

Status: Preprint has not been submitted for publication

ASSOCIATIONS BETWEEN NEUROPSYCHOLOGICAL PERFORMANCE AND ARITHMETIC PERFORMANCE: A STUDY WITH STUDENTS OF THE 4TH AND 6TH GRADES

Camila Oliveira Görgen, Camila Schorr Miná, Luciana Vellinho Corso

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2719>

Submitted on: 2021-07-28

Posted on: 2021-08-05 (version 1)

(YYYY-MM-DD)

ASSOCIAÇÕES ENTRE O DESEMPENHO NEUROPSICOLÓGICO E O DESEMPENHO ARITMÉTICO: UM ESTUDO COM ALUNOS DO 4º E DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

CAMILA OLIVEIRA GÖRGEN¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3559-7535>

CAMILA SCHORR MINÁ²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1025-6395>

LUCIANA VELLINHO CORSO³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-3994>

RESUMO: Este artigo teve como objetivo principal investigar as funções cognitivas associadas às dificuldades em aritmética, focando em: a) analisar a relação entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho em aritmética da amostra total de cada ano escolar; e b) investigar o desempenho dos alunos nas funções neuropsicológicas, divididos de acordo com o desempenho em aritmética, para cada ano escolar. Participaram do estudo 167 alunos do 4º e do 6º do Ensino Fundamental, com idades entre 9 e 12 anos. As principais análises realizadas envolveram os escores do Subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE) e da bateria de avaliação neuropsicológica NEUPSILIN-Inf. Foram feitas correlações de Pearson entre a amostra total de cada ano escolar e o Teste t para averiguar diferenças entre os grupos, de cada ano escolar, formados com base no desempenho do TDE. Os resultados sugerem que quanto melhor o desempenho aritmético no TDE, mais altos os escores em memória, cálculos e fluência verbal no NEUPSILIN-Inf. Os alunos do grupo com dificuldades aritméticas apresentaram escores inferiores nos testes que avaliaram, principalmente, funções executivas e memória. Sugere-se um investimento em práticas educacionais que estimulem o desenvolvimento de tais funções cognitivas, com o intuito de prevenir as dificuldades aritméticas.

Palavras-chave: Desempenho Neuropsicológico, Desempenho Aritmético, Funções Executivas.

ASSOCIATIONS BETWEEN NEUROPSYCHOLOGICAL PERFORMANCE AND ARITHMETIC PERFORMANCE: A STUDY WITH STUDENTS OF THE 4TH AND 6TH GRADES

ABSTRACT: This article aimed at investigating the cognitive functions associated with difficulties in arithmetic, with a special focus on a) analyzing the relationship between neuropsychological performance and arithmetic performance in the total sample of each school year; and b) investigating students' performance in neuropsychological functions, divided according to their performance in arithmetic, for each school year. The participants of this study were 167 students from the 4th and 6th grades of elementary school between the ages of 9 and 12. For the analysis, the main tools used were the scores of the Arithmetic Subtest of the School Performance Test (TDE) and the neuropsychological assessment battery NEUPSILIN-Inf. Pearson correlations were made between the total sample of each school year and the t test, in order to find differences between the groups of each school year, formed according to the performance of the TDE. The results suggest that the better the arithmetic performance in the TDE, the higher the scores in

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), Brasil.
<camilagorgen@gmail.com>

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), Brasil.
<csm.psico@gmail.com>

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), Brasil.
<luciana.corso@ufrgs.br>

memory, calculations and verbal fluency on NEUPSILIN-Inf. Students in the group with arithmetic difficulties had lower scores on the tests, which mainly evaluated executive functions and memory. Investments should be made in the future for educational practices that encourage the development of such cognitive functions, in order to prevent arithmetic difficulties.

Key words: Neuropsychological Performance, Arithmetic Performance, Executive Functions.

ASOCIACIONES ENTRE RENDIMIENTO NEUROPSICOLÓGICO Y RENDIMIENTO ARITMÉTICO: UN ESTUDIO CON ESTUDIANTES DEL 4 ° Y 6 ° AÑO DE LA ESCUELA PRIMARIA

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo investigar las funciones cognitivas asociadas a las dificultades en aritmética, centrándose en: a) analizar la relación entre rendimiento neuropsicológico y rendimiento aritmético en la muestra total de cada año escolar; y b) investigar el rendimiento de los estudiantes en funciones neuropsicológicas, divididos según su desempeño en aritmética, para cada año escolar. Participaron del estudio 167 alumnos del 4° y 6° año de la escuela primaria, con edades comprendidas entre los 9 y los 12 años. Los principales análisis realizados consistieron en las puntuaciones de la subprueba de aritmética del Examen de Rendimiento Escolar (TDE) y la batería de evaluación neuropsicológica NEUPSILIN-Inf. Se realizaron correlaciones de Pearson entre la muestra total de cada año escolar y la prueba t para encontrar diferencias entre los grupos, de cada año escolar, formados según el rendimiento del TDE. Los resultados sugieren que mientras mejor sea el rendimiento aritmético en el TDE, mayores serán las puntuaciones en memoria, cálculos y fluidez verbal en NEUPSILIN-Inf. Los estudiantes del grupo con dificultades aritméticas obtuvieron puntuaciones más bajas en las pruebas que evaluaron principalmente las funciones ejecutivas y la memoria. Se sugiere una inversión en prácticas educativas que fomenten el desarrollo de dichas funciones cognitivas, con el fin de prevenir dificultades aritméticas.

Palabras clave: Rendimiento neuropsicológico, rendimiento aritmético, funciones ejecutivas.

INTRODUÇÃO

A matemática é uma área complexa de aprendizagem, que depende de diversos fatores externos e internos ao sujeito para que seu desempenho seja bem sucedido. Dentre os aspectos externos, estão as questões familiares e sociais, bem como as práticas escolares, que devem priorizar um ensino hierárquico das habilidades de domínio específico (CORSO; ASSIS, 2017). Dentre as questões internas, está o funcionamento biológico do próprio indivíduo. Neste artigo, é investigada uma dessas possibilidades internas, o funcionamento neuropsicológico, e sua relação com o desempenho aritmético.

Vê-se assim que lidar com a matemática oferece desafios, em maior ou menor grau, para todos os aprendizes. No entanto, para uma parcela grande de alunos a matemática causa muitas dificuldades e compromete o rendimento escolar, de modo que defasagens nesta área contribuem para os alarmantes índices de fracasso escolar enfrentados pelo sistema educacional brasileiro (BRASIL, 2018). Naturalmente, o impacto de tal situação traz consequências adversas para o aluno e para toda a sociedade (PICCOLO *et al.*, 2016). Estudos que associam contribuições da neuropsicologia e da educação, com foco na estimulação de habilidades cognitivas (CRAGG; GILMORE, 2014; CRAGG *et al.*, 2017), evidenciam ganhos nos processos de aprendizagem da matemática e, deste modo, têm se mostrado promissores no enfrentamento de tal cenário (DIAMOND, 2013).

A propensão para o raciocínio matemático nos seres humanos pode ser vista desde bebês, quando já são capazes de distinguir pequenas quantidades (DEHAENE, 1997; GEARY, 1995; STARKEY; COOPER, 1980). Trata-se de uma capacidade inata relativa às competências numéricas, originada de um aparato biológico, que possibilita ao sujeito prestar atenção à numerosidade (DEHAENE, 2001). Somado a isso, as experiências sociais exercem um papel fundamental na construção do conhecimento numérico (SPINILLO, 2014; SILVA *et al.*, 2015). A nível cerebral, estudos de neuroimagem revelam áreas do cérebro predispostas a desenvolver habilidades matemáticas para fazer comparações, estimativas e cálculos mentais (BASTOS, 2016), o que indica não existir um centro específico para lidar com os números, mas sim diferentes regiões cerebrais envolvidas com esta função (CONSENZA; GUERRA, 2011). Portanto, a evolução da aprendizagem matemática é influenciada pelo desenvolvimento cerebral e pelas interações com o ambiente (DIAMOND, 2013).

