

## **Recursos digitais no treinamento cognitivo em memória de trabalho para crianças: uma revisão integrativa**

*Drielle Barbosa-Pereira<sup>1</sup>*

*Luiz Alves Ferreira-Junior<sup>2</sup>*

*Marcela Mansur-Alves<sup>3</sup>*

### **Resumo**

O objetivo do estudo foi levantar, descrever e analisar qualitativamente as evidências de eficácia existentes dos Treinos Cognitivos (TCs) digitais, compostos por pelo menos uma tarefa de Memória de Trabalho e que podem ser usados com crianças. Foram consultados os bancos de dados: Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Pubmed e *American Psychological Association* (PsycNet). Para verificar a quantidade de TC's disponíveis, uma busca foi realizada na loja de aplicativos *Google Play*® e na ferramenta de busca *Google*®. Oitenta e um estudos foram incluídos, resultando em 38 TC's. Em relação aos TC's disponíveis, 14 programas foram encontrados. Evidências de transferência proximal foram encontradas em 60,5% dos estudos e distal em 42,1%. Para os TC's disponíveis, a falta de evidências de eficácia é uma problemática a ser superada. Os resultados sugerem que a utilização desses programas ainda deve ser avaliada com cautela, dependendo do objetivo e contexto em que são empregados.

**Palavras-chave:** Treinos cognitivos; Memória de trabalho; Crianças, Tecnologia da informação.

### **Digital tools in working memory training for children: an integrative review**

#### **Abstract**

The objective of this study was to investigate, describe, and qualitatively analyze the effectiveness of digital Cognitive Training (CTs), composed by at least one Working Memory task, and that can be used with children. The search was performed in: *Biblioteca Virtual de Psicologia* (BVS), Pubmed, and American Psychological Association (PsycNet). In addition, to investigate the number of CTs available without evidence of efficacy, a search was performed in *Google Play*® app store and in *Google*®. Finally, 81 studies were found, resulting in 38 CTs. Regarding the available CTs, 14 programs were found. Near transfer was found in 60.5% of studies and far transfer in 42.1%. For the available CTs, the lack of experimental studies is presented as an issue of this research field. The results suggested that the use of these programs should be evaluated with caution, depending on the objective and the context in which they are being used.

**Keywords:** Cognitive training; Working memory, Children; Information technology.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil

## Introdução

O interesse por programas de intervenção que buscam promover melhoras no desempenho cognitivo geral vem crescendo, principalmente nos últimos vinte anos (Redick, 2019). Os programas de treinamento cognitivo caracterizam-se por uma prática guiada, repetida e padronizada, por um período pré-determinado, baseada na exposição às tarefas focadas em processos cognitivos definidos previamente (Sala & Gobet, 2019). Embora diferente das estimulações cognitivas (mais gerais e voltadas para atividades de vida diária) e reabilitações (focadas em compensar déficits específicos em grupos clínicos; Rabipour & Davidson, 2015; Wilson et al., 2017), em alguns estudos recentes, essa diferenciação entre tipos de intervenções não é bem delimitada, havendo sobreposição desses conceitos (Peijnenborgh et al., 2016).

O foco do presente estudo são os treinos cognitivos que envolvem o uso de tecnologias de informação e comunicação, tendo em vista que são, na atualidade, os mais utilizados pelos benefícios que podem trazer, principalmente, para o público jovem em comparação aos treinos de lápis e papel (Lumsden et al., 2016). Além da familiaridade para o público infanto-juvenil, outras vantagens dos treinos digitais podem ser listadas, tais como aumento da motivação intrínseca dos participantes (Peijnenborgh et al., 2016); sistema automático de pontuação, o que contribui para reduzir a subjetividade do aplicador ao avaliar o avanço dos participantes durante o treino e a possibilidade de erro humano ao acompanhar o desempenho nas tarefas; ganhos na padronização da apresentação dos estímulos e na medição de respostas como velocidade de processamento e tempo de reação (Aranha, 2006; Miranda & Palmer, 2014). Algumas dessas vantagens estão relacionadas ao contexto de avaliação psicológica e/ou cognitiva, mas podem ser consideradas para o contexto de intervenção (Lumsden et al., 2016). Portanto, os avanços atuais no contexto dos TC's são feitos, em sua maioria, com protocolos de intervenção digitais (Sala & Gobet, 2017).

Grande parte das intervenções digitais utilizadas na infância, especialmente os TC's, têm como foco a Memória de Trabalho (MT). A MT é uma função executiva responsável pelo armazenamento e manipulação de informações. Possui capacidade limitada e mantém a informação disponível apenas por intervalos curtos de tempo (Baddeley, 2017). A MT é um importante preditor da performance escolar e prejuízos nesse construto podem impactar a aprendizagem, como transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) e transtornos específicos da aprendizagem (Peijnenborgh et al., 2016). O modelo mais utilizado atualmente para a compreensão da MT é o proposto por Baddeley e Hitch, (1974) e suas subseqüentes alterações

(Baddeley, 2017). O modelo prevê quatro componentes dos quais o mais complexo é o executivo central, responsável pela coordenação, manipulação e atualização de informações nos sub-sistemas “alça fonológica” e “esboço visuoespacial”. Está envolvido, ainda, em funções como a atualização de estímulos na memória, flexibilidade e inibição de estímulos distratores. A alça fonológica armazena e processa códigos verbais, apresentados auditiva ou visualmente. O componente responsável pelo armazenamento e manipulação de informações imagéticas, visuais e espaciais é o esboço visuoespacial. O retentor episódico, quarto componente do modelo, possibilita a integração das informações entre os subsistemas da MT e a memória de longo prazo (Baddeley, 2017; Henry, 2012). De forma complementar, segundo Miyake et al. (2000), as funções executivas podem ser divididas em: alternância (*shifting*), inibição (*inhibition*) e atualização (*updating*). A alternância refere-se à capacidade de alternar entre operações mentais. A inibição refere-se à capacidade de inibir deliberadamente respostas automatizadas e dominantes. Por fim, a atualização está envolvida na capacidade de monitoramento constante de estímulos, substituindo informações menos relevantes para execução de uma tarefa por informações novas e atualizadas na MT (Miyake et al., 2000). Para avaliação e treinamento da MT, tarefas que se referem ao componente de *updating*, as chamadas tarefas de *n-back*, junto às tarefas de *span*, que operacionalizam os demais componentes do modelo proposto por Baddeley e Hitch (1974), formam um único fator, sugerindo que estão avaliando o mesmo construto subjacente (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Atualmente, as tarefas mais empregadas na avaliação e treinamento da MT são as tarefas de *span* e de *updating* (Blacker et al., 2017). Para a realização das tarefas de *span*, o participante precisa memorizar sequências de estímulos apresentados. Na variação simples (*span* simples), os itens devem ser recordados na ordem de apresentação e estímulos confundidores não são agregados à atividade. Já na forma complexa (*span* complexo), os itens devem ser recordados em uma ordem distinta da qual foram apresentados, requerendo a sua manipulação; ou são apresentados juntamente a elementos distratores (Hall et al., 2015). Por outro lado, as tarefas de *n-back* envolvem a comparação de estímulos novos aos que foram apresentados *n*-vezes antes (a depender da dificuldade da tarefa) para o participante. Para progredir na atividade, portanto, é necessário que os estímulos-alvo sejam sempre atualizados na memória para serem comparados com os próximos (Morrison & Chein, 2011).

Os ganhos provenientes dos TC's podem ser divididos em três categorias: transferência proximal, distal e generalização. Na transferência proximal, os ganhos são observados em processos semelhantes aos treinados pela intervenção. Já na transferência distal, os ganhos são

transferidos para processos distintos, como atenção e controle inibitório. Por sua vez, o fenômeno de generalização é observado quando os ganhos são transferidos para o sistema cognitivo geral e para vários âmbitos da vida do indivíduo (Melby-Lervåg et al., 2016). A ocorrência dos fenômenos de transferência relaciona-se ao nível em que os domínios compartilham recursos neurais subjacentes. Assim, dados que corroboram a eficácia de TC's em promover transferência proximal são mais frequentemente encontrados em estudos experimentais do que dados que sugerem a transferência distal (Sala & Gobet, 2019). Além disso, a variedade metodológica, característica da área, contribui para a inconsistência de evidências relacionadas à transferência distal. Segundo a meta-análise realizada por Melby-Lervåg e colaboradores (2016), não há evidências de eficácia de TC's para habilidades não-verbais e verbais, compreensão de leitura e habilidades aritméticas. Em contrapartida, para as habilidades escolares, o estudo realizado por Sala e Gobet (2017) encontrou transferência distal apenas para a aritmética.

Muitos TC's são disponibilizados para a população ou até mesmo comercializados com a premissa de que promovem ganhos, sem, contudo, reunirem um conjunto consistente de evidências de eficácia (Simons et al., 2016). Como alguns programas visam a estimulação cognitiva a partir de tarefas voltadas para diferentes domínios cognitivos, torna-se difícil a diferenciação entre fenômenos de transferência proximal e distal. Tais fatores podem contribuir para uma utilização inadequada dos TC's digitais. Ademais, as revisões sistemáticas que buscam investigar as evidências de eficácia dos TC's possuem metodologias distintas, selecionando diferentes faixas-etária dos participantes, diferentes domínios considerados como desfecho e/ou foco no ganho quantitativo das tarefas (Aksayli et al., 2019; Harris et al., 2018; Mansur-Alves & Saldanha-Silva, 2017; Melby-Lervåg et al., 2016; Rossignoli-Palomeque et al., 2018; Sala & Gobet, 2017; Simons et al., 2016). Entretanto, os estudos publicados não tem como foco a descrição das tarefas e avaliação qualitativa dos instrumentos digitais de intervenção utilizados nos estudos.

Neste sentido, uma revisão integrativa da literatura foi realizada com o objetivo de levantar, descrever e analisar qualitativamente as evidências de eficácia existentes dos TC's digitais, compostos por pelo menos uma tarefa de MT e que podem ser usados com crianças. Considerou-se apenas programas digitais, dado os benefícios característicos dessa versão dos TC's, mencionados anteriormente, e que a maioria das pesquisas atuais empregam intervenções digitais. Para o presente estudo, considerou-se como indicativo de evidências de eficácia dados reportados para transferência proximal, distal ou generalização (verificados a partir de melhor desempenho obtido em tarefas de MT; melhora significativa em construtos pouco relacionados

à MT ou redução de sintomas característicos de transtornos do neurodesenvolvimento; e melhora no desempenho geral da amostra, respectivamente). Objetivou-se, ainda, a partir de uma busca breve na loja de aplicativos *Google Play*® e na ferramenta de busca *Google*®, verificar a quantidade de programas de treino digitais de MT que estão disponíveis para população ou que podem ser comercializados e que não possuem evidências consistentes de eficácia que sustentam seu uso. Como complemento, serão registradas informações sobre o público-alvo dos programas, tipos de tarefa que compõem o treino e duração do protocolo de intervenção.

