre cada movimento executado e do sequenciamento de gestos técnicos a partir de uma ordem pré-estabelecida. A observação sistemática desses comportamentos fornece uma janela para a avaliação do nível de engajamento cognitivo em diferentes tarefas ou momentos de uma mesma tarefa (Pesce, 2012). Adicionalmente, a mensuração do tempo de processamento permite aprofundar o entendimento das demandas executivas impostas pela realização de uma tarefa esportiva enriquecida.

A tomada de ações deliberada envolve a execução de ações de maneira consciente, com intenção e propósito (Diamond, 2013). Esse processo está intimamente ligado ao engajamento cognitivo, que refere-se à participação mental ativa e à aplicação de esforço mental em uma atividade (Tomprowski; McCullick; Pesca, 2015). Quando alguém toma ações deliberadas, está envolvendo ativamente seus processos cognitivos para planejar, executar e monitorar essas ações (Diamond, 2013). O engajamento cognitivo é crucial para a tomada de decisões informadas e a execução de tarefas com eficiência (Tomprowski *et al.*, 2015). Entende-se, portanto, que a avaliação do engajamento cognitivo durante a realização de uma tarefa é fundamental para a compreensão objetiva dos papéis de variáveis qualitativas do exercício na relação exercício-cognição (Pesce, 2012).

No contexto apresentado, o presente trabalho busca preencher lacunas de natureza conceitual e metodológica. Para isso, serão explorados parâmetros de estimulação da memória de trabalho por meio do desenho de tarefas esportivas no contexto do karatê shotokan que sejam demandantes cognitivamente. Além disso, busca-se desenvolver critérios objetivos para distinguir tarefas de karatê shotokan convencionais daquelas que são cognitivamente enriquecidas de forma intencional. Por fim, o efeito dessas tarefas sobre o funcionamento executivo de crianças praticantes de karatê shotokan será avaliado por meio de um conjunto integrativo de instrumentos que mensuram a subdimensão das FEs memória de trabalho.

3 Objetivos e Hipóteses

3.1 Objetivo geral

- Comparar os efeitos de uma intervenção de karatê shotokan enriquecido cognitivamente com uma intervenção de karatê shotokan convencional na memória de trabalho de crianças em idade escolar.

3.2 Objetivos específicos

- Definir variáveis de desempenho de memória de trabalho sensíveis aos erros executivos decorrentes do aumento da complexidade da tarefa em termos de memória de trabalho.
- Avaliar o resultado da manipulação de parâmetros da complexidade da tarefa no desempenho da memória de trabalho em tarefas de karatê em contexto ecológico.
- Avaliar o efeito da adição de elementos cognitivo-motores a uma sequência pré-estabelecida sobre o erro executivo e sobre o tempo de processamento executivo.
- Avaliar o efeito da intervenção sobre a acurácia em uma tarefa executiva computadorizada de memória de trabalho.

3.3 Hipóteses

Era esperado que o aumento da demanda cognitiva dentro das tarefas enriquecidas promoveria uma maior ocorrência de erros executivos, assim como um aumento na ocorrência de tempo de processamento executivo (*buffers*). Todavia, esperava-se que o desempenho ecológico avaliado por análise notacional das tarefas se diferenciasse de acordo com o desenho das mesmas (progressivamente incremental para a condição AE e com blocos de aumento e estabilização bem definidos para a condição AS). Por fim, era esperado que houvesse uma melhoria do desempenho em uma tarefa executiva computadorizada de MT, do pré- para o pós-intervenção.

4 Metodologia

4.1 Delineamento experimental

O presente projeto é de abordagem quantitativa, com alcance explicativo por meio de um ensaio clínico randomizado cruzado (ECRc) (*cross-over design*) que visa avaliar o efeito de tarefas esportivas de karatê enriquecidas cognitivamente sobre o desempenho da memória de trabalho de jovens caratecas.

As variáveis independentes são: i) o tipo de programa de intervenção - karatê convencional ou karatê cognitivamente enriquecido por meio de parâmetros pedagógicos de estimulação das funções executivas, ii) a quantidade de elementos cognitivo-motores a serem retidos e manipulados e iii) a ordem das sequências de elementos cognitivo-motores a serem retidas e alteradas. Os elementos cognitivo-motores foram adicionados a uma série de movimentos preestabelecidos executados em uma ordem específica - conhecida como *kata*.

As variáveis dependentes, por sua vez, são: i) o desempenho da memória de trabalho nas tarefas experimentais, mensurado pelos tipos de erro executivos observados por análise notacional da falha de sequenciamento, ii) a ocorrência de tempo de processamento executivo inter- e intra-blocos, iii) a acurácia na tarefa executiva computadorizada *Corsi Block*.

4.2 Participantes

Os participantes do presente estudo foram 24 crianças, 13 meninos (idade média = 9,54; DP = 1,61) e 11 meninas (idade média = 9,73; DP = 1,27), praticantes de karatê shotokan. Para ser elegível, era necessário que o participante soubesse realizar o primeiro *kata* (*Heian-Shodan*). Esse critério garante um período de prática contínua de, pelo menos, seis meses.

A seleção dos participantes foi por conveniência e interesse em participar da pesquisa. Foi realizado um contato inicial com os presidentes, vice-presidentes e autoridades responsáveis de duas instituições de karatê - FAME - DF (Federação de Artes Marciais Educativas do Distrito Federal) e JKA - DF (*Japan Karate Association* do Distrito Federal) - para a explicação minuciosa do projeto de pesquisa, seus procedimentos, seu cronograma e seus objetivos. Em seguida foi realizado o contato individual por telefone com os integrantes do corpo de professores de karatê filiados a essas duas instituições. O projeto foi explicado para esse grupo. Após esse contato, os professores auxiliaram na divulgação do projeto dentro de suas turmas. O recrutamento dos participantes foi promovido de forma indireta pelos professores, uma vez que os mesmos divulgaram nas redes sociais das academias e instituições as informações

necessárias para que os participantes fossem inscritos. Juntamente com a descrição do projeto de pesquisa, foram compartilhados os meios de contato dos pesquisadores responsáveis e a lista de critérios de elegibilidade. Durante cinco meses de coleta de dados (julho de 2024 até novembro de 2024), as inscrições permaneceram abertas, de modo que nenhum possível participante fosse descartado. A concretização das inscrições foram realizadas por meio de contato individual com os pais e responsáveis dos potenciais participantes. Eram coletados, por *Whatsapp* e por ligação, dados necessários para incluir a criança na lista de participantes. Crianças cujos pais e responsáveis demonstrassem interesse inicial mas posteriormente não fornecessem os dados necessários não foram contabilizadas para a amostra.

Não participaram do estudo crianças neurodivergentes, com diagnóstico de transtornos psiquiátricos ou que fazem o uso de medicações psicotrópicas. Para ser elegível, era necessário que o participante possuísse nível de desenvolvimento motor coerente com a faixa etária e que o mesmo estivesse treinando pelo menos uma vez por semana nos três meses anteriores ao início das sessões. Os voluntários que se enquadrarem nesses critérios e desejassem participar da pesquisa deveriam devolver à equipe os termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) assinados. Essa etapa foi concretizada no primeiro momento da sessão diagnóstica do presente experimento.

O cálculo amostral foi realizado no *software GPower 3.1.9.7* com base nos resultados de [Takahashi e Grove \(2019\)](#). Com um tamanho de efeito f de 0,22, de α 0,05, poder de 0,80, o cálculo amostral realizado demonstrou a necessidade de 30 participantes para o ECRc. Desse total, 24 crianças compuseram a amostra devido a condições intervenientes como i) dificuldade de locomoção dos pais das crianças até o local da realização do ECRc, ii) falta de horários disponíveis nas rotinas das famílias e iii) ausência de resposta dos pais e responsáveis após o contato inicial.

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília avaliou e aprovou todos os protocolos, procedimentos e medidas experimentais (Parecer Consubstanciado - 6.641.823, CEP/FM).

4.3 Procedimentos

4.3.1 Recrutamento e avaliação diagnóstica

Os participantes do ECRc foram solicitados a comparecer ao local de testagem em quatro dias distintos, separados por pelo menos sete dias entre eles, consistindo em uma sessão diagnóstica e três sessões experimentais. Na sessão diagnóstica, foram coletados dados antropométricos e demográficos, foi realizada a avaliação de desenvolvimento motor e também foi apresentada a tarefa executiva computadorizada. Nas sessões experimentais, ocorreu tanto a intervenção quanto a coleta de dados por meio de tarefas executivas com-

putadorizadas. Todas as sessões - diagnóstica e experimentais - foram realizadas de forma individual, ou seja, um participante por vez. Antes do início da sessão experimental, os participantes receberam instruções para evitar atividades físicas extenuantes e se abster de consumir cafeína nas 24 horas anteriores a cada condição experimental. Os participantes também foram instruídos a não realizarem ingestão de alimentos nas duas horas anteriores de cada condição.

Durante a primeira visita - sessão diagnóstica - cada participante recebeu explicações sobre os procedimentos que seriam realizados e sua ordem de execução. Essa sessão teve a duração aproximada de uma hora, para cada criança. A estatura e o peso foram verificados utilizando um estadiômetro e uma balança, respectivamente, para calcular o Índice de Massa Corporal (IMC). A seguir, as crianças foram familiarizadas com a tarefa computadorizada que foi adotada para avaliação da memória de trabalho antes e após cada intervenção, ou seja, a tarefa do *Corsi Block* (Berch; Krikorian; Huha, 1998). Em seguida, foi conduzido o Teste de Coordenação Corporal para Crianças (KTK), com duração aproximada de 15 minutos (Kiphard; Schilling, 1974).

Durante a sessão diagnóstica, os pais e responsáveis também preencheram um questionário individual contendo informações básicas sobre a criança, um questionário de nível de atividade física e sedentarismo e também o *Behavior Rating Inventory of Executive Function - BRIEF*, que será explicado em detalhes na subseção 4.5.3.

Após esse primeiro encontro, foi conduzida a randomização da ordem em que as três sessões experimentais ocorreriam para cada participante. A alocação dos participantes foi ocultada, de modo que os pais e responsáveis não sabiam qual seria a ordem em que suas crianças participariam das intervenções. A randomização da ordem das sessões experimentais foi realizada por meio de quadrados latinos balanceados.

A utilização de quadrados latinos na randomização de ensaios clínicos randomizados cruzados consiste em organizar a ordem das sessões experimentais de forma a controlar possíveis efeitos de ordem ou sequência (Bradley, 1958). Nesse método, cada condição experimental é representada em uma matriz quadrada, onde cada linha corresponde a um participante e cada coluna indica a posição de uma sessão na sequência. As condições são dispostas de modo que cada uma apareça exatamente uma vez em cada linha e em cada coluna, garantindo que todas as combinações de ordem sejam igualmente representadas entre os participantes (Bradley, 1958). Os quadrados latinos balanceados organizam as condições experimentais de forma a remover o efeito de *carryover*, garantindo que cada condição seja precedida e sucedida igualmente pelas outras (Bradley, 1958). Essa abordagem é particularmente útil em desenhos cruzados, pois minimiza vieses relacionados à ordem de apresentação das condições, contribuindo para maior validade interna do estudo (Bradley, 1958).

Foram conduzidas três intervenções, sendo uma sem enriquecimento das tarefas (uma

tarifa de karatê na sua forma original) e outras duas com enriquecimento da tarefa (tarifa de karatê com aumento intencional de demanda cognitiva), ambas com foco na memória de trabalho. Em uma das sessões com enriquecimento foi realizada uma tarefa classificada como de adição e em outra a tarefa classificada como de alteração. Em ambas as tarefas enriquecidas houve uma progressão de demanda cognitiva, de modo que para cada tarefa houve um nível de baixa demanda cognitiva e um nível de alta demanda cognitiva. Em suma, cada participante foi submetido a três condições: (i) manipulação da demanda cognitiva por adição de elementos (AE), (ii) manipulação da demanda cognitiva por alteração de sequências (AS) e (iii) controle - sem manipulação da demanda cognitiva (SM).

4.3.2 Teste de Coordenação Corporal para Crianças (KTK)

Os estudos de [Kiphard e Schilling \(1974\)](#) investigaram o desenvolvimento da coordenação motora e suas deficiências em crianças em idade escolar, culminando na criação de uma bateria de avaliação da capacidade de coordenação motora. O objetivo do teste é avaliar uma função motora básica essencial para o desenvolvimento motor infantil ao longo do tempo ([Kiphard; Schilling, 1974](#)). Estudos empíricos subsequentes, utilizando análise fatorial exploratória, identificaram um fator denominado "coordenação corporal", que abrange os quatro testes atualmente presentes na bateria *Körperkoordination Test für Kinder* (KTK) ([Cipriano, 2022](#)).

O KTK é um teste de rendimento motor voltado para avaliar a dimensão de movimento denominada "coordenação motora global", conforme identificado por análises fatoriais que demonstraram a forte homogeneidade das tarefas ([Gorla; Araújo; Rodrigues, 2009](#)). Os resultados do KTK incluem: (a) valores brutos, correspondentes à soma dos pontos de cada tarefa; (b) quociente motor por prova (QM), que normaliza os valores brutos por idade e sexo com base em tabelas normativas; e (c) quociente motor geral (QMG), obtido pela soma dos QMs das quatro tarefas, posteriormente convertido em um único quociente padronizado também por meio de tabelas normativas: a coordenação motora global ([Cipriano, 2022](#)).

O teste avalia componentes como equilíbrio, ritmo, força, lateralidade, velocidade e agilidade em quatro tarefas ([Kiphard; Schilling, 1974; Gorla; Araújo; Rodrigues, 2009](#)). Os resultados do teste foram convertidos em quocientes motores (QM) utilizando tabelas de referência específicas para cada faixa etária e sexo dos participantes ([Carminato, 2010](#)). A classificação para a coordenação motora global foi organizada em cinco níveis: alta, boa, normal, insuficiência e prejudicada ([Kiphard; Schilling, 1974; Cipriano, 2022](#)).

Cada tarefa do KTK inclui exercícios de ensaio, permitindo que a criança se familiarize com o material e a atividade proposta. A progressão das dificuldades em cada tarefa busca levar a criança gradativamente ao seu limite de desempenho. Esses exercícios também servem para verificar a compreensão da tarefa pela criança, podendo, em alguns casos, exigir a subdivisão das instruções e demonstrações em etapas. O teste é indicado para avaliar o

desenvolvimento motor de crianças com idades entre 4,5 e 14,5 anos (Kiphard; Schilling, 1974; Gorla; Araújo; Rodrigues, 2009; Cipriano, 2022).

A seguir serão descritas as tarefas que compõem o KTK. O modo pelo qual o desempenho nelas é avaliado também será exposto. Os equipamentos utilizados para a aplicação do KTK foram construídos utilizando como base as descrições disponíveis nos trabalhos de Carminato (2010) e Gorla, Araújo e Rodrigues (2009). A organização e preenchimento das planilhas que geram os QM das quatro tarefas e também o QMG foi realizado com base nos procedimentos descritos por Carminato (2010).

- i) **Tarefa 01 - Trave de Equilíbrio:** A tarefa consiste em caminhar para trás sobre três traves de madeira de espessuras diferentes, com três tentativas válidas por trave. Antes das tentativas, o participante realiza um exercício-ensaio, caminhando para frente e para trás para adaptação. Durante as tentativas válidas, o participante deve evitar tocar o solo; caso isso ocorra, reinicia a tentativa.

Avaliação: São contabilizados os passos dados para trás em cada trave, totalizando até 8 pontos por tentativa e 72 pontos no máximo. A contagem inicia no segundo apoio, e o avaliador registra os passos em voz alta até que o participante toque o solo ou atinja a pontuação máxima. O resultado final é a soma dos passos válidos nas nove tentativas.

- ii) **Tarefa 02 – Saltos Monopedais:** A tarefa consiste em saltar com uma perna sobre blocos de espuma empilhados, aumentando gradualmente a altura. Antes das tentativas válidas, o participante realiza dois exercícios-ensaio com cada perna, adaptados à idade. Para crianças de 5 a 6 anos, o ensaio começa sem blocos; a partir de 6 anos, inicia-se com um bloco (5 cm). Caso o participante não consiga superar a altura inicial recomendada, a avaliação começa no nível zero. Cada altura permite até três tentativas válidas por perna, e, para considerar o salto realizado, é necessário que o participante dê mais dois saltos consecutivos após ultrapassar o bloco.

Avaliação: A pontuação varia por tentativa válida: 3 pontos na primeira, 2 na segunda e 1 na terceira. Erros incluem tocar o chão com a outra perna, derrubar os blocos ou apoiar ambos os pés após o salto. A tarefa continua apenas se o participante acumular pelo menos 5 pontos nas duas alturas anteriores. Com 12 blocos de espuma (60 cm), é possível atingir até 39 pontos por perna, totalizando 78 pontos.

- iii) **Tarefa 03 – Saltos Laterais:** A tarefa consiste em saltitar de um lado a outro, com ambos os pés simultaneamente, durante 15 segundos. O avaliador demonstra o exercício, saltitando sobre um sarrafo divisório sem alternar os pés. O participante realiza cinco saltitamentos como exercício-ensaio. Caso toque o sarrafo ou interrompa o movimento, a tarefa não é interrompida, mas o avaliador deve instruir para que continue. A tarefa é reiniciada caso o participante não siga a instrução ou haja interferência externa.

Avaliação: O número de saltos é contado durante duas passagens de 15 segundos. Cada salto para um lado conta 1 ponto, e a somatória das passagens válidas é o resultado

final da tarefa. No total, são registradas duas passagens válidas.

- iv) **Tarefa 04 – Transferências sobre Plataformas:** A tarefa consiste em transferir plataformas colocadas paralelamente, em um tempo de 20 segundos. O participante tem duas tentativas para realizar a tarefa, seguindo a direção que ele escolher. O avaliador demonstra como mover as plataformas lateralmente e alerta sobre a importância de uma distância adequada entre elas. Interferências externas ou erros, como apoio das mãos ou toque no chão, não interrompem a tarefa, mas podem exigir correções. O participante deve realizar duas passagens de 20 segundos, com pelo menos 10 segundos de intervalo entre elas.

Avaliação: São contabilizados os pontos pelas transferências realizadas em cada passagem de 20 segundos. A cada transferência de plataforma, é atribuído 1 ponto; ao transferir ambos os pés para a plataforma livre, são atribuídos 2 pontos. O total de pontos das duas passagens válidas é somado para o resultado final.

Para determinar os coeficientes motores obtidos pelas crianças, assim como as classificações dos níveis de coordenação motora global, utilizaram-se tabelas normativas, tal como proposto por Gorla, Araújo & Rodrigues (2009) e disponíveis em Carminato (2010).

O estudo de [Moreira et al. \(2019\)](#) investigou a estrutura fatorial do KTK em uma amostra brasileira e comparou quatro métodos de cálculo da pontuação fatorial: soma das pontuações, soma das pontuações padronizadas, método ponderado e método refinado. Os resultados mostraram que o método da soma das pontuações brutas apresenta uma forte correlação positiva com outros métodos robustos de cálculo da pontuação fatorial, sendo, portanto, considerado um método simples e adequado para a interpretação dos resultados do KTK ([Moreira et al., 2019](#)). No presente trabalho, é esse o método utilizado para o cálculo da pontuação do fator (QMG).

4.3.3 Condições Experimentais

A demanda cognitiva da tarefa determina o quão engajado mentalmente o participante precisa estar para realizá-la com sucesso. Para que a demanda cognitiva aumente, a tarefa deve progressivamente desafiar os participantes por meio da manipulação de parâmetros neuropsicológicos que regem quaisquer ações deliberadas. Dessa forma, quanto maior for o engajamento cognitivo necessário para que a tarefa seja concluída, maior a demanda cognitiva.

Nas condições com manipulação de demanda cognitiva, foram utilizadas tarefas de karatê enriquecidas cognitivamente. Para a condição de manipulação da demanda cognitiva por adição de elementos (AE) foi adicionado um número pré-estabelecido de gestos técnicos à uma sequência base de gestos técnicos de karatê, de 1 a 3 elementos para baixa demanda cognitiva e de 4 até 6 elementos para a condição de alta demanda cognitiva. Para a condição

de manipulação da demanda cognitiva por meio da alteração de sequências (AS), foram estabelecidas três sequências extras a serem adicionadas à uma sequência base de gestos técnicos de karatê e também foram determinadas regras "se-então" que definirão qual sequência extra deve ser adicionada a qual bloco de movimentos da sequência base. Na condição de controle, a sequência base de gestos técnicos de karatê foi realizada, porém sem a inclusão de elementos extras ou regras "se-então". As condições experimentais do estudo estão ilustradas na Figura 4.1.

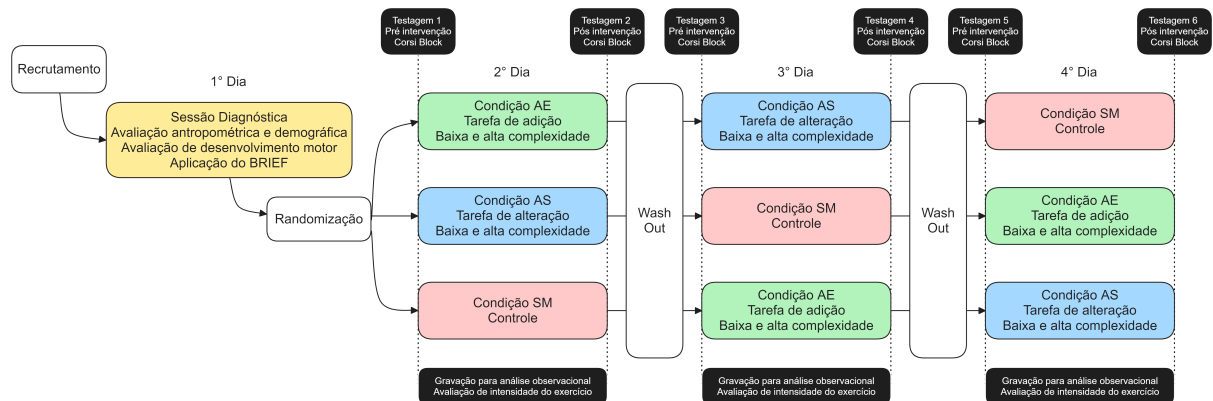


Figura 4.1 – Etapas experimentais. O período de wash-out é de pelo menos sete dias. BRIEF: *Behavior Rating Inventory of Executive Function*. Condição AE: manipulação da demanda cognitiva por adição de elementos; Condição AS: manipulação da demanda cognitiva por alteração de sequência; Condição SM: sem manipulação da demanda cognitiva.

A adição de gestos a uma sequência pré-estabelecida (*kihon kata*) e a retenção e manipulação mental dos gestos adicionados definem o enriquecimento cognitivo da tarefa de adição. A manipulação mental e adição de gestos ao *kihon kata* em conjunto com a manutenção de regras "se-então" definem o enriquecimento cognitivo da tarefa de alteração. As tarefas tem um caráter procedimental. Isso significa que o participante deve não apenas realizar a manipulação mental dos gestos adicionados a sequência base mas também conseguir incorporar esses gestos à sua ação motora. Isso garante que tanto os mecanismos cognitivos específicos da memória de trabalho (atualização da sequência) quanto os processos executivos cognitivo-motores (execução da nova sequência) fossem demandados de forma síncrona.

A demanda cognitiva foi progressivamente aumentada de acordo com a quantidade de gestos nas sequências das ações, para a tarefa de adição, e de acordo com a manipulação das regras "se-então", para a tarefa de alteração. Isso permite uma diferenciação objetiva entre os tipos de demandas cognitivas das tarefas enriquecidas.

No presente projeto foi adotada a definição de atividade física e esportiva enriquecida proposta por [Tomprowski, McCullick e Pesce \(2015\)](#), que consiste em tarefas que apresentam alta interferência contextual (mudanças imprevisíveis contextualizadas), controle mental (desafio sistemático das diferentes subdimensões das funções executivas com base

em seus construtos) e descoberta (resolução de problemas psicomotores variados). Foram utilizados, adicionalmente, parâmetros ainda mais específicos de estimulação das funções executivas. Esses parâmetros tem o intuito de garantir que o enriquecimento cognitivo de tarefas esportivas promova o engajamento direcionado de componentes das funções executivas. No presente trabalho, a estimulação é direcionada para a memória de trabalho.

A utilização desses parâmetros permite que as demandas cognitivas das tarefas desenhadas estejam alinhadas com os mecanismos específicos da memória de trabalho. Esses mecanismos são acessados por meio da modulação intencional da demanda cognitiva da tarefa. Em outras palavras, o aspecto de controle mental ([Tompsonski et al., 2015](#)) será parametrizado de acordo com as demandas cognitivas que são atendidas por meio de processos dependentes, majoritariamente, da memória de trabalho.

A construção desses parâmetros pode ser entendida como uma especificação do princípio de controle mental, de forma contextualizada. Partimos, por exemplo, do entendimento da memória de trabalho como a habilidade de manter e manipular informações na mente, por meio da constante interação entre memória de longo prazo e dados sensoriais ([Baddeley, 2003](#)). Com o construto estabelecido, organizam-se as demandas cognitivas que são contempladas por ele. Essas demandas são categorizadas e transformadas em parâmetros de estimulação da memória de trabalho. Esses parâmetros podem ser mais facilmente compreendidos na forma de frases intencionais como, por exemplo, "completar logicamente a composição de uma sequência de itens/ações com elementos faltantes ou subsequentes".

Para o desenho das tarefas enriquecidas do presente projeto, os três parâmetros utilizados para a estimulação da memória de trabalho foram: i) reproduzir uma sequência de itens/ações na mesma ordem em que foram tocados/realizados, ii) reordenar uma sequência de itens/ações recém vistos/ouvidos/sentidos em função de alguma característica preestabelecida e iii) comparar estímulos/ações com base em regras pré-estabelecidas. As tarefas enriquecidas são, portanto, tarefas esportivas de karatê estruturadas procedimentalmente a partir dos mecanismos acessados pelos parâmetros de estimulação da memória de trabalho.

Os parâmetros de estimulação escolhidos (adição de elementos; alteração de sequências) podem ser observados, em um menor grau e com outros objetivos (melhoria da coordenação motora; aperfeiçoamento técnico; aquisição de habilidades motoras) em treinamentos convencionais de karatê shotokan. Isso garante que o aumento da demanda cognitiva promovida pelo enriquecimento não será demasiadamente desafiadora, a ponto de exigir a utilização de habilidades mentais ainda não adquiridas pelos participantes.

Uma sequência base já consolidada na memória de longo prazo dos participantes é utilizada tanto como tarefa da condição controle quanto como estrutura básica das tarefas enriquecidas. Os gestos técnicos que foram adicionados também já são conhecidos pelos participantes. Dessa forma, não haverá necessidade de aprender a sequência ou os gestos técnicos que compõem as tarefas. Isolam-se assim o nível e o tipo de demanda cognitiva

como sendo as variáveis que diferenciam o *kihon kata* enriquecido do convencional.

4.3.4 Organização da sessão experimental

Para a realização do experimento foram utilizados três espaços distintos dentro do mesmo local: um para a espera, um para a tarefa computadorizada e um para a tarefa de karatê. Todas as etapas da intervenção foram realizadas individualmente. A sessão experimental completa teve a duração média de 60 minutos. O participante, ao chegar, foi recepcionado pelo pesquisador no local designado para a espera e foi levado até a sala em que seria realizada a tarefa computadorizada - duração de 1 minuto. Antes de iniciar a tarefa em si, foi realizada uma explicação geral do estudo e foram estabelecidos os "combinados", acordos comportamentais entre o participante e o pesquisador para garantir o bom andamento do experimento - duração de 3 minutos. Antes da tarefa o participante também foi instrumentalizado, sendo colocada nele uma cinta peitoral para mensuração da frequência cardíaca. Em seguida, o participante foi familiarizado com a tarefa computadorizada *Corsi Block*, com uma explicação sobre seu funcionamento e uma demonstração prática - duração de 1 minuto. Depois disso, o participante realizou a tarefa computadorizada *Corsi Block* individualmente - duração de 5 minutos.

Após realizar a tarefa, o participante se deslocou para a sala designada para a realização da tarefa de karatê (sala de tatames do Centro Olímpico da UnB) - duração de 2 minutos. O participante foi apresentado à tarefa de karatê, com as instruções do pesquisador sobre como executar a tarefa. Foi explicado o protocolo a ser seguido, os erros comuns foram esclarecidos e foi enfatizado que o participante deve continuar fazendo a tarefa até o fim, mesmo se cometer erros - duração de 1 minuto. A duração total da atividade foi de cerca de 30 minutos, incluindo aquecimento, parte principal e recuperação. Após cada intervenção, os participantes retornaram ao laboratório, descansaram por dois minutos em uma cadeira e, em seguida, completaram o pós-teste. A intervenção foi registrada em vídeo para análise posterior, permitindo a observação e análise do erro executivo.

As frequências cardíacas (FC) médias e de repouso foram computadas durante as tarefas para monitorar a equivalência de intensidades entre indivíduos e entre condições experimentais, sendo moderada a zona de intensidade alvo da atividade, em torno de 65-75 % da frequência cardíaca máxima. Foi utilizado um frequencímetro de pulso (Vantage V2, Polar®) e uma cinta peitoral (H 10, Polar®) para realização das medidas. A percepção subjetiva de esforço também foi coletada a cada sessão experimental e a zona alvo foi de 5-6 (Escala de Borg modificada com valores de 0-10), compatível com um exercício moderado (Zuhl, 2020).