DESEMPENHO ARITMÉTICO E FUNÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS

A matemática é uma ciência que abrange variados domínios como a geometria, estimativa, os sistemas de medida, interpretação de gráficos e tabelas, dentre outros mais (DOWKER, 2005). A aritmética é um destes domínios matemáticos que se dedica a estudar os números e as possíveis operações entre eles. Ela não é uma habilidade unitária, mas pode ser dividida em diferentes processos e cada um deles possui inúmeros subcomponentes: a) fatos aritméticos, que correspondem aos diversos tipos de operações e cálculos matemáticos; b) habilidades procedurais, que compreendem os procedimentos que são aplicáveis a cada operação; c) compreensão conceitual, que abrange o entendimento de problemas matemáticos, bem como os princípios e relações entre os conceitos da matemática (DOWKER, 2005).

Um desempenho matemático eficiente depende de várias habilidades subjacentes, e quando algumas competências anteriores não estão bem desenvolvidas, como princípios de contagem, noções de grandeza e outros aspectos do senso numérico, as habilidades aritméticas são prejudicadas (CORSO; DORNELES, 2015; SILVA *et al.*, 2015; GOLBERT; SALLES, 2010). O domínio matemático, conforme o modelo de Geary (2004), é composto por competências básicas conceituais e procedurais que, se não estiverem constituídas adequadamente, acarretarão, potencialmente, em um desempenho escolar ineficiente. O autor sugere que a influência das FE no desempenho matemático seja medida em competências de domínio específico.

Cragg *et al.* (2017) concluíram, a partir da sua pesquisa com sujeitos de 8 a 25 anos de idade, que as habilidades de funções executivas, em especial a memória de trabalho (MT), suportam processos de domínio específico da matemática que, por sua vez, sustentam o desempenho geral da matemática. É possível observar pela Figura 1, abaixo esquematizada, a importância de conhecer o perfil neuropsicológico do aluno, já que estas funções possuem uma interferência direta no seu desempenho aritmético.

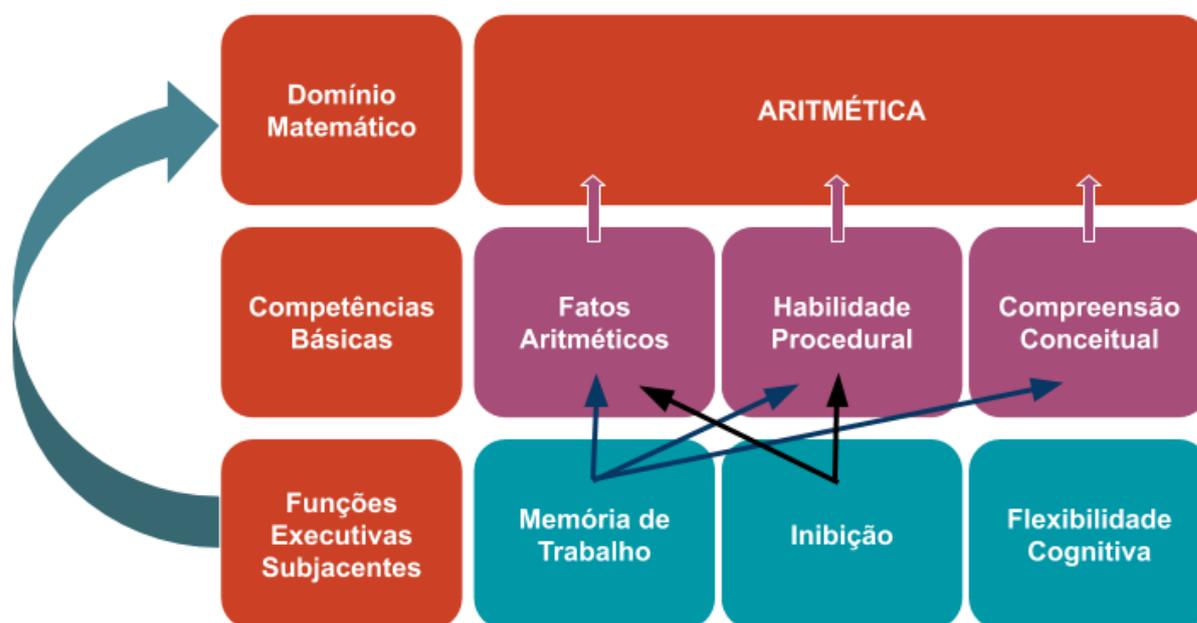


Figura 1 - Influências diretas e indiretas do funcionamento executivo no desempenho matemático.

A Neuropsicologia é uma área interdisciplinar (BOLLER, 1999), pertencente à Neurociência, que procura compreender as relações entre o cérebro e o comportamento (HAASE, 2016), mais especificamente, entre o cérebro e as funções cognitivas (LURIA, 1981). O modelo cognitivo, estudado pela Neuropsicologia Cognitiva e que suporta teoricamente esse trabalho, visa compreender “como as pessoas percebem, aprendem, recordam e pensam sobre a informação” (STERNBERG, 2008, p.22). Entre as funções neuropsicológicas avaliadas neste estudo estão: orientação, atenção, percepção, habilidades aritméticas, linguagem, habilidades visuoespaciais, memória e funções executivas (FONSECA; SALLES; PARENTE, 2009; SALLES *et al.*, 2016).

A literatura aponta que uma das funções neuropsicológicas mais envolvidas com os processos aritméticos é a memória de trabalho (ou memória operacional). Ela refere-se à capacidade de armazenar e manipular informações, temporariamente, para realizar tarefas cognitivas complexas (BADDELEY; HITCH, 1974). De forma teórica, ela é dividida em seus componentes executivo central, fonológico e visuoespacial (CHEN *et al.*, 2017; CORSO, 2018; CORSO; DORNELES, 2015; HAASE *et al.*, 2012; TOLL *et al.*, 2011). Os últimos dois componentes citados (fonológico e visuoespacial) são fundamentais para o bom desempenho na aritmética (BULL; LEE, 2014; DORNELES; HAASE, 2018; GEARY, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2017; HAASE *et al.*, 2012; PENG *et al.*, 2012). Tais componentes são recrutados a todo instante durante a execução de um cálculo matemático. É preciso que o sujeito saiba organizar-se espacialmente para efetuar com sucesso os transportes durante os procedimentos aritméticos e fazer o enquadramento correto de vírgulas, unidades, dezenas e centenas. Já a memória fonológica é utilizada quando uma informação deve ser “segurada”, vocal ou subvocalmente, até ser escrita para a realização de cálculos mentais e também para os processos simples, como a contagem.

Peng *et al.* (2012) verificaram que alunos chineses, do 5º ano do Ensino Fundamental, com dificuldades matemáticas apresentaram déficit apenas na tarefa de span numérico, que avaliava o componente fonológico, com desempenho adequado no span de palavras. No estudo com 302 alunos brasileiros, do 1º ao 9º ano do Ensino Fundamental (GONÇALVES *et al.*, 2017), a memória fonológica foi um preditor de desempenho aritmético, independente da faixa etária e do conteúdo matemático que as crianças estavam aprendendo. O achado corrobora os estudos de Viapiana *et al.* (2016) que investigaram a validade do subteste de aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE-II) com 111 alunos das mesmas etapas de ensino da pesquisa anterior. A memória de

trabalho fonológica mostrou-se relevante para a automatização de fatos básicos, compreensão de conceitos, procedimentos e transcodificação numérica.