## Método

A revisão integrativa foi realizada baseando-se nas orientações gerais presentes na declaração PRISMA<sup>4</sup> (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), além da busca realizada na loja de aplicativos e na ferramenta de busca, considerando o caráter integrativo e qualitativo da revisão. Os programas de TC's incluídos neste estudo seguiram os seguintes critérios: TC's em MT realizados em amostras compostas por crianças com desenvolvimento típico ou atípico (incluídos apenas transtornos do neurodesenvolvimento); delineamento longitudinal; estudos experimentais ou quase-experimentais; presença de grupo controle (ativo ou passivo); os treinos utilizados nos estudos deveriam conter pelo menos uma tarefa computadorizada de MT; publicados em inglês, espanhol ou português e estarem disponíveis para acesso. Não houve limitação em relação ao ano de publicação do estudo. Foram incluídos estudos importantes conhecidos que não apareceram na busca (*grey literature*). Estudos que possuíam protocolos de intervenção mistos, ou seja, treinos com tarefas computadorizadas e delápis-e-papel não foram incluídos. Essa escolha foi feita para facilitar a análise e comparação entre os programas, uma vez que os digitais tendem a ser mais motivadores e dinâmicos do que os mistos e a motivação é um elemento importante para os resultados dos treinos (Peijnenborgh et al., 2016).

A busca foi realizada no mês de março de 2020 nas bases eletrônicas: Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Pubmed e *American Psychological Association* (Apa PsycNet), utilizando a seguinte sintaxe: “*Working Memory Training*” OR “*Cognitive Training*” AND “*child*”. A Figura 1 apresenta o processo de busca e seleção dos artigos. Treinos de MT que fizeram uso de estratégias para que o objetivo das tarefas fosse alcançado também não foram incluídos, uma vez que a eficácia de treinos com e sem estratégias pode não ser a mesma (Peng & Fuchs, 2017).

Para a descrição das evidências de eficácia dos TC's, foi observado qual era o compo-

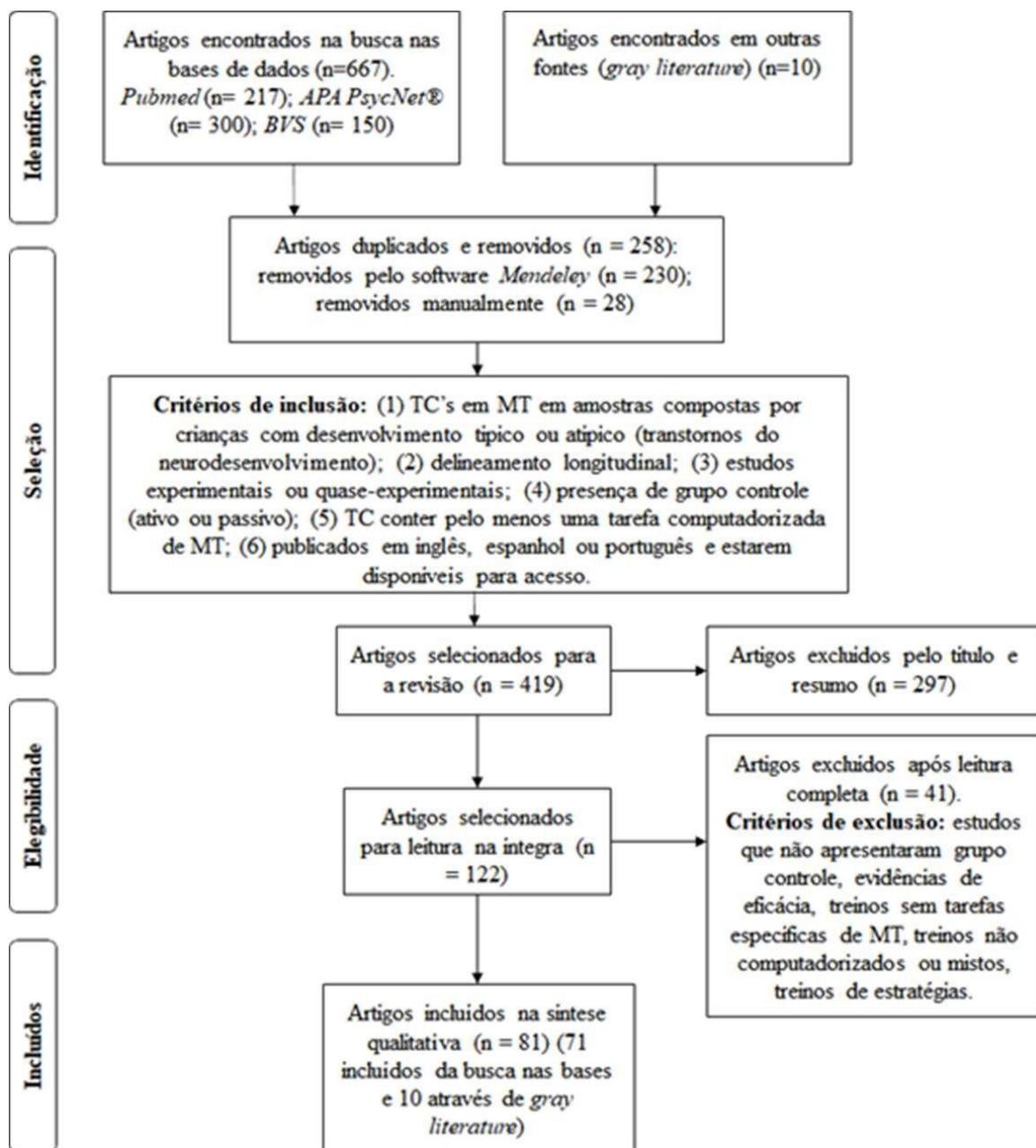
---

<sup>4</sup> Referência: <http://www.prisma-statement.org/>

nente da MT treinado e os fenômenos de transferência reportados por meta-análises (Aksayli et al., 2019; Harris et al., 2018; Mansur-Alves & Saldanha-Silva, 2017; Melby-Lervåg et al., 2016; Rossignoli-Palomeque et al., 2018; Sala & Gobet, 2017; Simons et al., 2016). Se o artigo encontrado não foi incluído previamente em nenhuma revisão sistemática da área, as evidências descritas foram referentes aos próprios estudos. Essa escolha foi feita para que fossem selecionadas evidências mais robustas de eficácia, provenientes de metanálises.

### Figura 1

Diagrama apresentando o processo de busca e seleção dos estudos para a revisão. O diagrama se baseia nas diretrizes PRISMA.



Foram encontrados 667 artigos nas bases de dados e, após a exclusão de duplicatas, 409 artigos restaram para a leitura do título, resumo e texto completo. Primeiramente, os títulos e os resumos foram lidos a fim de verificar se os critérios de inclusão eram atendidos, excluindo-se 297 estudos. Após essa etapa, restaram apenas 71 estudos que atendiam aos critérios pré-definidos para a busca. Adicionaram-se dez artigos referentes à *grey literature* (Alloway et al., 2013; Avtzon, 2007; Johnstone et al., 2012; Kuhn & Holling, 2014; Lanfranchi et al., 2017; Maehler et al., 2019; Pei & Kerns, 2012; Prins et al., 2013; Ramos & Melo, 2016; Sandford, 2007) resultando em 81 estudos analisados na íntegra.

Para investigar programas de treinos disponíveis para o público geral, uma busca breve foi realizada pelos autores na loja de aplicativos *Google Play*® e na ferramenta de busca *Google*®. Foram encontrados 14 programas que podem ser acessados por meio do *download* gratuito ou da aquisição do produto direto do fabricante.

## Resultados

A leitura dos estudos na íntegra e *grey literature* resultou em 38 TC's diferentes, sendo TC's testados em estudos experimentais ou quase-experimentais (**Tabela 1**).

Os TC's testados, em sua eficácia, por estudos experimentais estão apresentados na Tabela 1. Dos 38 programas encontrados, 89,5% têm em sua composição pelo menos uma tarefa de memória de trabalho visuoespacial (MTVE), 50% têm pelo menos uma tarefa de memória de trabalho verbal (MTV) e 26,3% têm pelo menos uma tarefa de *updating* (Executivo Central; Ud). Ainda, 44,7% TC's focam em treinar MTV e MTVE, 13,2% em treinar MTV e Ud e 13,2% em treinar MTVE e Ud. Apenas 23,7% programas almejam treinar todos os subcomponentes da MT. Considerando TC's que treinam apenas um componente da MT, encontrou-se que quatro TC's treinam apenas MTV e 13 TC's, apenas MTVE. A maioria dos programas (76,3%) apresentaram especificações para um público-alvo de até 18 anos ou investigaram a eficácia com determinada faixa etária. Para a população infantil, até 12 anos, encontrou-se 20 (52,6%) TC's que têm essa faixa-etária como alvo ou utilizaram apenas essa faixa nos estudos.