4.4 Tarefas de karatê nas sessões experimentais

A intervenção tem como base uma sequência de gestos técnicos pré-estabelecidos. Os praticantes executam essa sequência por meio de blocos de gestos técnicos. Cada bloco pode ser constituído por um ou mais gestos técnicos. Cada bloco tem uma contagem correspondente e a sequência deve ser realizada em uma ordem específica. Essa sequência, no karatê, recebe o nome de *kata*. Uma simplificação do primeiro *kata* (*kihon kata* ou *kata* de fundamento) foi a sequência base para as condições experimentais. O primeiro *kata* é composto por 21 blocos, enquanto o *kihon kata* é composto por 20. O *kihon kata* é uma versão simplificada, pois mantém a estrutura básica do *kata* sem exigir que o praticante tenha conhecimento prático de gestos técnicos avançados. Dessa forma, o *kihon kata* pode ser utilizado para praticantes de qualquer nível de habilidade ou faixa etária. A Figura 4.2 apresenta uma ilustração do *kihon kata* a ser realizado.

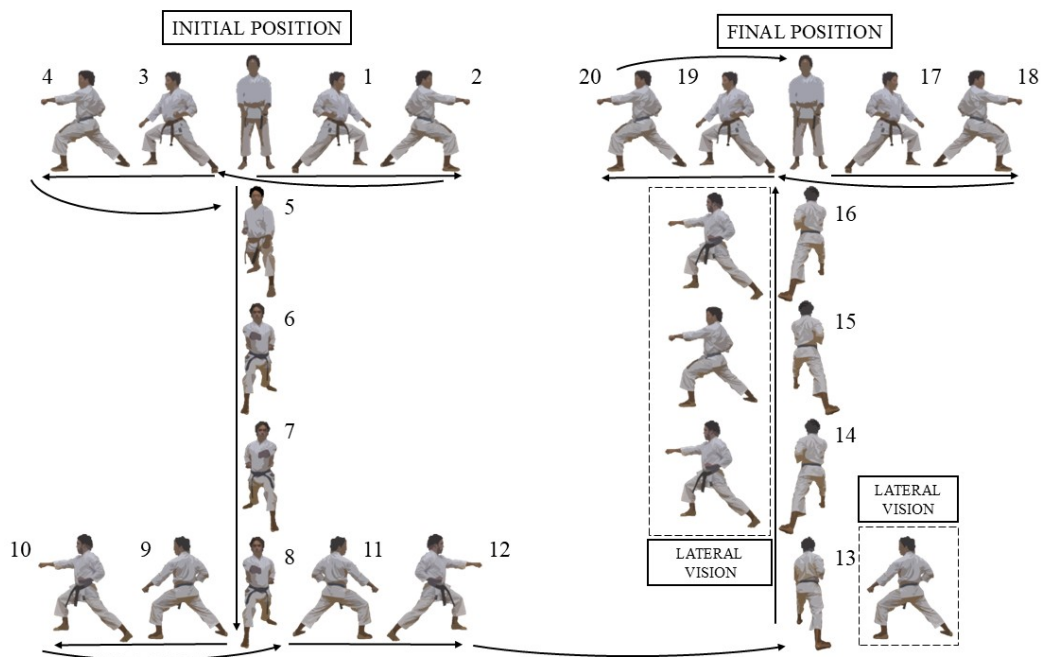


Figura 4.2 – Sequência de blocos de ações na tarefa do *kihon kata*. Os números indicam qual bloco está sendo realizado. As setas indicam a direção seguida pelo indivíduo. As áreas demarcadas por linhas pontilhadas representam uma visão lateral dos blocos 13, 14, 15 e 16. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.

Foram comparadas três condições por meio de tarefas de karatê: uma de controle com *kihon kata* de 20 blocos de gestos e duas experimentais, com *kihon kata* de 20 blocos de gestos e manipulação da demanda cognitiva por meio de parâmetros de estimulação das funções executivas.



Figura 4.3 – QR Code que leva a um vídeo que apresenta a sequência do *kihon kata*. Elaboração própria.

4.4.1 Tarefa de Adição

A tarefa de adição tem como base a retenção, manipulação e adição de informações (gestos extras a serem adicionados por bloco) que foram utilizadas para a reprodução atualizada de uma sequência motora pré-estabelecida. A adição de gestos na tarefa de adição ocorreu de acordo com o nível de demanda cognitiva da tarefa: para baixa demanda cognitiva foram adicionados de 1 a 3 gestos e para alta demanda cognitiva foram adicionados de 4 a 6 gestos. Os níveis de demanda cognitiva da tarefa (baixa e alta) foram estabelecidos a partir da complementaridade entre informações obtidas na literatura e dados empíricos obtidos em testagens pilotos das tarefas experimentais. Desejava-se conseguir diferenciar dois níveis de demanda cognitiva, de modo que um fosse mais demandante cognitivamente que o outro. Para isso, foram utilizadas referências da literatura que apresentam limites generalizáveis de MT na casa dos cinco, seis ou sete dígitos (ou *chunks*) (Cowan, 2001; Cowan *et al.*, 2005; Cowan, 2012). Para uma melhor sistematização pedagógica, o número seis foi selecionado uma vez que se situa dentro do *range* identificado na literatura para capacidade de MT ao mesmo tempo em que permite uma organização de dois níveis com igual quantidade de etapas em cada (baixa demanda com três e alta demanda também com três). Independente de qual o nível de demanda cognitiva, o número de gestos adicionados foi o mesmo para todos os blocos. Os gestos adicionados foram executados imediatamente após o gesto técnico original do *kihon kata* base. Dessa forma, nenhum movimento foi retirado ou alterado, foram apenas adicionados novos movimentos de acordo com o nível de demanda cognitiva empregado. Os níveis de baixa a alta demanda cognitiva da tarefa de adição ocorrerão da seguinte forma:

- i) **Baixa demanda cognitiva:** Adição de 1, 2 e 3 gestos técnicos à todos os blocos do *kihon kata*. A cada rodada da realização da tarefa, foi adicionado um número maior de gestos. Iniciando com um gesto adicionado e finalizando com três gestos adicionados. Os gestos técnicos adicionados em cada nível foram, respectivamente:

Primeiro nível: Defesa de baixo para cima com a mão da frente;

Segundo nível: Defesa de baixo para cima com a mão da frente + soco retilíneo com

a mão da frente;

Terceiro nível: Defesa de baixo para cima com a mão da frente + soco retilíneo com a mão de trás + soco retilíneo com a mão de trás.

Ao todo, foram realizados 40, 60 e 80 gestos técnicos em cada progressão da tarefa, respectivamente.



(a) Um gesto



(b) Dois gestos



(c) Três gestos

Figura 4.4 – QR Codes que levam aos vídeos que apresentam os gestos técnicos a serem adicionados no primeiro (a), segundo (b) e terceiro (c) nível da tarefa de adição (baixa demanda cognitiva). Elaboração própria.

- ii) **Alta demanda cognitiva:** Adição de 4, 5 e 6 gestos técnicos à todos os blocos do *kihon kata*. A cada rodada da realização da tarefa, foi adicionado um número maior de gestos. Iniciando com quatro gestos adicionados e finalizando com seis gestos adicionados. Os gestos técnicos adicionados em cada nível foram, respectivamente:

Quarto nível: Defesa de baixo para cima com a mão da frente + chute frontal com a perna da frente + defesa de fora para dentro com a mão de trás + defesa de fora para dentro com a mão de trás;

Quinto nível: Defesa de baixo para cima com a mão da frente + chute frontal com a perna da frente + defesa de fora para dentro com a mão de trás + defesa de fora para dentro com a mão de trás + soco retilíneo com a mão da frente;

Sexto nível: Defesa de baixo para cima com a mão da frente + chute frontal com a perna da frente + defesa de fora para dentro com a mão de trás + defesa de fora para dentro com a mão de trás + soco retilíneo com a mão de trás + soco retilíneo com a mão de trás.

Ao todo, foram realizados 100, 120 e 140 gestos técnicos em cada progressão da tarefa, respectivamente.

4.4.2 Tarefa de Alteração

A tarefa de alteração se baseia no estabelecimento de regras "se-então" e na retenção e manipulação de informações condicionadas às regras. As informações são as sequências



(a) Quatro gestos



(b) Cinco gestos



(c) Seis gestos

Figura 4.5 – QR Codes que levam aos vídeos que apresentam os gestos técnicos a serem adicionados no quarto (a), quinto (b) e sexto (c) nível da tarefa de adição (alta demanda cognitiva). Elaboração própria.

extras de gestos técnicos a serem adicionados por bloco. Dessa forma, na tarefa de alteração, a demanda cognitiva é manipulada por meio da alteração de quais sequências devem ser adicionadas a cada bloco. Para essa tarefa, os blocos do *kihon kata* foram categorizados em três tipos:

- i) **Bloco de defesa:** Todos os blocos cujo primeiro gesto técnico é uma defesa, especificamente uma defesa de cima para baixo. Utilizando como referência a Figura 4.2, os blocos enumerados 1, 3, 5, 11, 13 e 19 são blocos de defesa.
- ii) **Bloco de ataque:** Todos os blocos cujo primeiro gesto técnico é um ataque, especificamente um soco retilíneo na altura do estômago. Utilizando como referência a Figura 4.2, os blocos enumerados 2, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18 e 20 são blocos de ataque.
- iii) **Bloco de giro:** Todos os blocos que são iniciados por 3/4 de giro em torno do próprio eixo, utilizando como apoio o pé da frente e concluindo o giro com uma defesa de cima para baixo. Utilizando como referência a Figura 4.2, os blocos enumerados 9 e 17 são blocos de giro.

Além da categorização dos blocos do *kihon kata*, foram estabelecidas três sequências fixas de gestos técnicos a serem adicionadas. Essas sequências, assim como os elementos extras da tarefa de adição, foram realizados imediatamente após o gesto técnico original do *kihon kata* base. As três sequências fixas de gestos técnicos adicionadas de acordo com regras "se-então" foram:

- **Sequência de defesa:**

1. Defesa de baixo para cima com a mão da frente;
2. Defesa de fora para dentro com a mão de trás;
3. Defesa de dentro para fora com a mão de trás;

- **Sequência de ataque:**

1. Soco retilíneo com a mão de trás;

2. Chute frontal com a perna de trás;
3. Soco retilíneo com a mão de trás;

- **Sequência de giro:**

1. Defesa de mão aberta de dentro para fora com a mão da frente;
2. Soco retilíneo com a mão de trás;
3. Soco retilíneo com a mão de trás;

Para o nível de baixa demanda cognitiva foi realizado o *kihon kata* de 20 blocos de gestos técnicos com a adição das sequências de defesa, ataque e giro. Foram realizados, ao todo, 80 gestos técnicos em cada rodada da tarefa. Uma rodada da tarefa contempla uma execução completa do *kihon kata*, independente da condição. As sequências foram adicionadas conforme as seguintes regras "se-então": Se o bloco realizado for de defesa, então adicionar a sequência de defesa. Se o bloco realizado for de ataque, então adicionar a sequência de ataque. Se o bloco realizado for de giro, então adicionar a sequência giro. As Figuras 4.6, 4.7 e 4.8 ilustram as sequências de defesa, ataque e giro, respectivamente.

Contextualizando, no nível de baixa demanda cognitiva, a ordem das sequências adicionadas é defesa, depois ataque e depois giro porque, conforme a progressão do *kihon kata*, os tipos de blocos (defesa, ataque e giro) aparecem também nessa ordem, respectivamente. Essa é, portanto, a ordem que menos demanda cognitivamente dos participantes. De forma resumida, todas as vezes que um bloco de defesa for realizado, o participante deve, imediatamente após o término do gesto técnico original daquele bloco, executar a sequência de defesa. Da mesma forma, todas as vezes que um bloco de ataque for realizado, ele deve executar a sequência de ataque. E, finalmente, todas as vezes que um bloco de giro for realizado, a sequência de giro deve ser realizada.

Para o nível de alta demanda cognitiva foram utilizadas as mesmas categorias para os blocos e a mesma composição para as sequências extras do nível de baixa demanda cognitiva. Também foram realizados, ao todo, 80 gestos técnicos em cada rodada da tarefa. Agora, porém, foi realizada a alteração da ordem das sequências adicionadas, por meio do estabelecimento de novas regras "se-então". Para isso, ao invés de as sequências de defesa, de ataque e de giro serem previamente estabelecidas para blocos de defesa, ataque e giro, respectivamente, o pesquisador sorteou a ordem que as sequências devem ser adicionadas. Em outras palavras, agora o participante deverá atualizar seu esquema mental construído no nível de baixa demanda cognitiva, retendo em sua mente os gestos que compõem as sequências de defesa, de ataque e de giro, mas executando-as de acordo com novas regras recém-estabelecidas. O sorteio das ordens das sequências a serem adicionadas foi realizado por meio de quadrados latinos.

No nível de alta demanda cognitiva, portanto, o participante realizou uma reorganização das informações retidas. Se for pedido que ele execute a ordem giro/ataque/defesa,

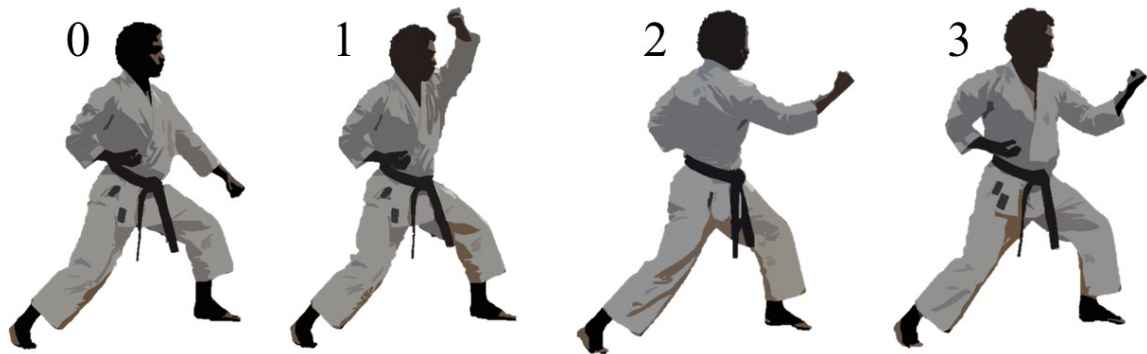


Figura 4.6 – Sequência de gestos técnicos a ser adicionada aos blocos de ações na tarefa de alteração do *kihon kata*. O primeiro gesto é o gesto original do bloco realizado e, por ser uma defesa, trata-se um bloco de defesa. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.



Figura 4.7 – Sequência de gestos técnicos a ser adicionada aos blocos de ações na tarefa de alteração do *kihon kata*. O primeiro gesto é o gesto original do bloco realizado e, por ser um ataque, trata-se de um bloco de ataque. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.

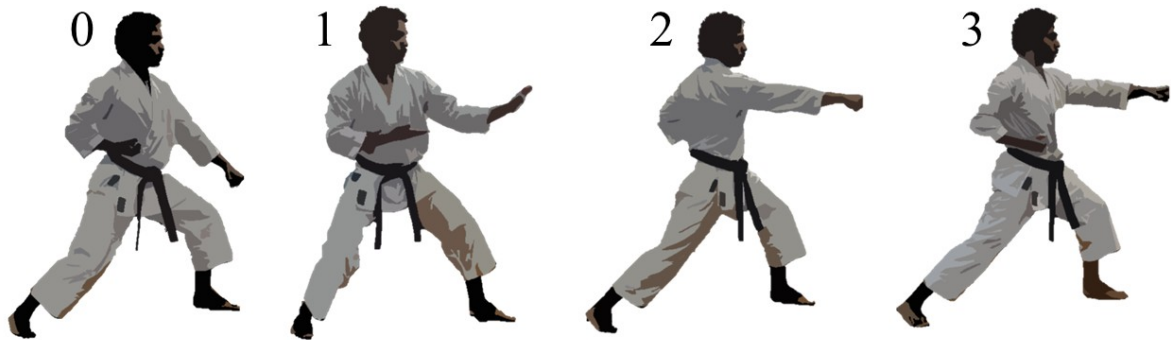


Figura 4.8 – Sequência de gestos técnicos a ser adicionada aos blocos de ações na tarefa de alteração do *kihon kata*. O primeiro gesto é o gesto original do bloco realizado e, como foi realizado 3/4 de um giro para chegar à essa posição, trata-se um bloco de giro. O indivíduo começa e termina a sequência no mesmo local - Elaboração própria.



(a) Sequência de defesa



(b) Sequência de ataque



(c) Sequência de giro

Figura 4.9 – QR Codes que levam aos vídeos que apresentam, respectivamente, a sequência de defesa (a), a sequência de ataque (b) e a sequência de giro (c); que foram utilizadas na tarefa de alteração (baixa e alta demanda cognitiva). Elaboração própria.

por exemplo, o participante deve adicionar a sequência de giro para blocos de defesa, a sequência de ataque para blocos de ataque e a sequência de defesa para blocos de giro. As regras "se-então" não foram alteradas durante a realização do *kihon kata*, apenas entre realizações distintas. Dessa forma, a ordem estabelecida no começo do comando deve ser seguida durante todo o *kihon kata*. A seguir serão fornecidos exemplos do andamento das tarefas, de modo a exemplificar a mecânica de cada uma delas.

4.4.3 Exemplo de sessões de intervenção

Cada intervenção foi dividida em: i) aquecimento, ii) parte principal e iii) recuperação. O protocolo nos dias das sessões experimentais orienta que a intervenção seja realizada individualmente.

No aquecimento, o pesquisador realizou o *kihon kata* base de forma lenta e pausada, explicando suas movimentações enquanto as realiza - duração de 2 minutos. Essa etapa tem o papel de familiarizar o participante e tranquilizá-lo em relação à tarefa que irá realizar a seguir. Em seguida, o participante realizou o *kihon kata* base orientado pelo pesquisador, uma vez, seguindo suas instruções - duração de 2 minutos. Essa primeira repetição servirá tanto para a familiarização do participante com o espaço da intervenção, quanto para elevar a temperatura corporal e a frequência cardíaca e revisar os gestos técnicos necessários para a tarefa de karatê. Não foram fornecidas correções técnicas para os participantes durante todo o processo. Após esse aquecimento, inicia-se a condição sorteada para o dia. Em todas as condições, para cada nível de demanda cognitiva, o *kihon kata* foi executado mais de uma vez, seguindo o protocolo e os movimentos apresentados anteriormente. A cada duas rodadas de realização do *kihon kata* houve uma interação entre o pesquisador e o participante, para que sejam realizados questionamentos sobre o andamento da sessão, coletando dados sobre a percepção subjetiva de motivação do participante.

Exemplificando o andamento da intervenção, será descrito o protocolo para a realização da tarefa de adição, no nível de baixa demanda cognitiva. Após a familiarização e aquecimento (3 minutos), o *kihon kata* foi repetido duas vezes, adicionando um gesto técnico específico por bloco (1 minuto e 30 segundos). Entre cada realização do *kihon kata* o participante teve 20 segundos de descanso e preparação para a próxima realização. Ao fim das duas realizações, ocorreu uma interação entre o participante e o pesquisador (1 minuto). Em seguida, o *kihon kata* foi repetido mais duas vezes, adicionando dois gestos técnicos específicos por bloco (1 minuto e 50 segundos), seguido por outra interação com o pesquisador (1 minuto). O processo foi repetido mais uma vez, adicionando três gestos técnicos específicos por bloco (2 minutos), com interações entre o participante e o pesquisador após cada rodada (1 minuto). As interações realizadas a cada duas repetições foram conversas orientadas por perguntas estruturadas. As perguntas tem o intuito de verificar o andamento da sessão, avaliando subjetivamente a motivação e o esforço do participante. A motivação

foi medida por meio de um sistema de resposta de escala Likert (p.ex. 1= "motivado", 2= "animado", 3= "tranquilo", 4= "entediado", 5= "incomodado"). A percepção subjetiva de esforço foi medida por meio de uma Escala de Borg modificada com valores de 0-10.

Será descrito agora o protocolo para a realização da tarefa de adição, no nível de alta demanda cognitiva. O aquecimento foi o mesmo descrito anteriormente. Após o aquecimento, o *kihon kata* foi repetido duas vezes, adicionando quatro gestos técnicos específicos por bloco (2 minutos e 30 segundos). Terminado isso, ocorreu uma interação entre o participante e o pesquisador (1 minuto). Em seguida, o *kihon kata* foi repetido mais duas vezes, adicionando cinco gestos técnicos específicos por bloco (3 minutos e 10 segundos), seguido por outra interação com o pesquisador (1 minuto). O *kihon kata* foi repetido mais duas vezes, adicionando seis gestos técnicos específicos por bloco (4 minutos), com interações entre o participante e o pesquisador após cada rodada (1 minuto). As interações realizadas seguem a mesma estrutura exposta anteriormente. Na tarefa de adição, ao todo, foram realizados 240 blocos de gestos técnicos: 120 no nível de baixa complexidade e 120 no nível de alta complexidade. O participante realizou o *kihon kata* doze vezes nessa tarefa, seis em cada nível, concluindo-a em cerca de 30 minutos.

Para a realização da tarefa de alteração, no nível de baixa demanda cognitiva, o protocolo da intervenção será descrito em seguida. O aquecimento foi o mesmo descrito anteriormente. A parte de familiarização específica para a tarefa ocorreu com o pesquisador apresentando ao participante a categorização dos 20 blocos de gestos técnicos do *kihon kata*, destacando e descrevendo os três tipos de blocos: Bloco de Defesa, Bloco de Ataque e Bloco de Giro (2 minutos). O pesquisador então apresentou as três sequências fixas de gestos técnicos (de defesa, de ataque e de giro). O participante realizou cada sequência 3 vezes, em pé, de forma orientada (3 minutos). Foram utilizados os blocos 1, 2 e 9 (enumeração dos blocos de acordo com a Figura 4.2) para esse momento de familiarização. Segue-se então para a parte principal. O *kihon kata* foi repetido duas vezes, adicionando as sequências na ordem defesa/ataque/giro (2 minutos). Entre cada realização do *kihon kata* o participante teve 20 segundos de descanso e preparação para a próxima realização. Ao fim das duas realizações, ocorreu uma interação entre o participante e o pesquisador (1 minuto). Em seguida, o *kihon kata* foi repetido mais duas vezes, novamente adicionando as sequências na ordem defesa/ataque/giro (2 minutos), seguido por outra interação com o pesquisador (1 minuto). O processo foi repetido uma última vez, também com a ordem defesa/ataque/giro (2 minutos), com interações entre o participante e o pesquisador ao fim da rodada (1 minuto). As interações realizadas a cada duas repetições foram conversas orientadas por perguntas estruturadas. As perguntas tem o intuito de verificar o andamento da sessão, avaliando subjetivamente a motivação e o esforço do participante. Tanto a motivação quanto o esforço foram medidos por meio do mesmo sistema de resposta descrito anteriormente.

Será descrito agora o protocolo para a realização da tarefa de alteração, no nível de alta

demanda cognitiva. O aquecimento foi o mesmo descrito anteriormente. A familiarização específica para a tarefa já foi realizada no nível de baixa demanda cognitiva, portanto não será repetido. Foram destacados novamente os três tipos de blocos: Bloco de Defesa, Bloco de Ataque e Bloco de Giro e também as três sequências fixas de gestos técnicos (de defesa, de ataque e de giro) (1 minuto). Segue-se então para a parte principal. O pesquisador sorteou uma ordem para que as sequências fossem adicionadas. Considere que a sequência sorteada foi giro/ataque/defesa. O *kihon kata* foi repetido duas vezes, adicionando as sequências na ordem giro/ataque/defesa (2 minutos). Terminado isso, ocorreu uma interação entre o participante e o pesquisador (1 minuto). Foi mais uma vez sorteada uma ordem. Considere que dessa vez a ordem sorteada foi defesa/giro/ataque. Em seguida, o *kihon kata* foi repetido mais duas vezes, adicionando as sequências na ordem defesa/giro/ataque (2 minutos), seguido por outra interação com o pesquisador (1 minuto). O processo foi repetido uma última vez, sorteando outra ordem. Considere que a última ordem sorteada foi ataque/defesa/giro. O *kihon kata* foi então repetido duas vezes, dessa vez adicionando as sequências na ordem ataque/defesa/giro (2 minutos), com interações entre o participante e o pesquisador ao fim da rodada (1 minuto). As interações seguem o mesmo roteiro descrito anteriormente. Na tarefa de alteração, ao todo, foram realizados 240 blocos de gestos técnicos: 120 no nível de baixa complexidade e 120 no nível de alta complexidade. O participante, assim como na tarefa de adição, realizou o *kihon kata* doze vezes, seis em cada nível, concluindo-a em cerca de 20 minutos.

Será descrito agora o protocolo para a realização da tarefa controle, sem manipulação de demanda cognitiva. O aquecimento foi o mesmo descrito anteriormente. Após o aquecimento, o *kihon kata* base foi repetido três vezes (2 minutos). Entre cada realização do *kihon kata* o participante terá 20 segundos de descanso e preparação para a próxima realização. Ao fim das duas realizações, ocorreu uma interação entre o participante e o pesquisador (1 minuto). Em seguida, o *kihon kata* base foi repetido mais três vezes (2 minutos), seguido por outra interação com o pesquisador (1 minuto). O *kihon kata* base foi repetido mais três vezes (2 minutos), com interações entre o participante e o pesquisador após cada rodada (1 minuto). As interações realizadas seguem a mesma estrutura exposta anteriormente. Na tarefa controle, ao todo, foram realizados 180 blocos de gestos técnicos. O participante realizou o *kihon kata* nove vezes nessa tarefa concluindo-a em cerca de 10 minutos.

Independente de qual seja a condição do dia, após a realização completa da tarefa, o participante se deslocou para a sala da tarefa computadorizada (3 minutos). Lá, ele descansou, sentado, durante dois minutos. Esse é o momento de recuperação. Uma vez terminado o descanso, o participante repetiu a tarefa computadorizada *Corsi Block* (5 minutos), seguindo as mesmas instruções do pré-teste. Finalizada a tarefa, o pesquisador acompanhou o participante até o local de espera. Foi realizada uma última interação, com o pesquisador explicando como serão disponibilizados os dados do participante, e reforçando a data da

próxima intervenção e a importância da participação contínua no estudo (2 minutos).

4.5 Instrumentos

Para avaliar a memória de trabalho foram utilizadas quatro medidas: i) *Behavior Rating Inventory of Executive Function* - BRIEF; ii) *Corsi Block*; iii) categorização dos erros executivos; e iv) ocorrência do tempo de processamento executivo. Foram mensurados dados diferentes para cada medida.

Para o BRIEF, foram reportados os valores obtidos em cada escala (Inibição, Alternância, Controle Emocional, Inicialização, Memória de Trabalho, Planejamento/Organização, Organização de Materiais e Monitoramento) um Índice de Regulação Emocional, um Índice Metacognitivo e o Composto Executivo Global. Para a tarefa neuropsicológica *Corsi Block* no software *E-Prime* foi medida a acurácia. Para o erro executivo, durante a execução das tarefas de intervenção, foi a frequência e categorização dos erros de sequenciamento cometidos. Para o tempo de processamento executivo, a sua ocorrência ou não.

Foi pedido que os responsáveis dos participantes preenchessem o *Behavior Rating Inventory of Executive Function* - BRIEF (Gioia *et al.*, 2000b), antes das condições experimentais. O BRIEF avalia o nível de disfuncionalidade executiva de crianças a partir de comportamentos cotidianos observáveis em ambientes domésticos e escolares.

Em laboratório, a tarefa neuropsicológica *Corsi Block* foi utilizada para avaliar a memória de trabalho. Essa tarefa consiste na reprodução de sequências de blocos apresentadas visualmente, exigindo a memória de trabalho para a correta reprodução da sequência previamente vista. A avaliação foi realizada antes e depois das intervenções, a fim de verificar se houve alterações na capacidade de memória de trabalho dos participantes.

Essas medidas permitiram uma avaliação abrangente dos efeitos do enriquecimento cognitivo das tarefas sobre a demanda cognitiva e o desempenho da memória de trabalho dos participantes.

4.5.1 Questionário ecológico

Foi solicitado aos responsáveis dos participantes que fosse preenchido o *Behavior Rating Inventory of Executive Function* - BRIEF (Gioia *et al.*, 2000a), durante a sessão diagnóstica. O BRIEF avalia o nível de disfuncionalidade executiva a partir de comportamentos cotidianos observáveis em ambientes domésticos e escolares (e.g. “não consegue se manter na mesma tarefa por longos períodos de tempo”), com um sistema de resposta de escala Likert (1= “nunca”, 2= “algumas vezes”, 3= “constantemente”) através da qual os respondentes devem indicar com que frequência, nos últimos seis meses, a criança demonstrou problemas relacionados aos comportamentos abordados (Gioia *et al.*, 2000a).

Com uma versão para pais e outra para professores, cada inventário é composto por 86 itens organizados segundo oito escalas que se agrupam em um Índice de Regulação Comportamental: 1) Inibição, 2) Alternância e 3) Controle Emocional, e em um Índice Metacognitivo: 4) Inicialização, 5) Memória de Trabalho, 6) Planejamento/Organização, 7) Organização de materiais e 8) Monitoramento (Gioia *et al.*, 2000a). Esses dois índices são utilizados para a construção de um escore geral: o Composto Executivo Global (CEG). Alguns itens pertencem, ainda, a duas escalas que avaliam a confiabilidade das respostas fornecidas. Trata-se da escala de Negatividade, que avalia o grau em que o participante responde a determinados itens do BRIEF de forma excepcionalmente negativa em relação às amostras clínicas; e da escala de Inconsistência, que indica o grau de inconsistência nas respostas do participante a itens semelhantes do BRIEF, em comparação com amostras clínicas. No presente trabalho, foi aplicada a versão para os pais do BRIEF.