Sobre o funcionamento executivo, a inibição, a atualização (*updating*) e a alternância (*switching/shifting*) são sinalizadas como funções de base para o bom desempenho matemático (BULL; LEE, 2014; BULL; SCERIF, 2001; CHEN *et al.*, 2017; CRAGG; GILMORE, 2014; CRAGG *et al.*, 2017; PENG *et al.*, 2012; VAN DER SLUIS *et al.*, 2004). A capacidade de atualização é a capacidade de substituir informações antigas da memória por outras mais recentes e relevantes e, para Bull e Lee (2014), foi o achado mais influente em relação ao aprendizado aritmético. A inibição é importante na medida em que ela dá ao indivíduo capacidade para controlar seus comportamentos, emoções e pensamentos, a fim de fazer aquilo que é adequado para a situação, como escolher um fato aritmético mais apropriado (DIAMOND, 2013; CRAGG; GILMORE, 2014). Nesta perspectiva, a inibição é um grande preditor do desempenho aritmético, principalmente do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental (GONÇALVES *et al.*, 2017), quando esta função ainda está em processo de amadurecimento. Na matemática, ela auxilia na manutenção da atenção, ignorando estímulos externos, mantendo em mente as informações importantes e suprimindo as irrelevantes que podem ocupar espaço na memória de trabalho (BULL; LEE, 2014; TOLL *et al.*, 2011).

A alternância é caracterizada pelo desengajamento de um conjunto de tarefas ou estratégias irrelevantes e pela ativação subsequente de uma estratégia mais adequada (VAN DER SLUIS *et al.*, 2004). No que concerne o desempenho matemático, ela dá ao sujeito a oportunidade de trocar de estratégia entre diferentes etapas de resoluções aritméticas (TOLL *et al.*, 2011). Como nos primeiros anos do Ensino Fundamental a complexidade das tarefas não é tão grande, os estudos indicam que, com o aumento da escolaridade, os alunos necessitam recrutar mais as habilidades de inibição e alternância (GONÇALVES *et al.*, 2017; TOLL *et al.*, 2011; VIAPIANA *et al.*, 2016).

Explorar as associações entre a neuropsicologia e a educação pode auxiliar na promoção da aprendizagem aritmética, na prevenção de dificuldades neste campo, e, ainda, possibilita melhor compreender os processos cognitivos potencialmente importantes para o desenvolvimento aritmético. Na maior parte das vezes, os estudos focam apenas em algumas funções neuropsicológicas, quando não em uma única função como a linguagem, deixando de lado a discussão de outras importantes funções cognitivas que também são fundamentais para o desenvolvimento da aritmética.

Neste contexto, o presente artigo teve como objetivo principal investigar as funções cognitivas associadas às dificuldades em aritmética, focando em: a) analisar a relação entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho em aritmética da amostra total de cada ano escolar; e b) investigar o desempenho dos alunos nas funções neuropsicológicas, divididos de acordo com o desempenho em aritmética, para cada ano escolar. As hipóteses levantadas são as de que o desempenho nas funções executivas e de memória irão se associar ao desempenho em aritmética para essa amostra, assim como os estudantes com dificuldades em aritmética irão apresentar um pior desempenho nas funções neuropsicológicas, especialmente nas funções executivas e na memória de trabalho, do que os alunos sem dificuldades em aritmética.

MÉTODOS

Participantes

Participaram da pesquisa 167 alunos de 4º e de 6º ano do Ensino Fundamental, com idades variando de 9 a 12 anos (ver Tabela 1). Estes anos escolares foram escolhidos considerando que os alunos já estivessem plenamente alfabetizados (diminuindo as chances de déficits em linguagem

por estarem em processo de alfabetização) e uma diferença de idade/ano escolar para verificar as diferenças entre desempenhos na aritmética e nas funções neuropsicológicas (considerando a idade limite do instrumento em questão). A amostra foi composta por 91 alunos do 4º ano (39 meninas – 43%) e 76 do 6º ano (49 meninas – 64%), de três escolas estaduais do município de Porto Alegre, localizadas em uma mesma região, que apresentaram semelhanças na metodologia de ensino, e nas características socioeconômicas e culturais, segundo os índices do Censo Escolar do Inep (2019).

Tabela 1: Informações descritivas da idade dos participantes por ano escolar e total da amostra.

Ano Escolar	Média	DP	Mínimo	Máximo	Mediana
4º	10,25	0,67	9,03	12,28	10,01
6º	12,00	0,38	11,44	12,97	11,91
Total	11,04	1,03	9,03	12,97	11,43

Fonte: autores

Para compor uma das análises do estudo, os participantes foram divididos em dois grupos. No primeiro, estão alunos com dificuldades aritméticas (N = 20 de 4º ano; N = 24 de 6º ano), que apresentaram no subteste de aritmética do TDE escores inferiores aos esperados para os seus respectivos anos escolares. O segundo grupo é composto por alunos sem dificuldades (N = 71 de 4º ano; N = 52 de 6º ano), formado por aqueles que obtiveram um bom desempenho no subteste de aritmética.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o número 2008016. Foi apresentado aos pais dos alunos um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) explicando todos os objetivos da pesquisa. Os critérios de inclusão para participação no estudo foram os seguintes: ser falante do português brasileiro, não apresentar doenças neurológicas ou psiquiátricas, apresentar escores acima do percentil 25 no teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (ANGELINI *et al.*, 1999) e ter idade inferior a 12 anos, idade limite para aplicação da bateria de testes neuropsicológicos utilizada.

Instrumentos

Questionário socioeconômico e de saúde (CORSO, SPERB, SALLES, 2013): Preenchido pelos pais ou responsáveis da criança, a fim de descartar da amostra alunos com diagnósticos graves, como doenças neurológicas (traumatismo cranioencefálico ou problemas do neurodesenvolvimento, como autismo e outros) e doenças psiquiátricas (por exemplo depressão grave e outros), bem como conhecer os contextos familiares e sociais dos participantes. Foram coletados dados como idade, escolaridade, histórico de doenças do aluno e uso de medicamentos.

Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (ANGELINI *et al.*, 1999): Instrumento utilizado para avaliar o quociente de inteligência (QI) não-verbal. Foi considerado que os participantes teriam que desempenhar um percentil acima de 25 para serem incluídos na amostra (classificação intelectualmente na média ou superior).

Subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (STEIN, 1994): Instrumento normatizado para a região sul do Brasil e considerado sensível para identificar indivíduos com dificuldades aritméticas (GONÇALVES *et al.*, 2017; VIAPIANA *et al.*, 2016). Ele é composto por 38 questões, que engloba cálculos aritméticos com grau de dificuldade crescente. Alunos que obtiveram desempenho inferior, equivalente ao percentil 25 ou menor, para esse estudo foram

considerados alunos com dificuldades em aritmética. Alunos com desempenho médio ou superior, equivalente ao percentil 50 ou maior, foram considerados alunos sem dificuldades em aritmética.

Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Infantil - NEUPSILIN-Inf (SALLES *et al.* 2016): Esta bateria avalia 8 funções neuropsicológicas por meio de 26 subtestes (Quadro 1). O instrumento possui normatização para as escolas públicas e privadas de Porto Alegre.

Quadro 1: Lista e descrição dos 26 subtestes do instrumento NEUPSILIN-Inf.