Até o momento, os programas internacionais que possuem uma versão em português não apresentam adaptação transcultural para o Brasil, apenas tradução da linguagem empregada. Dos programas encontrados, 97,4% podem ser considerados recentes, tendo sua origem no início dos anos 2000. De todos os treinos encontrados, 15 deles não possuem um nome, provavelmente porque esses treinos não foram desenvolvidos para uma comercialização ampla, pelo menos inicialmente. Esta possibilidade pode indicar que alguns TC's estão sendo desen-

**Tabela 1***Programas de treino cognitivo da memória de trabalho encontrados na revisão e nas plataformas de download*

Programa	Faixa etária	Frequência de treino	Componentes MT	Referência	Eficácia
(BrainWare Safari) Learning Enhancement Corporation <sup>a</sup>	A partir de 6 anos	SE	MTVE e MTV <sup>b</sup> (inferidos na leitura)	Avtzon (2012)	CE (Simons et al., 2016).
AGENT	8 a 10 anos com o diagnóstico de transtorno específico da leitura	6 semanas, 45 minutos por sessão, 18 sessões	MTV e MTVE	Maehler et al. (2019).	TP até 3 meses depois
APRENDO	Crianças escolares	Semanais, 1 mês, 30 minutos por dia	MTVE <sup>b</sup>	Fernández-Molina et al. (2015)	CE
Brain Resource (myBrainSolutions) <sup>d</sup>	SE	SE	MTVE <sup>b</sup>	www.mybrainsolutions.com/Pages/TrainingThatsFun/Games.aspx	CE
Brain Training Game	7 e 8 anos	SE	Ud e MTVE <sup>b</sup>	Wexler et al. (2016)	Transferência para habilidades matemáticas (os grupos realizaram outros treinos conjuntamente)
Braingame Brian	8 a 12 anos (com TDAH e déficits em funções executivas)	SE	MTVE <sup>b</sup>	Prins et al. (2013)	TP (Dovis et al., 2015)
BrainHQ <sup>d</sup>	SE	SE	MTV e MTVE <sup>b</sup>	Simons et al. (2016)	CE
BrainScale <sup>d</sup>	SE	5 vezes por semana, 20 a 30 minutos	Ud, MTV e MTVE <sup>b</sup>	brainscale.net	CE
BrainTwister2 Software <sup>d</sup>	A partir de 7 anos	Mínimo de 3 semanas	Ud, MTV e MTVE <sup>b</sup>	Pugin et al. (2015)	CE
C8 Sciences (ACTIVATE <sup>TM</sup> ) <sup>a</sup>	SE	6 vezes por semana, 8 semanas, 40 minutos por dia	MTVE <sup>b</sup>	Rosa et al., (2017)	Transferência para atenção (crianças com TDAH) (Rossignoli-Palomeque et al., 2018)

Captain's Log software	Crianças escolares típicas ou com transtornos do neurodesenvolvimento	Mínimo: 2 horas semanais durante 3 a 6 meses	MTVE e MTV <sup>b</sup> (inferido na leitura)	Sandford (2007)	TP (crianças com TDAH) (Cortese et al., 2014)
Central Executive Training	8 a 13 anos com TDAH	1 semana	Ud, MTV e MTVE	Kofler et. al. (2018)	TP e TD (redução de sintomas de TDAH)
CogMed™ <sup>a</sup>	Pré-escolares (CogMed JM) Crianças (≥ 7 anos) (CogMed RM) Adultos (CogMed QM)	Diário, 5 vezes por semana	MTVE e MTV	Pearson Education, (2016)	TP (Aksayli et al., 2019; Simons et al., 2016)
Cognifit <sup>a</sup>	SE	SE	Ud, MTVE e MTV <sup>b</sup>	Horowitz-Kraus (2015)	CE (Simons et al., 2016)
CogniPlus <sup>d</sup>	SE	SE	Ud e MTVE <sup>b</sup>	www.schuhfried.com/en/cogniplus/	CE
Cognitive Carnival	6 a 15 anos com Síndrome Fetal Alcoólica	SE	MTV e MTVE <sup>b</sup>	Pei & Kerns (2012)	Transferência para atenção e TP
Escola do cérebro <sup>c</sup> (Em desenvolvimento)	8 a 12 anos	SE	MTV <sup>a</sup> (inferido na leitura)	Ramos & Melo (2016)	Transferência para atenção e TD (flexibilidade cognitiva) (Ramos & Segundo, 2018)
Feed the Monkey (FTM)	7 a 12 anos	5 vezes por semana, 5 semanas, 20 minutos por dia	MTVE <sup>b</sup>	Johnstone et al. (2010)	TD (redução de sintomas de TDAH)
Focus Pocus	Crianças de todas as idades	SE	MTVE <sup>b</sup>	Johnstone et al. (2012)	TP e TD (inibição em crianças com TDAH) (Rossignoli-Palomeque et al., 2018)
Gamebook Guardiões da Floresta <sup>c,d</sup>	Crianças de 8 a 12 anos com TDAH	SE	MTVE <sup>b</sup> (inferido na leitura)	Alves & Bonfim (2016)	CE
Gaming Training	7 a 12 anos com diagnóstico de TDAH	Semanais, 3 semanas, 30 minutos por dia	MTVE	Prins et al. (2013)	CE

Jungle Memory™	7 a 16 anos	SE	MTVE e MTV	Alloway et al. (2013)	CE (Melby-Lervåg et al., 2016)
Lumosity <sup>d</sup>	SE	SE	Ud, MTV e MTVE <sup>b</sup>	Hardy & Scanlon (2009)	CE
Matemarote	4 a 8 anos	3 vezes por semana, 10 semanas, 15 minutos por dia	MTVE <sup>b</sup>	Goldin et al. (2014)	TD (habilidades matemáticas e habilidade de linguagem)
My Brain Trainer <sup>d</sup>	SE	SE	Ud <sup>b</sup>	www.mybraintrainer.com	CE
NeuroNation <sup>d</sup>	SE	SE	MTVE <sup>b</sup>	Gonçalves & Gil (2017)	CE
Neuronowski®	5 a 8 anos com transtornos específicos da linguagem	4 vezes por semana, 6 semanas, 60 minutos por dia	MTV <sup>b</sup>	Dacewicz et al. (2018)	Transferência para a capacidade de detecção de alterações no fluxo auditivo
Nintendo Brain Age <sup>d</sup>	SE	SE	MTV e MTVE <sup>b</sup>	McDougall & House (2012)	CE
Peak <sup>d</sup>	SE	SE	MTVE <sup>b</sup>	Gonçalves & Gil (2017)	CE
REEDUC	6 e 13 anos	Semanais, 16 sessões, 30 minutos por dia	MTV e MTVE <sup>b</sup>	Talbot et al. (1992)	Transferência para habilidades matemáticas
Scientific Brain Training (HAPPYneuron) <sup>d</sup>	SE	SE	MTV e MTVE <sup>b</sup> (inferido na leitura)	DiMauro et al. (2014).	CE
Scientific Learning Corporation (Fast ForWord/Casa Cuca) <sup>d</sup>	A partir de 5 anos	SE	MTV <sup>b</sup>	Gillam et al. (2008)	CE
Sincrolab Kids <sup>d</sup>	SE	SE	Ud e MTV <sup>b</sup>	<a href="https://www.sincrolab.es/index.htm">https://www.sincrolab.es/index.htm</a>	CE
SN	6 e 7 anos	SE	Ud e MTVE	Ang et al. (2015)	TD (irrisórias para inteligência) (Mansur-Alves & Saldanha-Silva, 2017)

SN	9 anos (média da amostra)	SE	Ud, MTV e MTVE	Kuhn & Holling (2014)	TP (Sala & Gobet, 2017)
SN	8 a 10 anos	SE	Ud e MTVE	Jaeggi et al. (2011)	TP (Sala & Gobet, 2017)
SN	9 anos com discalculia	SE	MTVE e MTV	Layes et al. (2018)	TP e TD (habilidades matemáticas)
SN	6 anos	SE	MTVE	Nemmi et al. (2016)	Transferência para habilidades matemáticas (grupo que realizou um treino de linha numérica em conjunto com o TC em MT)
SN	8 a 10 anos com dislexia do desenvolvimento	SE	Ud, MTV e MTVE	Yang et al. (2017)	TD (habilidades verbais – rima e velocidade de nomeação)
SN	SE	SE	Ud, MTV e MTVE <sup>b</sup>	Sánchez-Pérez et al. (2019)	Transferência para habilidades matemáticas e TD (inibição e leitura)
SN	SE	Diárias, 4 vezes por semana, 5 semanas, 15 minutos por dia	MTVE	Zhang et al. (2019)	TP e TD (Gf), ambas até 3 meses depois
SN	4 anos	Semanais, 1 mês, 20 minutos por dia	Ud e MTVE	Blakey & Carroll (2015)	TP até 3 meses depois
SN	SE	Diárias, 4 semanas, 20-30 minutos por dia	MTV <sup>b</sup>	Rode et al. (2014)	Transferência para habilidades matemáticas e TP
SN	6 a 12 anos	Diárias, 5 semanas, 20-25 minutos por dia	MTV e MTVE	Wong et al. (2014)	TP até 5 semanas depois
SN	9 a 11 anos	5 sessões semanais, 2 semanas, 17 minutos por dia	MTVE	Loosli et al. (2012)	TD (leitura de textos e palavras isoladas)
SN - Colaboração com CogMed™	4 e 5 anos	Diárias, 5 semanas, 15 minutos por dia	MTVE <sup>b</sup>	Thorell et al. (2009)	TP e TD (atenção)
SN; Running Span	7 a 11 anos	SE	Ud e MTVE <sup>b</sup>	Wang et al. (2014)	TP (Sala & Gobet, 2017)

SN <sup>c</sup>	8,75 anos (média da amostra)	2 vezes por semana, 11 semanas, 40 a 50 minutos	MTV	Mansur-Alves et al. (2013)	TP (Sala & Gobet, 2017)
The Amazing Brain Train	7 a 12 anos com diagnóstico de TDAH	2 meses, 60 minutos por dia	MTVE <sup>b</sup>	Azami et al. (2016)	TP e TD (atenção sustentada, sintomas de TDAH, Gf)
The Persian software of working memory training	7 a 12 anos	2 meses, 20 minutos por dia	MTV e MTVE	Azami et al. (2016)	TP e TD (atenção sustentada, Gf e redução de sintomas de TDAH)
Visuospatial working memory	7 a 18 anos com síndrome de Down	SE	MTVE	Lanfranchia et al. (2017)	TP
WM Training Program - WMP (Programa de Treinamento da MT)	Crianças em idade escolar (média de 8 anos e 6 meses)	SE	MTVE e MTV <sup>b</sup>	Nevo & Breznitz (2014).	TP (Sala & Gobet, 2017)

*Nota.* Na coluna “Eficácia”, quando não houver especificação da transferência ser distal ou proximal, significa que a transferência é proximal para o TC em questão porque ele treina MT e outras funções cognitivas. Caso seja proximal para MT e seus componentes, foi utilizada a sigla “TP”. MT = memória de trabalho; MTV = memória de trabalho verbal; MTVE = memória de trabalho visuoespacial; TP = transferência proximal (em MT); TD = transferência distal; TDAH = Transtorno de déficit de atenção e hiperatividade; Ud = updating; CE = carência de evidências (a carência de evidências refere-se, na maioria das vezes, à falta de indicativos consistentes de eficácia proveniente de revisões sistemáticas com amostras infantis); SE = Sem Especificações; Gf = inteligência fluida; SN = TC Sem Nome.