O BRIEF foi normatizado e validado em crianças e adolescentes entre 5 e 18 anos de diversas origens geográficas e socioeconômicas, sendo assim apropriado para avaliar crianças em idade escolar em uma ampla gama de contextos sociodemográficos (Gioia *et al.*, 2000a; Carim; Miranda; Bueno, 2012).

Para a aplicação do questionário, são necessários entre 10 e 15 minutos e é fortemente recomendado que ele seja totalmente preenchido em uma única sessão. Toda a aplicação é realizada com o suporte de um pesquisador responsável, que fica encarregado de instruir detalhadamente o respondente acerca da forma correta de preenchimento. Tratando-se de um teste feito à mão, o responsável utiliza uma caneta para circular a opção que mais se adéqua à afirmação correspondente sendo analisada. Também é recomendado que o preenchimento do questionário seja feito com a presença dos dois responsáveis, quando possível (Gioia *et al.*, 2000a).

Após a correção dos questionários, os escores são expressos em escores brutos (Gioia *et al.*, 2000a; Carim; Miranda; Bueno, 2012). Todas as medidas do BRIEF são convertidas em escore T e percentis, permitindo comparar os resultados do sujeito em relação ao grupo normativo (Gioia *et al.*, 2000a; Carim; Miranda; Bueno, 2012). Com os escores T, são calculados os intervalos de confiança para cada escala, índice ou para o CEG (Gioia *et al.*, 2000a). No presente trabalho, três medidas do BRIEF foram selecionadas para as análises inferenciais: o escore da escala de Memória de Trabalho, o Índice Metacognitivo e o CEG.

O escore da escala Memória de Trabalho é gerado a partir das afirmações relacionadas ao construto de MT (Gioia *et al.*, 2000a). De forma objetiva, a MT pode ser compreendida como a habilidade de manter e manipular informações na mente (Baddeley, 2003).

O Índice de Metacognição avalia a capacidade da criança de iniciar, planejar, organizar e sustentar a resolução de problemas orientada para o futuro por meio da MT. Este índice reflete a habilidade de autorregulação cognitiva nas tarefas, incluindo o monitoramento do desempenho (Gioia *et al.*, 2000a). O Índice de Metacognição está diretamente relacionado

à capacidade da criança de resolver problemas ativamente em diferentes contextos e é composto pelas escalas de Iniciação, Memória de Trabalho, Planejamento/Organização, Organização de Materiais e Monitoramento (Gioia *et al.*, 2000a).

O Composto Executivo Global (CEG) é uma pontuação resumida que integra as oito escalas do BRIEF (Gioia *et al.*, 2000a). Embora seja recomendada a análise detalhada de todas as escalas, índices e medidas para a tomada de decisões clínicas, o CEG pode ser útil como medida geral (Gioia *et al.*, 2000a). Em alguns casos clínicos, pontuações similares em todas ou na maioria das escalas refletem com precisão o nível de disfunção executiva da criança, tornando o CEG uma representação adequada (Gioia *et al.*, 2000a).

4.5.2 Tarefa computadorizada

A tarefa neuropsicológica *Corsi Block* foi aplicada utilizando o *software* E- Prime v3.0 (Psychological Software Tools Inc.). Essa tarefa é amplamente utilizada como avaliação da memória de trabalho visuo-espacial e tem sido empregada clinicamente por várias décadas (Berch; Krikorian; Huha, 1998). Na tarefa, é apresentada ao participante uma sequência de estímulos em uma estrutura de tabuleiro Corsi tradicional, composta por nove quadrados amarelos em um fundo preto. Na condição de avanço, os blocos são apresentados piscando na tela do monitor, preenchendo os quadrados em amarelo. O participante deve observar a sequência de quadrados iluminados e, após o último quadrado iluminado, deve reproduzir a sequência na mesma ordem. A Figura 4.10 ilustra a disposição dos elementos visuais do *Corsi Block* de forma fidedigna, assim como as regras que condicionam a sua progressão.

Para indicar a ordem correta, o participante utiliza o mouse com o botão direito para clicar nos quadrados na ordem apresentada. Quando tocados, os quadrados se iluminam para confirmar que a resposta foi registrada pelo dispositivo. Na medida em que o participante responde corretamente, a quantidade de elementos na sequência aumenta, acrescentando um quadrado adicional de acordo com o parâmetro de progressão estabelecido. Por outro lado, se ocorrer algum erro na repetição de uma sequência, a próxima sequência terá menos elementos, removendo um quadrado de acordo com o parâmetro de regressão estabelecido. Ao final da tarefa, o *software* registra todas as respostas do participante, juntamente com os tempos de reação acumulados. As sequências corretas e os erros também são registrados, fornecendo informações detalhadas sobre o desempenho do participante na tarefa.

Essa tarefa computadorizada permite avaliar a capacidade de armazenamento da memória de trabalho visuoespacial dos participantes, fornecendo dados precisos sobre o desempenho na reprodução das sequências de quadrados apresentadas (Arce; McMullen, 2021).

O algoritmo utilizado para a construção desta versão do *Corsi Block* segue as seguintes regras: o teste inicia com sequências de dois dígitos e progride até sequências de, no máximo, nove dígitos (Vandierendonck *et al.*, 2004; Pack; Choi; Kim, 2023). Para o tamanho de

sequência inicial (dois dígitos), são realizadas quatro tentativas. Nos demais tamanhos de sequência (três a nove dígitos), são realizadas duas tentativas por tamanho. O progresso no teste é condicionado ao desempenho (Arce; McMullen, 2021): se o participante acerta pelo menos uma das duas tentativas em um dado tamanho de sequência (ou uma das quatro no tamanho de sequência de dois dígitos), ele avança para o próximo. Caso erre ambas as tentativas, retorna ao tamanho de sequência imediatamente anterior, respeitando um limite mínimo de dois dígitos (Vandierendonck *et al.*, 2004; Pack; Choi; Kim, 2023). Além disso, o protocolo inclui duas rodadas de prática antes do início das 23 rodadas de teste formais, permitindo que os participantes se familiarizem com a tarefa.

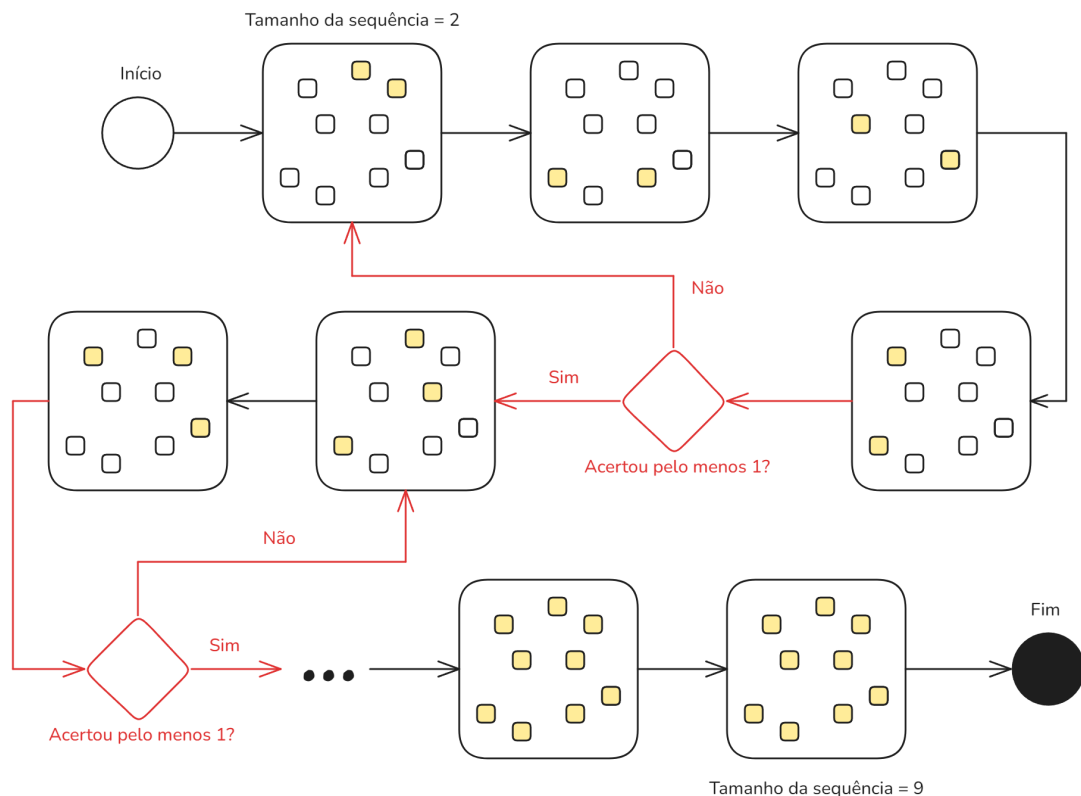


Figura 4.10 – Fluxograma que representa os possíveis caminhos na realização da tarefa computadorizada *Corsi Block*, iniciando em um tamanho de sequência mínimo de dois dígitos e finalizando com um tamanho de sequência máximo de nove dígitos. As condições para o avanço ao tamanho de sequência seguinte estão representadas pelos losangos vermelhos. Os dois caminhos possíveis a partir da regra condicional, pelas setas vermelhas. As reticências representam todos os outros tamanhos de sequência (de quatro dígitos até oito dígitos) - Elaboração própria.

Os parâmetros temporais utilizados para cada fase do *Corsi Block* foram definidos com base em estudos prévios. Durante a fase de preparação, o tempo disponível é fixado em 1000 ms, conforme especificado por Vandierendonck *et al.* (2004). Entre rodadas, a fase de preparação é estendida para 2000 ms (Vandierendonck *et al.*, 2004). Na fase de codificação, o tempo também segue parâmetros específicos. Para a apresentação dos estímulos, o intervalo

é de 1000 ms, de acordo com [Vandierendonck et al. \(2004\)](#). Isso significa que cada bloco da sequência ficará iluminado por 1000 ms. Em fases de codificação interblocos, ou seja, o período entre a iluminação de dois blocos da mesma sequência, o tempo é reduzido para 500 ms ([Vandierendonck et al., 2004](#)). A fase de retorno, que corresponde ao momento em que o participante reproduz a sequência apresentada, tem duração ilimitada, como indicado por [Weber et al. \(2021\)](#) e [Vandierendonck et al. \(2004\)](#). Por fim, a fase de retroalimentação, destinada a fornecer o retorno ao participante sobre seu desempenho, é fixada em 3000 ms. Essa fase ocorre apenas nas duas rodadas iniciais de prática, não estando presente nas 23 rodadas de testagem real. Dessa forma, durante a realização da tarefa, o participante não recebe *feedback* contínuo a respeito do seu desempenho.

Os demais parâmetros da tarefa foram deixados conforme a configuração original da versão do *Corsi Block* disponível no site da *Psychological Software Tools Inc.* - descrito como *Corsi Block-Tapping Task [34537]*. [Richard e Charbonneau \(2009\)](#) demonstra como construir uma tarefa experimental utilizando o software *E-Prime*. Esses parâmetros permitem a padronização do protocolo e a comparabilidade entre estudos.

4.5.3 Erro executivo

Para avaliar os erros cometidos por conta da demanda cognitiva das tarefas, foi realizada uma análise observacional, por meio de análise notacional. As sessões foram filmadas para permitir uma observação detalhada. Foi utilizado o software de análise observacional *LINCE PLUS* ([Gabin et al., 2012](#); [Soto-Fernández et al., 2022](#)). Um pesquisador (Graduado em Educação Física, 1º Dan JKA de karatê) realizou a análise de cada sessão de intervenção. Para garantir a confiabilidade dos resultados, o pesquisador realizou uma primeira sessão em que um vídeo completo foi analisado. Passada uma semana, o pesquisador reanalisou o mesmo vídeo ([James; Taylor; Stanley, 2007](#); [O'Donoghue, 2007](#)). A confiabilidade intraobservador foi avaliada por meio do teste Kappa de Cohen com a seguinte escala: < 0 sem concordância, 0,01-0,20 concordância leve, 0,21-0,40 concordância razoável, 0,41-0,60 concordância moderada, 0,61-0,80 concordância substancial e 0,81-0,99 concordância quase perfeita ([Cohen, 1968](#)). O valor obtido foi Kappa = 1, indicando perfeita concordância entre as observações realizadas pelo mesmo avaliador em momentos distintos. Esses resultados evidenciam a confiabilidade absoluta do método de registro utilizado.

Para cada sessão, uma quantidade de vídeos era gerada de acordo com a quantidade de repetições de *kihon kata* realizadas durante a sessão. Para cada participante, para a condição SM (controle), eram gerados nove vídeos e para as condições AE e AS eram gerados 12 vídeos para cada. Ao todo, cada participante gerou 33 vídeos. Para os 24 participantes, chegou-se ao total de 792 vídeos. Entendeu-se, durante o processo de construção da estratégia de análise que a quantidade de tempo de trabalho necessária para analisar o total de vídeos não era compatível com o tempo disponível para a realização do processo de análise. Dessa forma,

foi realizada uma amostragem dentro dos vídeos disponíveis, de modo que fosse garantida a observação e análise de momentos fundamentais das sessões experimentais. Objetivamente, foram analisados para as sessões experimentais AE e AS: o primeiro vídeo de uma sessão (que também é o primeiro vídeo de uma condição e do nível de baixa complexidade para aquela condição), o sexto vídeo da sessão (que também é o último vídeo do nível de baixa complexidade), o sétimo vídeo da sessão (que também é o primeiro vídeo do nível de alta complexidade) e o último vídeo (que também é o último vídeo do nível de alta complexidade). Para as sessões experimentais SM (controle) foram analisados: o primeiro vídeo, o quinto vídeo e o nono vídeo. Com essa organização, é possível analisar a progressão da tarefa em relação aos seus aspectos quantitativos e qualitativos (Pesce, 2012). Isso se dá pois os vídeos utilizados estão situados em momentos específicos das sessões que permitem um acompanhamento contínuo do progressivo aumento das demandas cognitivas e coordenativas da tarefa sendo realizada. Em suma, foram analisados 264 vídeos.

Foram identificadas categorias de erros cognitivos para compreender a complexidade dos elementos manipulados na tarefa e validar a demanda de esforço cognitivo. Os erros executivos foram avaliados para identificar falhas executivas causadas pela sobrecarga da memória de trabalho. Limitações físicas ou falta de habilidades específicas não foram critérios para a categorização dos erros executivos.

A avaliação dos erros executivos foi feita a partir das seguintes variáveis:

- i) **Tipo de erro:** Variável categórica que representa o tipo de erro de sequenciamento cometido. Está relacionado à ordem correta das ações a serem realizadas, com os seguintes possíveis subtipos de erros de sequenciamento:
 - Erro intra-bloco:** Erro cometido dentro de um bloco de gestos técnicos;
 - Erro inter-blocos:** Erro cometido entre os blocos de gestos técnicos;
 - Erro de contagem:** O participante realiza algum gesto técnico adicional ou não realiza algum dos gestos técnicos.
- ii) **Tempo de processamento executivo:** Variável binária que representa a existência de um período de *buffer* medido inter- e intra-bloco. Define a ocorrência ou não de um período igual ou maior do que três segundos, que o participante leva para preparar e executar a ação subsequente. O período de três segundos foi selecionado a partir da realização da análise de pilotos do experimento, onde o avaliador identificou três segundos como sendo o tempo necessário para garantir que ocorreu uma pausa na realização da ação. Pausa essa que, por conta da duração de três segundos, não poderia ter ocorrido por conta de ritmo de realização do *kihon kata* e sim por conta de um período observável de processamento de informações relacionadas a tarefa.

A análise observacional realizada é composta pelas frequências das categorias das falhas de sequenciamento em conjunto com a quantidade de ocorrências do tempo de processamento executivo. Para isso, momentos chave foram utilizados para analisar as

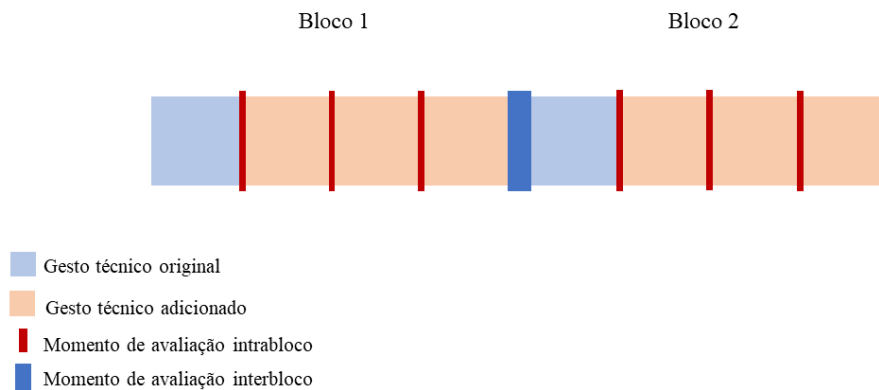


Figura 4.11 – Esquema que representa dois blocos da tarefa de adição sendo realizados. A categorização dos erros e do tempo de processamento executivo foi realizada nos momentos de avaliação inter- e intrabloco. - Elaboração própria.

variáveis em foco. A Figura 4.11 representa um esquema que mostra os momentos utilizados para a análise.

4.6 Análise de dados

A análise descritiva das variáveis contínuas foi realizada por meio do cálculo da média, desvio padrão e limites inferiores e superiores do intervalo de confiança 95% (IC 95%). As variáveis categóricas, por sua vez, por frequências absolutas (contagem) e relativas (percentuais em relação ao total).

O efeito das condições experimentais e controle sobre a memória de trabalho foi avaliado adotando-se o método das Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), utilizando como fatores a situação experimental (controle, com enriquecimento de alta demanda cognitiva e com enriquecimento de baixa demanda cognitiva) e o tempo (pré e pós-intervenção). O post hoc de Tukey foi utilizado para localizar as diferenças. Para comparar os grupos, foram utilizadas como medidas a acurácia no *Corsi Block*, a frequência de erros executivos cometidos por categoria e a ocorrência de tempo de processamento executivo.

A escolha deste método se deve ao fato de que, de acordo com [Guimarães e Hirakata \(2012\)](#), a análise de dados cujas medidas se repetem no tempo, quando realizada por meio de outros métodos de modelos lineares generalizados (como, por exemplo, as análises de variância) exigiria i) uma distribuição normal dos dados dentro de todos os subgrupos de

análise (nos diferentes tempos e nas diferentes situações experimentais); ii) pressupor que as variâncias sejam iguais em todos os momentos e iii) que a correlação seja constante entre quaisquer combinações de dois momentos, ou seja, que os dados sejam esféricos (Guimarães; Hirakata, 2012). Levando-se em consideração que essa situação “ideal” não é factível com a realidade em muitas das análises nas áreas das ciências da saúde e do desempenho esportivo, a adoção de tais métodos de análise estatística seria inadequada, uma vez que estaríamos “ferindo” os pressupostos básicos para sua correta utilização. Neste sentido, justifica-se a escolha do método das GEE, uma vez que tal modelo possibilita a análise de desfechos contínuos e categóricos, tais quais os utilizados no presente estudo, mesmo quando as variáveis contínuas não apresentam distribuição normal e/ou esfericidade (Guimarães; Hirakata, 2012).

Foi realizada uma análise de GEE com distribuição Gamma e função de ligação logarítmica para verificar o efeito de intervenções enriquecidas cognitivamente para a MT na tarefa de *kihon kata* do karatê shotokan sobre a variável dependente acurácia na tarefa computadorizada *Corsi Block*, de natureza contínua, nos tempos pré- e pós-teste. Para esse modelo foi calculado um QIC (*Quasilikelihood Information Criterion*) de 428,146. Adicionalmente, foi realizada uma análise de GEE com distribuição de Poisson e função de ligação logarítmica para verificar o efeito das mesmas intervenções (AE, AS e SM) sobre os tipos de erro (*Buffer*, *Contagem*, *Inter* e *Intra*), cada um deles definido como uma variável discreta mensurada pela sua frequência de ocorrência. Para esse modelo foi calculado um QIC de -5330,716. As medidas foram realizadas ao longo de quatro execuções das tarefas de intervenção (1º, 6º, 7º e 12º para a condição AE e AS; 1º, 5º e 9º para a condição SM). Também foi calculado o tamanho de efeito pelo método “d de Cohen” (Cohen, 1988) para a análise dos erros executivos e *buffers*. Todas as análises foram conduzidas no programa para análise de dados R, adotando-se um alfa de 0,05.

5 Resultados

5.1 Caracterização da amostra

A amostra final foi composta por 24 crianças, 13 meninos e 11 meninas, entre 8 e 12 anos de idade (idade média = 9,63; DP = 1,44), do segundo ao sétimo ano do ensino fundamental, neurotípicas, praticantes de Karate Shotokan. Todas as crianças são residentes do Distrito Federal. Todos os 24 indivíduos participaram de uma sessão diagnóstica e de três sessões experimentais, separadas por um período de *wash-out* de pelo menos 7 dias. A Tabela 5.1 descreve as variáveis antropométricas dos participantes, coletadas na sessão diagnóstica. A Figura 5.1 apresenta um fluxograma baseado na extensão da declaração CONSORT de 2010 para Ensaios Clínicos Randomizados Cruzados.

Tabela 5.1 – Características antropométricas da amostra, onde o Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado por meio da idade, massa corporal e estatura dos participantes.

<i>n</i>	Idade	Massa corporal	Estatura	IMC
24	9,63 ± 1,44	34,17 kg ± 8,28	1,38 m ± 0,11	17,65 ± 2,30

5.2 Teste de Coordenação Motora para Crianças - KTK

O Teste de Coordenação Motora para Crianças (KTK) foi aplicado na sessão diagnóstica para todos os participantes. Um participante foi identificado como possuindo boa coordenação motora; 11 com nível normal e 12 com coordenação insuficiente. Nenhum participante foi classificado nos níveis de alta coordenação ou de coordenação prejudicada (vide Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Classificação dos níveis de coordenação motora global dos participantes obtida partir da aplicação do teste KTK.

Nível	<i>n</i> (%)
Alta	0 (0%)
Boa	1 (4,17%)
Normal	11 (45,83%)
Insuficiente	12 (50%)
Prejudicada	0 (0%)

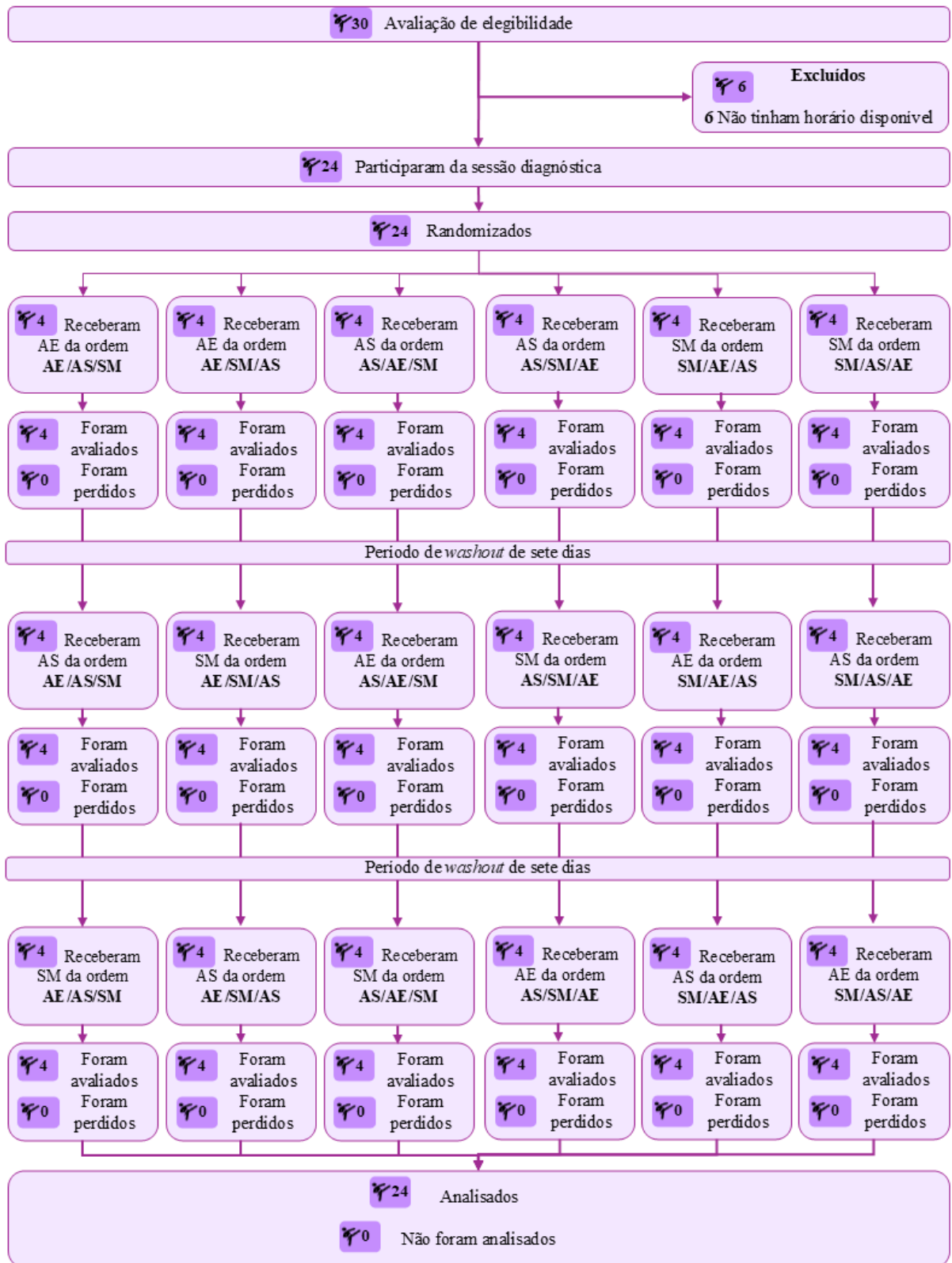


Figura 5.1 – Fluxograma ilustrando o caminho seguido pelos participantes no decorrer do estudo.
AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

5.3 Behavior Rating Inventory of Executive Functions - BRIEF

As oito escalas, além do Índice de Regulação Comportamental (composto pelas escalas de Inibição, Alternância e Controle Emocional), o Índice Metacognitivo (composto pelas escalas de Inicialização, Memória de Trabalho, Planejamento/Organização, Organização de materiais e Monitoramento) e o Composto Executivo Global (CEG), composto pelo Índice de Regulação Comportamental e Índice Metacognitivo, foram obtidos através da análise dos questionários do BRIEF respondidos pelos responsáveis dos participantes na sessão diagnóstica.

A Tabela 5.3 mostra os valores médios dos escores t de todas as medidas obtidas a partir da análise dos questionários preenchidos pelos responsáveis dos 24 participantes que compuseram a amostra. Com exceção de um participante - que apresentou um nível de Inconsistência na resposta do questionário classificado como questionável - toda a amostra apresentou níveis aceitáveis nas escalas de Inconsistência e Negatividade, referentes à confiabilidade das respostas fornecidas. Os valores médios, considerando os desvios-padrão, permaneceram dentro da zona de normalidade, definida até 1,5 desvios-padrão acima da média de 50.

Tabela 5.3 – Resultados - média (\pm DP) dos escores t obtidos para todas as medidas do BRIEF, incluindo as oito escalas, os dois índices e o Composto Executivo Global. Índice de Regulação Emocional: IRE; Índice Metacognitivo: IM; Composto Executivo Global: CEG.

Inibição	Alteração	Controle Emocional	Iniciação	Memória de Trabalho	Planejamento/Organização
53,00 \pm 7,65	54,70 \pm 9,53	53,17 \pm 10,42	54,35 \pm 10,50	54,39 \pm 9,07	52,78 \pm 9,50
Organização de Materiais	Monitoramento	IRE	IM	CEG	
57,39 \pm 10,01	51,91 \pm 8,19	55,00 \pm 9,49	55,43 \pm 10,46	54,52 \pm 8,98	

5.4 Acurácia na tarefa computadorizada Corsi Block

A tarefa computadorizada *Corsi Block* foi utilizada para avaliar a capacidade de Memória de Trabalho dos participantes na sessão diagnóstica, assim como antes e depois das condições experimentais. Os resultados indicaram desempenho semelhante na acurácia do pré- para o pós-teste entre os participantes (sessão diagnóstica: 58,90% ; sessão AE - pré-teste: 60,98%, pós-teste: 57,77%; sessão AS - pré-teste: 61,17%, pós-teste: 58,52%; sessão SM - pré-teste: 61,36%, pós-teste: 60,61%).

Foi encontrado efeito principal de tempo (Wald = 4,2; GL = 1; p = 0,040) e interação

entre tempo e condição (Wald = 8,9; GL = 3; $p = 0,031$) para as medidas de acurácia. Após a análise post-hoc com ajuste de Tukey não foi verificada nenhuma interação significativa - Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Comparação pré- e pós-teste para a acurácia no teste de Corsi Block para desempenho da memória de trabalho.

Medida	Condição	Pré	Pós	p		
		Média \pm DP	Média \pm DP	Grupo	Tempo	Grupo*Tempo
Acurácia	AE	60,98 \pm 6,76	57,77 \pm 7,89	0,512	0,040*	0,031*
	AS	61,17 \pm 7,79	58,52 \pm 7,89			
	SM	61,36 \pm 7,10	60,61 \pm 8,72			
	Diagnóstica	58,90 \pm 9,26	-			

Nota: * : $p < 0,05$.

Os comportamentos dos indivíduos pré- e pós-teste para cada condição experimental sugerem diferentes tendências de melhoria e piora no desempenho da acurácia. Adicionalmente, as médias de acurácia dos participantes nas diferentes condições mostram que houve diminuição nas porcentagens de acurácia do pré- para o pós-teste em todas as condições experimentais (vide Figura 5.2).