Função Neuropsicológica	Subtestes	Descrição do Item	
Orientação Têmporo-Espacial	Verbal	Resposta a 6 questões	
Atenção	Atenção Visual	Cancelamento de figuras	
	Atenção Auditiva	<i>Span</i> de dígitos	
Percepção	Emoção em faces	6 imagens de expressões faciais	
	Constância e forma do objeto	Comparação do alvo com 2 figuras	
Memória	<i>Span</i> de dígitos	Repetição de números, ordem inversa, 2 a 5 itens	
	Memória de Trabalho	<i>Span</i> de pseudopalavras	
	Visuoespacial	Imitação da sequência (ordem inversa), 2 a 5 quadrados	
	Memória Episódico-semântica	Verbal Imediata e tardia	
	Visuoverbal Imediata	Recordação oral de 9 figuras	
	Memória Semântica	Oral	
Linguagem	Nomeação	Nomeação de 9 figuras	
	Linguagem Oral	Consciência fonológica - Rima	4 itens com 3 palavras - identificação das que rimam
		Consciência fonológica - Subtração fonêmica	6 itens - fonemas
		Compreensão oral	3 figuras – leitura da frase e escolha de 1 alvo
	Processamento inferencial	4 afirmações - explicação do significado	
	Linguagem Escrita	Leitura em voz alta - Sílabas, palavras e pseudopalavras	Leitura de 6 sílabas, 6 palavras e 5 pseudopalavras
Compreensão escrita		Leitura de 5 frases – identificação da imagem alvo entre 3 opções	

		Escrita de palavras e pseudopalavras	Ditado de 14 palavras e 5 pseudopalavras
		Escrita espontânea	Escrita de uma frase
		Escrita copiada	Cópia de uma frase
Habilidades visuoespaciais		Habilidades visuoespaciais	3 figuras geométricas e 1 objeto
Habilidades aritméticas		Contagem de palitos	8 figuras de palitos
		Cálculos matemáticos	Escrita e resolução de 8 cálculos
Funções Executivas	Fluência Verbal	Ortográfica	Produção de palavras com a letra inicial “M”
		Semântica	Produção de nome de animais
	Paradigma Go no-go	Tarefa verbal (gravada)	60 números – responde sim a todos, exceto o 8

Fonte: Salles *et al.*, 2011

Procedimentos

A primeira etapa da coleta de dados envolveu a aplicação coletiva do teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (máximo de 8 participantes por grupo), realizada por uma Psicóloga, com duração aproximada de 20 minutos por grupo. Após, o subteste de aritmética do TDE foi aplicado pela pesquisadora do estudo com cada turma, de forma coletiva. Por fim, houve a aplicação individual do NEUPSILIN-Inf, feita por graduandos de Psicologia (após treinamento com Psicóloga responsável), com duração de cerca de 40 minutos por aluno. As tarefas individuais foram realizadas em um espaço disponibilizado pelas escolas, e a ordem de apresentação foi a mesma para todos os sujeitos.

DELINEAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Este estudo seguiu um delineamento transversal, comparativo de grupos e correlacional, com amostragem por conveniência. Foram realizadas estatísticas descritivas para caracterização da amostra e das variáveis de interesse. Para analisar a relação entre os desempenhos neuropsicológicos e os desempenhos em aritmética da amostra total para cada ano escolar, foi realizado uma correlação de Pearson entre os escores z das funções neuropsicológicas avaliadas pelo NEUPSILIN-inf e os escores z alcançados no TDE. Ainda, foi utilizado o Teste t para analisar as diferenças entre grupos, criados de acordo com o desempenho em aritmética no TDE (grupos com e sem dificuldades) com relação ao desempenho nas funções neuropsicológicas, avaliadas pelo NEUPSILIN-Inf, e também com relação ao quociente de inteligência não-verbal (Tabela 7). A estatística d de Cohen foi realizada para analisar o tamanho do efeito dessa diferença entre grupos, separados por ano escolar.

RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentados dados de caracterização da amostra em termos de frequência e divididos por ano escolar. A maioria da amostra total é composta por meninas; entretanto, o 4º ano tem em sua maioria meninos. Em termos de repetência escolar, 21% da amostra do 4º e do 6º ano já repetiu algum ano escolar, e, segundo relato dos pais, 23% dos alunos desses dois anos escolares já apresentaram problemas anteriores de leitura e escrita.

Tabela 2: Frequência das variáveis descritivas da amostra em função do ano escolar.

Variáveis		4º ano (N=91)		6º ano (N=76)	
		N	%	N	%
Sexo	Feminino	39	43	49	64
	Masculino	52	57	27	36
Repetência ano escolar	Não	67	75	61	84
	Sim	22	25	12	16
Dificuldade Visual	Não	76	84	58	80
	Sim	14	16	15	20
Usa óculos	Não	77	86	63	85
	Sim	13	14	11	15
Problemas anteriores de leitura e escrita	Não	62	70	61	85
	Sim	26	30	11	15

Fonte: autores.

A Tabela 3 apresenta os dados, com significância estatística, da correlação de Pearson realizada para verificar a relação entre o desempenho no TDE e o desempenho nos subtestes do NEUPSILIN-Inf. Para o 4º ano, destacam-se as correlações positivas e moderadas entre os escores z do TDE e os escores z dos subtestes de Memória Semântica ($r=0,4$; $p=0,001$) e Cálculos ($r=0,5$; $p<0,001$) do NEUPSILIN-Inf. Ou seja, quanto melhor o desempenho em aritmética, melhor é o desempenho desses alunos em evocar conhecimentos baseado em conceitos e também em realizar cálculos matemáticos simples.

Para o 6º ano, destacam-se as correlações positivas e moderadas entre os escores z do TDE e os escores z dos subtestes de *Span* de Dígitos ($r=0,4$; $p=0,002$), Cálculos ($r=0,5$; $p<0,001$) e Fluência Verbal total ($r=0,4$; $p=0,001$) do NEUPSILIN-Inf. Ou seja, quanto melhor o desempenho em aritmética dos alunos desse ano escolar, melhor é o seu desempenho em: reter e manipular informações numéricas por um curto período de tempo, realizar cálculos matemáticos simples e organizar as estratégias utilizadas para a evocação de palavras do léxico. Já as demais correlações mostraram-se positivas e fracas para ambos os anos escolares.

Tabela 3: Correlações de Pearson entre os escores z do TDE e os escores z dos subtestes do NEUPSILIN-Inf para o 4º e 6º ano do Ensino Fundamental

Variáveis	4º ano		6º ano	
	r	p	r	p
Orientação têmporo-espacial	Sem sig. estatística		0,2	0,04
Memória Episódico-Semântica (Verbal Imediata)	Sem sig. estatística		0,3	0,01
MT Span de Dígitos	0,2	0,04	0,4	0,002
MT Visuoespacial	0,3	0,01	0,3	0,01
Memória Semântica	0,4	0,001	Sem sig. estatística	
Subtração Fonêmica	0,3	0,001	Sem sig. estatística	
Consciência Fonológica	0,2	0,03	Sem sig. estatística	
Processo Inferencial	0,3	0,01	Sem sig. estatística	
Leitura de Sílabas	0,2	0,04	Sem sig. estatística	
Escrita de Palavras	0,3	0,004	0,3	0,01
Habilidades Visuoconstrutivas	0,3	0,01	Sem sig. estatística	
Cálculos	0,5	<0,001	0,5	<,0001
FV Ortográfica	Sem sig. estatística		0,3	0,002
FV Semântica	Sem sig. estatística		0,3	0,02
Fluência Verbal Total	Sem sig. estatística		0,4	0,001
Paradigma Go/no-go	Sem sig. estatística		0,3	0,01

Nota: MT = Memória de trabalho; FV = Fluência verbal; r = Coeficiente de correlação de *Pearson*; p = significância estatística; sem sig. estatística = sem significância estatística.

Com relação à comparação do desempenho neuropsicológico (calculado pelo escore z) dos grupos com e sem dificuldade em aritmética, para os alunos do 4º ano, foram encontradas diferenças significativas em três tarefas do NEUPSILIN-Inf apresentadas na Tabela 4. Os alunos sem dificuldade aritmética desempenharam significativamente melhor que aqueles com dificuldade nos escores de habilidade aritmética, cálculos e habilidades visuoconstrutivas.