<sup>a</sup> apresentam versão em português; <sup>b</sup> Treinos cognitivos que treinam outras funções cognitivas além da memória de trabalho, como atenção, outras funções executivas, memória, resolução de problemas, integração sensorial, velocidade de processamento; <sup>c</sup> Treinos cognitivos brasileiros; <sup>d</sup> TCs encontrados nas plataformas de download *Google Play*® e *Google*®.

volvidos a fim verificar a hipótese de TC's com foco na MT serem eficazes no âmbito da intervenção (Nemmi et al., 2016; Yang et al., 2017; Wexler et al., 2016).

Fenômenos de transferência para funções cognitivas e/ou escolares também não foram encontradas para 5 dos 38 programas (13,2%). Quando disponíveis, as evidências de eficácias foram retiradas das meta-análises e revisões sistemáticas (Aksayli et al., 2019; Harris et al., 2018; Mansur-Alves & Saldanha-Silva, 2017; Melby-Lervåg et al., 2016; Rossignoli-Palomeque et al., 2018; Sala & Gobet, 2017; Simons et al., 2016). A transferência proximal foi encontrada em 60,5% dos estudos e a distal em 42,1%, mostrando que a utilização dessas ferramentas ainda deve ser avaliada com cautela, dependendo do objetivo e contexto em que são empregados. Dentre os estudos que encontraram transferência distal, as habilidades matemáticas, seguidas da redução de sintomas de transtornos do neurodesenvolvimento, foram os principais tipos de transferências.

Outro aspecto importante é a transferência distal ou proximal, quando o TC também continha tarefas de habilidades aritméticas, habilidades verbais e/ou matemáticas devido à relevância para crianças escolares. Em nove dos 16 estudos que apresentaram evidências de transferência distal, estas foram para as habilidades supracitadas (Talbot et al., 1992; Loosli et al., 2012; Goldin et al., 2014; Rode et al., 2014; Layes et al., 2018; Wexler et al., 2016; Yang et al., 2017; Nemmi et al., 2016; Sánchez-Pérez et al., 2019). No estudo realizado por Nemmi et al. (2016), quatro condições de testagem foram investigadas, sendo elas: grupo controle, treinamento da MT, treinamento da linha numérica e treinamento combinado. No treinamento da linha numérica, era apresentado aos participantes estímulos numéricos (por exemplo o número 5) e eles deveriam arrastar, com o dedo indicador, do número 0 até o estímulo numérico dado (5). A linha numérica criada a partir desse movimento era construída por pequenos quadrados (estímulo-1), conectando quatro representações: arábica, espacial, comprimento e quantidade de objetos. Somas e subtrações também foram realizadas no treinamento, somas eram identificadas por movimentos direcionados para a direita, enquanto subtrações eram identificadas por movimentos para a esquerda na linha numérica. Os efeitos de transferência para atividades de matemática foram encontrados apenas nos grupos que receberam ambas as intervenções. Já no estudo realizado por Sánchez-Pérez et al. (2019), o programa de treino incluía também tarefas de matemática com as quatro operações básicas. Como resultado, o estudo encontrou ganhos em habilidades não-verbais, inibição, matemática e em leitura.

Nos estudos desenvolvidos por Zhao e colaboradores (2011) e por Ang e colaboradores (2015), as tarefas utilizadas se baseiam nos paradigmas de *running span* e *keep track*. Neste primeiro, uma variedade de estímulos com *spans* diferentes é apresentada e, para completar a tarefa, o participante precisa atualizar e identificar sempre o *span* dos estímulos atuais. Assim, é possível observar o *span* do participante e a capacidade de recuperação dos estímulos. A sua

realização requer flexibilidade para perceber que o *span* muda frequentemente e manutenção da atenção executiva para descartar os estímulos que não são solicitados. Por outro lado, no paradigma de *keep track*, o participante deve memorizar o último objeto de uma categoria de objetos apresentados anteriormente (Ang et al., 2015). Neste sentido, são tarefas semelhantes às de *n-back* (Pergher et al., 2019).

Dos TC's encontrados, o CogMed™ é a ferramenta que apresenta mais evidências de eficácia, sendo utilizado com crianças com desenvolvimento típico, crianças com TDAH, crianças pré-escolares, escolares e adultos. A hegemonia do uso do CogMed™ pode ser observada ainda na meta-análise de Aksayli e colaboradores (2019) que reuniram em sua busca apenas estudos com o instrumento.

A partir da busca realizada na loja de aplicativos e na ferramenta de busca, 14 programas que podem ser acessados por meio do *download* gratuito ou da aquisição do produto direto do fabricante foram encontrados. Destes programas, apenas um é nacional, *Gamebook: Guardiões da Floresta* (Alves & Bonfim, 2016) e está em desenvolvimento, não tendo, até o momento, estudo de eficácia. Para 13 TC's encontrados nessa busca, não há especificação de faixa etária e, para a maioria dos programas, as tarefas podem ser realizadas desde a infância até a terceira idade.

## Discussão

O objetivo do presente estudo foi descrever e explorar, por meio de uma revisão integrativa, as evidências de eficácia existentes dos programas digitais compostos por tarefas de MT e que podem ser usados com crianças. Além disso, objetivou-se investigar, a partir de uma breve busca na loja de aplicativos *Google Play*® e na ferramenta de pesquisa *Google*®, a quantidade de programas de treino digitais que contém tarefas de MT e que estão disponíveis para população ou que podem ser comercializados e que não possuem evidências consistentes de eficácia que sustentam seu uso. A busca realizada em três bases de dados resultou em 38 TC's digitais. Por outro lado, a busca realizada na loja de aplicativos e ferramenta de pesquisa resultou em 14 programas de treino.

Em relação aos TC's de origem nacional, apenas dois programas foram encontrados. O primeiro, *Escola do Cérebro* (Ramos & Segundo, 2018), apresenta alguns critérios a serem melhorados no estudo de eficácia, como grupo controle passivo e alocação não aleatória. Segundo Sala e Gobet (2017), o tipo de alocação e o tipo de grupo controle empregados nos estudos de eficácia atuam como moderadores dos efeitos de transferência do treino. Assim, estudos que se valem de alocação aleatória e de grupo controle ativo tendem a fornecer resultados mais consistentes sobre o programa investigado. Este resultado está em conformidade com os achados

de Melby-Lervåg et al. (2016). Os autores encontraram diminuição nos efeitos de treino (transferência distal) para estudos que utilizaram grupos controle ativo. Entretanto, Mansur-Alves e Saldanha-Silva (2017) não encontraram o tipo de grupo controle como variável moderadora nos efeitos do treino. Além disso, o TC possui apenas tarefas de MTV (descrição inferida a partir da descrição das tarefas) e, neste sentido, não estimula componentes importantes da MT de crianças de 08 a 12 anos de idade.

O segundo programa nacional não foi nomeado (Mansur-Alves et al., 2013) e possui apenas tarefas de MTV. Contudo, como dito anteriormente, o emprego de tarefas que treinem os diferentes componentes da MT é recomendável para o alcance de melhores resultados (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). O TC foi empregado em dois estudos (Mansur-Alves et al., 2013; Mansur-Alves & Flores-Mendoza, 2015). No primeiro, os grupos foram distribuídos aleatoriamente e o grupo controle foi ativo. Entretanto, apenas crianças mais velhas (média de idade de 9,19 anos) foram treinadas. No segundo estudo (Mansur-Alves & Carmen Flores-Mendoza, 2015), também com alocação aleatória, o grupo controle foi passivo e a amostra foi composta por crianças ainda mais velhas (média de idade dos participantes 11,17 anos).

Metade dos programas encontrados não treinam apenas a MT, se valendo também de atividades focadas em outras funções cognitivas, como a velocidade de processamento, controle inibitório e atenção. Entretanto, a estimulação de várias capacidades pode dificultar a investigação de eficácia dos programas em relação ao que seria ganho proximal e distal, podendo ser um fator confundidor em conclusões sobre quais tarefas realmente funcionam (Sala & Gobet, 2019). Além disso, alguns programas são classificados na categoria de TC, embora aplicados como reabilitação, principalmente em estudos com crianças com sintomas ou diagnóstico de TDAH (Cortese et al., 2014; Kofler et al., 2018; Prins et al., 2011).

Em relação aos fenômenos de eficácia, a maioria dos estudos aponta ao menos evidências de transferência proximal (Sala et al., 2019). Quanto maior a relação entre construtos, maior a probabilidade de se obter ganhos em um domínio cognitivo associado à habilidade treinada. Essa hipótese está de acordo com o número de estudos encontrados que observaram evidências de transferência distal. Nestes casos, os ganhos foram verificados em habilidades verbais e em matemática (Layes et al., 2018; Wexler et al., 2016; Yang et al., 2017; Nemmi et al., 2016; Sánchez-Pérez et al., 2018). Para as habilidades verbais, a alça fonológica da MT está relacionada à aprendizagem da linguagem, incluindo aquisição de vocabulário e aprendizagem de segunda língua. Ainda, o transtorno específico de aprendizagem com prejuízo na leitura - Dislexia - associa-se a déficits na MT, não só na alça fonológica (Yang et al., 2017; Männel et al., 2015).

O mesmo se aplica para o transtorno específico de aprendizagem com prejuízo na matemática. O estudo realizado por Layes e colaboradores (2018) encontrou efeitos de transferência distal para matemática em crianças com Discalculia. Desta forma, crianças com déficits

específicos em transtornos que se associam à capacidade da MT poderiam se beneficiar mais dos programas de treino, ou seja, os ganhos poderiam aparecer mais facilmente nos estudos que tem como público-alvo esse tipo de população (Au et al., 2015; Diamond & Lee, 2011). Entretanto, evidências recentes não corroboram esta hipótese, sugerindo que pessoas com maior capacidade de MT se beneficiam mais dos treinos (Foster et al., 2017). Outros estudos devem ser desenvolvidos no sentido de testar a hipótese de que os efeitos de transferência dependem do nível basal da capacidade dos participantes.

Em relação à composição dos programas, as tarefas de *updating* foram empregadas em menos da metade dos casos (26,3%). As atividades que buscam estimular o componente de *updating* da MT parece ter um impacto positivo e pequeno em habilidades não-verbais (Melby-Lervåg et al., 2016). Um estudo realizado por Blacker e colaboradores (2017) comparou os efeitos de tarefas de *span* visuoespacial e *n-back*. Os resultados sugerem transferência proximal mais robustas para a tarefa de *n-back*.