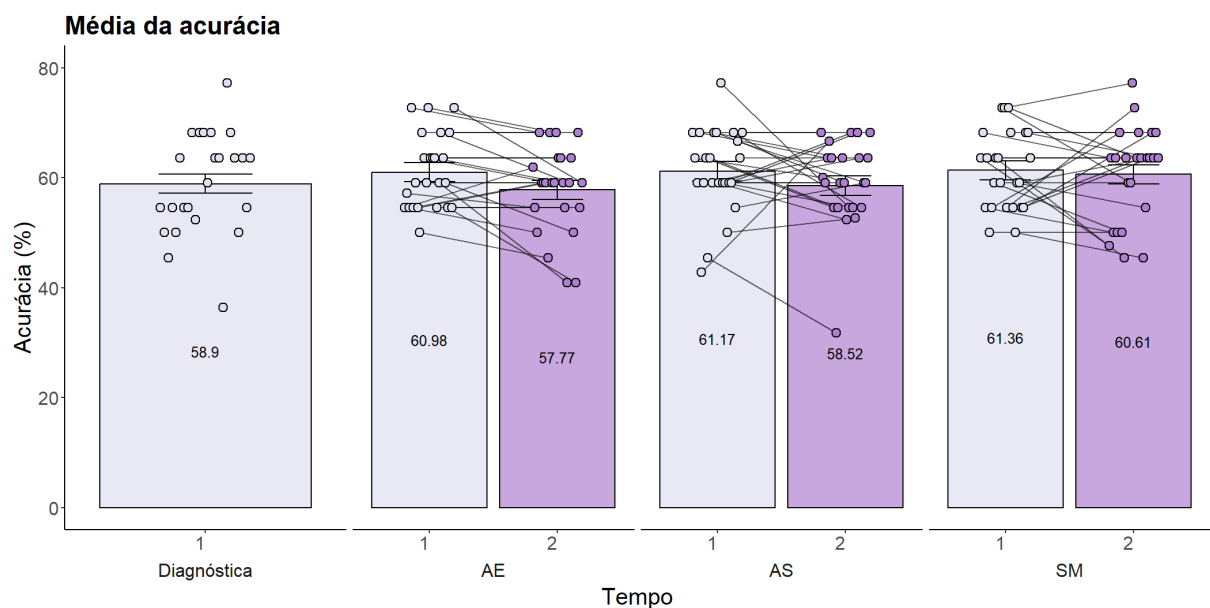


Figura 5.2 – Acurácia média (\pm DP), no teste de Corsi Block para memória de trabalho pré- e pós-testes. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

5.5 Análise bloco a bloco - Corsi Block

A partir dos dados da tarefa computadorizada Corsi Block, também foi possível perceber padrões semelhantes na porcentagem de acurácia dos participantes ao analisar a tarefa bloco

a bloco. Esse padrão também pode ser observado ao comparar as tentativas pré- e pós-. De forma geral, nos blocos iniciais, o rendimento dos participantes se manteve acima dos 75%, começando a cair a partir do 11º ou 12º bloco. Nos últimos blocos, a acurácia variou entre 16,67% na sessão diagnóstica e 45,83% na sessão SM, representando os valores mínimo e máximo observados. A Figura 5.3, ilustra a evolução da acurácia da amostra por bloco em cada condição.

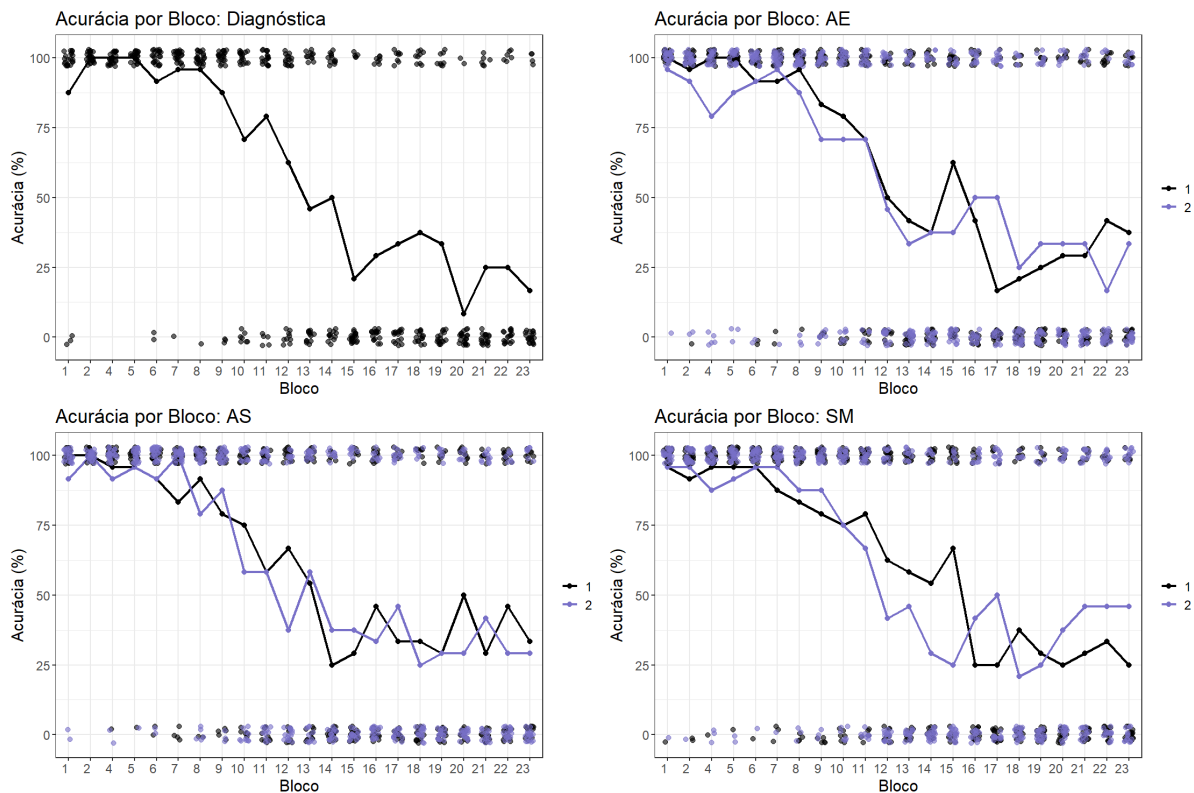


Figura 5.3 – Acurácia por bloco nas sessões diagnóstica, AE, AS e SM. Os pontos indicam a distribuição individual de acertos por participante, variando de 0% a 100%, enquanto as linhas representam a média de acurácia em cada bloco. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

5.6 Desempenho da memória de trabalho nas tarefas de karatê

A análise notacional revelou que, para os *kiodos* do *kihon kata* (vide Figura 4.2), os erros não foram igualmente distribuídos (vide Tabela 5.5). Para a condição AE - Baixa complexidade, o *kiodo* 16 apresentou a maior somatória de erros para toda a amostra (44), seguido pelo *kiodo* 8, com 41 erros. No nível de alta complexidade da condição AE, o *kiodo* 8 apresentou 93 erros, seguido pelo *kiodo* 14, com 84 erros. Em relação à condição AS - Baixa complexidade, o *kiodo* com o maior número de erros foi o de número 8, com 69 erros. Em seguida vem o *kiodo* 11, com 60 erros. Para o nível de alta complexidade da condição AS, o *kiodo* 17 apresentou 95 erros, seguido pelo *kiodo* 8, com 79 erros. Finalmente, para a condição SM, na 1ª tentativa, os *kiodos* 12 e 20 apresentaram dois erros cada. Ainda na condição SM, na última tentativa, os *kiodos* 11, 12, 19 e 20 apresentaram um erro cada. A condição SM não apresenta progressão de complexidade e, por isso, não é possível categorizar diferentes níveis.

Tabela 5.5 – Quantidade total de erros cometidos em cada nível das condições experimentais AE e AS e na primeira e última rodada da condição experimental SM. AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

Kiodo	AE - Baixa complexidade	AE - Alta complexidade	AS - Baixa complexidade	AS - Alta complexidade	SM - Tentativa 1	SM - Tentativa 9
1 - Defesa	12	37	28	38	0	0
2 - Ataque	18	49	38	32	0	0
3 - Defesa	21	54	43	37	1	0
4 - Ataque	23	71	48	30	1	0
5 - Defesa	23	66	40	44	0	0
6 - Ataque	25	60	35	34	1	0
7 - Ataque	20	38	44	53	1	0
8 - Ataque	41	93	69	79	0	0
9 - Giro	28	42	39	53	0	0
10 - Ataque	24	38	49	40	1	0
11 - Defesa	26	54	60	50	1	1
12 - Ataque	31	40	47	41	2	1
13 - Defesa	19	51	36	48	0	0
14 - Ataque	20	84	47	44	1	0
15 - Ataque	29	59	41	42	0	0
16 - Ataque	44	71	53	51	1	0
17 - Giro	22	64	57	95	1	0
18 - Ataque	17	34	45	45	1	0
19 - Defesa	24	54	50	54	1	1
20 - Ataque	34	75	45	47	2	1

Para os resultados a seguir, os tempos 1, 2, 3 e 4 devem ser entendidos como as tentativas um, seis, sete e doze das condições AE e AS, respectivamente. Para a condição SM, os tempos 1, 2 e 4 devem ser compreendidos como as tentativas um, cinco e nove, respectivamente. A condição SM não apresenta o tempo 3, uma vez que, para compor a amostra de vídeos, foram utilizados três vídeos: o primeiro, o do meio e o último. O vídeo do meio equipara-se à tentativa seis das condições AE e AS pois não possui uma variação de nível de complexidade em relação à primeira tentativa. Isso não seria verdade para a tentativa sete, uma vez que ela representa a primeira tentativa do nível de alta complexidade para as condições AE e AS. Dessa forma, é possível comparar diferentes quantidades de etapas a partir de estruturas metodológicas equivalentes (Figura 5.4 e 5.5). A condição SM não é apresentada na Figura 5.4 pois os seus valores de frequência acumulada (somatório) são iguais ou muito próximos de zero para as diferentes etapas.

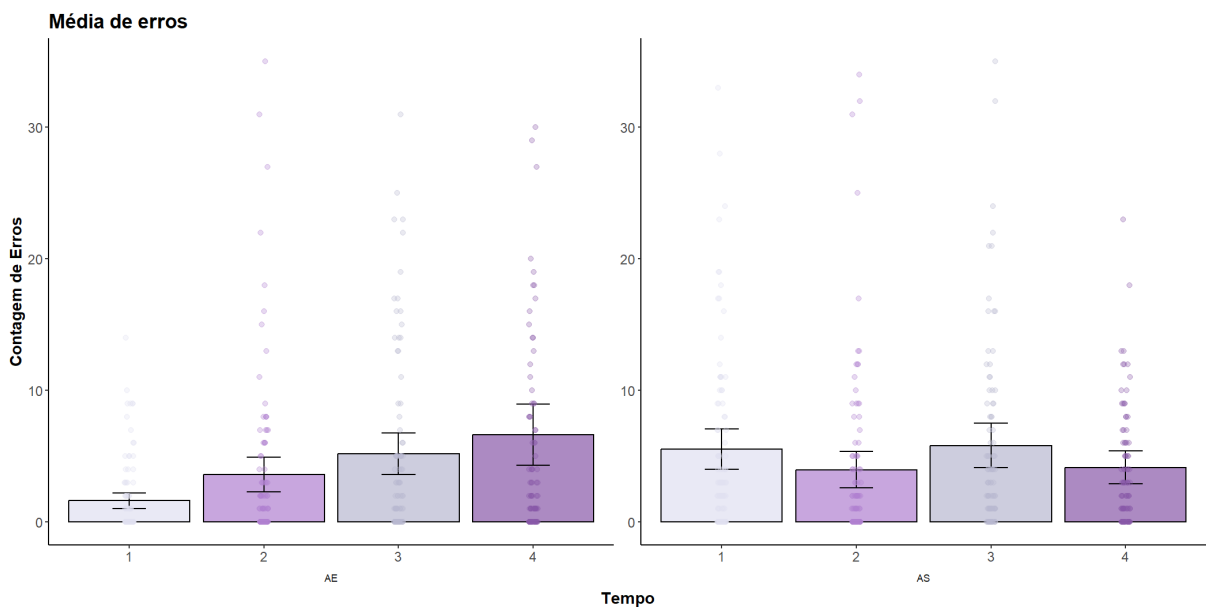


Figura 5.4 – Frequência acumulada (somatório) dos erros executivos (intra-, inter-, contagem, *buffer*) por tempo e por condição.

Os resultados revelaram diferenças nas distribuições dos erros entre as diferentes condições experimentais (AE, AS e SM) ao longo do tempo (tentativas um, dois, três e quatro para AE e AS; um, dois e quatro para SM) para diferentes categorias de erros e para a ocorrência de tempo de processamento executivo (ver Figura 5.5).

O tipo de erro que apresentou maiores frequências foi o intra-bloco, para as condições AE e AS. Em contrapartida, o tipo de erro que apresentou as menores contagens foi o inter-bloco, para as condições AE e AS. Para os erros intra-bloco (Figura 5.5 - Parte A), observou-se uma maior frequência para a condição AS, especialmente nos tempos 1 e 3, com grande dispersão dos dados. Também observou-se a presença de *outliers* nos tempos 2, 3 e 4. A condição AE apresentou um aumento progressivo em suas contagens até o tempo 3, onde

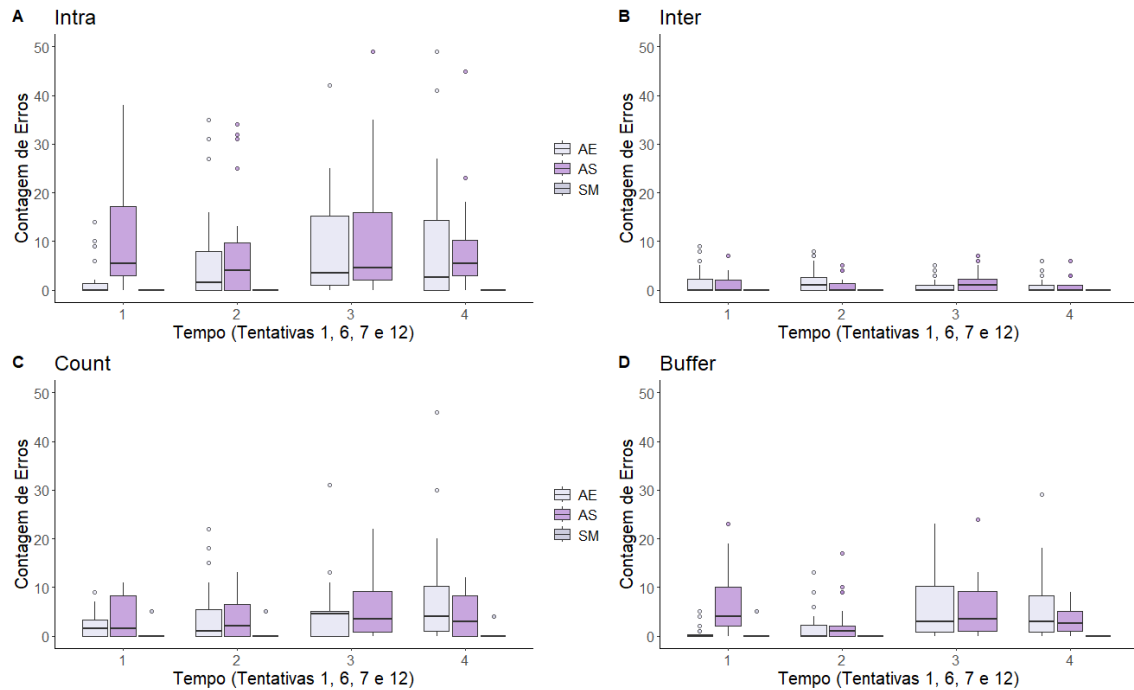


Figura 5.5 – Frequência de erros: A - intra-bloco; B - inter-bloco ; C - contagem; D - *buffer*.

houve uma estabilização que se manteve até o tempo 4. Adicionalmente, foi possível observar *outliers* para as condições AE e AS em todos os tempos. A condição SM apresentou valores nulos em todas as tentativas. Para os erros inter-bloco (Figura 5.5 - Parte B), as contagens foram baixas em todas as condições, com medianas próximas de zero e presença de *outliers* ao longo de todos os tempos para as condições AE e AS. Mais uma vez, a condição SM apresentou valores nulos em todos os tempos. Em relação aos erros do tipo de contagem (Figura 5.5 - Parte C), os resultados mostram uma maior ocorrência na condição AS em relação à condição AE nos tempos 1, 2 e 3. Para a condição AE, as medianas foram próximas de zero (exceto para o tempo 3) e foram observados *outliers* em todos os tempos. Novamente, a condição SM apresentou contagens próximas de zero, dessa vez com *outliers* nos tempos 1, 2 e 4. Por fim, para a ocorrência de tempo de processamento executivo (Figura 5.5 - Parte D), as contagens foram maiores para a condição AE nos tempos 2, 3 e 4, com *outliers* nos tempos 1, 2 e 4. A condição AS apresentou *outliers* nos tempos 1, 2 e 3. No tempo 1, apenas a condição AS apresentou uma grande variabilidade. As distribuições da condição AE tornaram-se maiores a partir do tempo 3, mantendo-se de forma similar no tempo 4. A distribuição da condição AS também tornou-se maior no tempo 3, porém voltou a diminuir no tempo 4.

Os resultados indicaram efeito significativo do tempo (Wald = 12; GL = 3; $p = 0,0088$), do tipo de erro (Wald = 614; GL = 3; $p < 0,0001$) e das interações entre: i) tempo e condição (Wald = 42; GL = 3; $p < 0,0001$); ii) tempo e tipo de erro (Wald = 41; GL = 9; $p < 0,0001$); iii) condição e tipo de erro (Wald = 12; GL = 3; $p = 0,006$) e iv) os três fatores (Wald = 41; GL = 9; $p < 0,0001$) sobre a medida de contagem de erros executivos. A Tabela 5.6 apresenta os resultados obtidos.

A análise das comparações múltiplas utilizando o ajuste de Tukey revelou diferenças significativas entre os tempos dentro de cada condição experimental para os diferentes tipos de erro analisados.

Tabela 5.6 – Comparação das frequências de erros (executivos + *buffers*) nos quatro tempos analisados notacionalmente.

	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4
Condição	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
AE	1,44 ± 1,80*#	3,13 ± 2,91*	3,85 ± 3,60*†	4,80 ± 4,23*†
AS	4,17 ± 3,27*†	3,00 ± 2,88*#	4,81 ± 3,80*	3,19 ± 2,17*

Nota: * : diferença significativa da condição SM; †: diferença significativa da condição AE - Tempo 1; # : diferença significativa da condição AS - Tempo 1. AE 1 - AE 3 ($p = 0,0009$); AE 1 - AE 4 ($p = 0,0004$); AS 1 - AS 2 ($p = 0,0018$); AE 1 - AS 1 ($p < 0,0001$).

As Figuras 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 mostram, em sua parte A, as distribuições dos tipos de erros e da ocorrência de tempo de processamento executivo para as condições experimentais AE, AS e SM ao longo do tempo. Adicionalmente, a parte B mostra as quantidades totais de erros de cada categoria, para todas as condições, ao longo do tempo, por sujeito.

Para os erros do tipo intra-bloco, na condição AE, as comparações post-hoc indicaram diferenças estatisticamente significativas positivas entre os tempos 1 e 3 ($\beta = -6,83$; DP = 9,99; $p = 0,0189$, d de Cohen = 0,52). Para a interação entre a condição AE e condição AS, houve diferença significativa positiva no tempo 1 ($\beta = -8,88$; DP = 9,80; $p = 0,0003$, d de Cohen = 0,59).

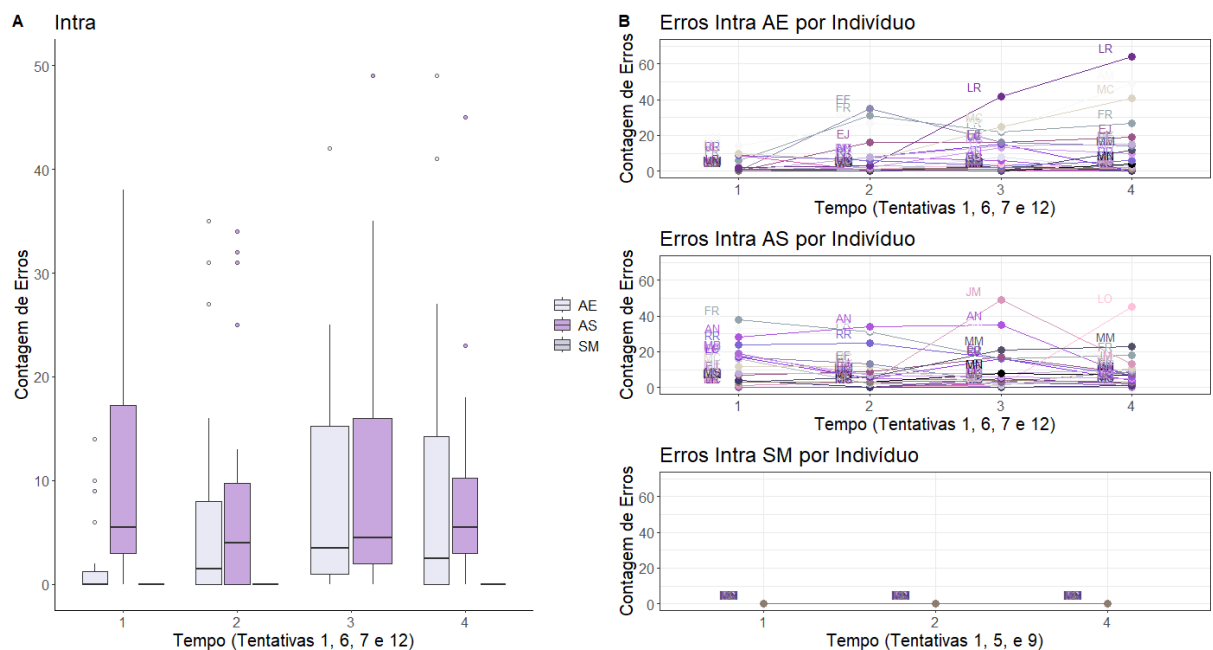


Figura 5.6 – A - Frequência de erros do tipo intra-bloco por tempo e por condição; B - Quantidade de erros intra-bloco por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE, AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

Não foi encontrada diferença significativa nas comparações para os erros inter-bloco.

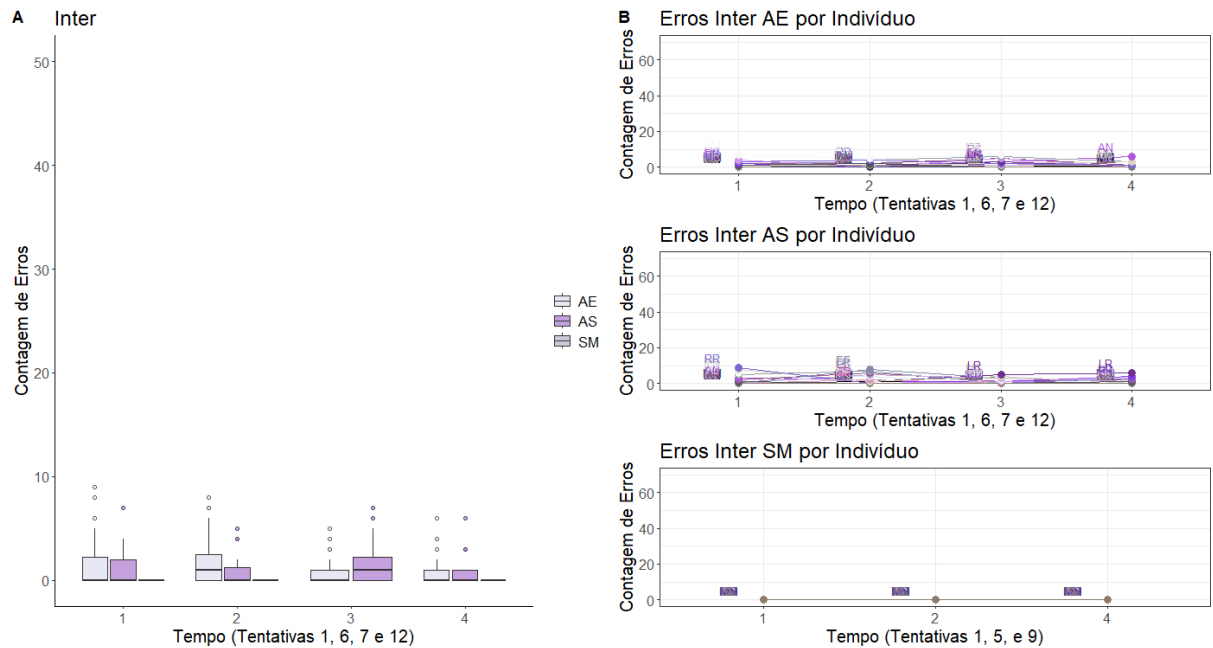


Figura 5.7 – A - Frequência de erros do tipo inter-bloco por tempo e por condição; B - Quantidade de erros inter-bloco por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE, AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

Também não foram encontradas diferenças significativas nas comparações para os erros de contagem.

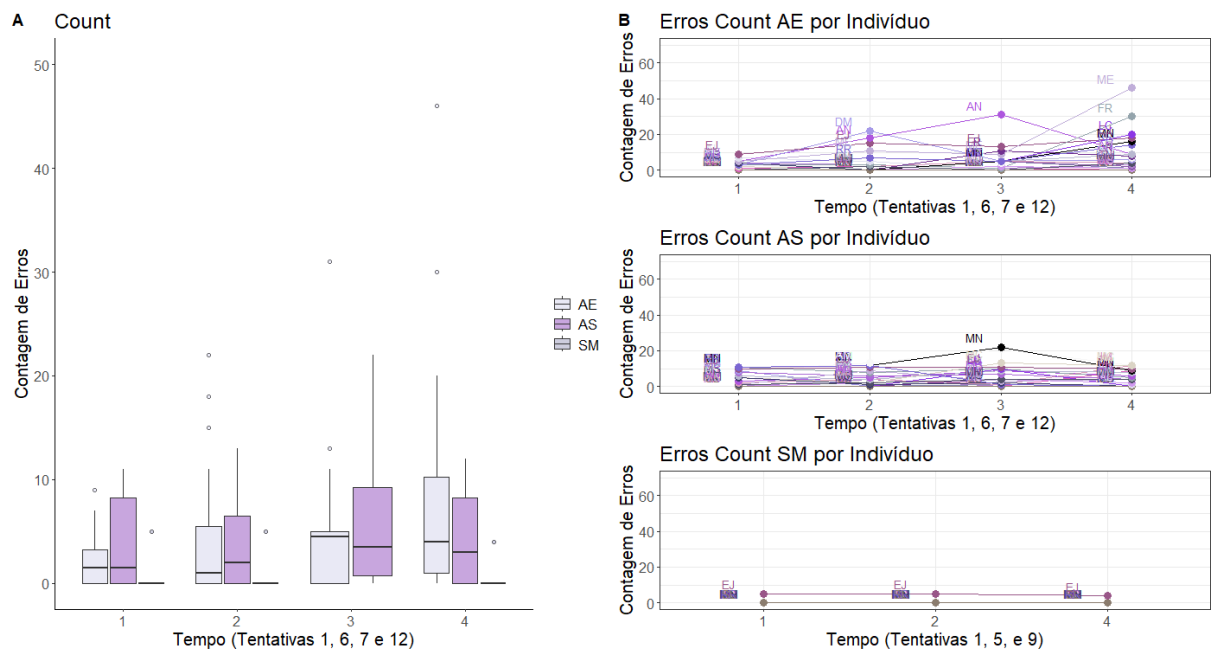


Figura 5.8 – A - Frequência de erros do tipo de contagem por tempo e por condição; B - Quantidade de erros de contagem por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE, AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

Em relação à ocorrência de *buffers*, na condição AE, as comparações *post-hoc* indicaram diferenças estatisticamente significativas positivas entre os tempos: i) 1 e 3 ($\beta = -5,54$; DP = 7,10; $p = 0,0037$, d de Cohen = 0,87); ii) 1 e 4 ($\beta = -5,29$; DP = 7,10; $p = 0,0065$); iii) 2 e 3 ($\beta = -4,29$; DP = 5,24; $p = 0,0018$, d de Cohen = 0,44); e iv) 2 e 4 ($\beta = -4,04$; DP = 6,12; $p = 0,0274$, d de Cohen = 0,43). Para a condição AS, a análise *post-hoc* indicou diferenças significativas entre os tempos 1 e 2 - negativa ($\beta = 3,42$; DP = 5,10; $p = 0,0242$, d de Cohen = 0,30) e 2 e 3 - positiva ($\beta = -2,83$; DP = 3,87; $p = 0,0088$, d de Cohen = 0,27). Para a interação entre a condição AE e condição AS, as comparações indicaram diferença significativa positiva no tempo 1 ($\beta = -5,50$; DP = 6,27; $p = 0,0005$, d de Cohen = 0,86).