Tabela 4: Estatísticas descritiva e diferenças de desempenho neuropsicológico entre os grupos com e sem dificuldade aritmética para o 4º ano do Ensino Fundamental

Variáveis (Escore Z)	Sem dificuldade aritmética				Com dificuldade aritmética				Teste Estatístico			
	N	M	DP	Mediana	N	M	DP	Mediana	t	Sig	Tamanho de efeito	magnitude
Habilidade Aritmética	71	-0,38	1,29	0,01	20	-3,14	2,43	-2,7	4,88	0,001	-1,23	grande

Cálculos	71	-0,38	1,29	0,00	20	-2,78	2,86	-2,63	3,65	0,001	-0,92	grande
Habilidade Visuoconstrutiva	71	-1,02	1,80	-0,67	20	-2,07	1,91	-2,17	2,21	0,04	-0,56	médio

Nota: N = número de participantes; M = média; DP = desvio-padrão; t = Teste t; sig = significância

Em relação aos alunos de 6º ano, foram encontradas diferenças significativas em oito tarefas do NEUPSILIN-Inf, apresentadas na Tabela 5. Os alunos sem dificuldade aritmética desempenharam significativamente melhor do que aqueles com dificuldade nos escores de cálculos, habilidade aritmética, fluência ortográfica, fluência verbal total, memória de trabalho visuoespacial, memória de trabalho total, memória episódico semântica e memória total.

Tabela 5: Estatísticas descritivas e diferenças de desempenho neuropsicológico entre os grupos com e sem dificuldade aritmética para o 6º ano do Ensino Fundamental

Variáveis (Escore Z)	Sem dificuldade aritmética				Com dificuldade aritmética				Teste estatístico		Tamanho de efeito	Magnitude
	N	M	DP	Mediana	N	M	DP	Mediana	t	Sig		
Cálculos	52	-0,39	1,51	0,45	24	-2,82	3,71	-1,09	3,10	0,001	1,01	grande
Habilidade Aritmética	52	-0,12	1,59	0,45	24	-2,76	3,68	-1,03	3,37	0,001	1,08	grande
Fluência Ortográfica	52	-0,14	0,88	-0,25	24	-0,62	0,81	-0,52	2,33	0,02	0,56	médio
Fluência Verbal Total	52	-0,28	0,72	-0,27	24	-0,77	0,78	-0,88	2,62	0,01	0,67	médio
MT Visuoespacial	52	-0,14	1,43	0,15	24	-1,29	2,00	-0,80	2,53	0,02	0,71	médio
MT Total	52	-0,42	1,67	-0,24	24	-1,23	1,37	-1,07	2,25	0,03	0,52	médio
Memória Episódico-Semântica	52	-0,65	1,06	-0,72	24	-1,30	1,12	-1,04	2,41	0,02	0,61	médio
Memória Total	52	-0,56	1,24	-0,22	24	-1,41	1,66	-1,36	2,24	0,03	0,61	médio

Nota: N = número de participantes; M = média; DP = desvio-padrão; t = Teste t; Sig = significância; MT = memória de trabalho

As tarefas de Cálculos (4º ano: $t=3,65$, $d=-0,92$; 6º ano: $t=3,10$, $d=1,01$; $p=0,001$) e Habilidades Aritméticas (4º ano: $t=4,88$, $d=-1,23$; 6º ano: $t=3,37$, $d=1,08$; $p=0,001$) do NEUPSILIN-Inf foram as com maior magnitude (tamanho de efeito) em ambos os anos escolares, ao comparar os grupos com e sem dificuldades na aritmética. Tal dado é significativo pelo peso importante que os grupos formados a partir do TDE (com e sem dificuldade) ganham, na medida

em que outro teste confirma o desempenho semelhante, fornecendo validade aos subtestes envolvidos.

Um resultado importante ainda a ser considerado aparece no Teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven, que não apontou diferença significativa entre os grupos com e sem dificuldades aritméticas do 4º ano, mas evidenciou tal diferença nos grupos do 6º ano (ver Tabela 6). Tal resultado sugere que o fator inteligência (QI) não-verbal não se mostra associado ao desempenho aritmético no 4º ano, mas, para o 6º ano, este parece desempenhar uma habilidade de domínio geral.

Tabela 6: Estatísticas descritivas e diferenças de desempenho no Teste de Raven entre os grupos com e sem dificuldade aritmética para o 6º e 4º ano do Ensino Fundamental

4º ano													
Variáveis Raven	Sem dificuldade aritmética				Com dificuldade aritmética				Testes estatísticos				
	N	M	DP	Mediana	N	M	DP	Mediana	t	sig	Tamanho do efeito	Magnitude	
Escore Bruto	71	28,35	4,22	28	20	27,80	4,94	28	0,46	0,65	-0,12	desprezível	
Percentil	69	75,87	19,45	80	20	73,95	21,19	80	0,36	0,72	-0,09	desprezível	
6º ano													
Escore Bruto	51	31,43	3,29	32	24	29,04	2,68	29	3,34	0,001	0,77	médio	
Percentil	51	77,45	20,04	80	24	62,71	16,68	60	3,34	0,001	0,77	médio	

Nota. N = número de participantes; M = média; DP = desvio-padrão; t = Teste t de Student; sig = significância

DISCUSSÃO

Dentre os objetivos propostos para este estudo, inicialmente, buscou-se a) analisar a relação entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho em aritmética da amostra total de cada ano escolar; e b) investigar o desempenho dos alunos nas funções neuropsicológicas, divididos de acordo com o desempenho em aritmética, para cada ano escolar.

Em relação ao primeiro objetivo, verificou-se que para o 4º ano, as funções neuropsicológicas relacionadas com o desempenho aritmético são as seguintes: memória de trabalho, memória semântica, subtarefas de linguagem oral e escrita, cálculos e habilidades visuoespaciais. No 6º ano, as relações apareceram de maneira significativa nas seguintes variáveis: orientação, memória episódico-semântica, memória de trabalho, escrita de palavras, cálculos e funções executivas. Os resultados vão na mesma direção que os apresentados por Zelazo e Carlson (2020), Viapiana *et al.* (2016) e Gonçalves *et al.* (2017), os quais demonstram que quanto maior o nível escolar, mais recrutadas são as funções executivas, pois os conteúdos curriculares exigidos são mais complexos. Assim, os achados deste estudo corroboraram a hipótese elencada de que o desempenho aritmético mostra-se associado às funções executivas e de memória, em especial na amostra do 6º ano. Com relação à tarefa de cálculo, que se correlacionou com o TDE

para os dois anos, pode ser observado que essas variáveis convergem quanto ao que se propõem a medir, podendo fornecer evidências de validade aos instrumentos e tarefas envolvidas.

Para o 4º ano, a memória semântica foi a “variável de memória” que mais se sobressaiu. É possível que, esse componente semântico, juntamente com a linguagem oral e as habilidades visuoespaciais, se mostre importante para o desempenho aritmético do 4º ano, tendo em vista que a matemática inicial é muito pautada no ensino a partir da oralidade e do uso de materiais concretos (CARBONNEAU *et al.*, 2013).

Pesquisas com crianças desde a idade pré-escolar mostram que o desempenho em tarefas de linguagem é um preditor do desempenho aritmético posterior (FAZIO, 1994; LEFEVRE *et al.*, 2010). A aprendizagem dos números está diretamente ligada ao vocabulário e à linguagem oral, em função de que o aprendizado precoce da matemática está relacionado à audição e à fala (ZHANG, 2015) e a linguagem é uma expressão do pensamento. Cirino (2011) apresenta estudos (LEFEVRE *et al.*, 2010; KOPONEN *et al.*, 2007; KRAJEWSKI; SCHNEIDER, 2009) com crianças pré-escolares que possuem subtestes semelhantes aos do NEUPSILIN-Inf como nomeação, consciência fonológica e compreensão, que estão diretamente relacionados à competência matemática.