Ademais, as tarefas testadas em crianças mais novas tendem a ser de MTVE, o que é mais indicado para esse período do desenvolvimento (Henry, 2012), uma vez que a forma de armazenamento e manipulação da informação até os 07 anos de idade acontece mais facilmente através do esboço visuoespacial da MT (Uehara & Landeira-Fernandez, 2010; Gathercole et al., 2004). Já as tarefas de MT verbal podem ser consideradas mais complexas por requererem maior nível de alfabetização e familiaridade com estímulos numéricos. Portanto, atividades como objetivo de treinar a alça fonológica da MT tendem a beneficiar crianças mais velhas e adultos (Uehara & Landeira-Fernandez, 2010; Gathercole et al., 2004; Henry, 2012).

O fato de os TC's terem sido submetidos a estudos de investigação de eficácia é positivo, uma vez que o impacto do uso desse tipo de ferramenta deve ser melhor esclarecido antes de uma ampla utilização. Dessa forma, é possível investigar se algumas populações se beneficiam mais do que outras, em qual contexto específico o treino deve ou não ser utilizado, por qual período, quais habilidades cognitivas tendem a melhorar e a permanecer estáveis.

Para obter resultados mais consistentes, seria recomendável que os estudos de TC, feitos por grupos de pesquisa independentes, pudessem utilizar programas similares. Tal processo facilitaria a comparação entre os melhores padrões a serem aplicados e, por consequência, conclusões acerca do conteúdo dos TC's, como melhores tipos de estímulo e melhores padrões a serem utilizados (Pergher et al., 2019).

Para investigar os TC's digitais disponíveis para o público geral, realizou-se uma breve busca na loja de aplicativos *Google Play*® e na ferramenta de busca *Google*®. Foram encontrados 14 programas que podem ser acessados por meio do *download* gratuito ou da aquisição do produto direto do fabricante. Apenas o TC nacional (Alves & Bonfim, 2016) apresenta uma faixa etária e público específicos, crianças de 08 a 12 anos com sintomas de TDAH. Ressalta-se que a

falta de recomendações sobre a utilização dos programas pode ser considerada um dificultador na distribuição indiscriminada dos treinos, uma vez que não há diretrizes e especificações para a população. Ademais, a falta de evidências de eficácia provenientes de estudos experimentais com o público-alvo e que controlam o efeito placebo também é problemática, uma vez que esses programas podem estar sendo comercializados ou disponibilizados com a premissa de que provocam efeitos positivos no desempenho cognitivo geral dos usuários. Entretanto, informações sobre seus reais efeitos podem não estar sendo divulgadas para os consumidores. Diante disto, antes de estarem disponíveis, os TC's devem passar por estudos rigorosos de eficácia e aplicar linguagem clara no momento da disponibilização do produto ao público, na tentativa de evitar a disseminação de pseudociência (Harris et al., 2018; Rossignoli-Palomeque et al., 2018; Simons et al., 2016).

Grande parte dos programas (76,3%) provenientes dos estudos encontrados nas bases de dados consideradas possui especificações para crianças e adolescentes de até 18 anos de idade. Já caso dos programas encontrados na loja de aplicativos e ferramenta de pesquisa, muitos não apresentam especificações de faixa etária, podendo ser utilizados da infância até a idade adulta. Essa característica dos dados encontrados aponta uma possível limitação para esses TC's. Para que sejam adequados para pessoas de até 18 anos ou até mais velhas, alguns treinos podem incluir conteúdos pouco adequados para crianças, sendo mais difícil e pouco eficaz neste período da vida. (Berry et al., 2018; Henry, 2012, Uehara & Landeira-Fernandez, 2010). Para crianças em idade pré-escolar, por exemplo, treinos com foco em tarefas de *n-back* e MTV podem ser muito difíceis. Por outro lado, para crianças mais velhas (cerca de 10 anos de idade), a estimulação com foco na alça fonológica da MT pode ser mais adequada para este período da aprendizagem e escolarização (Gathercole et al., 2004).

Alguns treinos que não possuem evidências de eficácia e estão disponíveis para a população baseiam sua propaganda na garantia dos efeitos de transferência, desconsiderando estudos que empregam metodologia adequada para responder à essa questão (Simons et al., 2016; Rossignoli-Palomeque et al., 2018). Neste sentido, ressaltar a carência de evidências ou em que fase de verificação de eficácia os programas se encontram deveria ser enfatizada pelos fornecedores dos TC's disponíveis para o público. É necessário evitar o uso indiscriminado dessa ferramenta na falta de evidências consistentes de ganhos e, mesmo que malefícios não sejam observados em decorrência do seu uso, a utilização deve ser desencorajada.

### *Limitações*

Para a seleção dos artigos, não foram realizadas buscas em bancos de dissertação. Além disso, quando o estudo não estava disponível nas bases de dados acessadas, não foi realizado

contato com pesquisadores. Artigos de línguas diferentes de português, espanhol e inglês não foram incluídos na busca. Considera-se que as limitações apresentadas não comprometem os resultados encontrados. Indicam, por outro lado, que revisões mais abrangentes devem ser feitas futuramente.

Como contribuições do presente trabalho, pode-se ressaltar a atualização da literatura da área de TC por meio de uma revisão integrativa, com o objetivo de levantar e descrever as evidências de eficácia disponíveis para treinos que usam recursos digitais, além de investigar se são suficientes para sustentar o uso dos programas. Além disso, o presente trabalho explora as características das tarefas que compõem os treinos, se atentando às características desenvolvimentais da MT e as melhores formas de estimular seus componentes.

### **Considerações Finais**

O uso de recursos digitais para treinamento cognitivo vem aumentando consideravelmente nas últimas décadas. Esse cenário de crescente interesse por aplicativos e programas que possam trazer benefícios à cognição nem sempre é acompanhado por uma busca mais rigorosa da eficácia desses programas. Dos programas de treino encontrados no presente estudo, apenas alguns possuem evidências de transferência distal, provenientes de estudos com o público infantil. Até o momento, os efeitos de transferência proximal aparecem frequentemente nas revisões sistemáticas e metanálises da área. Por outro lado, os efeitos de transferência distal e de generalização, efeitos mais visados pelos pesquisadores e criadores de programas de treino, ainda vêm sendo amplamente discutidos pelos pesquisadores, uma vez que as evidências são poucas e pouco consistentes. Além disso, alguns TC's não possuem especificações quanto à faixa etária mais adequada para fazer uso da ferramenta. Isso pode ser considerado uma limitação dos programas, uma vez que as especificidades desenvolvimentais dos componentes da MT devem ser consideradas no momento da intervenção para um melhor aproveitamento dos efeitos de transferência.

Aumentar o rigor metodológico e técnicas empregadas nos estudos que visam investigar a eficácia dos TC's parece ser uma maneira de apresentar resultados mais fidedignos aos seus reais efeitos. Após o refinamento metodológico dos estudos e caso haja evidências suficientes acerca da transferência distal, os TC's poderiam ser extensamente utilizados em intervenções neuropsicológicas, objetivando a melhora do desempenho escolar e a qualidade de vida das crianças.

## REFERÊNCIAS

- Aksayli, N. D., Sala, G., & Gobet, F. (2019). The cognitive and academic benefits of Cogmed: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 229–243. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.003>
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior*, 29(3), 632–638. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.10.023>
- Alves, L., & Bonfim, C. (2016). GAMEBOOK e a estimulação de funções executivas em crianças com indicação de diagnóstico de TDAH: processo de pré-produção, produção e avaliação do software. *Educação E Contemporaneidade*, 25(46), 141–157. <https://www.revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/2723>
- Anderson, P. J., Lee, K. J., Roberts, G., Spencer-Smith, M. M., Thompson, D. K., Seal, M. L., Nosarti, C., Grehan, A., Josev, E. K., Gathercole, S., Doyle, L. W., Pascoe, L. (2018). Long-Term Academic Functioning Following Cogmed Working Memory Training for Children Born Extremely Preterm: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Pediatrics*, 202, 92-97.e4. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.07.003>
- Ang, S. Y., Lee, K., Cheam, F., Poon, K., & Koh, J. (2015). Updating and working memory training: Immediate improvement, long-term maintenance, and generalisability to non-trained tasks. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 4(2), 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2015.03.001>
- Aranha, G. (2006). Jogos Eletrônicos como um conceito chave para o desenvolvimento de aplicações imersivas e interativas para o aprendizado. *Ciências & Cognição*, 7(1), 105–110. <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/560>
- Astle, D. E., Barnes, J. J., Baker, K., Colclough, G. L., & Woolrich, M. W. (2015). Cognitive Training Enhances Intrinsic Brain Connectivity in Childhood. *Journal of Neuroscience*, 35(16), 6277–6283. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4517-14.2015>
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G. J., Buschkuhl, M., & Jaeggi, S. M. (2015). Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(2), 366–377. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0699-x>
- Avtzon, S. A. (2007). Effect of Neuroscience-based Cognitive skill Training on Growth of Cognitive Deficits Associated with Learning Disabilities in Children Grades 2-4. *Learning Disabilities*, 18(3), 111–122. <https://mybrainware.com/wp-content/uploads/2017/02/Avtzon-LDAvol18-Fall2012-CSTrainingSLD.pdf>
- Avtzon, S. A. (2007). Effect of Neuroscience-based Cognitive skill Training on Growth of Cognitive Deficits Associated with Learning Disabilities in Children Grades 2-4. *Learning Disabilities*, 18(3), 111–122. <https://mybrainware.com/wp-content/uploads/2017/02/Avtzon-LDAvol18-Fall2012-CSTrainingSLD.pdf>
- Alves, L., & Bonfim, C. (2016). GAMEBOOK e a estimulação de funções executivas em crianças