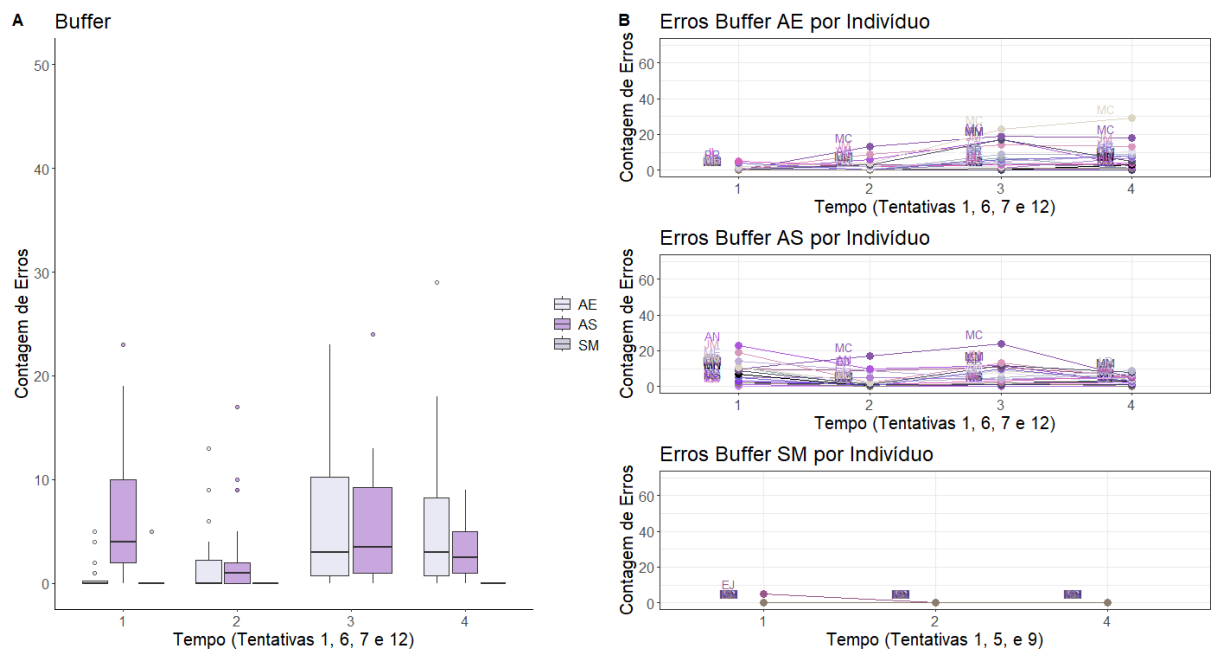


Figura 5.9 – A - Frequência da ocorrência de tempo de processamento executivo por tempo e por condição; B - Quantidade de *buffers* por participante em cada um dos quatro momentos da sessão AE AS e SM; AE: Adição de elementos; AS: Alteração de sequência; SM: Sem manipulação.

6 Discussão

O presente trabalho comparou os efeitos de intervenções de karatê shotokan com diferentes níveis de engajamento cognitivo sobre o desempenho da memória de trabalho de crianças neurotípicas em idade escolar, praticantes de karatê por pelo menos dois anos. Para isso, foram delimitadas variáveis dependentes relacionadas à memória de trabalho sensíveis aos erros de natureza executiva cometidos durante a realização das tarefas experimentais. Adicionalmente, era necessário que essas variáveis fossem capazes de captar mudanças no desempenho dos participantes de acordo com o progressivo aumento da complexidade da tarefa de karatê. Especificamente, essas variáveis são: i) erros intra-bloco; ii) erros inter-bloco; iii) erros de contagem; e iv) tempo de processamento executivo (*buffer*). Uma vez definidas as variáveis de interesse, avaliou-se o efeito da implementação das condições experimentais sobre o desempenho da memória de trabalho dos participantes. Essa avaliação aconteceu de duas formas: i) análise do efeito da intervenção sobre o desempenho pré e pós em uma tarefa executiva computadorizada de memória de trabalho (*Corsi Block*); e ii) análise do resultado da manipulação de parâmetros de estimulação cognitiva sobre o comportamento em tarefas de karatê em contexto ecológico (análise observacional).

As hipóteses do presente trabalho foram parcialmente confirmadas. Esperava-se que o aumento da demanda cognitiva nas tarefas enriquecidas promoveria uma maior ocorrência de erros executivos, assim como um aumento no número de *buffers*. Também era esperado que o aumento dos erros aconteceria diferentemente de acordo com a condição avaliada. Isso se mostrou verdadeiro tanto para a condição AE quanto para a condição AS quando todos os tipos de erro e a ocorrência de *buffer* foram agrupados (vide Figura 5.4). Na condição AE foi possível observar um aumento progressivo da frequência de erros na medida em que se avançava nas tentativas da tarefa. Na condição AS, por outro lado, a contagem de erros começou elevada, diminuiu no tempo 2 (tentativa 6), aumentou novamente no tempo 3 (tentativa 7) e diminuiu novamente no tempo 4 (tentativa 12).

O resultado do desempenho dos participantes no *Corsi Block* sugere duas explicações complementares: i) intervenções de karatê shotokan (independentemente de serem ou não enriquecidas cognitivamente) têm efeitos agudos nulos de potencialização do desempenho da MT ou até mesmo de diminuição do desempenho em tarefas executivas computadorizadas que avaliam a MT, possivelmente devido a um mecanismo de fadiga cognitiva (Chen *et al.*, 2018; Leahy; Sweller, 2019); e ii) tarefas executivas computadorizadas como o *Corsi Block* podem não ser capazes de acessar os aspectos psicomotores envolvidos na melhoria de habilidades relacionadas a constructos cognitivos como a memória de trabalho.

Desempenho executivo

Um grande número de estudos parte do pressuposto que tarefas computadorizadas são um “padrão-ouro” na avaliação das FEs e das possíveis mudanças que podem ocorrer nelas após intervenções agudas ou crônicas (Guerra *et al.*, 2022). O que se estabelece, por meio da tradição de pesquisa da relação exercício-cognição, é que qualquer efeito, seja ele positivo ou não, será adequadamente identificado por meio da utilização de qualquer teste, desde que o mesmo seja validado (Berardi *et al.*, 2021). Essa tese é questionável, uma vez que é consenso na área a interdependência característica dos componentes das FEs (Miyake; Friedman, 2012). Sabe-se que os instrumentos possuem uma deficiência intrínseca em isolar as dimensões que compõem os construtos que se propõem a avaliar (Miyake; Friedman, 2012). Ao mesmo tempo, as habilidades necessárias para um bom desempenho na tarefa computadorizada (utilização de mouse de computador, mudança de foco atencional entre imagens em uma tela) não apresentam paridade com as habilidades necessárias para um bom desempenho nas tarefas de esporte elaboradas com a intencionalidade de melhorar as FEs (manipulação de informações recém-obtidas enquanto realiza uma sequência motora, retenção de elementos na memória de curto prazo enquanto regula o fluxo respiratório) (Morra *et al.*, 2018). É notável que a transferência de habilidades seria necessária nesse cenário, transferência essa que apresenta limitações no caso do treinamento cognitivo (p. ex. ganhos cognitivos advindos de treinamento computadorizado se traduzindo em melhorias observáveis em cenários ecológicos) (Diamond; Ling, 2020; Guerra *et al.*, 2022). Soma-se a isso a não correspondência entre intervenção e instrumento de avaliação: os contextos socio-motivacionais em que as duas tarefas são realizadas não são iguais (Diamond; Ling, 2020).

Nossos resultados não estão alinhados com os achados de Chang *et al.* (2012) que, tendo como objetivo investigar a relação entre exercício agudo e desempenho cognitivo, indicaram, em sua meta-análise, que uma única sessão de exercício tem um pequeno efeito positivo no desempenho cognitivo (processamento de informação, tempo de reação, inteligência cristalizada, atenção, FEs e memória). Outras revisões sobre a relação exercício-cognição também encontraram efeitos positivos moderados para as FEs (Verburgh *et al.*, 2014; Haverkamp *et al.*, 2020). Especificamente, a meta-análise de Verburgh *et al.* (2014) indicou que o exercício agudo mostrou um efeito geral moderado e positivo sobre as FEs, independentemente da idade. Em contrapartida, quatro estudos reportaram os efeitos do exercício agudo sobre a MT apenas em jovens adultos. A análise desses resultados revelou um tamanho de efeito não significativo (Verburgh *et al.*, 2014). Sobre a meta-análise de Haverkamp *et al.* (2020), foi encontrado um efeito moderado para as FEs em geral, porém nenhum efeito para a MT, para o exercício agudo. Em relação ao exercício crônico, o tamanho de efeito moderado para as FEs se repetiu, com um tamanho de efeito grande para a MT sendo encontrado. É importante res-

saltar a grande heterogeneidade identificada nos efeitos dos estudos analisados ([Haverkamp et al., 2020](#)). De forma geral, os resultados oriundos dessas meta-análises parecem apontar para uma diferença entre os efeitos do exercício sobre as FEs em geral e sobre componentes específicos como a MT. Uma vez que as FEs estão conectadas de forma interdependente, esperaria-se que efeitos positivos sobre um componente pudessem ser observados, mesmo que marginalmente, em outros componentes ([Miyake; Emerson; Friedman, 2000](#); [Miyake; Friedman, 2012](#)). Resta compreender se esse fenômeno é causado por diferenças nas tarefas computadorizadas utilizadas para avaliar os componentes das FEs ([Morra et al., 2018](#)) ou por mecanismos ainda não explorados (p. ex. fadiga cognitiva) que explicam o comportamento de diferentes construtos cognitivos pós-intervenções baseadas em atividade física ([Anguera et al., 2012](#)). Em outras palavras, não se tinha, até o presente momento, conhecimento sobre as condições que envolvem a acessibilidade do construto cognitivo específico avaliado depois de uma sessão aguda de intervenção.

Entre os estudos experimentais que investigam a melhoria no desempenho em tarefas executivas computadorizadas por meio de intervenções com atividade física cognitivamente engajante, poucos apresentam desenhos experimentais que são majoritariamente reproduzíveis ([Bedard et al., 2021](#); [Giordano; Alesi, 2022](#); [Anzeneder et al., 2023a](#); [Anzeneder et al., 2023b](#); [Kolovelonis et al., 2023](#)). Dentre esses, apenas o de [Giordano e Alesi \(2022\)](#) seria adequadamente classificado como um programa de atividade física enriquecido, de acordo com a definição utilizada no presente trabalho - tarefas que apresentam alta interferência contextual (mudanças imprevisíveis contextualizadas), controle mental (desafio sistemático das diferentes subdimensões das funções executivas com base em seus construtos) e descoberta (resolução de problemas psicomotores variados) em conjunto com parâmetros de estimulação das funções executivas.

O trabalho de [Giordano e Alesi \(2022\)](#) apresenta especificidades que facilitam a sua reprodutibilidade, como a descrição explícita das regras que constituem a tarefa experimental. Outros aspectos, como a não descrição do número de vezes que cada criança participa da tarefa, do tempo médio que uma criança levou para completar cada circuito e do tratamento dado ao erro, dificultam a comparabilidade entre resultados. Embora a MT não tenha sido avaliada no estudo, trata-se de mais um estudo que encontrou resultados positivos para o componente do controle inibitório.

[Bedard et al. \(2021\)](#) avaliaram o efeito de uma intervenção de AF demandante cognitivamente, em comparação com AF não engajante e com atividade sedentária engajante cognitivamente, sobre a inibição de crianças de 6 a 8 anos de idade. Assim como no presente estudo, [Bedard et al. \(2021\)](#) não encontraram diferenças significativas nas métricas de FEs avaliadas entre os grupos analisados. Curiosamente, o grupo de atividade física cognitivamente engajante apresentou o pior desempenho quando comparado com os outros dois grupos (atividade física não engajante e atividade sedentária engajante). Infelizmente, a

comparação com esse trabalho é comprometida pela forma em que as tarefas experimentais são estruturadas: a tarefa de intervenção possui exatamente a mesma mecânica da tarefa sedentária. A diferenciação reside na utilização do corpo como instrumento de jogo, ou seja, a única diferença entre as tarefas é que enquanto o grupo sedentário utiliza pequenos objetos para tentar formar linhas em um tabuleiro, o grupo experimental usa o próprio corpo para formar linhas em um tabuleiro gigante. Essa abordagem não parece ser suficientemente enriquecida de acordo com a literatura mais recente (Diamond; Ling, 2020; Pesce *et al.*, 2023). Isso se dá pois a conceitualização de demanda cognitiva não apresenta especificidade, com o desenho da intervenção partindo da interpretação de que a atividade proposta necessita simplesmente de "atividade cognitiva", independentemente do nível de engajamento ou da intencionalidade por trás da implementação da mesma.

Outros autores também encontraram evidências conflitantes sobre os efeitos de atividade física cognitivamente engajante sobre as FEs. Dois estudos oriundos do mesmo projeto de pesquisa (Anzeneder *et al.*, 2023a; Anzeneder *et al.*, 2023b) se propuseram a investigar os efeitos de práticas de *exergaming* (combinação de exercício físico e videogames, na qual os jogadores se movimentam ativamente para interagir com o jogo) sobre o controle executivo e medidas de atenção. Esses estudos analisaram, respectivamente, os papéis da dose de desafio cognitivo e da duração da intervenção sobre suas variáveis dependentes. Embora sessões com alto desafio cognitivo e com duração de 15 minutos tenham sido benéficas para o tempo de reação na testagem de FEs selecionada (*design fluency test*), não foram encontrados efeitos para a medida de precisão (Anzeneder *et al.*, 2023a; Anzeneder *et al.*, 2023b). É importante citar que os estudos em questão não possuíam nenhuma condição controle em seu desenho experimental cruzado, tampouco realizaram uma testagem do controle executivo antes das sessões de *exergaming*.

Em outro projeto que investigou o efeito de *exergaming* sobre as FEs de crianças, Kolo-velonis *et al.* (2023) obtiveram resultados que indicam que sessões agudas de educação física baseadas em *exergaming* beneficiaram as FEs, em específico, a flexibilidade cognitiva. Os dois estudos que compõem esse trabalho: i) projeto quase experimental de dois grupos, medidas repetidas e cruzadas; e ii) projeto de pré e pós-teste, entre sujeitos, aplicado aos alunos do grupo experimental de um estudo prévio com *exergames*, avaliaram as FEs somente por meio de um teste (*design fluency test*). Adicionalmente, a descrição da intervenção apresenta lacunas, com aspectos qualitativos (modo de instrução, tipo de *feedback*, tratamento dado ao erro, quantificação da demanda cognitiva da tarefa) não sendo apresentados.

Em suma, estudos que investigam os efeitos que a atividade física cognitivamente demandante pode ter sobre as FEs e seus componentes apresentam resultados com limitada comparabilidade. Uma das possíveis explicações para isso reside na falta de parametrização clara e objetiva dos construtos cognitivos que serão acessados por meio de intervenções experimentais (Morra *et al.*, 2018; Diamond; Ling, 2020). O volume de evidências que

corroboram a hipótese da estimulação cognitiva é sempre aconselhado a ser analisado com cautela (Diamond; Ling, 2020; Pesce *et al.*, 2023). Isso se dá pois os estudos de intervenção, mesmo os mais recentes, apresentam descrições metodológicas limitadas, com lacunas que impedem a sua fiel reprodutibilidade ou até mesmo a correta interpretação do que de fato ocorreu durante a intervenção. Estudos que apresentam resultados positivos (Schmidt *et al.*, 2020; Biino *et al.*, 2023) e estudos que apresentam resultados não significativos (Bedard *et al.*, 2021; Bulten *et al.*, 2022; Mavilidi *et al.*, 2023) possuem os mesmos problemas metodológicos estruturais: i) falta de especificidade na conceitualização da demanda cognitiva (entende-se que a demanda cognitiva inerente às atividades é suficiente para a estimulação de construtos cognitivos específicos); ii) não-quantificação da demanda cognitiva; iii) não quantificação da demanda coordenativa; iv) falta de descrição das regras que progridem a complexidade na tarefa ou falta de progressão de complexidade ao todo; v) falta de descrição do tratamento dado ao erro; vi) falta de avaliação do desempenho durante a realização da tarefa. Embora já tenham sido sugeridas abordagens em que comportamentos são categorizados com base em sistemas de observações padronizados (Pesce, 2012), a área carece de desenhos metodológicos que descrevam com clareza o que os participantes fizeram durante as atividades propostas (Pesce *et al.*, 2023). Sabe-se também que a avaliação do engajamento cognitivo é fundamental para entender os papéis que as variáveis qualitativas do exercício desempenham na relação exercício-cognição (Pesce, 2012; Tomporowski; McCullick; Pesce, 2015).

Trata-se de uma questão estrutural: não se tinha, até o presente momento, resultados que conceituassem e especificassem a demanda cognitiva imposta pelas intervenções, quantificassem essas demandas, descrevessem as regras por meio das quais as tarefas progridem em complexidade ou mostrassem qual o desempenho dos participantes durante as intervenções. Por conta disso, os resultados obtidos por meio da análise observacional do comportamento durante as tarefas de karatê shotokan serão discutidos, principalmente, de forma teórica, devido à não comparabilidade dos estudos existentes na literatura da área, especialmente do ponto de vista metodológico.

Desempenho ecológico da memória de trabalho

Nos últimos anos, foi possível visualizar um aumento acentuado no número de revisões sistemáticas que abordam a temática do efeito de programas de atividade física sobre as FEs, de forma desproporcional ao número de artigos principais (Pesce *et al.*, 2023). Ao mesmo tempo, há dificuldade em identificar revisões sistemáticas de maior qualidade devido a um efeito de piso (ou seja, a maioria das revisões é de uma qualidade semelhante e abaixo do esperado) (Pesce *et al.*, 2023). O mesmo acontece para artigos principais devido a uma grande diversidade de qualidades metodológicas e avaliações de risco de viés, além de inconsistências nos resultados encontrados (Pesce *et al.*, 2023). Essas inconsistências

representam uma das justificativas do presente trabalho: estudos experimentais que abordam o efeito de programas de atividade física cognitivamente engajante sobre as FEs apresentam, em sua maioria, descrições metodológicas frágeis, com tarefas experimentais irreproduzíveis. Nesse sentido, muitos protocolos de intervenção não incluem: i) detalhamento do tempo de prática (o que é feito em cada momento da intervenção) (Ishihara *et al.*, 2017a; Aadland *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2018; Laurent; Burkart; Alhassan, 2018; Ludyga *et al.*, 2019; Meijer *et al.*, 2020; GAI *et al.*, 2021); ii) componente das funções executivas exigido (qual capacidade cognitiva está sendo demandada e como) (Best, 2012; Sjöwall *et al.*, 2019; Egger *et al.*, 2019; Gao *et al.*, 2019; Xiong; Zhang; Gao, 2019; Fels *et al.*, 2020; Fronza *et al.*, 2020; Bruijn *et al.*, 2020; Bruijn *et al.*, 2021; Vazou; Mavilidi, 2021); iii) natureza do ambiente de aprendizagem (tipo de *feedback* fornecido, tratamento dado ao erro) (Staiano; Abraham; Calvert, 2012; Lonsdale *et al.*, 2016; Wright *et al.*, 2016; Niet *et al.*, 2016; Konijnenberg; Fredriksen, 2018; Egger; Conzelmann; Schmidt, 2018); iv) variável manipulada (quantidade de elementos em uma sequência a serem retidos e reorganizados, tempo disponível para responder a um estímulo etc.) (Mazzoli *et al.*, 2021; Meijer *et al.*, 2022; Bulten *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2022; Grosprêtre *et al.*, 2023; Badau *et al.*, 2023; Mavilidi *et al.*, 2023).

Em sua meta-revisão sistemática, Pesce *et al.* (2023) investigou qual o papel do contexto entre os fatores que influenciam ou explicam a relação exercício-cognição. Com base em seus resultados, foi possível concluir que existe uma relativa negligência do contexto da atividade física nas revisões sistemáticas e meta-análises avaliadas (Pesce *et al.*, 2023). Também foi possível concluir que existem diversos moderadores (idade, quantidade e qualidade de atividade física, tipo de comparador, tipo de implementação e modo de apresentação do programa) que explicam as diferenças na consistência e na força de evidência entre os artigos principais analisados (Pesce *et al.*, 2023). Argumenta-se que, para além de simplesmente pedir por mais estudos de alta qualidade, mais valor deve ser atribuído a estudos que descrevem em detalhe como a atividade física é realizada e quais são os níveis de interação social e as características do ambiente de implementação (Diamond; Ling, 2020; Pesce *et al.*, 2023). Por fim, o trabalho de Pesce *et al.* (2023) indica que condições específicas do contexto podem desencadear diferentes mecanismos mediadores do efeito da atividade física sobre a cognição (Pesce *et al.*, 2023). Especificamente, o mecanismo mais generalizável que encontrou confirmação em todas as idades e ecologias de atividade física é o do esforço físico (Pesce *et al.*, 2023).

A síntese realizada por Pesce *et al.* (2023) corrobora a noção de que, para desenvolver capacidades cognitivas específicas, um ponto ideal de desafio deve ser alcançado (Pesce *et al.*, 2013) por meio de uma progressão de complexidade de atividades com carga executiva (Tomprowski; McCullick; Pesce, 2015; Lauenroth; Ioannidis; Teichmann, 2016; Rowe *et al.*, 2019). Anteriormente, evidenciou-se que o engajamento cognitivo provocado por atividade física enriquecida, quando envolve o aprendizado de habilidades e é fornecida por especialistas, parece ser fundamental para obter ganhos de inibição em crianças e

adolescentes (Álvarez-Bueno *et al.*, 2017; Greeff *et al.*, 2018; Vazou *et al.*, 2019). No nosso caso, esses resultados positivos não puderam ser observados para a MT, ainda que os critérios metodológicos descritos por Pesce *et al.* (2023) (atividade física enriquecida, aprendizado de habilidades e instrução por especialistas) fossem satisfeitos.

Em seu trabalho, Egger, Conzelmann e Schmidt (2018) indicam que programas de atividade física em sala de aula não são benéficos para as FEs de crianças, com resultados não significativos para os três componentes das FEs (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva). Esse estudo apresenta como única avaliação das FEs as tarefas computadorizadas. Os autores reconhecem que estudos futuros deveriam focar em compreender a relação dose-resposta de atividade física cognitivamente engajante e, mais especificamente, a relação “qualidade-resposta” (Pesce, 2012) ao comparar sistematicamente a quantidade de demanda cognitiva inerente em atividades físicas. Essa problemática foi abordada no presente trabalho por meio da análise da equivalência entre as tarefas experimentais baseadas em parâmetros de estimulação cognitiva e os resultados obtidos por análise notacional dos erros executivos cometidos durante as tarefas.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que tarefas de karatê shotokan podem acessar construtos cognitivos como a MT de forma intencional por meio de parâmetros de estimulação cognitiva. Porém, essas mesmas tarefas podem ser responsáveis pelo desencadeamento de um processo agudo de fadiga cognitiva que tem como base a depleção de recursos neurais (Chen *et al.*, 2018). Isso se dá pois a memória de trabalho opera com capacidade limitada e depende de recursos neurais finitos (Baddeley, 2012; Leahy; Sweller, 2019). Recursos esses que, enquanto presentes, permitem a realização das tarefas em níveis progressivamente mais demandantes cognitivamente. Em contrapartida, uma vez que a tarefa se encerra e o participante é encaminhado para o teste pós-intervenção, a utilização dos recursos durante as tarefas impede que o mesmo desempenhe de forma superior ao apresentado em uma condição de repouso (Leahy; Sweller, 2019).

Em suma, houve sucesso na manipulação dos parâmetros de MT uma vez que as condições experimentais apresentaram perfis distintos de resposta em termos de desempenho da MT. Embora o desempenho na tarefa *Corsi Block* tenha apresentado valores menores no pós em relação ao pré, os resultados obtidos a partir da análise observacional mostram que houve uma melhoria no desempenho da memória de trabalho dos participantes durante a realização da tarefa experimental na condição AS - diferenças significativas negativas entre os tempos 1 e 2 ($p = 0,0242$). Ao analisar a média de erros agrupados (Figura 5.4), percebe-se que, para a condição AE, a quantidade de erros e *buffers* inicia próxima de zero e aumenta progressivamente na medida em que a tarefa avança. Isso faz sentido dentro do desenho da tarefa, uma vez que a tarefa de AE inicia-se com apenas um elemento sendo adicionado, e mais elementos são sequencialmente adicionados ao *kihon kata*. Ainda sobre a condição AE, quando se trata da categorização dos erros executivos e do *buffer* (ver Figura

5.5), e ao analisar a distribuição dos erros do tipo intra-bloco, por exemplo, nota-se que a quantidade de erros inicia perto de zero, aumenta no tempo 2 e no tempo 3 e se estabiliza no tempo 4. Isso indica que os participantes, durante a realização da tarefa, conseguiram adequar-se, no domínio psicomotor, às demandas executivas impostas pela tarefa de karatê enriquecida cognitivamente. Em outras palavras, se não houve um aumento do número de erros do tempo 3 para o tempo 4, é possível argumentar que entre as tentativas 7 e 12 houve uma melhoria no desempenho da memória de trabalho dos participantes, uma vez que eles conseguiram lidar com demandas incrementais de MT e complexidade coordenativa (aumento progressivo do número de gestos técnicos a serem adicionados ao *kihon kata*). O mesmo padrão pode ser observado nos erros do tipo inter-bloco e também na ocorrência de *buffers*.

As diferentes distribuições de erros observadas nas condições AE e AS permitem compreender que as duas tarefas geraram estímulos distintos no que se diz respeito ao engajamento da memória de trabalho. Isso se dá pois enquanto a condição AE apresenta uma distribuição geral de erros incremental, em que se observa um pequeno aumento do número de erros a cada tempo, a condição AS apresenta uma distribuição distinta. Na condição AS, a quantidade de erros começa mais elevada, diminui no tempo 2, aumenta no tempo 3 e volta a cair no tempo 4. Isso está totalmente de acordo com o desenho da tarefa, uma vez que nessa condição os participantes iniciam a tarefa com uma demanda cognitiva maior do que na condição AE, por terem que aprender uma maior quantidade de regras “se-então” logo no início. No tempo 2, os participantes estão realizando a tarefa com o mesmo nível de complexidade estabelecido no tempo 1. Já no tempo 3, a complexidade aumenta uma vez que as regras “se-então” são misturadas e as sequências que devem ser adicionadas ao *kihon kata* são alteradas. No tempo 4, a complexidade continua alta, com mais alterações de sequências sendo realizadas. O que se observa, ao analisar as distribuições de erros, é que a execução da tarefa por si só não foi capaz de causar uma queda no desempenho da memória de trabalho dos participantes. Na verdade, os resultados mostram que o desempenho dos participantes melhorou na medida em que a tarefa avançava em complexidade. É possível argumentar que o desempenho da MT dos participantes não foi afetado negativamente pela tarefa, até o momento da testagem computadorizada, pelo contrário, o desenho da tarefa permitiu que as habilidades de retenção e manipulação de informações fossem acessadas a partir de desafios progressivos intencionais (Tomprowski; McCullick; Pesce, 2015; Tomporowski; Pesce, 2019).

Finalmente, a condição controle (SM) apresentou em todos os momentos média de erros igual a zero. Com exceção de um único participante que cometeu erros do tipo de contagem, todos os participantes realizaram a tarefa sem cometer um único erro. Mesmo assim, houve uma pequena diferença não significativa entre os scores pré e pós na tarefa *Corsi Block* para a condição SM. Curiosamente, a maior média pós entre todas as condições

foi na condição SM. Condição essa que envolvia a menor quantidade de repetições do *kihon kata* assim como a menor demanda cognitiva entre todas as condições. Os resultados da condição SM indicam que os participantes possuíam o *kihon kata* estabilizado em suas memórias de longo prazo. Essa estabilização, em conjunto com uma demanda cognitiva estável proporcionada pelo desenho da tarefa, permitiu um menor dispêndio de recursos neurais. Ainda assim, é possível argumentar que os resultados negativos no *Corsi Block* ocorreram em decorrência de um mecanismo de fadiga cognitiva (Chen *et al.*, 2018; Leahy; Sweller, 2019), fadiga essa que, sendo menor na condição SM, explicaria o melhor resultado no pós-teste.

Os resultados encontrados no presente trabalho vão parcialmente ao encontro dos apresentados por Greeff *et al.* (2018). Nessa meta-análise sobre o efeito de atividade física sobre as FEs, na atenção e no desempenho acadêmico de crianças de 6 a 12 anos, o exercício agudo resultou em uma melhoria pequena a moderada de funções cognitivas gerais, porém não foram encontrados efeitos significativos para as FEs (Greeff *et al.*, 2018). Tampouco foram encontrados efeitos significativos para a MT, especificamente (Greeff *et al.*, 2018). Curiosamente, intervenções crônicas apresentaram efeitos tanto para as FEs quanto para a MT (Greeff *et al.*, 2018). Sobre intervenções cognitivamente engajantes, a meta-análise não encontrou efeitos significativos para intervenções agudas, mas sim em intervenções crônicas (efeito moderado a grande) (Greeff *et al.*, 2018). Essas evidências, em conjunto com os nossos resultados, levam a considerar a possibilidade de intervenções de exercício, em específico atividades cognitivamente engajantes, não possuírem efeito agudo positivo ou até mesmo um efeito de diminuição do desempenho em tarefas executivas computadorizadas.