Um estudo recente com uma amostra de 23.220 crianças chinesas e americanas do 4º ano, revelou que a linguagem é uma habilidade de domínio geral muito influente no desempenho aritmético (MCCLUNG; ARYA, 2018). Isso porque a linguagem possibilita manipular informações matemáticas, como a contagem, e expressar o nome dos números. Sendo assim, em línguas menos transparentes, como é o caso do português, a relação entre linguagem e matemática se torna ainda mais evidente. Esta opacidade da língua é, inclusive, evidente no próprio sistema de numeração decimal, quando números de dois dígitos possuem nomes irregulares (ZHANG; OKAMOTO, 2017). É relevante, portanto, que os nomes dos números e suas magnitudes sejam bem trabalhados, a fim de evitar um acúmulo de dificuldades matemáticas posteriores (MCCLUNG; ARYA, 2018).

Quanto ao segundo objetivo do estudo, constatou-se que, para o 4º ano, as habilidades neuropsicológicas que diferenciam os alunos com e sem dificuldades são as habilidades aritméticas, os cálculos e as habilidades visuoespaciais. Em relação ao 6º ano, são oito as funções neuropsicológicas que diferenciam os alunos com e sem dificuldades. Para uma classificação clara será usada a divisão proposta pelo próprio instrumento NEUPSILIN-Inf: os subtestes de fluência ortográfica, fluência semântica e fluência verbal total configuram-se como FE; memória episódico-semântica, memória de trabalho visuoespacial, memória de trabalho total e memória total, configuram-se como a função memória; e linguagem oral, como linguagem (ver Quadro 1).

No 4º ano, em relação às habilidades aritméticas e aos cálculos, conforme esperado, o grupo com dificuldades aritméticas teve um desempenho muito inferior, se comparado ao grupo de desempenho médio e alto (considerado, neste estudo, no grupo sem dificuldades). Quanto às habilidades visuoespaciais, estudos apontam a importância desta habilidade de domínio geral para uma boa competência numérica (CIRINO, 2011; ZHANG, 2015). Sabe-se que a educação matemática inicial é regida pelas competências de habilidades visuais (CARBONNEAU *et al.*, 2013), juntamente com as de linguagem oral. Isso porque, especialmente no ensino da aritmética, os professores utilizam muito de recursos orais e concretos para pautar o seu ensino: contar em voz alta, fazer usos dos dedos, registros com desenhos e muitos recursos concretos para desenvolver conceitos numéricos. Considerando o modelo do “triplo código” de Dehaene (1992), no qual o processamento numérico envolve linguagem oral (representação verbal do número), escrita (representação do algarismo arábico) e representada de modo não-verbal (magnitude/quantidade), já seria possível compreender o porquê a linguagem e as habilidades visuais podem estar prejudicadas em crianças com dificuldades aritméticas. De acordo com este modelo, a linguagem (por meio de representação verbal e escrita) e as habilidades visuais (por intermédio de representação de magnitudes) dão sustentação ao processamento numérico e, portanto, defasagens nessas habilidades acabam por comprometer o desempenho aritmético.

Pesquisas trazem a MT, com ênfase no componente visuoespacial, como um dos preditores do desempenho matemático (BULL; JOHNSTON; ROY, 1999; SIMMONS *et al.*, 2012; CHEN *et al.*, 2017), mas poucas apresentam resultados sobre as habilidades visuoespaciais. É possível que isso ocorra porque as habilidades visuoespaciais e a MT visuoespacial estejam interligadas (ZHANG, 2015). Tendo em vista que este estudo utilizou medidas de avaliação para ambas funções, podemos distingui-las, dando ênfase, de fato, ao achado que foi estatisticamente mais significativo.

As habilidades visuoespaciais são percebidas em bebês e continuam a se desenvolver ao longo da primeira infância (SPELKE, 2000). Siegler e Booth (2004) destacam que tais habilidades desempenham um papel crucial na aprendizagem inicial dos números, corroborando os achados de Zhang *et al.* (2014) que afirmam que a visualização espacial contribui para a compreensão numérica. Estudos com crianças em idade pré-escolar (ASSEL *et al.*, 2003; BARNES *et al.*, 2011; GUNDERSON *et al.*, 2012; VERDINE *et al.*, 2014; ZHANG; LING, 2015) apontam que as habilidades visuoespaciais predizem o desempenho aritmético das crianças anos depois, porque, ao aprenderem a contar, elas dependem de objetos concretos e, mesmo quando automatizam este processo, fazem representações mentais dos números (ASSEL *et al.*, 2003). Esses resultados também reforçam o modelo de Geary (2004, 2013) a respeito das possíveis causas das dificuldades em matemática em relação à contagem e aos procedimentos operatórios, que seriam subsidiados pelo sistema linguístico/fonológico e pelo sistema visuoespacial.

Contrariamente ao que foi hipotetizado, os alunos desta amostra do 4º ano com dificuldades aritméticas, não demonstraram as funções executivas, com ênfase na memória de trabalho, menos preservadas. Sabe-se que muitos estudos mostram relações positivas entre estas variáveis (CIRINO, 2011; ZHANG, 2015). Um aspecto a considerar para explicar tal resultado pode ser a escolha metodológica das diferentes investigações, considerando, por exemplo, a variação nas idades dos participantes, as distintas tarefas para medir as funções executivas e o desempenho aritmético (MEYER *et al.*, 2010). Tais pontos reforçam a importância de as futuras pesquisas neste campo atentarem para a busca de maior uniformidade nos instrumentos que avaliam aqueles domínios, tendo em vista a geração de dados de pesquisa possíveis de serem comparados e validados (CORSO, 2018).

Como já apontado anteriormente, a linguagem e as FE são habilidades subjacentes ao aprendizado da matemática e muito frequentemente diferenciam os alunos com e sem dificuldades de aprendizagem (GEARY, 2013; ZHANG, 2015; CIRINO, 2011). Para os resultados do 6º ano, novamente é possível utilizar como respaldo teórico os modelos mais atuais de Geary (2013) e de Zhang (2015), que consideram que a linguagem e as FE são habilidades subjacentes ao aprendizado da matemática.

A memória episódico-semântica, avaliada como uma memória declarativa, ou ainda explícita, configura-se como uma memória de longo prazo. O déficit desta em alunos com dificuldades aritméticas pode ser explicado pelo fato de que, possivelmente, eles tenham dificuldade de acessar informações de forma rápida e apurada. Isso dificulta, por exemplo, a possibilidade de recuperar, facilmente, os fatos básicos (HOPKINS; LAWSON, 2006; CORSO; DORNELES, 2015). Uma velocidade de processamento baixa, aliada a erros de contagem e uma MT pouco eficiente, explicaria o baixo desenvolvimento desta memória (CORSO; ASSIS, 2020).

As FE já são pontuadas, em estudos prévios, como muito relacionadas ao desempenho aritmético (BULL; LEE, 2014; BULL; SCERIF, 2001; CHEN *et al.*, 2017; CRAGG; GILMORE, 2014; CRAGG *et al.*, 2017; PENG *et al.*, 2012; VAN DER SLUIS *et al.*, 2004). A inibição e a flexibilidade cognitiva, avaliadas através dos subtestes de fluência verbal, tiveram uma forte associação com o desempenho aritmético. A inibição auxilia na manutenção da atenção, na escolha do cálculo aritmético e suprime informações irrelevantes para não ocuparem espaço na MT (BULL; LEE, 2014; CRAGG; GILMORE, 2014; TOLL *et al.*, 2011). A flexibilidade cognitiva, por sua vez, ajuda o indivíduo a “pensar fora da caixa”, escolhendo diferentes estratégias para a resolução de um problema (TOLL *et al.*, 2011).