- com indicação de diagnóstico de TDAH: processo de pré-produção, produção e avaliação do software. *Educação E Contemporaneidade*, 25(46), 141–157. <https://www.revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/2723>
- Azami, S., Moghadas, A., Sohrabi-Esmrood, F., Nazifi, M., Mirmohamad, M., Hemmati, F., ... Lakes, K. (2016). A pilot randomized controlled trial comparing computer-assisted cognitive rehabilitation, stimulant medication, and an active control in the treatment of ADHD. *Child and Adolescent Mental Health*, 21(4), 217–224. <https://doi.org/10.1111/camh.12157>
- Baddeley, A. D. (2017). The concept of working memory: A view of its current state and probable future development. In *Exploring working memory* (pp. 99-106). Routledge.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In *Psychology of learning and motivation* (pp. 47–89). [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Barnes, J. J., Nobre, A. C., Woolrich, M. W., Baker, K., & Astle, D. E. (2016). Training Working Memory in Childhood Enhances Coupling between Frontoparietal Control Network and Task-Related Regions. *The Journal of Neuroscience*, 36(34), 9001–9011. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0101-16.2016>
- Beck, S. J., Hanson, C. A., Puffenberger, S. S., Benninger, K. L., & Benninger, W. B. (2010). A Controlled Trial of Working Memory Training for Children and Adolescents with ADHD. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 39(6), 825–836. <https://doi.org/10.1080/15374416.2010.517162>
- Bergman-Nutley, S., & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychological Research*, 78(6), 869–877. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0614-0>
- Berry, E. D. J., Waterman, A. H., Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Allen, R. J. (2018). The limits of visual working memory in children: Exploring prioritization and recency effects with sequential presentation. *Developmental Psychology*, 54(2), 240–253. <https://doi.org/10.1037/dev0000427>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327–336. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>
- Bigorra, A., Garolera, M., Guijarro, S., & Hervás, A. (2016). Long-term far-transfer effects of working memory training in children with ADHD: a randomized controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 25(8), 853–867. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0804-3>
- Bikic, A., Leckman, J. F., Christensen, T. Ø., Bilenberg, N., & Dalsgaard, S. (2018). Attention and executive functions computer training for attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): results from a randomized, controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 27(12), 1563–1574. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-1151-y>
- Bikic, A., Leckman, J. F., Lindschou, J., Christensen, T. Ø., & Dalsgaard, S. (2015). Cognitive computer training in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) versus no intervention: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 16(1), 480. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0975-8>
-

- Blacker, K. J., Negroita, S., Ewen, J. B., & Courtney, S. M. (2017). N-back Versus Complex Span Working Memory Training. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(4), 434–454. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0044-1>
- Blakey, E., & Carroll, D. J. (2015). A Short Executive Function Training Program Improves Preschoolers' Working Memory. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01827>
- Brain Exercises, Brain Age Test and Cognitive Exercises by MyBrainTrainer. (n.d). <http://www.mybraintainer.com/>
- Chacko, A., Bedard, A. C., Marks, D. J., Feirsen, N., Uderman, J. Z., Chimiklis, A., ... Ramon, M. (2014). A randomized clinical trial of Cogmed Working Memory Training in school-age children with ADHD: a replication in a diverse sample using a control condition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(3), 247–255. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12146>
- Chacko, A., Bedard, A.-C. V., Marks, D., Gopalan, G., Feirsen, N., Uderman, J., Chimiklis, A., Heber, E., Cornwell, M., Anderson, L., Zwilling, A., Ramon, M. (2018). Sequenced neurocognitive and behavioral parent training for the treatment of ADHD in school-age children. *Child Neuropsychology*, 24(4), 427–450. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1282450>
- CogMed (2016) [*Programa de Computador*]. São Paulo: Pearson Education.
- CogniPlus - SCHUHFRIED. (n.d.). <https://www.schuhfried.com/en/cogniplus/>
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Buitelaar, J., Daley, D., Dittmann, R., Holtmann, M., Santosh, P., Stevenson, J., Stringaris, A., Zuddas, A., Sonuga-Barke, E. J. S. (2015). Cognitive Training for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Meta-Analysis of Clinical and Neuropsychological Outcomes From Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 54(3), 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2014.12.010>
- D'Esposito, M. (2007). From cognitive to neural models of working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1481), 761–772. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2086>
- Dacewicz, A., Szymaszek, A., Nowak, K., & Szelag, E. (2018). Training-Induced Changes in Rapid Auditory Processing in Children With Specific Language Impairment: Electrophysiological Indicators. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00310>
- Dahlin, K. I. E. (2011). Effects of working memory training on reading in children with special needs. *Reading and Writing*, 24(4), 479–491. <https://doi.org/10.1007/s11145-010-9238-y>
- de Vries, M., Prins, P. J. M., Schmand, B. A., & Geurts, H. M. (2015). Working memory and cognitive flexibility-training for children with an autism spectrum disorder: a randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(5), 566–576. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12324>
- de Vries, M., Verdam, M. G., Prins, P. J., Schmand, B. A., & Geurts, H. M. (2018). Exploring possible predictors and moderators of an executive function training for children with an
-

- autism spectrum disorder. *Autism*, 22(4), 440–449.  
<https://doi.org/10.1177/1362361316682622>
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions Shown to Aid Executive Function Development in Children 4 to 12 Years Old. *Science*, 333(6045), 959–964.  
<https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- DiMauro, J., Genova, M., Tolin, D. F., & Kurtz, M. M. (2014). Cognitive remediation for neuropsychological impairment in hoarding disorder: A pilot study. *Journal of Obsessive-Compulsive and Related Disorders*, 3(2), 132–138.  
<https://doi.org/10.1016/j.jocrd.2014.03.006>
- Dovis, S., Van der Oord, S., Wiers, R. W., & Prins, P. J. M. (2015). Improving Executive Functioning in Children with ADHD: Training Multiple Executive Functions within the Context of a Computer Game. A Randomized Double-Blind Placebo Controlled Trial. *PLOS ONE*, 10(4), e0121651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121651>
- dr Neuronowski |. (n.d.). <http://neuronowski.com/>
- Dual N-Back - it makes you smarter. (n.d.). <https://brainscale.net/>
- Dunning, D. L., Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2013). Does working memory training lead to generalized improvements in children with low working memory? A randomized controlled trial. *Developmental Science*, 16(3), 915–925. <https://doi.org/10.1111/desc.12068>
- Egeland, J., Aarlien, A. K., & Saunes, B.-K. (2013). Few Effects of Far Transfer of Working Memory Training in ADHD: A Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*, 8(10), e75660. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075660>
- Everts, R., Mürner-Lavanchy, I., Schroth, G., & Steinlin, M. (2015). Neural change following different memory training approaches in very preterm born children – A pilot study. *Developmental Neurorehabilitation*, 1–11. <https://doi.org/10.3109/17518423.2015.1027010>
- Fernández-Molina, M., Trella, M., & Barros, B. (2015). Experiences with tasks supported by a cognitive e-learning system in preschool: Modelling and training on working memory and attentional control. *International Journal of Human-Computer Studies*, 75, 35–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.11.001>
- Fernández-Molina, M., Trella, M., & Barros, B. (2015). Experiences with tasks supported by a cognitive e-learning system in preschool: Modelling and training on working memory and attentional control. *International Journal of Human-Computer Studies*, 75, 35–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.11.001>
- Foster, J. L., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Draheim, C., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2017). Do the effects of working memory training depend on baseline ability level? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(11), 1677–1689. <https://doi.org/10.1037/xlm0000426>
- Games.MyBrainSolutions.(n.d.).<https://www.mybrainsolutions.com/Pages/TrainingThatsFun/Games.aspx>
- Gathercole, S. E. (1998). The Development of Memory. *Journal of Child Psychology and*
-

*Psychiatry*, 39(1), 3–27. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00301>

- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2004). Working memory and classroom learning. *Dyslexia Review*, 15, 4-9. [https://www.researchgate.net/profile/Tracy\\_Alloway/publication/254392644\\_Working\\_memory\\_and\\_classroom\\_learning/links/0deec539f66116d896000000/Working-memory-and-classroom-learning.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tracy_Alloway/publication/254392644_Working_memory_and_classroom_learning/links/0deec539f66116d896000000/Working-memory-and-classroom-learning.pdf).
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The Structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, 40(2), 177–190. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- Gillam, R. B., Loeb, D. F., Hoffman, L. M., Bohman, T., Champlin, C. A., Thibodeau, L., ... Friel-Patti, S. (2008). The Efficacy of Fast ForWord Language Intervention in School-Age Children With Language Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(1), 97–119. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/007\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/007))
- Goldin, A. P., Hermida, M. J., Shalom, D. E., Elias Costa, M., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M. S., Fernández-Slezak, D., Lipina, S. J., Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6443–6448. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320217111>
- Goncalves, V., & Gil, H. (2017). Digital technologies — Apps — and the cognitive skills of older adults: Results of an investigation at USALBI (Universidade Senior Alcastrense). *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7976001>
- Green, C. T., Long, D. L., Green, D., Iosif, A.-M., Dixon, J. F., Miller, M. R., ... Schweitzer, J. B. (2012). Will Working Memory Training Generalize to Improve Off-Task Behavior in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Neurotherapeutics*, 9(3), 639–648. <https://doi.org/10.1007/s13311-012-0124-y>
- Grunewaldt, K. H., Skranes, J., Brubakk, A.-M., & Låhaugen, G. C. C. (2016). Computerized working memory training has positive long-term effect in very low birthweight preschool children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(2), 195–201. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12841>
- Hall, D., Jarrold, C., Towse, J. N., & Zarandi, A. L. (2015). The developmental influence of primary memory capacity on working memory and academic achievement. *Developmental Psychology*, 51(8), 1131–1147. <https://doi.org/10.1037/a0039464>
- Hardy, J., & Scanlon, M. (2009). *The science behind lumosity*. San Francisco, CA: Lumos Labs.
- Harris, D. J., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2018). A Systematic Review of Commercial Cognitive Training Devices: Implications for Use in Sport. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00709>
- Henry, L. A. (2012). *The Development of Working Memory in Children*. London: Sage.
- Hessl, D., Schweitzer, J. B., Nguyen, D. V., McLennan, Y. A., Johnston, C., Shickman, R., & Chen, Y. (2019). Cognitive training for children and adolescents with fragile X syndrome: a