Nossos resultados mostram, por meio da análise observacional realizada, que as demandas executivas de tarefas experimentais enriquecidas cognitivamente acessam o construto cognitivo alvo. Por meio da análise dos erros executivos e dos *buffers*, é possível notar que as tarefas atingiram seus objetivos ao acessar sistematicamente as habilidades psicomotoras associadas à MT por meio de desafios incrementais. Duas possíveis explicações para a não transferência entre desempenho na tarefa e desempenho na testagem podem residir na temporalidade: tanto da intervenção quanto da avaliação. Essas explicações sugerem que os ganhos cognitivos oriundos da prática de atividades físicas cognitivamente demandantes são robustos (Pesce *et al.*, 2023). Para que isso fosse testado, seria necessário um aumento do tempo de intervenção. Sabe-se que a transferência de treinamento nas FEs é estreita (Diamond; Ling, 2020), que indivíduos melhoram naquilo que praticam (Diamond; Ling, 2020) e que habilidades adquiridas são específicas, com pouca generalização para habilidades não treinadas (prática de karatê enriquecido vs. tarefa computadorizada) (Diamond; Ling, 2020). Isso indica que a prática crônica de atividade física cognitivamente engajante pode ser tão benéfica para as FEs que possivelmente supera as limitações de transferência apresentadas (Greeff *et al.*, 2018).

A outra possível explicação diz respeito à temporalidade da testagem: a depleção da memória de trabalho ocorre porque o cérebro consome energia, acumula substâncias inibitórias e sofre alterações na neurotransmissão após esforço intenso (Chen *et al.*, 2018; Leahy; Sweller, 2019). Esse esgotamento temporário reduz a capacidade de manter e manipular informações, explicando o porquê de testagens realizadas logo após o término das tarefas de esporte apresentarem resultados negativos quando comparados com aqueles obtidos em testagens em condição de repouso (Anguera *et al.*, 2012).

Depleção da memória de trabalho por meio de tarefas de karatê shotokan

A Teoria da Carga Cognitiva (TCC) propõe que a aprendizagem é influenciada pela capacidade limitada da memória de trabalho e que o desenho de ambientes de aprendizagem deve otimizar a alocação dos recursos cognitivos (Chen *et al.*, 2018). A teoria se baseia na estrutura evolutiva do conhecimento e na arquitetura cognitiva humana (Plass; Moreno; Brünken, 2010). Plass, Moreno e Brünken (2010) distinguem dois tipos de carga cognitiva: i) intrínseca, determinada pela complexidade inerente do material; e ii) extrínseca, gerada por elementos não essenciais que podem sobrecarregar a cognição.

Essa distinção está diretamente relacionada ao modo como diferentes tipos de conhecimento são adquiridos e processados. Segundo Geary e Berch (2016), o conhecimento humano pode ser dividido em primário e secundário. O conhecimento primário é adquirido de forma natural e inconsciente devido à evolução, não necessitando de ensino formal, como a habilidade de resolver problemas gerais, pensar criticamente e aprender a linguagem nativa (Gog; Sweller, 2015). Já o conhecimento secundário é adquirido por razões culturais e exige esforço consciente e ensino explícito, sendo a base dos conteúdos ensinados em instituições educacionais (Kirschner; Sweller; Clark, 2006).

Essa arquitetura cognitiva, baseada em informações biologicamente primárias, é usada para adquirir, organizar e armazenar informações biologicamente secundárias para uso posterior (Geary; Berch, 2016). Como tal, ela fornece a base cognitiva para o desenho de ambientes de aprendizagem (Kirschner; Sweller; Clark, 2006). O objetivo da instrução é ajudar os alunos a adquirir novos conhecimentos biologicamente secundários, específicos de um domínio, que devem ser armazenados na memória de longo prazo. Para serem armazenadas na memória de longo prazo, as informações novas precisam primeiro ser processadas na memória de trabalho, cuja capacidade é bastante limitada no processamento de informações novas (Baddeley, 1992).

Segundo o conceito de interatividade entre elementos (Sweller, 2010), que se refere ao número de elementos que devem ser processados simultaneamente na memória de trabalho, quando muitos elementos interagem entre si, a carga cognitiva aumenta, como ocorre ao resolver uma equação matemática ou realizar um *kata* de karatê shotokan, onde todas as

partes devem ser consideradas ao mesmo tempo. Por outro lado, tarefas como aprender vocabulário envolvem menos interatividade entre elementos, pois cada palavra pode ser aprendida isoladamente, resultando em uma menor carga cognitiva.

A depleção da MT ocorre quando a realização de tarefas cognitivamente exigentes leva à diminuição temporária da capacidade de processamento e armazenamento de informações (Anguera *et al.*, 2012). Esse fenômeno está associado à fadiga cognitiva e pode comprometer o desempenho em tarefas subsequentes, especialmente quando envolvem alta interatividade entre elementos - por exemplo, a prática de karatê enriquecida a partir de parâmetros de estimulação da MT e tarefa executiva computadorizada de MT (Leahy; Sweller, 2019). Estudos indicam que a depleção resulta da sobrecarga dos recursos limitados da MT, podendo ser agravada por práticas massivas sem intervalos de recuperação (Chen *et al.*, 2018).

Chen *et al.* (2018) caracteriza o esgotamento de recursos neurais como esgotamento da MT, acrescentando esse conceito à TCC. Leahy e Sweller (2019) ampliam esse entendimento, apresentando resultados que indicam a capacidade da memória de trabalho pode tanto diminuir substancialmente devido ao esgotamento após o esforço cognitivo quanto recuperar-se após o descanso.

Quando os elementos de uma tarefa ou material estão altamente interconectados, como em um *kata*, a MT enfrenta desafios adicionais devido à necessidade de integrar e processar essas informações de forma simultânea e eficiente. Quando os elementos são altamente interativos, como em uma tarefa esportiva enriquecida cognitivamente, a memória de trabalho deve manter mais relações contextuais, associando e manipulando múltiplas informações ao mesmo tempo. Essa exigência adicional aumenta a carga cognitiva, especialmente quando a MT já está parcialmente depletada devido ao esforço mental. Dessa forma, os resultados observados no presente trabalho sustentam-se na TCC para explicar por que intervenções agudas de karatê shotokan enriquecidas cognitivamente provocaram diminuições no desempenho da memória de trabalho avaliada por meio de tarefas executivas computadorizadas. Uma vez que a MT foi demandada em níveis progressivos, organizados a partir dos desenhos das tarefas experimentais, é possível entender que houve uma depleção dos recursos neurais (exaustão da MT) necessários para desempenhar na tarefa computadorizada, gerando scores menores no pós- em relação ao pré-teste.

Síntese

Os resultados confirmaram parcialmente as hipóteses do estudo. Como esperado, o aumento da demanda cognitiva nas tarefas enriquecidas resultou em maior ocorrência de erros executivos e *buffers*. Além disso, o padrão de aumento dos erros variou de acordo com a condição experimental.

A manipulação dos parâmetros de memória de trabalho foi eficaz, com padrões distintos

de desempenho nas condições experimentais. Embora a tarefa *Corsi Block* tenha mostrado piora no pós-teste, a análise observacional indicou melhora na memória de trabalho na condição AS. Na condição AE, os erros e buffers aumentaram conforme a tarefa avançava, refletindo a crescente complexidade do *kihon kata*. A estabilização dos erros no tempo 4 da condição AE sugere que os participantes se adaptaram às demandas executivas e à carga cognitiva progressiva. Esse padrão foi observado tanto em erros intra- e inter-bloco quanto em *buffers*.

As distribuições de erros nas condições AE e AS indicam estímulos distintos para a MT. Na condição AE, os erros aumentaram progressivamente, enquanto na condição AS apresentaram um padrão variável, com alta inicial, queda no tempo 2, aumento no tempo 3 e nova redução no tempo 4. Esse padrão reflete o desenho da tarefa, no qual a condição AS impõe maior demanda cognitiva desde o início, exigindo aprendizado imediato de múltiplas regras "se-então". Apesar do aumento da complexidade, os resultados sugerem que a MT foi adequadamente acessada, com desafios progressivos favorecendo a retenção e manipulação de informações (Tompsonski; Pesce, 2019).

Na condição controle (SM), a média de erros foi zero em todos os momentos, exceto para um participante que cometeu erros de contagem. Ainda assim, houve diferença entre os scores pré- e pós- no *Corsi Block*, com a maior média pós observada justamente na condição SM, que apresentou a menor demanda cognitiva e menor número de repetições do *kihon kata*. Os resultados da condição SM indicam que a estabilização do *kihon kata* na memória de longo prazo reduziu o consumo de recursos neurais devido à demanda cognitiva estável da tarefa. Estudos que comparem intervenções crônicas de karatê tradicional com karatê enriquecido cognitivamente são necessários para verificar possíveis diferenças entre níveis distintos de demanda cognitiva aplicada ao esporte, no longo prazo.

O presente trabalho apresenta limitações. Em primeiro lugar, a quantidade de participantes indicada pelo cálculo amostral não pode ser alcançada, por motivos como falta de resposta dos responsáveis e dificuldades de locomoção até o local de intervenção. Adicionalmente, não foi possível realizar o cegamento em relação aos dados antes das análises serem realizadas, uma vez que o autor foi responsável por todas as etapas da pesquisa.

Embora testes computadorizados sejam comuns na avaliação das FEs, essa abordagem é questionada devido à interdependência dos componentes das FEs e às limitações dos testes em isolá-los (Miyake; Friedman, 2012). Os requisitos cognitivos e motores dessas tarefas diferem das exigências das atividades esportivas, o que, aliado à limitada transferência de habilidades entre contextos (Diamond; Ling, 2016), dificulta a correspondência entre intervenção e avaliação.

Estudos sobre atividade física cognitivamente demandante nas funções executivas apresentam baixa comparabilidade devido à falta de parametrização clara dos construtos cognitivos. A literatura alerta para a cautela na interpretação dos resultados, já que as

intervenções carecem de descrições metodológicas detalhadas (Tomprowski; Pesce, 2019; Pesce *et al.*, 2023). Problemas comuns incluem a ausência de especificidade da demanda cognitiva, falta de progressão na complexidade das tarefas e ausência de avaliações de desempenho.

A falta de transferência entre o desempenho nas tarefas experimentais e na testagem pode estar ligada à temporalidade da intervenção e da avaliação. Embora os ganhos cognitivos das atividades físicas cognitivamente exigentes sejam robustos (Pesce *et al.*, 2023), a transferência para as funções executivas é limitada e específica à prática (Diamond; Ling, 2020). Isso sugere que a prática crônica dessas atividades pode superar essas limitações e gerar benefícios mais amplos. Ao mesmo tempo, a depleção da memória de trabalho, causada por consumo de energia cerebral e alterações na neurotransmissão após esforço intenso, pode explicar o pior desempenho em testagens imediatas.

A utilização de parâmetros de estimulação cognitiva em ambientes de aprendizagem aproxima a prática pedagógica da neurociência, qualificando a atuação profissional e permitindo o controle intencional de variáveis cognitivas, afetivas e psicomotoras. Isso potencializa a eficácia das intervenções e facilita a compreensão dos mecanismos subjacentes ao comportamento dos alunos, promovendo maior autonomia do profissional na aplicação de estratégias baseadas na parametrização de construtos cognitivos.

7 Conclusão

Este estudo apresenta, de forma pioneira, uma descrição detalhada das variáveis pedagógicas, metodológicas e da intencionalidade das tarefas em investigações experimentais sobre o efeito de atividades esportivas cognitivamente engajantes nas FEs. Categorizou-se o erro de natureza executiva em erros intra- e inter-bloco, de contagem e *buffer*: foi possível mensurar mudanças no desempenho da memória de trabalho decorrentes do aumento da complexidade das tarefas experimentais. Avaliou-se o resultado da manipulação de parâmetros de estimulação cognitiva no desempenho da MT em tarefas cognitivamente enriquecidas de karatê shotokan: os resultados indicaram que houve sucesso na manipulação dos parâmetros, uma vez que os participantes apresentaram frequências de erros executivos diferentes de zero e com distribuições distintas entre as condições enriquecidas. Avaliou-se o efeito da adição de elementos cognitivo-motores ao *kihon kata* sobre a frequência de erros executivos de *buffers*: os resultados mostraram que os diferentes tipos de enriquecimento cognitivo (AE e AS) resultaram em frequências de erros e *buffers* distintos, sendo a distribuição quantitativa de erros compatível com a progressão intencional de complexidade da tarefa. Avaliou-se o efeito das intervenções sobre o desempenho na tarefa *Corsi Block*: os resultados indicaram que o desempenho apresentou um pequeno declínio do pré- para o pós-teste, em todas as condições (AE, AS e SM), provavelmente devido à fadiga cognitiva gerada pela depleção de recursos neurais durante a realização das tarefas de karatê shotokan.

A partir dos resultados obtidos, algumas lacunas foram preenchidas. Foi conduzido, até onde se tem conhecimento, pela primeira vez, um estudo experimental na temática do efeito de atividades esportivas cognitivamente engajantes sobre as FEs que apresenta uma descrição minuciosa das variáveis pedagógico-procedimentais (estrutura didática, tipo de *feedback*, tratamento dado ao erro), da organização metodológica (variáveis quantitativas e qualitativas da intervenção) e da intencionalidade das tarefas elaboradas. Também é a primeira vez que intervenções de arte marcial enriquecidas são comparadas com uma intervenção de arte marcial convencional, permitindo o contraste entre os diferentes níveis de demanda cognitiva inerentes a dois processos nuclearmente semelhantes. Finalmente, é também original a utilização da análise observacional para avaliar indicadores de engajamento cognitivo durante a execução de tarefas experimentais. Isso permitiu analisar detalhadamente o impacto dos diferentes parâmetros de estimulação cognitiva sobre a MT, de forma ecológica.

O efeito de atividades esportivas cognitivamente enriquecidas sobre o desempenho da MT de crianças em idade escolar ainda possui lacunas a serem investigadas. Algumas delas propiciadas pelos resultados do presente trabalho. Em uma perspectiva experimental, investigar o efeito de intervenções crônicas de karatê enriquecido pode ajudar a compreender

qual o impacto longitudinal da implementação de parâmetros de estimulação cognitiva em esportes. Metodologicamente, realizar testagens executivas em diferentes momentos da intervenção (no meio da tarefa, imediatamente após, após um período de descanso curto e um longo, etc.) possibilitaria entender os momentos em que a fadiga cognitiva se faz presente e ainda como controlá-la dentro de tarefas de intervenção.

Já em uma perspectiva pedagógica, a utilização de parâmetros de estimulação cognitiva em ambientes de aprendizagem variados pode representar um caminho de aproximação entre profissionais atuantes e evidências de aprendizagem baseadas em neurociência. A adoção de práticas embasadas em princípios neurocientíficos não apenas qualifica a atuação dos profissionais, mas também contribui para a criação de ambientes de aprendizagem que modulam de forma intencional os domínios cognitivo, afetivo e psicomotor. Essa modulação permite que o profissional agora tenha um controle preciso sobre variáveis qualitativas de suas intervenções. Esse controle possibilita que o profissional potencialize tanto a efetividade quanto a adequação de sua prática. Ao mesmo tempo, a utilização dos parâmetros aproxima o profissional de conceitos centrais na temática das FEs, permitindo que ele ganhe, progressivamente, autonomia no entendimento de mecanismos que regem o porquê de seus alunos agirem das mais diversas formas.

Referências

- AADLAND, K. N.; AADLAND, E.; ANDERSEN, J. R.; LERVÅG, A.; MOE, V. F.; RESALAND, G. K.; OMMUNDSEN, Y. Executive function, behavioral self-regulation, and school related well-being did not mediate the effect of school-based physical activity on academic performance in numeracy in 10-year-old children. the active smarter kids (ask) study. **Frontiers in psychology**, Frontiers Media SA, v. 9, p. 245, 2018. Citado na p. 102.
- ALESI, M.; ALESI, M.; BIANCO, A.; PADULO, J.; VELLA, F. P.; PETRUCCI, M.; GENTIL, P.; PAOLI, A.; PALMA, A.; PEPI, A. Motor and cognitive development: the role of karate. **Muscles, ligaments and tendons journal**, v. 4, n. 2, p. 114–120, jul. 2014. MAG ID: 2042995761 S2ID: 0be8fae417a914f50243a54cf3c4486e20e02408. DOI [10.11138/mltj/2014.4.2.114](https://doi.org/10.11138/mltj/2014.4.2.114). Citado nas pp. 18, 26, 27 e 28.
- ÁLVAREZ-BUENO, C.; PESCE, C.; CAVERO-REDONDO, I.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, M.; GARRIDO-MIGUEL, M.; MARTÍNEZ-VIZCAÍNO, V. Academic achievement and physical activity: a meta-analysis. **Pediatrics**, American Academy of Pediatrics, v. 140, n. 6, 2017. Citado nas pp. 44 e 103.
- ANGUERA, J. A.; BERNARD, J. A.; JAEGGI, S. M.; BUSCHKUEHL, M.; BENSON, B. L.; JENNETT, S.; HUMFLEET, J.; REUTER-LORENZ, P. A.; JONIDES, J.; SEIDLER, R. D. The effects of working memory resource depletion and training on sensorimotor adaptation. **Behavioural brain research**, Elsevier, v. 228, n. 1, p. 107–115, 2012. Citado nas pp. 99, 106 e 107.
- ANZENEDER, S.; ZEHNDER, C.; MARTIN-NIEDECKEN, A. L.; SCHMIDT, M.; BENZING, V. Acute exercise and children's cognitive functioning: What is the optimal dose of cognitive challenge? **Psychology of sport and exercise**, Elsevier, v. 66, p. 102404, 2023. Citado nas pp. 99 e 100.
- ANZENEDER, S.; ZEHNDER, C.; SCHMID, J.; MARTIN-NIEDECKEN, A. L.; SCHMIDT, M.; BENZING, V. Dose–response relation between the duration of a cognitively challenging bout of physical exercise and children's cognition. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Wiley Online Library, v. 33, n. 8, p. 1439–1451, 2023. Citado nas pp. 99 e 100.
- ARCE, T.; MCMULLEN, K. The corsi block-tapping test: Evaluating methodological practices with an eye towards modern digital frameworks. **Computers in Human Behavior Reports**, Elsevier, v. 4, p. 100099, 2021. Citado nas pp. 80 e 81.

- ARDOY, D. N.; FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, J.; JIMÉNEZ-PAVÓN, D.; CASTILLO, R.; RUIZ, J.; ORTEGA, F. A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the edufit study. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, Wiley Online Library, v. 24, n. 1, p. e52–e61, 2014. Citado na p. 20.
- BADAU, D.; BADAU, A.; JOKSIMOVIĆ, M.; OANCEA, B. M.; MANESCU, C. O.; GRAUR, C.; CORNEA, G. G.; ENE-VOICULESCU, V.; COJANU, F.; STEFANICA, V. *et al.* The effects of 6-weeks program of physical therapeutic exergames on cognitive flexibility focused by reaction times in relation to manual and podal motor abilities. **Balneo & PRM Research Journal**, v. 14, n. 3, 2023. Citado na p. 102.
- BADDELEY, A. Working memory. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 255, n. 5044, p. 556–559, 1992. Citado nas pp. 24, 33, 34, 37, 50 e 106.
- BADDELEY, A. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in cognitive sciences**, Elsevier, v. 4, n. 11, p. 417–423, 2000. Citado na p. 24.
- BADDELEY, A. Working memory: looking back and looking forward. **Nature reviews neuroscience**, Nature Publishing Group UK London, v. 4, n. 10, p. 829–839, 2003. Citado nas pp. 24, 34, 35, 48, 66 e 79.
- BADDELEY, A. Working memory. **Current biology**, Elsevier, v. 20, n. 4, p. R136–R140, 2010. Citado nas pp. 11 e 34.
- BADDELEY, A. D. Working Memory: Theories, Models, and Controversies. **Annual Review of Psychology**, v. 63, n. 1, p. 1–29, jan. 2012. MAG ID: 2096707172. DOI [10.1146/annurev-psych-120710-100422](https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422). Citado nas pp. 33, 37 e 103.
- BADDELEY, A. D.; LOGIE, R. H. Working memory: The multiple-component model. Cambridge University Press, 1999. Citado nas pp. 24 e 29.
- BAGGETTA, P.; ALEXANDER, P. A. Conceptualization and operationalization of executive function. **Mind, Brain, and Education**, Wiley Online Library, v. 10, n. 1, p. 10–33, 2016. Citado nas pp. 19, 20, 24, 29, 30, 34, 47, 50, 52 e 54.
- BARREIRA, C. R. A.; MASSIMI, M. O combate subtrativo: a espiritualidade do esvaziamento como norte da filosofia corporal no karate-do. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, SciELO Brasil, v. 21, p. 283–292, 2008. Citado nas pp. 26 e 27.
- BARREIRA, D.; CASAL, C. A.; LOSADA, J. L.; MANEIRO, R. **Observational methodology in sport: performance key elements**. [S.l.]: Frontiers Media SA, 2020. 596665 p. Citado na p. 56.
- BARROUILLET, P.; PORTRAT, S.; CAMOS, V. On the law relating processing to storage in working memory. **Psychological review**, American Psychological Association, v. 118, n. 2, p. 175, 2011. Citado na p. 37.

- BASSO, J. C.; SUZUKI, W. A. The effects of acute exercise on mood, cognition, neurophysiology, and neurochemical pathways: a review. **Brain plasticity**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 2, n. 2, p. 127–152, 2016. Citado na p. 38.
- BECKER, D. R.; MIAO, A.; DUNCAN, R.; MCCLELLAND, M. M. Behavioral self-regulation and executive function both predict visuomotor skills and early academic achievement. **Early Childhood Research Quarterly**, Elsevier, v. 29, n. 4, p. 411–424, 2014. Citado na p. 20.
- BEDARD, C.; BREMER, E.; GRAHAM, J. D.; CHIRICO, D.; CAIRNEY, J. Examining the effects of acute cognitively engaging physical activity on cognition in children. **Frontiers in psychology**, Frontiers Media SA, v. 12, p. 653133, 2021. Citado nas pp. 48, 99 e 101.
- BERARDI, A.; PANUCCIO, F.; PILLI, L.; TOFANI, M.; VALENTE, D.; GALEOTO, G. Evaluation instruments for executive functions in children and adolescents: A systematic review. **Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research**, Taylor & Francis, v. 21, n. 5, p. 885–896, 2021. Citado nas pp. 50, 53 e 98.
- BERCH, D. B.; KRIKORIAN, R.; HUHA, E. M. The corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations. **Brain and cognition**, Elsevier, v. 38, n. 3, p. 317–338, 1998. Citado nas pp. 61 e 80.
- BESCHIN, N.; DENIS, M.; LOGIE, R.; SALA, S. D. Dissociating mental transformations and visuo-spatial storage in working memory: Evidence from representational neglect. **Memory**, Taylor & Francis, v. 13, n. 3-4, p. 430–434, 2005. Citado na p. 36.
- BEST, J. R. Exergaming immediately enhances children's executive function. **Developmental psychology**, American Psychological Association, v. 48, n. 5, p. 1501, 2012. Citado na p. 102.
- BIINO, V.; TINAGLI, V.; BORIONI, F.; PESCE, C. Cognitively enriched physical activity may foster motor competence and executive function as early as preschool age: A pilot trial. **Physical Education and Sport Pedagogy**, Taylor & Francis, v. 28, n. 4, p. 425–443, 2023. Citado nas pp. 48 e 101.
- BLADER, J. C. Review of Executive Functions: What They Are, How They Work, and Why They Evolved, by Russell A. Barkley. **Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology**, v. 24, n. 6, p. 362–363, ago. 2014. MAG ID: 2237678982 S2ID: 15ecd264d0a71e765410e6ca355573c5faf501d6. DOI [10.1089/cap.2014.0021](https://doi.org/10.1089/cap.2014.0021). Citado na p. 19.
- BLAIR, C. Executive function and early childhood education. **Current opinion in behavioral sciences**, v. 10, p. 102–107, ago. 2016. MAG ID: 2399099413 S2ID: 97eca857386d296f01a58d3b49080a648560185b. DOI [10.1016/j.cobeha.2016.05.009](https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.05.009). Citado na p. 20.

- BO, J.; SEIDLER, R. D. Visuospatial working memory capacity predicts the organization of acquired explicit motor sequences. **Journal of neurophysiology**, American Physiological Society, v. 101, n. 6, p. 3116–3125, 2009. Citado nas pp. 24 e 37.
- BOUCHARD, C. E.; SHEPHARD, R. J.; STEPHENS, T. E. Physical activity, fitness, and health: international proceedings and consensus statement. *In*: HUMAN KINETICS PUBLISHERS. **International Consensus Symposium on Physical Activity, Fitness, and Health, 2nd, May, 1992, Toronto, ON, Canada**. [S.l.], 1994. Citado nas pp. 18 e 20.
- BOVE, M.; TACCHINO, A.; NOVELLINO, A.; TROMPETTO, C.; ABBRUZZESE, G.; GHILARDI, M. F. The effects of rate and sequence complexity on repetitive finger movements. **Brain research**, Elsevier, v. 1153, p. 84–91, 2007. Citado na p. 36.
- BRADLEY, J. V. Complete counterbalancing of immediate sequential effects in a latin square design. **Journal of the American Statistical Association**, Taylor & Francis, v. 53, n. 282, p. 525–528, 1958. Citado na p. 61.
- BROWN, R. M.; ROBERTSON, E. M. Inducing motor skill improvements with a declarative task. **Nature neuroscience**, Nature Publishing Group US New York, v. 10, n. 2, p. 148–149, 2007. Citado na p. 36.
- BROWN, T. E.; LANDGRAF, J. M. Improvements in executive function correlate with enhanced performance and functioning and health-related quality of life: evidence from 2 large, double-blind, randomized, placebo-controlled trials in adhd. **Postgraduate medicine**, Taylor & Francis, v. 122, n. 5, p. 42–51, 2010. Citado na p. 30.
- BRUIJN, A. D.; FELLS, I. Van der; RENKEN, R.; KÖNIGS, M.; MEIJER, A.; OOSTERLAAN, J.; KOSTONS, D.; VISSCHER, C.; BOSKER, R.; SMITH, J. *et al.* Differential effects of long-term aerobic versus cognitively-engaging physical activity on children's visuospatial working memory related brain activation: A cluster rct. **Brain and Cognition**, Elsevier, v. 155, p. 105812, 2021. Citado na p. 102.
- BRUIJN, A. G. D.; KOSTONS, D. D.; FELLS, I. M. V. D.; VISSCHER, C.; OOSTERLAAN, J.; HARTMAN, E.; BOSKER, R. J. Effects of aerobic and cognitively-engaging physical activity on academic skills: A cluster randomized controlled trial. **Journal of sports sciences**, Taylor & Francis, v. 38, n. 15, p. 1806–1817, 2020. Citado na p. 102.
- BULTEN, R.; BEDARD, C.; GRAHAM, J. D.; CAIRNEY, J. Effect of cognitively engaging physical activity on executive functions in children. **Frontiers in Psychology**, Frontiers Media SA, v. 13, p. 841192, 2022. Citado nas pp. 48, 101 e 102.
- BUSZARD, T.; MASTERS, R. S. Adapting, correcting and sequencing movements: does working-memory capacity play a role? **International Review of Sport and Exercise**

- Psychology**, Taylor & Francis, v. 11, n. 1, p. 258–278, 2018. Citado nas pp. 24, 33, 35 e 56.
- BUTTERFUSS, R.; KENDEOU, P. The role of executive functions in reading comprehension. **Educational Psychology Review**, Springer, v. 30, p. 801–826, 2018. Citado na p. 30.
- CABRAL, D. F.; RICE, J.; MORRIS, T. P.; RUNDEK, T.; PASCUAL-LEONE, A.; GOMES-OSMAN, J. Exercise for brain health: an investigation into the underlying mechanisms guided by dose. **Neurotherapeutics**, Elsevier, v. 16, n. 3, p. 580–599, 2019. Citado na p. 38.
- CARIM, D. d. B.; MIRANDA, M. C.; BUENO, O. F. A. Tradução e adaptação para o português do behavior rating inventory of executive function-brief. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, SciELO Brasil, v. 25, p. 653–661, 2012. Citado na p. 79.
- CARMINATO, R. A. Desempenho motor de escolares através da bateria de teste ktk. **No publicada Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-Brasil**, 2010. Citado nas pp. 62, 63 e 64.
- CHAI, W. J.; HAMID, A. I. A.; ABDULLAH, J. M. Working memory from the psychological and neurosciences perspectives: a review. **Frontiers in psychology**, Frontiers, v. 9, p. 327922, 2018. Citado nas pp. 11 e 34.
- CHANG, Y.-K.; LABBAN, J. D.; GAPIN, J. I.; ETNIER, J. L. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. **Brain research**, Elsevier, v. 1453, p. 87–101, 2012. Citado nas pp. 20, 38, 39 e 98.
- CHEN, O.; CASTRO-ALONSO, J. C.; PAAS, F.; SWELLER, J. Extending cognitive load theory to incorporate working memory resource depletion: Evidence from the spacing effect. **Educational Psychology Review**, Springer, v. 30, p. 483–501, 2018. Citado nas pp. 97, 103, 105, 106 e 107.
- CIPRIANO, D. d. A. **Associação entre a coordenação motora global e a prática esportiva organizada em uma modalidade ao longo de um ano, em crianças de 7 a 11 anos de idade**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2022. Citado nas pp. 62 e 63.
- COHEN, J. Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. **Psychological bulletin**, American Psychological Association, v. 70, n. 4, p. 213, 1968. Citado na p. 82.
- COHEN, J. **Análise estatística de poder para as ciências do comportamento**. [S.l.]: Lawrence Erlbaum Associates, 1988. Citado na p. 85.
- CORNOLDI, C.; FASTAME, M.; VECCHI, T. *et al.* Congenitally blindness and spatial mental magery. **Touching for knowing**, John Benjamins Publishing Co. Amsterdam, p. 173–187, 2003. Citado na p. 36.