A MT, mais até do que as demais FE, aparece como uma função protagonista dos estudos que relacionam funcionamento neuropsicológico e desempenho aritmético, uma vez que todos os seus componentes estão envolvidos nos procedimentos matemáticos (CHEN *et al.*, 2017; CORSO, 2018; CORSO; DORNELES, 2015; HAASE *et al.*, 2012; TOLL *et al.*, 2011). Todavia, diferentemente de alguns estudos que revelaram que a MT é um preditor de desempenho aritmético mais substancial do que o QI (ALLOWAY; ALLOWAY, 2008; BULL; LEE, 2014; KYLLONEN; CHRISTAL, 1990), o presente estudo, em relação ao 6º ano, mostrou que a inteligência medida pelo teste de Raven teve uma grande significância estatística quando os grupos com e sem dificuldades foram comparados, significância esta, maior do que os testes de memória.

Apesar de a MT Total ter tido uma alta associação com o desempenho aritmético, quando os subtestes são analisados separadamente, é possível observar que a MT visuoespacial foi mais relevante do que a MT fonológica. Tal achado corrobora os estudos de Simmons *et al.* (2012) que afirmam que esta memória tem um papel mais evidente conforme a escolaridade avança, principalmente para atividades de escrita de números e julgamento de magnitudes.

Observou-se entre os anos escolares um aumento na porcentagem de alunos com dificuldades na aritmética (21,9% para o 4º ano e 31,5% para o 6º ano, ou seja, um crescimento de quase 10%), o qual pode dever-se às demandas de conteúdos mais abstratos. A matemática possui uma estrutura hierárquica que deve ser respeitada: os princípios de contagem, compreensão do sistema de numeração decimal, fatos básicos, recuperação dos fatos, compreensão do valor posicional, cálculos multidígitos e problemas (ANDERSSON, 2008; CASAS; CASTELAR, 2004; CORSO; ASSIS, 2017; GEARY *et al.*, 2000). Quando o ensino despreza esta hierarquia e desconsidera conteúdos que ainda não foram consolidados, as dificuldades acontecem e a aprendizagem não é efetivada.

O aumento das defasagens do 4º para o 6º ano também aparece em relação ao desempenho neuropsicológico, uma vez que o grupo com dificuldades do 4º ano apresentou alguns subtestes de linguagem e as habilidades visuoespaciais em déficit; já o 6º ano revelou vários subtestes das funções executivas, memória e linguagem prejudicados. Este resultado revela que há um efeito crescente para o 6º ano que se dá pelo maior número de funções neuropsicológicas em defasagem quando comparado ao 4º ano. Nesse sentido, tais dados reforçam os estudos que mostram que, com o aumento da escolaridade e da complexidade dos conteúdos, os alunos necessitam recrutar mais as suas funções neuropsicológicas (GONÇALVES *et al.*, 2017; TOLL *et al.*, 2011; VIAPIANA *et al.*, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos neste estudo colaboraram para a literatura da área da educação e da neuropsicologia voltada ao ambiente escolar. Isso porque há poucas pesquisas brasileiras que fazem relação entre desempenho neuropsicológico e desempenho aritmético. Faz-se ainda mais significativo pelo fato que abrange oito diferentes funções neuropsicológicas, a partir de 26 subtestes, possibilitando verificar as funções neuropsicológicas relacionadas ao desempenho aritmético. Nessa perspectiva, cabe lembrar que as tarefas que avaliaram as habilidades aritméticas e de cálculo do NEUPSILIN-Inf mostraram-se sensíveis para verificar dificuldades aritméticas. Tal achado é pioneiro, tendo em vista que este é o primeiro estudo que faz uma relação entre esta bateria neuropsicológica na sua totalidade e o desempenho aritmético.

Faz-se pertinente enfatizar algumas implicações educacionais desta pesquisa. Inicialmente, acredita-se ser essencial que as evidências científicas cheguem até os professores, a fim de que possam conhecer, refletir e dar mais significado ao seu fazer docente. Isso porque o ensino precisa estar baseado em evidências científicas e não na intuição docente (DORNELES; HAASE, 2018). A investigação das diferentes funções neuropsicológicas relacionando-as ao desempenho

aritmético de grupos de alunos com e sem dificuldades nesta área, possibilita o delineamento de intervenções específicas para as funções que se mostram prejudicadas. Do mesmo modo, fornece a base para as práticas educacionais que possam prevenir as dificuldades na aritmética. Investigações deste tipo auxiliam também com subsídios para o desenvolvimento de avaliações consistentes, capazes de evidenciar alunos em risco de desenvolver dificuldades na aritmética. Por assim ser, os avanços nesta área de pesquisa são fundamentais e promissores. Conhecer estes aspectos dará ao professor de sala de aula um novo olhar sobre o seu aluno, além de mais respaldo e autoridade para solicitar uma avaliação e intervenção multidisciplinar.

Convém lembrar algumas limitações do estudo. O tamanho da amostra e a homogeneidade dos grupos de alunos também podem ser um fator a prejudicar a generalização dos dados. Sugere-se que pesquisas futuras possam considerar amostras maiores e entre escolas com outras características sociodemográficas.

Destaca-se a importância de mais estudos que investiguem as relações entre o desempenho aritmético e as funções neuropsicológicas, de tal modo que se amplie o conhecimento sobre as alterações e os impactos destas associações nas diversas áreas acadêmicas. Também se faz necessário um maior investimento em instrumentos de avaliação e de intervenção em funções neuropsicológicas, bem como em formação de professores que possam estimular estas funções no âmbito escolar.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, T.P.; ALLOWAY, R. Working memory: Is it the new IQ? **Nature Precedings**, p. 1-17, 2008.

ALLOWAY, T. P.; ALLOWAY, R. G. The efficacy of working memory training in improving crystallized intelligence. **Nature Precedings**. 2010.

ANDERSSON, U. Working memory as a predictor written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. *Br. J. Educ. Psychol.* v. 78, p.181–203. 2008.

ANGELINI, A. L. *et al.*. **Manual: Matrizes Progressivas Coloridas de Raven**. São Paulo, SP: Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia. 1999.

ASSEL M. A. *et al.* Precursors to Mathematical Skills: Examining the Roles of Visual-Spatial Skills, Executive Processes, and Parenting Factors. **Applied Developmental Science**, v. 7, n.1, p. 27-38. 2003.

BASTOS, J. A. Matemática: distúrbios específicos e dificuldades. In: ROTTA, N. T. *et al.* **Transtornos da Aprendizagem**: abordagem neurobiológica e multidisciplinar. 2^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 176- 189.

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. Working memory. In BOWER, G.H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, v. 8, p. 47–89. New York: **Academic Press**, 1974.

BARNES, M. A., *et al.* Mathematical skills in 3- and 5-year-olds with spina bifida and their typically developing peers: a longitudinal approach. **Journal of the International Neuropsychological Society**, pp. 431-444, 2011.

BOLLER, F. History of the International Neuropsychological Symposium: a reflection of the evolution of a discipline. **Neuropsychologia**, v. 37, p. 17-26, 1999.

BRASIL. MEC/INEP. **Relatório do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB)**. Brasília, 2018.

BULL, R.; LEE, K. Executive functioning and mathematics achievement. **Child Dev. Perspect**, v. 8, p. 36–41, 2014.

BULL, R.; SCERIF, G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. **Developmental Neuropsychology**, v. 19, p. 273–293, 2001.

BULL, R., JOHNSTON, R. S. AND ROY, J. A. Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. **Developmental Neuropsychology**, 15: 421–442, 1999.

CARBONNEAU, K. J., MARLEY, S. C., & SELIG, J. P. A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. **Journal of Educational Psychology**, v. 105, n. 2, p.380–400, 2013.

CASAS, A. M.; GARCIA CASTELLAR, R. Mathematics education and learning disabilities in Spain. **Journal of Learning Disabilities**, v.37, n.1, p.62–73. 2004.

CHEN, Xiaoying *et al.* Effect of Working Memory Updating Training on Retrieving Symptoms of Children With Learning Disabilities. **Journal Of Learning Disabilities**, [S.L.], v. 51, n. 5, p. 507-519, 9 jun. 2017.