- randomized controlled trial of Cogmed. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 11(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s11689-019-9264-2>
- Hitchcock, C., & Westwell, M. S. (2017). A cluster-randomised, controlled trial of the impact of Cogmed Working Memory Training on both academic performance and regulation of social, emotional and behavioural challenges. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(2), 140–150. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12638>
- Horowitz-Kraus, T. (2015). Differential Effect of Cognitive Training on Executive Functions and Reading Abilities in Children With ADHD and in Children With ADHD Comorbid With Reading Difficulties. *Journal of Attention Disorders*, 19(6), 515–526. <https://doi.org/10.1177/1087054713502079>
- Hovik, K. T., Saunes, B.-K., Aarlien, A. K., & Egeland, J. (2013). RCT of Working Memory Training in ADHD: Long-Term Near-Transfer Effects. *PLoS ONE*, 8(12), e80561. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080561>
- Ilkowska, M., & Engle, R. W. (2010). Trait and State Differences in Working Memory Capacity. In A. Gruszka, G. Matthews, & B. Szymura (Eds.), *Handbook of Individual Differences in Cognition. The Springer Series on Human Exceptionality*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1210-7\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1210-7_18)
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25), 10081–10086. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103228108>
- Johnstone, S. J., Roodenrys, S., Blackman, R., Johnston, E., Loveday, K., Mantz, S., & Barratt, M. F. (2012). Neurocognitive training for children with and without AD/HD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 4(1), 11–23. <https://doi.org/10.1007/s12402-011-0069-8>
- Johnstone, S. J., Roodenrys, S., Phillips, E., Watt, A. J., & Mantz, S. (2010). A pilot study of combined working memory and inhibition training for children with AD/HD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 2(1), 31–42. <https://doi.org/10.1007/s12402-009-0017-z>
- Johnstone, S. J., Roodenrys, S., Phillips, E., Watt, A. J., & Mantz, S. (2010). A pilot study of combined working memory and inhibition training for children with AD/HD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 2(1), 31–42. <https://doi.org/10.1007/s12402-009-0017-z>
- Karbach, J., Strobach, T., & Schubert, T. (2015). Adaptive working-memory training benefits reading, but not mathematics in middle childhood. *Child Neuropsychology*, 21(3), 285–301. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.899336>
- Katz, B., & Shah, P. (2017). The role of child socioeconomic status in cognitive training outcomes. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 53, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2017.10.003>
- Kofler, M. J., Sarver, D. E., Austin, K. E., Schaefer, H. S., Holland, E., Aduen, P. A., Wells, E. L., Soto, E.F., Irwin, L. N., Schatschneider, C., Lonigan, C. J. (2018). Can working memory training work for ADHD? Development of central executive training and comparison with
-

- behavioral parent training. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 86(12), 964–979. <https://doi.org/10.1037/ccp0000308>
- Kuhn, J. T., & Holling, H. (2014). Number sense or working memory? the effect of two computer-based trainings on mathematical skills in elementary school. *Advances in Cognitive Psychology*, 10(2), 59–67. <https://doi.org/10.5709/acp-0157-2>
- Landis, T. D., Hart, K. C., & Graziano, P. A. (2019). Targeting self-regulation and academic functioning among preschoolers with behavior problems: Are there incremental benefits to including cognitive training as part of a classroom curriculum? *Child Neuropsychology*, 25(5), 688–704. <https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1526271>
- Lanfranchi, S., Pulina, F., Carretti, B., & Mammarella, I. C. (2017). Training spatial-simultaneous working memory in individuals with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 64(October 2016), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.03.012>
- Layes, S., Lalonde, R., Bouakkaz, Y., & Rebai, M. (2018). Effectiveness of working memory training among children with dyscalculia: evidence for transfer effects on mathematical achievement—a pilot study. *Cognitive Processing*, 19(3), 375–385. <https://doi.org/10.1007/s10339-017-0853-2>
- Lee, C. S. C., Pei, J., Andrew, G., A Kerns, K., & Rasmussen, C. (2017). Effects of working memory training on children born preterm. *Applied Neuropsychology: Child*, 6(4), 281–296. <https://doi.org/10.1080/21622965.2016.1161513>
- Loosli, S. V., Buschkuehl, M., Perrig, W. J., & Jaeggi, S. M. (2012). Working memory training improves reading processes in typically developing children. *Child Neuropsychology*, 18(1), 62–78. <https://doi.org/10.1080/09297049.2011.575772>
- Lumsden, J., Edwards, E. A., Lawrence, N. S., Coyle, D., & Munafò, M. R. (2016). Gamification of Cognitive Assessment and Cognitive Training: A Systematic Review of Applications and Efficacy. *JMIR Serious Games*, 4(2), e11. <https://doi.org/10.2196/games.5888>
- Maehler, C., Joerns, C., & Schuchardt, K. (2019). Training Working Memory of Children with and without Dyslexia. *Children*, 6(3), 47. <https://doi.org/10.3390/children6030047>
- Männel, C., Meyer, L., Wilcke, A., Boltze, J., Kirsten, H., & Friederici, A. D. (2015). Working-memory endophenotype and dyslexia-associated genetic variant predict dyslexia phenotype. *Cortex*, 71, 291–305. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.06.029>
- Mansur-Alves, M., & Flores-Mendoza, C. (2015). Working Memory Training does not Improve Intelligence: Evidence from Brazilian Children. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 28(3), 474–482. <https://doi.org/10.1590/1678-7153.201528306>
- Mansur-Alves, M., & Saldanha-Silva, R. (2017). Treinar memória de trabalho promove mudanças em inteligência fluida? *Temas Em Psicologia*, 25(2), 787–807. <https://doi.org/10.9788/TP2017.2-19Pt>
- Mansur-Alves, M., Flores-Mendoza, C., & Tierra-Criollo, C. J. (2013). Evidências preliminares da efetividade do treinamento cognitivo para melhorar a inteligência de crianças escolares. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(3), 423–434. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722013000300001>
-

MateMarote. (n.d.). <https://matemarote.org.ar/MateMarote/>

McDougall, S., & House, B. (2012). Brain training in older adults: Evidence of transfer to memory span performance and pseudo-Matthew effects. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *19*(1–2), 195–221. <https://doi.org/10.1080/13825585.2011.640656>

Melby-Lervåg, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working Memory Training Does Not Improve Performance on Measures of Intelligence or Other Measures of “Far Transfer.” *Perspectives on Psychological Science*, *11*(4), 512–534. <https://doi.org/10.1177/1745691616635612>

Minder, F., Zuberer, A., Brandeis, D., & Drechsler, R. (2018). Informant-related effects of neurofeedback and cognitive training in children with ADHD including a waiting control phase: a randomized-controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *27*(8), 1055–1066. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-1116-1>

Minder, F., Zuberer, A., Brandeis, D., & Drechsler, R. (2019). Specific Effects of Individualized Cognitive Training in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): The Role of Pre-Training Cognitive Impairment and Individual Training Performance. *Developmental Neurorehabilitation*, *22*(6), 400–414. <https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1600064>

Miranda, A. T., & Palmer, E. M. (2014). Intrinsic motivation and attentional capture from gamelike features in a visual search task. *Behavior Research Methods*, *46*(1), 159–172. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0357-7>

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *18*(1), 46–60. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0034-0>

Muris, P., Roodenrijs, D., Kelgtermans, L., Sliwinski, S., Berlage, U., Baillieux, H., Deckers, A., Gunther, M., Paanakker, B., Holterman, I. (2018). No Medication for My Child! A Naturalistic Study on the Treatment Preferences for and Effects of Cogmed Working Memory Training Versus Psychostimulant Medication in Clinically Referred Youth with ADHD. *Child Psychiatry & Human Development*, *49*(6), 974–992. <https://doi.org/10.1007/s10578-018-0812-x>

Nelwan, M., Vissers, C., & Kroesbergen, E. H. (2018). Coaching positively influences the effects of working memory training on visual working memory as well as mathematical ability. *Neuropsychologia*, *113*, 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.002>

Nemmi, F., Helander, E., Helenius, O., Almeida, R., Hassler, M., Räsänen, P., & Klingberg, T. (2016). Behavior and neuroimaging at baseline predict individual response to combined mathematical and working memory training in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *20*, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.06.004>

Nemmi, F., Helander, E., Helenius, O., Almeida, R., Hassler, M., Räsänen, P., & Klingberg, T.

---

- (2016). Behavior and neuroimaging at baseline predict individual response to combined mathematical and working memory training in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 20, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.06.004>
- Nemmi, F., Nymberg, C., Helander, E., & Klingberg, T. (2016). Grit Is Associated with Structure of Nucleus Accumbens and Gains in Cognitive Training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(11), 1688–1699. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01031](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01031)
- Nevo, E., & Breznitz, Z. (2014). Effects of working memory and reading acceleration training on improving working memory abilities and reading skills among third graders. *Child Neuropsychology*, 20(6), 752–765. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.863272>
- Ottersen, J., & Grill, K. M. (2015). Benefits of extending and adjusting the level of difficulty on computerized cognitive training for children with intellectual disabilities. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01233>
- Pascoe, L., Roberts, G., Doyle, L. W., Lee, K. J., Thompson, D. K., Seal, M. L., Josev, E.K., Nosarti, C., Gathercole, S., Anderson, P. J. (2013). Preventing academic difficulties in preterm children: a randomised controlled trial of an adaptive working memory training intervention – IMPRINT study. *BMC Pediatrics*, 13(1), 144. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-144>
- Pei, J., & Kerns, K. (2012). Using Games to Improve Functioning in Children with Fetal Alcohol Spectrum Disorders. *Games for Health Journal*, 1(4), 308–311. <https://doi.org/10.1089/g4h.2012.0036>
- Peijnenborgh, J. C. A. W., Hurks, P. M., Aldenkamp, A. P., Vles, J. S. H., & Hendriksen, J. G. M. (2016). Efficacy of working memory training in children and adolescents with learning disabilities: A review study and meta-analysis. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26(5–6), 645–672. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1026356>
- Peng, P., & Fuchs, D. (2017). A Randomized Control Trial of Working Memory Training With and Without Strategy Instruction. *Journal of Learning Disabilities*, 50(1), 62–80. <https://doi.org/10.1177/0022219415594609>
- Pergher, V., Shalchy, M. A., Pahor, A., Van Hulle, M. M., Jaeggi, S. M., & Seitz, A. R. (2020). Divergent Research Methods Limit Understanding of Working Memory Training. *Journal of Cognitive Enhancement*, 4(1), 100–120. <https://doi.org/10.1007/s41465-019-00134-7>
- Pietto, M. L., Giovannetti, F., Segretin, M. S., Belloli, L. M. L., Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A. P., Fernandez-Slezak, D., Kamienkoski, J. E., Lipina, S. J. (2018). Enhancement of inhibitory control in a sample of preschoolers from poor homes after cognitive training in a kindergarten setting: Cognitive and ERP evidence. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2018.11.004>
- Prins, P. J. M., Brink, E. Ten, Dovis, S., Ponsioen, A., Geurts, H. M., de Vries, M., & van der Oord, S. (2013). “Braingame Brian”: Toward an Executive Function Training Program with Game Elements for Children with ADHD and Cognitive Control Problems. *Games for Health Journal*, 2(1), 44–49. <https://doi.org/10.1089/g4h.2013.0004>
- Prins, P. J. M., Dovis, S., Ponsioen, A., ten Brink, E., & van der Oord, S. (2011). Does Computerized Working Memory Training with Game Elements Enhance Motivation and