- CORVO, K. The role of executive function deficits in domestic violence perpetration. **Partner Abuse**, Springer, v. 5, n. 3, p. 342–356, 2014. Citado na p. 31.
- COWAN, N. The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. **Behavioral and brain sciences**, Cambridge University Press, v. 24, n. 1, p. 87–114, 2001. Citado na p. 69.
- COWAN, N. **Working memory capacity**. [S.l.]: Psychology press, 2012. Citado na p. 69.
- COWAN, N. Working memory maturation: Can we get at the essence of cognitive growth? **Perspectives on Psychological Science**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 11, n. 2, p. 239–264, 2016. Citado nas pp. 37 e 50.
- COWAN, N.; ELLIOTT, E. M.; SAULTS, J. S.; MOREY, C. C.; MATTOX, S.; HISMJATULLINA, A.; CONWAY, A. R. On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. **Cognitive psychology**, Elsevier, v. 51, n. 1, p. 42–100, 2005. Citado nas pp. 24, 37 e 69.
- COWIE, M.; DYSON, R. A short history of karate. **Kenkyo-Ha Goju Karate Kempo Kai**, p. 1–156, 2016. Citado nas pp. 25 e 26.
- CROVA, C.; STRUZZOLINO, I.; MARCHETTI, R.; MASCI, I.; VANNOZZI, G.; FORTE, R.; PESCE, C. Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. **Journal of sports sciences**, Taylor & Francis, v. 32, n. 3, p. 201–211, 2014. Citado na p. 31.
- DAVIS, J. C.; MARRA, C. A.; NAJAFZADEH, M.; LIU-AMBROSE, T. The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. **BMC geriatrics**, Springer, v. 10, p. 1–8, 2010. Citado nas pp. 30, 44 e 45.
- DIAMOND, A. Activities and Programs That Improve Children’s Executive Functions. **Current Directions in Psychological Science**, v. 21, n. 5, p. 335–341, out. 2012. MAG ID: 2121196365. DOI [10.1177/0963721412453722](https://doi.org/10.1177/0963721412453722). Citado na p. 32.
- DIAMOND, A. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, v. 64, p. 135–68, jan. 2013. MAG ID: 4211081781. DOI [10.1146/annurev-psych-113011-143750](https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750). Citado nas pp. 11, 19, 20, 29, 30, 31, 52, 54, 55 e 57.
- DIAMOND, A. Why improving and assessing executive functions early in life is critical. p. 11, jan. 2016. MAG ID: 2500742573. DOI [10.1037/14797-002](https://doi.org/10.1037/14797-002). Citado nas pp. 32 e 55.
- DIAMOND, A. Executive functions. **Handbook of Clinical Neurology**, p. 225–240, jan. 2020. MAG ID: 4211237560. DOI [10.1016/b978-0-444-64150-2.00020-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64150-2.00020-4). Citado nas pp. 19, 20 e 44.
- DIAMOND, A.; LEE, K. Interventions Shown to Aid Executive Function Development in Children 4 to 12 Years Old. **Science**, v. 333, n. 6045, p. 959–964, ago. 2011. MAG ID: 2136739068. DOI [10.1126/science.1204529](https://doi.org/10.1126/science.1204529). Citado nas pp. 18, 19, 21, 29, 30 e 31.

- 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. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 18, n. 18, p. 34–48, abr. 2016. MAG ID: 2183085473. DOI [10.1016/j.dcn.2015.11.005](https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005). Citado nas pp. [19](#), [20](#), [21](#), [22](#), [23](#), [28](#), [32](#), [38](#), [40](#), [44](#), [46](#), [47](#), [49](#), [51](#), [56](#) e [108](#).
- DIAMOND, A.; LING, D. S. Review of the evidence on, and fundamental questions about, efforts to improve executive functions, including working memory. **Cognitive and working memory training: Perspectives from psychology, neuroscience, and human development**, p. 143–431, 2020. Citado nas pp. [38](#), [98](#), [100](#), [101](#), [102](#), [105](#) e [109](#).
- EGGER, F.; BENZING, V.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. Boost your brain, while having a break! the effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. **PloS one**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 14, n. 3, p. e0212482, 2019. Citado na p. [102](#).
- EGGER, F.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. The effect of acute cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions: Too much of a good thing? **Psychology of sport and exercise**, Elsevier, v. 36, p. 178–186, 2018. Citado nas pp. [102](#) e [103](#).
- ENGLE, R. W. Working memory capacity as executive attention. **Current directions in psychological science**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 11, n. 1, p. 19–23, 2002. Citado na p. [37](#).
- FELS, I. M. van der; HARTMAN, E.; BOSKER, R. J.; GREEFF, J. W. de; BRUIJN, A. G. de; MEIJER, A.; OOSTERLAAN, J.; SMITH, J.; VISSCHER, C. Effects of aerobic exercise and cognitively engaging exercise on cardiorespiratory fitness and motor skills in primary school children: A cluster randomized controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, Taylor & Francis, v. 38, n. 17, p. 1975–1983, 2020. Citado na p. [102](#).
- FILHO, C. A. A. M.; ALVES, C. R. R.; SEPÚLVEDA, C. A.; COSTA, A. d. S.; LANCHÁ, A. H.; GUALANO, B. Influência do exercício físico na cognição: uma atualização sobre mecanismos fisiológicos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, SciELO Brasil, v. 20, n. 3, p. 237–241, 2014. Citado na p. [38](#).
- FITZPATRICK, C.; MCKINNON, R. D.; BLAIR, C. B.; WILLOUGHBY, M. T. Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? **Learning and Instruction**, Elsevier, v. 30, p. 25–31, 2014. Citado na p. [30](#).
- FLOOK, L.; SMALLEY, S. L.; KITIL, M. J.; GALLA, B. M.; KAISER-GREENLAND, S.; LOCKE, J.; ISHIJIMA, E.; KASARI, C. Effects of mindful awareness practices on execu-

- tive functions in elementary school children. **Journal of applied school psychology**, Taylor & Francis, v. 26, n. 1, p. 70–95, 2010. Citado na p. 31.
- FOLLMER, D. J. Executive function and reading comprehension: A meta-analytic review. **Educational Psychologist**, Taylor & Francis, v. 53, n. 1, p. 42–60, 2018. Citado na p. 30.
- FORMENTI, D.; TRECROCI, A.; DUCA, M.; CAVAGGIONI, L.; D'ANGELO, F.; PASSI, A.; LONGO, S.; ALBERTI, G. Differences in inhibitory control and motor fitness in children practicing open and closed skill sports. **Scientific Reports**, Nature Publishing Group UK London, v. 11, n. 1, p. 4033, 2021. Citado nas pp. 21 e 46.
- FRONZA, F. C.; FERRARI, E. P.; FREITAS, K. T. D.; CARDOSO, F. L. Intervention using exergames: Effects on the executive functions of school-aged children. **ETD Educação Temática Digital**, v. 22, n. 1, p. 202–217, 2020. Citado na p. 102.
- FROSI, T. O.; MAZO, J. Z. Repensando a história do karate contada no brasil. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, SciELO Brasil, v. 25, p. 297–312, 2011. Citado nas pp. 25 e 26.
- GABIN, B.; CAMERINO, O.; ANGUERA, M. T.; CASTAÑER, M. Lince: multiplatform sport analysis software. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 46, p. 4692–4694, 2012. Citado na p. 82.
- GAI, X.; XU, J.; YAN, Y.; WANG, Y.; XIE, X. Exergame can improve children's executive function: The role of physical intensity and cognitive engagement. **Acta Psychologica Sinica**, v. 53, n. 5, p. 505, 2021. Citado na p. 102.
- GAO, Z.; LEE, J. E.; ZENG, N.; POPE, Z. C.; ZHANG, Y.; LI, X. Home-based exergaming on preschoolers' energy expenditure, cardiovascular fitness, body mass index and cognitive flexibility: a randomized controlled trial. **Journal of clinical medicine**, MDPI, v. 8, n. 10, p. 1745, 2019. Citado na p. 102.
- GARON, N.; BRYSON, S. E.; SMITH, I. M. Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. **Psychological bulletin**, American Psychological Association, v. 134, n. 1, p. 31, 2008. Citado na p. 52.
- GEARY, D. C.; BERCH, D. B. Evolution and children's cognitive and academic development. In: **Evolutionary perspectives on child development and education**. [S.l.]: Springer, 2016. p. 217–249. Citado na p. 106.
- GILMORE, C.; CRAGG, L. The role of executive function skills in the development of children's mathematical competencies. In: **Heterogeneity of function in numerical cognition**. [S.l.]: Elsevier, 2018. p. 263–286. Citado na p. 30.

- GIOIA, G. A.; ISQUITH, P. K.; GUY, S. C.; KENWORTHY, L. **Behavior rating inventory of executive function: BRIEF**. [S.l.]: Psychological Assessment Resources Odessa, FL, 2000. Citado nas pp. 78, 79 e 80.
- GIOIA, G. A.; ISQUITH, P. K.; GUY, S. C.; KENWORTHY, L. Test review behavior rating inventory of executive function. **Child Neuropsychology**, Taylor & Francis, v. 6, n. 3, p. 235–238, 2000. Citado nas pp. 24, 54 e 78.
- GIORDANO, G.; ALESI, M. Does physical activity improve inhibition in kindergarteners? a pilot study. **Perceptual and motor skills**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 129, n. 4, p. 1001–1013, 2022. Citado na p. 99.
- GOG, T. V.; SWELLER, J. Not new, but nearly forgotten: The testing effect decreases or even disappears as the complexity of learning materials increases. **Educational Psychology Review**, Springer, v. 27, p. 247–264, 2015. Citado na p. 106.
- GORLA, J.; ARAÚJO, P.; RODRIGUES, J. O teste de coordenação motora ktk. **Avaliação motora em Educação Física Adaptada. 2a ed. São Paulo: Phorte**, p. 104–15, 2009. Citado nas pp. 62, 63 e 64.
- GRECO, G.; RONZI, R. D. Effect of Karate training on social, emotional, and executive functioning in children with autism spectrum disorder. 2020. S2ID: 414007797ffd059bee5cb682e1bde93ad69a3481. Citado nas pp. 18 e 22.
- GREEFF, J. W. D.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C.; HARTMAN, E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **Journal of science and medicine in sport**, Elsevier, v. 21, n. 5, p. 501–507, 2018. Citado nas pp. 40, 44, 103 e 105.
- GROSPRÊTRE, S.; MARCEL-MILLET, P.; EON, P.; WOLLESEN, B. How exergaming with virtual reality enhances specific cognitive and visuo-motor abilities: an explorative study. **Cognitive science**, Wiley Online Library, v. 47, n. 4, p. e13278, 2023. Citado na p. 102.
- GU, Q.; ZOU, L.; LOPRINZI, P. D.; QUAN, M.; HUANG, T. Effects of open versus closed skill exercise on cognitive function: a systematic review. **Frontiers in psychology**, Frontiers, v. 10, p. 1707, 2019. Citado na p. 21.
- GUERRA, A.; Amanda Guerra; HAZIN, I.; SIEBRA, C.; REZENDE, M.; SILVESTRE, I.; GALL, D. L.; ROY, A. Assessing executive functions in Brazilian children: A critical review of available tools. **Applied neuropsychology. Child**, p. 1–13, jun. 2022. MAG ID: 3038055509. DOI [10.1080/21622965.2020.1775598](https://doi.org/10.1080/21622965.2020.1775598). Citado nas pp. 23, 32, 37, 38, 49, 51, 53, 54, 55, 56 e 98.
- GUERRA, A.; Amanda Guerra; Izabel Hazin; HAZIN, I.; GUERRA, Y.; ROULIN, J.-L.; GALL, D. L.; Didier Le Gall; Arnaud Roy; ROY, A. Developmental Profile of Executive

- Functioning in School-Age Children From Northeast Brazil. **Frontiers in Psychology**, v. 11, p. 596075–596075, 2021. MAG ID: 3118702212. DOI [10.3389/fpsyg.2020.596075](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.596075). Citado na p. [23](#).
- GUIMARÃES, L. S. P.; HIRAKATA, V. N. Uso do modelo de equações de estimativas generalizadas na análise de dados longitudinais. **Revista HCPA. Porto Alegre. Vol. 32, n. 4 (2012), p. 503-511**, 2012. Citado nas pp. [84](#) e [85](#).
- HARVEY, P. D. Domains of cognition and their assessment. **Dialogues in clinical neuroscience**, Taylor & Francis, v. 21, n. 3, p. 227–237, 2019. Citado na p. [18](#).
- HAVERKAMP, B. F.; WIERSMA, R.; VERTESEN, K.; EWIJK, H. van; OOSTERLAAN, J.; HARTMAN, E. Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. **Journal of sports sciences**, Taylor & Francis, v. 38, n. 23, p. 2637–2660, 2020. Citado nas pp. [41](#), [50](#), [52](#), [98](#) e [99](#).
- HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nature reviews neuroscience**, Nature Publishing Group UK London, v. 9, n. 1, p. 58–65, 2008. Citado na p. [38](#).
- HORNE, K.; HENSHALL, K.; GOLDEN, C. Intimate partner violence and deficits in executive function. **Aggression and violent behavior**, Elsevier, v. 54, p. 101412, 2020. Citado na p. [31](#).
- HOWARD, D. V.; JR, J. H. H.; JAPIKSE, K.; DIYANNI, C.; THOMPSON, A.; SOMBERG, R. Implicit sequence learning: effects of level of structure, adult age, and extended practice. **Psychology and aging**, American Psychological Association, v. 19, n. 1, p. 79, 2004. Citado na p. [36](#).
- HUGHES, M.; FRANKS, I. M. **Notational analysis of sport: Systems for better coaching and performance in sport**. [S.l.]: Psychology Press, 2004. Citado na p. [57](#).
- IM-BOLTER, N.; JOHNSON, J.; PASCUAL-LEONE, J. Processing limitations in children with specific language impairment: The role of executive function. **Child development**, Wiley Online Library, v. 77, n. 6, p. 1822–1841, 2006. Citado na p. [33](#).
- ISHIHARA, T.; SUGASAWA, S.; MATSUDA, Y.; MIZUNO, M. Improved executive functions in 6–12-year-old children following cognitively engaging tennis lessons. **Journal of sports sciences**, Taylor & Francis, v. 35, n. 20, p. 2014–2020, 2017. Citado na p. [102](#).
- ISHIHARA, T.; SUGASAWA, S.; MATSUDA, Y.; MIZUNO, M. Relationship of tennis play to executive function in children and adolescents. **European journal of sport science**, Taylor & Francis, v. 17, n. 8, p. 1074–1083, 2017. Citado nas pp. [21](#) e [46](#).

- JAMES, N.; TAYLOR, J.; STANLEY, S. Reliability procedures for categorical data in performance analysis. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, Taylor & Francis, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2007. Citado na p. 82.
- JKA. **Technical Manual for the Instructor**. [S.l.]: THE JAPAN KARATE ASSOCIATION (JKA), 2008. Citado na p. 27.
- KARBACH, J.; KRAY, J. How useful is executive control training? age differences in near and far transfer of task-switching training. **Developmental science**, Wiley Online Library, v. 12, n. 6, p. 978–990, 2009. Citado na p. 31.
- KIPHARD, E. J.; SCHILLING, F. **Körperkoordinationstest für kinder: KTK**. [S.l.]: Beltz, 1974. Citado nas pp. 61, 62 e 63.
- KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J.; CLARK, R. E. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. **Educational psychologist**, Taylor & Francis, v. 41, n. 2, p. 75–86, 2006. Citado na p. 106.
- KLINGBERG, T. Training and plasticity of working memory. **Trends in cognitive sciences**, Elsevier, v. 14, n. 7, p. 317–324, 2010. Citado na p. 31.
- KOLOVELONIS, A.; PAPASTERGIOU, M.; SAMARA, E.; GOUDAS, M. Acute effects of exergaming on students' executive functions and situational interest in elementary physical education. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, MDPI, v. 20, n. 3, p. 1902, 2023. Citado nas pp. 99 e 100.
- KONIJNENBERG, C.; FREDRIKSEN, P. M. The effects of a school-based physical activity intervention programme on children's executive control: The health oriented pedagogical project (hopp). **Scandinavian Journal of Public Health**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 46, n. 21_suppl, p. 82–91, 2018. Citado na p. 102.
- LAGE, V.; JUNIOR, L. G. Karatê-do como própria vida. **Motriz. Journal of Physical Education**. UNESP, p. 33–42, 2007. Citado nas pp. 18, 25, 26, 27 e 28.
- LAKES, K. D.; HOYT, W. T. Promoting self-regulation through school-based martial arts training. **Journal of Applied Developmental Psychology**, Elsevier, v. 25, n. 3, p. 283–302, 2004. Citado na p. 32.
- LAUENROTH, A.; IOANNIDIS, A. E.; TEICHMANN, B. Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. **BMC geriatrics**, Springer, v. 16, p. 1–14, 2016. Citado na p. 102.
- LAURENT, C. W. S.; BURKART, S.; ALHASSAN, S. Effect of a school-based physical activity intervention on number and letter recognition in preschoolers. **International Journal of Exercise Science**, v. 11, n. 5, p. 168–178, 2018. Citado na p. 102.

- LEAHY, W.; SWELLER, J. Cognitive load theory, resource depletion and the delayed testing effect. **Educational Psychology Review**, Springer, v. 31, p. 457–478, 2019. Citado nas pp. [97](#), [103](#), [105](#), [106](#) e [107](#).
- LEHTO, J. E.; JUUJÄRVI, P.; KOOISTRA, L.; PULKKINEN, L. Dimensions of executive functioning: Evidence from children. **British journal of developmental psychology**, Wiley Online Library, v. 21, n. 1, p. 59–80, 2003. Citado nas pp. [19](#), [20](#) e [30](#).
- LI, L.; ZHANG, J.; CAO, M.; HU, W.; ZHOU, T.; HUANG, T.; CHEN, P.; QUAN, M. The effects of chronic physical activity interventions on executive functions in children aged 3–7 years: A meta-analysis. **Journal of science and medicine in sport**, Elsevier, v. 23, n. 10, p. 949–954, 2020. Citado nas pp. [41](#), [42](#), [45](#) e [49](#).
- LIANG, X.; LI, R.; WONG, S. H.; SUM, R. K.; SIT, C. H. The impact of exercise interventions concerning executive functions of children and adolescents with attention-deficit/hyperactive disorder: a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, Springer, v. 18, n. 1, p. 68, 2021. Citado na p. [45](#).
- LIMA, R. F.; SILVA, V. F. da; SILVA, V. F. da; Vernon Furtado da Silva; OLIVEIRA, G. L. de; OLIVEIRA, T. A. P. de; FILHO, J. F.; MENDONÇA, J. G. R.; BORGES, C. J.; MILITÃO, A. G.; FREIRE, I. de A.; VALENTIM-SILVA, J. R. Practicing Karate May Improves Executive Functions of 8-11-Year-Old Schoolchildren. **Journal of physical education and sport**, v. 17, n. 4, p. 2513, dez. 2017. MAG ID: 2885226353 S2ID: 9d981aefe506c522892867406b74858a25d9d04c. Citado nas pp. [18](#) e [22](#).
- LIU, Z.-M.; CHEN, C.-Q.; FAN, X.-L.; LIN, C.-C.; YE, X.-D. Usability and effects of a combined physical and cognitive intervention based on active video games for preschool children. **International journal of environmental research and public health**, MDPI, v. 19, n. 12, p. 7420, 2022. Citado na p. [102](#).
- LONSDALE, C.; SANDERS, T.; COHEN, K. E.; PARKER, P.; NOETEL, M.; HARTWIG, T.; VASCONCELLOS, D.; KIRWAN, M.; MORGAN, P.; SALMON, J. *et al.* Scaling-up an efficacious school-based physical activity intervention: Study protocol for the ‘internet-based professional learning to help teachers support activity in youth’(iplay) cluster randomized controlled trial and scale-up implementation evaluation. **BMC public health**, Springer, v. 16, p. 1–17, 2016. Citado na p. [102](#).
- LUCK, S. J.; VOGEL, E. K. The capacity of visual working memory for features and conjunctions. **Nature**, Nature Publishing Group UK London, v. 390, n. 6657, p. 279–281, 1997. Citado na p. [37](#).
- LUDYGA, S.; KÖCHLI, S.; PÜHSE, U.; GERBER, M.; HANSSEN, H. Effects of a school-based physical activity program on retinal microcirculation and cognitive function

- in adolescents. **Journal of science and medicine in sport**, Elsevier, v. 22, n. 6, p. 672–676, 2019. Citado na p. [102](#).
- MASINI, A.; MARINI, S.; GORI, D.; LEONI, E.; ROCHIRA, A.; DALLOLIO, L. Evaluation of school-based interventions of active breaks in primary schools: A systematic review and meta-analysis. **Journal of science and medicine in sport**, Elsevier, v. 23, n. 4, p. 377–384, 2020. Citado nas pp. [40](#), [41](#), [45](#) e [52](#).
- MAVILIDI, M. F.; PESCE, C.; MAZZOLI, E.; BENNETT, S.; PAAS, F.; OKELY, A. D.; HOWARD, S. J. Effects of cognitively engaging physical activity on preschool children's cognitive outcomes. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Taylor & Francis, v. 94, n. 3, p. 839–852, 2023. Citado nas pp. [48](#), [101](#) e [102](#).
- MAZZOLI, E.; SALMON, J.; TEO, W.-P.; PESCE, C.; HE, J.; BEN-SOUSSAN, T. D.; BARNETT, L. M. Breaking up classroom sitting time with cognitively engaging physical activity: Behavioural and brain responses. **PLoS One**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 16, n. 7, p. e0253733, 2021. Citado na p. [102](#).
- MEIJER, A.; KÖNIGS, M.; FELLS, I. M. van der; VISSCHER, C.; BOSKER, R. J.; HARTMAN, E.; OOSTERLAAN, J. The effects of aerobic versus cognitively demanding exercise interventions on executive functioning in school-aged children: A cluster-randomized controlled trial. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, Human Kinetics, v. 43, n. 1, p. 1–13, 2020. Citado na p. [102](#).
- MEIJER, A.; KÖNIGS, M.; POUWELS, P. J.; SMITH, J.; VISSCHER, C.; BOSKER, R. J.; HARTMAN, E.; OOSTERLAAN, J. Effects of aerobic versus cognitively demanding exercise interventions on brain structure and function in healthy children—results from a cluster randomized controlled trial. **Psychophysiology**, Wiley Online Library, v. 59, n. 8, p. e14034, 2022. Citado na p. [102](#).
- MEIJERS, J.; HARTE, J. M.; MEYNEN, G.; CUIJPERS, P. Differences in executive functioning between violent and non-violent offenders. **Psychological medicine**, Cambridge University Press, v. 47, n. 10, p. 1784–1793, 2017. Citado na p. [31](#).
- MIYAKE, A.; EMERSON, M. J.; FRIEDMAN, N. P. Assessment of executive functions in clinical settings: Problems and recommendations. In: COPYRIGHT© 2000 BY THIEME MEDICAL PUBLISHERS, INC., 333 SEVENTH AVENUE, NEW **Seminars in speech and language**. [S.l.], 2000. v. 21, n. 02, p. 0169–0183. Citado nas pp. [19](#), [23](#), [24](#), [29](#), [30](#), [32](#), [50](#), [52](#) e [99](#).
- MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P. The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. **Current directions in psychological science**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 21, n. 1, p. 8–14, 2012. Citado nas pp. [23](#), [24](#), [30](#), [32](#), [33](#), [50](#), [52](#), [54](#), [98](#), [99](#) e [108](#).

- MOISELLO, C.; AVANZINO, L.; TACCHINO, A.; RUGGERI, P.; GHILARDI, M. F.; BOVE, M. Motor sequence learning: acquisition of explicit knowledge is concomitant to changes in motor strategy of finger opposition movements. **Brain research bulletin**, Elsevier, v. 85, n. 3-4, p. 104–108, 2011. Citado na p. [36](#).
- MOREAU, D.; MORRISON, A. B.; CONWAY, A. R. An ecological approach to cognitive enhancement: Complex motor training. **Acta psychologica**, Elsevier, v. 157, p. 44–55, 2015. Citado na p. [21](#).
- MOREIRA, J. P. A.; LOPES, M. C.; MIRANDA-JÚNIOR, M. V.; VALENTINI, N. C.; LAGE, G. M.; ALBUQUERQUE, M. R. Körperkoordinationstest für kinder (ktk) for brazilian children and adolescents: factor analysis, invariance and factor score. **Frontiers in psychology**, Frontiers Media SA, v. 10, p. 2524, 2019. Citado na p. [64](#).
- MORRA, S.; PANESI, S.; TRAVERSO, L.; USAI, M. C. Which tasks measure what? reflections on executive function development and a commentary on podjarny, kamawar, and andrews (2017). **Journal of Experimental Child Psychology**, Elsevier, v. 167, p. 246–258, 2018. Citado nas pp. [30](#), [32](#), [33](#), [34](#), [37](#), [38](#), [47](#), [49](#), [50](#), [51](#), [52](#), [53](#), [55](#), [98](#), [99](#) e [100](#).
- NAKAYAMA, M. **Dynamic karate**. [S.l.]: Kodansha International Limited, 1966. Citado nas pp. [26](#), [27](#) e [28](#).
- NAKAYAMA, M. **Best karate: Kumite 2**. [S.l.]: Kodansha, 1979. v. 4. Citado nas pp. [26](#) e [27](#).
- NIET, A. G. van der; SMITH, J.; OOSTERLAAN, J.; SCHERDER, E. J.; HARTMAN, E.; VISSCHER, C. Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children's physical fitness and executive functioning. **Pediatric exercise science**, Human Kinetics, Inc., v. 28, n. 1, p. 64–70, 2016. Citado na p. [102](#).
- NORTH, T. C.; MCCULLAGH, P.; TRAN, Z. V. Effect of exercise on depression. **Exercise and sport sciences reviews**, LWW, v. 18, n. 1, p. 379–416, 1990. Citado nas pp. [20](#) e [44](#).
- NUTLEY, S. B.; SÖDERQVIST, S.; BRYDE, S.; THORELL, L. B.; HUMPHREYS, K.; KLINGBERG, T. Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: A controlled, randomized study. **Developmental science**, Wiley Online Library, v. 14, n. 3, p. 591–601, 2011. Citado na p. [32](#).
- O'DONOGHUE, P. Reliability issues in performance analysis. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, Taylor & Francis, v. 7, n. 1, p. 35–48, 2007. Citado na p. [82](#).
- PACK, Y. H.; CHOI, N. Y.; KIM, B. Impact of cognitive load and working memory on preschoolers' learning effectiveness. **Asia Pacific Education Review**, Springer, p. 1–15, 2023. Citado nas pp. [80](#) e [81](#).

- PALANGANA, I. C. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vigotski: a relevância do social**. [S.l.]: Summus Editorial, 2015. Citado na p. 18.
- PELLICANO, E.; KENNY, L.; BREDE, J.; KLARIC, E.; LICHWA, H.; MCMILLIN, R. Executive function predicts school readiness in autistic and typical preschool children. **Cognitive Development**, Elsevier, v. 43, p. 1–13, 2017. Citado na p. 30.
- PESCE, C. Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, Human Kinetics, Inc., v. 34, n. 6, p. 766–786, 2012. Citado nas pp. 20, 21, 22, 23, 24, 32, 35, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 56, 57, 83, 101 e 103.
- PESCE, C.; CROVA, C.; MARCHETTI, R.; STRUZZOLINO, I.; MASCI, I.; VANNOZZI, G.; FORTE, R. Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. **Mental Health and Physical Activity**, Elsevier, v. 6, n. 3, p. 172–180, 2013. Citado nas pp. 20, 43, 47 e 102.
- PESCE, C.; VAZOU, S.; BENZING, V.; ÁLVAREZ-BUENO, C.; ANZENEDER, S.; MAVILIDI, M. F.; LEONE, L.; SCHMIDT, M. Effects of chronic physical activity on cognition across the lifespan: A systematic meta-review of randomized controlled trials and realist synthesis of contextualized mechanisms. **International Review of Sport and Exercise Psychology**, Taylor & Francis, v. 16, n. 1, p. 722–760, 2023. Citado nas pp. 42, 43, 44, 100, 101, 102, 103, 105 e 109.
- PLASS, J. L.; MORENO, R.; BRÜNKEN, R. Cognitive load theory. Cambridge university press, 2010. Citado na p. 106.
- PROENÇA, V. H. L. de; MANZATO, M. H.; SANT'ANA, P. G. Metodologias de ensino do karatê-do shotokan para crianças. **Motrivivência**, v. 33, n. 64, p. 1–19, 2021. Citado nas pp. 27 e 28.
- RASBERRY, C. N.; LEE, S. M.; ROBIN, L.; LARIS, B.; RUSSELL, L. A.; COYLE, K. K.; NIHISER, A. J. The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. **Preventive medicine**, Elsevier, v. 52, p. S10–S20, 2011. Citado na p. 21.
- REY-MERMET, A.; GADE, M.; SOUZA, A. S.; BASTIAN, C. C. V.; OBERAUER, K. Is executive control related to working memory capacity and fluid intelligence? **Journal of Experimental Psychology: General**, American Psychological Association, v. 148, n. 8, p. 1335, 2019. Citado na p. 33.
- RICHARD, L.; CHARBONNEAU, D. An introduction to e-prime. **Tutorials in Quantitative Methods for Psychology**, v. 5, n. 2, p. 68–76, 2009. Citado na p. 82.

- ROWE, A.; TITTERINGTON, J.; HOLMES, J.; HENRY, L.; TAGGART, L. Interventions targeting working memory in 4–11 year olds within their everyday contexts: A systematic review. **Developmental Review**, Elsevier, v. 52, p. 1–23, 2019. Citado na p. [102](#).
- ROYALL, D. R.; LAUTERBACH, E. C.; CUMMINGS, J. L.; REEVE, A.; RUMMANS, T. A.; KAUFER, D. I.; LAFRANCE JR, W. C.; COFFEY, C. E. Executive control function: a review of its promise and challenges for clinical research. a report from the committee on research of the american neuropsychiatric association. **The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences**, Am Neuropsych Assoc, v. 14, n. 4, p. 377–405, 2002. Citado na p. [29](#).
- SCHMIDT, M.; JÄGER, K.; EGGER, F.; ROEBERS, C. M.; CONZELMANN, A. Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: a group-randomized controlled trial. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, Human Kinetics, Inc., v. 37, n. 6, p. 575–591, 2015. Citado nas pp. [21](#), [45](#) e [50](#).
- SCHMIDT, M.; MAVILIDI, M. F.; SINGH, A.; ENGLERT, C. Combining physical and cognitive training to improve kindergarten children's executive functions: A cluster randomized controlled trial. **Contemporary Educational Psychology**, Elsevier, v. 63, p. 101908, 2020. Citado nas pp. [47](#), [48](#), [50](#) e [101](#).
- SEIDLER, R. D.; BO, J.; ANGUERA, J. A. Neurocognitive contributions to motor skill learning: the role of working memory. **Journal of motor behavior**, Taylor & Francis, v. 44, n. 6, p. 445–453, 2012. Citado nas pp. [24](#), [35](#) e [36](#).
- SHEA, C. H.; PARK, J.-H.; BRADEN, H. W. Age-related effects in sequential motor learning. **Physical Therapy**, Oxford University Press, v. 86, n. 4, p. 478–488, 2006. Citado nas pp. [36](#) e [37](#).
- SINGH, A. S.; SALIASI, E.; BERG, V. V. D.; UIJTDEWILLIGEN, L.; GROOT, R. H. D.; JOLLES, J.; ANDERSEN, L. B.; BAILEY, R.; CHANG, Y.-K.; DIAMOND, A. *et al.* Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. **British journal of sports medicine**, BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine, v. 53, n. 10, p. 640–647, 2019. Citado nas pp. [22](#) e [23](#).
- SJÖWALL, D.; THORELL, L. B.; MANDIC, M.; WESTERSTÅHL, M. No effects of a long-term physical activity intervention on executive functioning among adolescents. **SAGE Open Medicine**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 7, p. 2050312119880734, 2019. Citado na p. [102](#).

- SOTO-FERNÁNDEZ, A.; CAMERINO, O.; IGLESIAS, X.; ANGUERA, M. T.; CASTAÑER, M. Lince plus software for systematic observational studies in sports and health. **Behavior research methods**, Springer, p. 1–9, 2022. Citado na p. [82](#).
- STAIANO, A. E.; ABRAHAM, A. A.; CALVERT, S. L. Competitive versus cooperative exergame play for african american adolescents' executive function skills: short-term effects in a long-term training intervention. **Developmental psychology**, American Psychological Association, v. 48, n. 2, p. 337, 2012. Citado na p. [102](#).
- STEFANIA, C.; GIANPIERO, G.; VALERIO, B.; FRANCESCO, F. Is Karate Training Effective In Improving Social Skills And Executive Functions In Children With Autism?: 474 Board #290 May 27 10:30 AM - 12:00 PM. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, p. 124–124, jul. 2020. MAG ID: 3041315675 S2ID: a5381ce40801acfc6eadbe9f777e8ac964bba175. DOI [10.1249/01.mss.0000671432.64618.a7](#). Citado na p. [18](#).
- SUDO, M.; COSTELLO, J. T.; MCMORRIS, T.; ANDO, S. The effects of acute high-intensity aerobic exercise on cognitive performance: A structured narrative review. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, Frontiers Media SA, v. 16, p. 957677, 2022. Citado na p. [38](#).
- SWELLER, J. Cognitive load theory: Recent theoretical advances. Cambridge University Press, 2010. Citado na p. [106](#).
- TAKAHASHI, S.; GROVE, P. M. Comparison of the effects of running and badminton on executive function: A within-subjects design. **PloS One**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 14, n. 9, p. e0216842, 2019. Citado na p. [60](#).
- TAYLOR, J. A.; THOROUGHMAN, K. A. Divided attention impairs human motor adaptation but not feedback control. **Journal of neurophysiology**, American Physiological Society, v. 98, n. 1, p. 317–326, 2007. Citado na p. [36](#).
- TAYLOR, J. A.; THOROUGHMAN, K. A. Motor adaptation scaled by the difficulty of a secondary cognitive task. **PLoS One**, Public Library of Science San Francisco, USA, v. 3, n. 6, p. e2485, 2008. Citado na p. [36](#).
- TINE, M. T.; BUTLER, A. G. Acute aerobic exercise impacts selective attention: An exceptional boost in lower-income children. **Educational Psychology**, Taylor & Francis, v. 32, n. 7, p. 821–834, 2012. Citado na p. [20](#).
- TOMPOROWSKI, P. D.; DAVIS, C. L.; MILLER, P. H.; NAGLIERI, J. A. Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. **Educational psychology review**, Springer, v. 20, p. 111–131, 2008. Citado nas pp. [21](#), [24](#), [44](#) e [46](#).
- TOMPOROWSKI, P. D.; MCCULLICK, B.; PENDLETON, D. M.; PESCE, C. Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition.

- Journal of Sport and Health Science**, Elsevier, v. 4, n. 1, p. 47–55, 2015. Citado nas pp. 23, 57 e 66.
- TOMPOROWSKI, P. D.; MCCULLICK, B. A.; PESCE, C. **Enhancing children's cognition with physical activity games**. [S.l.]: Human Kinetics, 2015. Citado nas pp. 21, 23, 45, 46, 48, 57, 65, 101, 102 e 104.
- TOMPOROWSKI, P. D.; PESCE, C. Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. **Psychological bulletin**, American Psychological Association, v. 145, n. 9, p. 929, 2019. Citado nas pp. 11, 20, 22, 23, 38, 40, 44, 45, 47, 48, 49, 52, 56, 104, 108 e 109.
- TURCOTTE, J.; GAGNON, S.; POIRIER, M. The effect of old age on the learning of supraspan sequences. **Psychology and aging**, American Psychological Association, v. 20, n. 2, p. 251, 2005. Citado na p. 36.
- UEHARA, E.; CHARCHAT-FICHMAN, H.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Funções executivas: Um retrato integrativo dos principais modelos e teorias desse conceito. **Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 5, n. 3, 2013. Citado nas pp. 18, 19, 29, 32 e 38.
- VANDIERENDONCK, A.; KEMPS, E.; FASTAME, M. C.; SZMALEC, A. Working memory components of the corsi blocks task. **British journal of psychology**, Wiley Online Library, v. 95, n. 1, p. 57–79, 2004. Citado nas pp. 80, 81 e 82.
- VAZOU, S.; MAVILIDI, M. F. Cognitively engaging physical activity for targeting motor, cognitive, social, and emotional skills in the preschool classroom: The move for thought prek-k program. **Frontiers in psychology**, Frontiers Media SA, v. 12, p. 729272, 2021. Citado na p. 102.
- VAZOU, S.; PESCE, C.; LAKES, K.; SMILEY-OYEN, A. More than one road leads to rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. **International Journal of Sport and Exercise Psychology**, Taylor & Francis, v. 17, n. 2, p. 153–178, 2019. Citado nas pp. 20, 44 e 103.
- VERBURGH, L.; KÖNIGS, M.; SCHERDER, E. J.; OOSTERLAAN, J. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. **British journal of sports medicine**, BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine, v. 48, n. 12, p. 973–979, 2014. Citado nas pp. 39 e 98.
- VERWEY, W. B. Buffer loading and chunking in sequential keypressing. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, American Psychological Association, v. 22, n. 3, p. 544, 1996. Citado nas pp. 36 e 37.

- VERWEY, W. B. Concatenating familiar movement sequences: The versatile cognitive processor. **Acta psychologica**, Elsevier, v. 106, n. 1-2, p. 69–95, 2001. Citado nas pp. 36 e 37.
- VOELCKER-REHAGE, C.; NIEMANN, C. Structural and functional brain changes related to different types of physical activity across the life span. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, Elsevier, v. 37, n. 9, p. 2268–2295, 2013. Citado na p. 20.
- WALLON, H. Do ato ao pensamento: Ensaio de psicologia comparada. trad. de j. **Seabra Dinis**, Lisboa: **Moraes editora**, p. 84–96, 1979. Citado na p. 18.
- WATSON, A.; TIMPERIO, A.; BROWN, H.; BEST, K.; HESKETH, K. D. Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, Springer, v. 14, p. 1–24, 2017. Citado na p. 39.
- WEBER, V. M. R.; FERNANDES, D. Z.; VOLPATO, L. A.; BUENO, M. R. de O.; ROMANZINI, M.; CASTRO-PIÑERO, J.; RONQUE, E. R. V. Development of cardiorespiratory fitness standards for working memory using receiver operating curves in 15-year-old adolescents. **BMC pediatrics**, Springer, v. 21, n. 1, p. 208, 2021. Citado na p. 82.
- WELSH, M. C.; PENNINGTON, B. F. Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. **Developmental neuropsychology**, Taylor & Francis, v. 4, n. 3, p. 199–230, 1988. Citado na p. 29.
- WELSH, M. C.; PENNINGTON, B. F.; GROISSER, D. B. A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. **Developmental neuropsychology**, Taylor & Francis, v. 7, n. 2, p. 131–149, 1991. Citado na p. 29.
- WOOD, R. Task complexity: Definition of the construct. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 37, p. 60–82, 1986. DOI [10.1016/0749-5978\(86\)90044-0](https://doi.org/10.1016/0749-5978(86)90044-0). Citado na p. 20.
- WRIGHT, C. M.; DUQUESNAY, P. J.; ANZMAN-FRASCA, S.; CHOMITZ, V. R.; CHUI, K.; ECONOMOS, C. D.; LANGEVIN, E. G.; NELSON, M. E.; SACHECK, J. M. Study protocol: the fueling learning through exercise (flex) study—a randomized controlled trial of the impact of school-based physical activity programs on children’s physical activity, cognitive function, and academic achievement. **BMC public health**, Springer, v. 16, p. 1–12, 2016. Citado na p. 102.
- XIONG, S.; ZHANG, P.; GAO, Z. Effects of exergaming on preschoolers’ executive functions and perceived competence: a pilot randomized trial. **Journal of clinical medicine**, MDPI, v. 8, n. 4, p. 469, 2019. Citado na p. 102.
- XUE, Y.; YANG, Y.; HUANG, T. Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. **British**

-
- journal of sports medicine**, BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine, v. 53, n. 22, p. 1397–1404, 2019. Citado nas pp. [40](#), [42](#), [45](#) e [52](#).
- ZHONG, Z.; XU, Y.; JIN, R.; YE, C.; ZHANG, M.; ZHANG, H. Executive functions and mathematical competence in chinese preschool children: A meta-analysis and review. **Frontiers in psychology**, Frontiers, v. 13, p. 1012660, 2022. Citado na p. [30](#).
- ZHOU, Z.; DONG, S.; YIN, J.; FU, Q.; REN, H.; YIN, Z. Improving physical fitness and cognitive functions in middle school students: study protocol for the chinese childhood health, activity and motor performance study (chinese champs). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, MDPI, v. 15, n. 5, p. 976, 2018. Citado na p. [102](#).
- ZUHL, M. Tips for monitoring aerobic exercise intensity. **ASCM: Chicago, IL, USA**, 2020. Citado na p. [67](#).

Anexos



TERMO DE ASSENTIMENTO INFANTIL

Querido participante,

Estamos muito felizes em convidar você para se juntar a nós em um estudo chamado "Efeito de Tarefas de Karatê Shotokan Enriquecidas Cognitivamente sobre o Desempenho da Memória de Trabalho de Crianças: Delineamento de um Ensaio Clínico Cruzado". Este estudo é conduzido pelo estudante de mestrado Leonardo Cezar dos Santos Silvério, sob a orientação do professor Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro.

Vamos explorar como as atividades de karatê podem influenciar positivamente a forma como sua mente trabalha, especialmente uma habilidade chamada memória de trabalho. Queremos descobrir como o karatê pode ser não apenas divertido, mas também benéfico para a sua mente. Seus pais já autorizaram sua participação, mas é fundamental saber que você pode dizer "não" ou interromper sua participação a qualquer momento, sem enfrentar nenhuma consequência.

Durante quatro visitas ao Laboratório de Análise de Desempenho e Ensino do Esporte - LabEsporte, no Centro Olímpico da Faculdade de Educação Física na Universidade de Brasília, você e outras crianças, com idades entre 8 e 12 anos, participarão de atividades relacionadas ao karatê.

Na primeira visita, discutiremos sua saúde com seus pais, mediremos sua altura e peso, e realizaremos alguns testes para entender melhor como seu corpo funciona. Nas visitas seguintes, teremos mais atividades de karatê, com um professor passando tarefas desafiadoras baseados em katas e movimentos de karatê que você já conhece. Depois, você realizará uma tarefa no computador, parecida com um vídeo game.

Se surgirem dúvidas ou algo não ficar claro, você sempre pode perguntar ao professor. Estamos aqui para ajudar e garantir que tudo corra bem. Lembre-se, a decisão de continuar participando é totalmente sua. Queremos que esta experiência seja agradável para todos. Seja qual for sua escolha, aceitaremos com tranquilidade!

Estamos empolgados com a possibilidade de ter você conosco neste estudo. Se houver alguma pergunta ou se quiser conversar sobre algum ponto, sinta-se à vontade para falar com seus pais ou com a equipe do estudo.

Este projeto foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) da Universidade de Brasília. As informações com relação à assinatura do Termo de Assentimento Infantil ou aos direitos do participante da pesquisa podem ser obtidas por meio do e-mail do CEP/CHS: cep_chs@unb.br ou pelo telefone: (61) 3107 1592.

Eu _____ concordo em participar da pesquisa. Entendi que posso dizer "sim" e participar das atividades, e que a qualquer momento posso dizer "não" e desistir que ninguém irá ficar chateado. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com meus pais ou responsáveis.

Brasília, _____ de _____ de _____

Assinatura do/da menor

Assinatura do/da pesquisador/a



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezados pais e responsáveis,

Seu filho(a) está sendo convidado a participar da pesquisa “Efeito de tarefas de karatê shotokan enriquecidas cognitivamente sobre o desempenho da memória de trabalho de crianças: delineamento de um ensaio clínico cruzado”, de responsabilidade de Leonardo Cezar dos Santos Silvério, estudante de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília, com orientação do professor Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro, professor da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília. O objetivo desta pesquisa é avaliar o efeito da intervenção de tarefas de karatê shotokan com enriquecimento cognitivo sobre a memória de trabalho em crianças de 8 a 12 anos. Gostaria de consultá-lo/a sobre seu interesse e disponibilidade de cooperar com a pesquisa, autorizando seu filho a participar de momentos de avaliação e sessões de prática de tarefas de karatê shotokan pelo pesquisador e integrantes do grupo de pesquisa do Laboratório de Análise do Desempenho e Ensino do Esporte – LabEsporte, da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e lhe asseguro que o seu nome e de seu filho(a) não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-los (as).

Os participantes deste estudo serão convocados para comparecer ao Laboratório de Análise de Desempenho e Ensino do Esporte - LabEsporte, na Universidade de Brasília, em quatro ocasiões distintas, espaçadas por um intervalo de sete dias. Este conjunto de visitas incluirá uma sessão de familiarização e três sessões experimentais. Cada sessão será realizada no mesmo dia da semana e no mesmo horário para cada participante. Instruções prévias orientarão os participantes a evitar atividades físicas intensas nas 24 horas precedentes e a se abster de ingestão de cafeína e alimentos nas duas horas anteriores a cada sessão experimental.

Durante a primeira visita, os participantes receberão orientações detalhadas sobre os procedimentos experimentais e sua sequência. Inicialmente, eles preencherão um questionário sobre histórico de saúde e informações demográficas. Posteriormente, a estatura e o peso serão mensurados para cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC). Em seguida, será aplicado o Teste de Coordenação Corporal para Crianças (KTK), que leva de 10 a 15 minutos para ser concluído e avalia componentes como equilíbrio, ritmo, força, lateralidade, velocidade e agilidade. Nesta primeira visita, os participantes também serão familiarizados com o teste Corsi Block-Tapping, utilizado para avaliar a memória de trabalho antes e após cada intervenção. No início de cada sessão experimental, será utilizado um frequencímetro de pulso (Vantage V2, Polar®) e uma cinta peitoral (H 10, Polar®) para a realização das medidas e serão apresentados as informações necessárias das atividades que serão realizadas no dia. Em seguida, realizam um pré-teste da tarefa Corsi Block-Tapping, de seis minutos. Após o teste, os participantes se deslocarão para uma sala, que fica a menos de dois minutos do laboratório. Em seguida, realizarão a intervenção planejada para o dia. O protocolo nos dias das sessões experimentais orienta que a intervenção seja realizada individualmente. No aquecimento o participante realizará o *kihon kata* base orientado pelo pesquisador, duas vezes, com duração de 2 minutos. Após esse aquecimento, inicia-se a condição sorteada para o dia. Em todas as condições, para cada nível de complexidade, o *kihon kata* será executado mais de uma vez, seguindo o protocolo e os movimentos apresentados anteriormente. Após cada rodada do *kihon kata*,

haverá uma interação entre o participante e o pesquisador, para que o pesquisador realize questionamentos sobre o andamento da sessão. Após a realização completa da tarefa, o participante se deslocará para a sala da tarefa computadorizada. Lá, o participante descansará, sentado, durante dois minutos. Esse é o momento de recuperação. Uma vez terminado o descanso, o participante repetirá a tarefa computadorizada Corsi Block, com duração de 5 minutos, seguindo as mesmas instruções do pré-teste. Finalizada a tarefa, o pesquisador acompanhará o participante até o local de espera.

Os riscos à integridade física e psicológica dos participantes nesta pesquisa são mínimos, pois ela não envolve métodos invasivos ou de grande carga de estresse evidente. Entretanto, como em qualquer atividade física, há risco mínimo de lesão por acidente, para a qual será oferecido atendimento inicial de primeiros socorros por profissional de Educação Física habilitado. Os riscos de origem psicológica que podem ser identificados são aqueles comuns à participação em tarefas de desempenho com presença de outras pessoas, e incluem possibilidade de experimentar ansiedade, vergonha, cansaço ou estresse. Como estratégia de minimização destes riscos serão proporcionadas orientações claras e objetivas prévias com o intuito de tornar os participantes familiarizados e a vontade com os procedimentos de coleta de dados e presença dos instrutores.

Em qualquer situação em que dados pessoais são coletados, surge o o risco potencial de perda de confidencialidade de dados pessoais. Consideramos essa questão de importância crítica. Para lidar com isso, serão implementadas medidas rigorosas para mitigar qualquer potencial risco de perda de confidencialidade, assegurando a proteção integral das informações coletadas. As medidas abrangem: i) armazenamento digital de dados (protegido por criptografia e acesso exclusivo do pesquisador responsável via senha); ii) anonimização e codificação (anonimização efetiva de dados sensíveis sempre que possível, utilizando códigos ou identificadores únicos para proteger a identidade dos participantes); iii) compartilhamento controlado (qualquer compartilhamento de dados será estritamente controlado e realizado somente com consentimento explícito dos participantes ou quando permitido por regulamentações éticas específicas); e iv) arquivamento seguro (após a conclusão do estudo, garantiremos o arquivamento seguro de dados pessoais, de acordo com as normas éticas e regulamentações aplicáveis).

Espera-se, com esta pesquisa, que os ensaios clínicos propostos neste estudo possam gerar contribuições acadêmicas significativas. Essas contribuições podem auxiliar na criação e implementação de futuras metodologias com foco neurológico para a prática esportiva. O objetivo deste estudo é estabelecer um modelo representativo dos parâmetros de estimulação para o enriquecimento cognitivo da memória de trabalho em atividades físicas e esportivas. Além disso, busca-se desenvolver critérios para distinguir atividades esportivas convencionais daquelas que são cognitivamente enriquecidas. A intervenção proposta, ao promover o estímulo direcionado da memória de trabalho, possibilita benefícios diretos aos participantes. Esses benefícios incluem: melhoria de habilidades acadêmicas, aprimoramento de habilidades motoras, da coordenação e do uso deliberado de funções executivas de ordem superior.

A participação de seu filho(a) é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. Tanto você como seu filho(a) poderão recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento, sem acarretar qualquer penalidade ou perda de benefício. Caso haja qualquer dúvida com relação à pesquisa, você pode me contatar através do telefone (61) 98231-0070 ou pelo e-mail leocz.silverio@gmail.com. A equipe de pesquisa garante que os resultados do estudo serão devolvidos aos participantes por meio de relatório, podendo ser publicados posteriormente na comunidade científica. Como análise complementar, será feito um índice de eficiência das tarefas realizadas pelos participantes, com o objetivo de demonstrar aspectos relacionados ao desempenho do jogo como um relatório para os participantes.

Este projeto foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) da Universidade de Brasília. As informações com relação à assinatura do TCLE ou aos direitos do participante da pesquisa podem ser obtidas por meio do e-mail do CEP/CHS: cep_chs@unb.br ou pelo telefone: (61) 3107 1592.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o/a pesquisador/a responsável pela pesquisa e a outra com você.

Brasília, ____ de ____ de ____

Assinatura do/da pai ou responsável



Assinatura do/da pesquisador

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL DO PARTICIPANTE

137

Nome completo:

Data de nascimento:

Sexo:

Altura:

Peso:

Endereço:

Telefone para contato:

E-mail para contato:

1. Já fez exame de faixa? Sim ☐ Não ☐

a. Se sim, qual a faixa atual?

2. Idade em que começou a praticar karatê:

3. Local de treino/ Academia:

4. Treina quantas vezes por semana?

5. Quanto tempo dura cada treino?

a. Turno do treino: Manhã ☐ Tarde ☐

6. Pratica outro esporte/atividade física além do karatê? Sim ☐ Não ☐

a. Se sim, qual(is)?

b. Quantas vezes na semana?

c. Quanto tempo dura cada atividade?

7. Estuda em: Escola pública ☐ Escola particular ☐

a. Qual série/ano?

8. Participa de aulas de Educação Física na escola? Sim ☐ Não ☐

a. Se sim, quantas aulas por semana?

9. Data de preenchimento do questionário:

ESPELHO DE AVALIAÇÃO TESTE DE COORDENAÇÃO KTK

138

Teste 1: Equilibrar-se andando de costas (retrocedendo)

Trave	1	2	3	Soma
6,0 cm				
4,5 cm				
3,0 cm				
Escore QM1				

Teste 2: Saltitar com uma perna

Altura(cm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	Soma
Direita														
Esquerda														
Escore QM2														

Teste 3: Saltos laterais (para um lado e para o outro)

Saltos em 15 segundos	1	2	Soma
Escore QM3			

Teste 4: Transposição lateral

Transposições em 20 segundos	1	2	Soma
Escore QM4			

1. Interação após a realização do kihon kata base duas vezes (aquecimento):

Pesquisador: Como você está se sentindo agora depois da execução do kihon kata? Algum desafio específico que gostaria de compartilhar?

Como você descreveria a sua motivação nesse momento? (*1 – Motivado; 2 – Animado; 3 - Tranquilo; 4 – Entediado; 5 - Incomodado*)

2. Interação após a adição de gestos técnicos e realização do kihon kata mais duas vezes:

Agora que adicionamos X movimentos, como você está se sentindo agora? Achou fácil ou difícil?

AE – Baixa complexidade:

Inicial	
1 gesto técnico	
2 gestos técnicos	
3 gestos técnicos	

AS – Baixa complexidade:

Inicial	
1ª bateria	
2ª bateria	
3ª bateria	

AE – Alta complexidade:

Inicial	
4 gestos técnicos	
5 gestos técnicos	
6 gestos técnicos	

AS – Alta complexidade:

Inicial	
1ª bateria	
2ª bateria	
3ª bateria	

SM – Controle:

Inicial	
1ª bateria	
2ª bateria	
3ª bateria	

ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE ESFORÇO:

140

1. Interação após a tarefa completa:

Pesquisador: Como você está se sentindo agora depois realização da tarefa?

Como você descreveria o seu esforço? (*Mostrar ilustração*)

AE – Baixa complexidade:	
AE – Alta complexidade:	

AS – Baixa complexidade:	
AS – Alta complexidade:	

SM – Controle:	
---------------------------	--

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: F() M() Data: __/__/__

Escola: _____ Ano: _____ Turno: M() T()

Marque as atividades que você realizou na semana passada e assinale a intensidade. Na **intensidade leve** 😊 você não cansa e sua respiração é normal; na **intensidade moderada** 😊 você cansa um pouco, e sua respiração fica um pouco mais rápida que o normal; na **intensidade vigorosa** 😊 você cansa muito, transpira muito e sua respiração fica muito mais rápida que o normal.

1 - ATIVIDADE ESPORTIVA

Marque os esportes que você realizou semana passada com a orientação de um profissional

☐ Futebol



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😊 vigorosa 😊

☐ Voleibol



a) Quantos dias por semana?

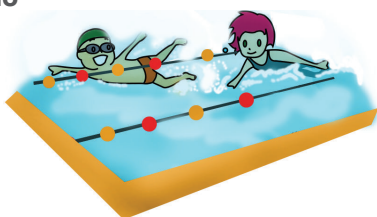
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😊 vigorosa 😊

☐ Natação



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😊 vigorosa 😊

☐ Luta Judo, capoeira, karatê



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😊 vigorosa 😊

☐ Dança



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😊 vigorosa 😊

☐ Outro esporte, qual? _____



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 142

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

2 - ATIVIDADE DE LAZER

2.1 Marque as atividades de lazer que você realizou semana passada considerando apenas as que realizou fora da escola sem contar os finais de semana e sem a orientação de um profissional da Educação Física.

☐ Jogar/brincar de bola



a) Quantos dias por semana?

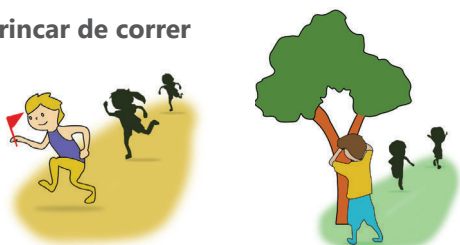
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

☐ Brincar de correr



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

☐ Andar de bicicleta, skate ou patins



a) Quantos dias por semana?

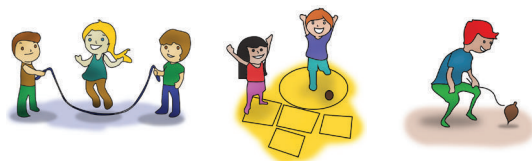
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

☐ Outras brincadeiras, quais? _____



a) Quantos dias por semana?

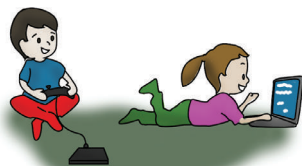
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

☐ Computador e videogame



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

☐ Assistir TV



a) Quantos dias por semana?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Quanto tempo por dia?

menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 3 a 4h ☐ mais de 4h ☐

c) Qual intensidade? leve 😊 moderada 😐 vigorosa 😡

2.2 Coloque dentro do círculo a letra correspondente ao tempo que você realizou as atividades de lazer no último final de semana (sábado e domingo) e faça um "x" na carinha que representa com que intensidade você realizou cada:

atividade leve 😊

atividade moderada 😬

atividade vigorosa 😫

143

Jogar/brincar de bola



Brincar de correr



Andar de bicicleta, skate ou patins

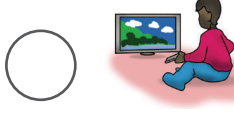


- a) Nenhuma vez
- b) Menos de 1 hora
- c) 1 a 2 horas
- d) 2 a 3 horas
- e) 3 a 4 horas
- f) Mais de 4 horas

Computador e videogame



Assistir TV



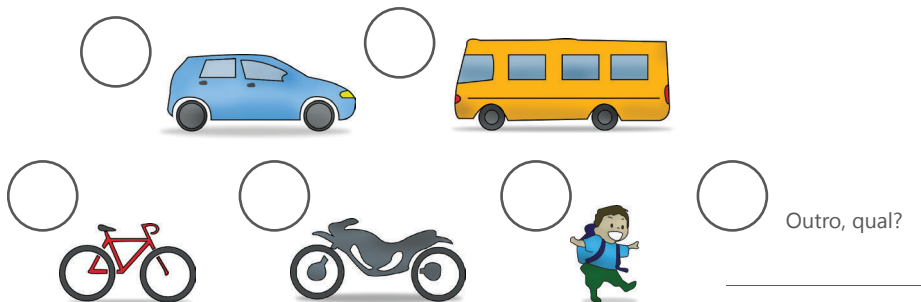
Outras atividades, quais?



3 - ATIVIDADE DE DESLOCAMENTO

Coloque a letra que corresponde ao tempo que você leva para chegar da sua casa a escola dentro do círculo que representa o meio de transporte que você usa para ir a escola.

- a) 5 a 10 minutos
- b) 10 a 20 minutos
- c) 20 a 30 minutos
- d) mais de 30 minutos



4 - ATIVIDADE NA ESCOLA

4.1 Marque a opção com relação a aula de educação física



a) quantos dias por semana

☐ Nenhuma vez ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

b) quantos tempo por dia?

☐ Menos de 1h ☐ 1 a 2h ☐ 2 a 3h

qual intensidade?

😊 Leve 😬 Moderada 😫 Vigorosa

4.2 Marque a atividade que você realizou na semana passada durante o intervalo/recreio da aula.

☐ Brincar/jogar/correr



a) quantos dias por semana

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

b) qual intensidade?

😊 Leve 😬 Moderada 😫 Vigorosa

☐ Conversar



a) quantos dias por semana

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5



UnB