- Training Efficacy in Children with ADHD? *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(3), 115–122. <https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0206>
- Pugin, F., Metz, A. J., Wolf, M., Achermann, P., Jenni, O. G., & Huber, R. (2015). Local Increase of Sleep Slow Wave Activity after Three Weeks of Working Memory Training in Children and Adolescents. *Sleep*, 38(4), 607–614. <https://doi.org/10.5665/sleep.4580>
- Rabipour, S., & Davidson, P. S. R. (2015). Do you believe in brain training? A questionnaire about expectations of computerised cognitive training. *Behavioural Brain Research*, 295, 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.01.002>
- Ramos, D. K., & Melo, H. M. De. (2016). Jogos digitais e desenvolvimento cognitivo: um estudo com crianças do Ensino Fundamental. *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, 8(3), 22–32. <https://doi.org/10.5579/rnl.2016.0324>
- Ramos, D. K., & Segundo, F. R. (2018). Jogos Digitais na Escola: aprimorando a atenção e a flexibilidade cognitiva. *Educação & Realidade*, 43(2), 531–550. <https://doi.org/10.1590/2175-623665738>
- Redick, T. S. (2019). The hype cycle of working memory training. *Current Directions in Psychological Science*, 28(5), 423–429. <https://doi.org/10.1177/0963721419848668>
- Roberts, G., Quach, J., Gold, L., Anderson, P., Rickards, F., Mensah, F., ... Wake, M. (2011). Can improving working memory prevent academic difficulties? a school based randomised controlled trial. *BMC Pediatrics*, 11(1), 57. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-11-57>
- Roberts, G., Quach, J., Spencer-Smith, M., Anderson, P. J., Gathercole, S., Gold, L., ... Wake, M. (2016). Academic outcomes 2 years after working memory training for children with lowworking memory: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, 170(5), e154568. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.4568>
- Rode, C., Robson, R., Purviance, A., Geary, D. C., & Mayr, U. (2014). Is Working Memory Training Effective? A Study in a School Setting. *PLoS ONE*, 9(8), e104796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104796>
- Rode, C., Robson, R., Purviance, A., Geary, D. C., & Mayr, U. (2014). Is Working Memory Training Effective? A Study in a School Setting. *PLoS ONE*, 9(8), e104796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104796>
- Rosa, V. de O., Schmitz, M., Moreira-Maia, C. R., Wagner, F., Londero, I., Bassotto, C. de F., Moritz, G., de Souza, C. S., Rohde, L. A. P. (2017). Treinamento cognitivo para crianças e adolescentes com transtorno de déficit de atenção/hiperatividade como tratamento complementar aos psicoestimulantes: Estudo de viabilidade e descrição de protocolo. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 39(2), 65–76. <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2016-0039>
- Rossignoli-Palomeque, T., Perez-Hernandez, E., & González-Marqués, J. (2018). Brain Training in Children and Adolescents: Is It Scientifically Valid? *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00565>
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). Working memory training in typically developing children: A meta-analysis of the available evidence. *Developmental Psychology*, 53(4), 671–685.

<https://doi.org/10.1037/dev0000265>

- Sala, G., & Gobet, F. (2019). Cognitive Training Does Not Enhance General Cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(1), 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.10.004>
- Sala, G., Aksayli, N. D., Tatlidil, K. S., Tatsumi, T., Gondo, Y., & Gobet, F. (2019). Near and Far Transfer in Cognitive Training: A Second-Order Meta-Analysis. *Collabra: Psychology*, 5(1), 18. <https://doi.org/10.1525/collabra.203>
- Sánchez-Pérez, N., Castillo, A., López-López, J. A., Pina, V., Puga, J. L., Campoy, G., González-Salinas, C., Fuentes, L. J. (2018). Computer-Based Training in Math and Working Memory Improves Cognitive Skills and Academic Achievement in Primary School Children: Behavioral Results. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02327>
- Sánchez-Pérez, N., Inuggi, A., Castillo, A., Campoy, G., García-Santos, J. M., González-Salinas, C., & Fuentes, L. J. (2019). Computer-Based Cognitive Training Improves Brain Functional Connectivity in the Attentional Networks: A Study With Primary School-Aged Children. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00247>
- Sandford, J. A. (2007). Captain's log computerized cognitive training system. *Richmond, VA: Brain Train*.
- Simons, D. J., Boot, W. R., Charness, N., Gathercole, S. E., Chabris, C. F., Hambrick, D. Z., & Stine-Morrow, E. A. L. (2016). Do “Brain-Training” Programs Work? *Psychological Science in the Public Interest*, 17(3), 103–186. <https://doi.org/10.1177/1529100616661983>
- Sincrolab. (n.d.). <https://sincrolab.es/>
- Siquara, G. M., Dazzani, M. V. M., & Abreu, N. (2014). Tarefas que avaliam a memória operacional na infância e adolescência: uma revisão sistemática da literatura. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 19(4), 258–267. <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2014000400003>
- Söderqvist, S., & Nutley, S. B. (2015). Working memory training is associated with long term attainments in math and reading. *Frontiers in Psychology*, 6(NOV). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01711>
- Söderqvist, S., Nutley, S. B., Ottersen, J., Grill, K. M., & Klingberg, T. (2012). Computerized training of non-verbal reasoning and working memory in children with intellectual disability. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(SEPTEMBER). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00271>
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745–759. <https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- Steiner, N. J., Frenette, E. C., Rene, K. M., Brennan, R. T., & Perrin, E. C. (2014). In-School Neurofeedback Training for ADHD: Sustained Improvements From a Randomized Control Trial. *PEDIATRICS*, 133(3), 483–492. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-2059>
- Steiner, N. J., Frenette, E. C., Rene, K. M., Brennan, R. T., & Perrin, E. C. (2014). In-school neurofeedback training for ADHD: Sustained improvements from a randomized control trial. *Pediatrics*, 133(3), 483–492. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-2059>
-

- Studer-Luethi, B., Bauer, C., & Perrig, W. J. (2016). Working memory training in children: Effectiveness depends on temperament. *Memory & Cognition*, *44*(2), 171–186. <https://doi.org/10.3758/s13421-015-0548-9>
- Talbot, F., Pépin, M., & Loranger, M. (1992). Computerized Cognitive Training with Learning Disabled Students: A Pilot Study. *Psychological Reports*, *71*(3\_suppl), 1347–1356. <https://doi.org/10.2466/pr0.1992.71.3f.1347>
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, *12*(1), 106–113. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x>
- Uehara, E., & Landeira-Fernandez, J. (2010). Um panorama sobre o desenvolvimento da memória de trabalho e seus prejuízos no aprendizado escolar. *Ciências & Cognição*, *15*(2). <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/375>
- van der Donk, M. L. A., Hiemstra-Beernink, A.-C., Tjeenk-Kalff, A. C., van der Leij, A. V., & Lindauer, R. J. L. (2013). Interventions to improve executive functioning and working memory in school-aged children with AD(H)D: a randomised controlled trial and stepped-care approach. *BMC Psychiatry*, *13*(1), 23. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-13-23>
- van der Donk, M., Hiemstra-Beernink, A. C., Tjeenk-Kalff, A., van der Leij, A., & Lindauer, R. (2015). Cognitive training for children with ADHD: A randomized controlled trial of cogmed working memory training and ‘paying attention in class.’ *Frontiers in Psychology*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01081>
- Van Dongen-Boomsma, M., Vollebregt, M. A., Buitelaar, J. K., & Slaats-Willems, D. (2014). Working memory training in young children with ADHD: A randomized placebo-controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *55*(8), 886–896. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12218>
- Wang, C., Jaeggi, S. M., Yang, L., Zhang, T., He, X., Buschkuhl, M., & Zhang, Q. (2019). Narrowing the achievement gap in low-achieving children by targeted executive function training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *63*, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2019.06.002>
- Wang, Z., Zhou, R., & Shah, P. (2014). Spaced cognitive training promotes training transfer. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*(1 APR). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00217>
- Wexler, B. E., Iseli, M., Leon, S., Zaggel, W., Rush, C., Goodman, A., Imal, A. E., Bo, E. (2016). Cognitive Priming and Cognitive Training: Immediate and Far Transfer to Academic Skills in Children. *Scientific Reports*, *6*(1), 32859. <https://doi.org/10.1038/srep32859>
- Wilson, B., Heugten, C., van Winegardner, J., & Ownsworth, T. (2017). *Neuropsychological rehabilitation: The international handbook*. Abingdon, UK: Routledge
- Wong, A. S. Y., He, M. Y. Q., & Chan, R. W. S. (2014). Effectiveness of Computerized Working Memory Training Program in Chinese Community Settings for Children With Poor Working Memory. *Journal of Attention Disorders*, *18*(4), 318–330. <https://doi.org/10.1177/1087054712471427>
- Yang, J., Peng, J., Zhang, D., Zheng, L., & Mo, L. (2017). Specific effects of working memory
-

training on the reading skills of Chinese children with developmental dyslexia. *PLOS ONE*, 12(11), e0186114. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186114>

Zhang, H., Chang, L., Chen, X., Ma, L., & Zhou, R. (2018). Working Memory Updating Training Improves Mathematics Performance in Middle School Students With Learning Difficulties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00154>

Zhang, Q., Wang, C., Zhao, Q., Yang, L., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2019). The malleability of executive function in early childhood: Effects of schooling and targeted training. *Developmental Science*, 22(2), e12748. <https://doi.org/10.1111/desc.12748>

Zhao, X., Wang, Y., Liu, D., & Zhou, R. (2011). Effect of updating training on fluid intelligence in children. *Chinese Science Bulletin*, 56(21), 2202–2205. <https://doi.org/10.1007/s11434-011-4553-5>

---

### Sobre os autores

<sup>1</sup>Drielle Barbora-Pereira | [dribarbosa20@gmail.com](mailto:dribarbosa20@gmail.com) | Doutoranda em Psicologia: Cognição e Comportamento pela Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>2</sup>Luiz Alves Ferreira-Junior | [lalvesfjr@gmail.com](mailto:lalvesfjr@gmail.com) | Mestrando em Psicologia: Cognição e Comportamento pela Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>3</sup>Marcela Mansur-Alves | [marmansura@gmail.com](mailto:marmansura@gmail.com) | Professora Adjunta do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de Minas Gerais

**Recebido em:** 09/02/2021

**Aceito em:** 19/10/2021