CIRINO, P.T. The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.108, pp. 713-733, 2011.

CONSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CORSO, L. V. Memória de trabalho, senso numérico e desempenho em aritmética. **Revista Psicologia: Teoria e Prática**, v. 20, n. 1, p. 141-154, 2018.

CORSO, L. V.; DORNELES, B. V. Perfil cognitivo dos alunos com dificuldades de aprendizagem na leitura e matemática. **Revista Psicologia: Teoria e Prática**, v. 17, n. 2, p.185-198, 2015.

CORSO, H. V.; SPERB, T. M.; SALLES, J. F. Comparação Entre Maus Compreendedores e Bons Leitores em Tarefas Neuropsicológicas [Comparison between poor comprehenders and typical readers in neuropsychological tasks]. **Psicologia em Pesquisa**, v. 7, p. 37–49, 2013.

CORSO, Luciana V.; ASSIS, Évelin F. Reflexões acerca da aprendizagem inicial da matemática: contribuições de aspectos externos ao aluno. In: PICCOLI, Luciana; CORSO, Luciana V.; ANDRADE, Sandra dos S.; SPERRHAKE, Renata (Orgs.). **Pacto Nacional pela alfabetização na idade certa PNAIC UFRGS: práticas de alfabetização, aprendizagem da matemática e políticas públicas**. São Leopoldo: Oikos, 2017. p. 114-138.

CORSO, L. V.; ASSIS, É. F. Interface Entre a Velocidade de Processamento Cognitivo e o Desempenho Aritmético e Leitor de Alunos do 5º e 7º Anos do Ensino Fundamental. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34(66), 225–245, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n66a11>

CRAGG, L. *et al.* Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, v. 162, p. 12-26, 2017.

CRAGG L.; GILMORE, C. Skills underlying mathematics: the role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends NeurosciEduc.*, v. 3, p. 63–8, 2014.

DEHAENE, S. Précis of the number sense. *Mind & Language*, 16, 16–36, 2001.

DEHAENE, S. Varieties of numerical abilities. *Cognition*, v. 44, n. 1-2, p. 1-42, 1992.

DEHAENE, Stanislas. Babies who count. In: DEHAENE, Stanislas. **The Number Sense: how the mind creates mathematics**. New York: Oxford University Press, 1997.

DIAMOND, A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, v. 64, p. 135–168, 2013.

DORNELES, B. V.; HAASE, V. G. Aprendizagem numérica em diálogo: neurociências e educação. In: Roberto Lent, Augusto Buchweitz, Mailce Borges Mota. (Org.). **Ciência para Educação: uma ponte entre dois mundos**. 1ed.São Paulo: Editora Atheneu, 2018, v. 1, p. 133-160.

DOWKER, A. Individual differences in arithmetic: Implications for psychology, neuroscience, and education. New York: **Psychology Press**, 2005.

FAZIO, B. The counting abilities of children with specific language impairment: a comparison of oral and gestural tasks. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v.37, p. 358-368, 1994.

FONSECA, R. P., SALLES, J. F.; PARENTE, M. A. M. P. **Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN**. São Paulo, SP: Vetor, 2009.

GEARY, C. Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, v. 37, p. 4–15, 2004.

GEARY, D. C. Reflections of evolution and culture in children’s cognition: implications for mathematical development and instruction. *American Psychologist*, v. 50, n. 1, p. 24-37, 1995.

GEARY, D. C. Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental psychology*, v. 47, n. 6, p. 153, 2011.

GEARY, D. C. Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, v.22, p. 23-27, 2013.

GEARY, D.C.; HAMSON,C. O; HOARD, M. K. Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, pp. 236-263, 2000.

GOLBERT, C.; SALLES, J. F. Desempenho em leitura/escrita e em cálculos aritméticos em crianças de 2a série. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 14, p. 203-210, 2010.

GONÇALVES, H. A. *et al.* Funções executivas predizem o processamento de habilidades básicas de leitura, escrita e matemática? **Revista Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 9, n.3, p. 42-54, 2017.

GUNDERSON, E. A.; RAMIREZ, G.; BEILOCK, S. L.; LEVINE, S. C. The relation between spatial skill and early number knowledge: the role of the linear number line. **Developmental Psychology**, v.48, p. 1229-1241, 2012.

HAASE, V. G. Introdução. In SALLES, J. F. *et al.* **NEUPSILIN-Inf** – 1ª ed. – São Paulo: Vetor, 2016. p. 15-19.

HAASE, V. G. *et al.* Heterogeneidade Cognitiva nas Dificuldades de Aprendizagem da Matemática: Uma Revisão Bibliográfica. **Psicologia em Pesquisa**, v. 6, n. 2, p. 139-150, 2012.

HOPKINS, S.L.; LAWSON, M.J. The effect counting speed has on developing a reliance on retrieval in basic addition. **Contemporary Educational Psychology**, v. 31, 208-227, 2006.

KOPONEN, T., AUNOLA, K., AHONEN, T., & NURMI, J. Cognitive predictors of single-digit and procedural calculation skills and their covariation with reading skills. **Journal of Experimental Child Psychology**, 97, 220–241, 2007.

KRAJEWSKI, K., & SCHNEIDER, W. Exploring the impact of phonological awareness, visuo-spatial working memory, and preschool quantity–number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. **Journal of Experimental Child Psychology**, 103, 516–531, 2009.

KYLLONEN, P. C.; CHRISTAL, R. E. Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity. **Intelligence**, v. 14, p. 389-433, 1990.

LEFEVRE, J.A. *et al.* Pathways to mathematics: longitudinal predictors of performance. **Child Development**, v.81, p. 1753-1767, 2010.

LURIA, A. R. **Fundamentos de Neuropsicologia**. São Paulo: EDUSP, 1981.

MCCLUNG NICOLA A., ARYA DIANA J. Individual Differences in Fourth-Grade Math Achievement in Chinese and English. **Frontiers in Education**. v. 3, 2018.

MEYER, M. L. *et al.* Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders . **Learning and Individual Differences**, v.20, p. 101 – 109, 2010.

PENG, P. *et al.* Phonological storage and executive function deficits in children with mathematics difficulties. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 112, p. 452–466, 2012.

PIAGET, J. **Os seis estudos de psicologia**. 24ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

PICCOLO, L. R.; GIACOMONI, C. H., JULIO-COSTA, A., OLIVEIRA, S., ZBORNIK, J., HAASE, V. G., & SALLES, J. F. Reading anxiety in L1: reviewing the concept. **Early Childhood Education Journal**, 45(4), 537-543, 2017.

SALLES, J. F.; PARENTE, M. A. M.; FONSECA, R. P. **Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Inf.** São Paulo, SP: Vetor, 2016.

SALLES, J. F. *et al.* Desenvolvimento do Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Infantil NEUPSILIN-Inf. **Psico-USF**, v. 16, p. 297-305, 2011.

SIEGLER, R. S.; BOOTH, J. L. Development of numerical estimation in young children. **Child Development**, v.75, p.428-444, 2004.

SILVA, J. B. L.; MOURA, R. J.; WOOD, G.; HAASE, V. G. Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. **Temas em Psicologia**, 23(1), 157-173.doi: 10.9788/TP2015.1-11, 2015.

SILVA, J. B. L., MOURA, R. J. D., WOOD, G., & HAASE, V. G. Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. **Temas em Psicologia**, v. 23, n. 1, 157-173, 2015.

SIMMONS, F. R.; WILLIS, C.; ADAMS, A. Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. **J Exp Child Psychol**, v. 111, n. 2, p. 139–55, 2012.

SPELKE, E. S. Core knowledge. **American Psychologist**. v.55, n. 11, p.1233-1243. 2000.

SPINILLO, Alina Galvão. Usos e funções do número em situações do cotidiano. In: BRASIL. **Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa: Quantificações, registros e agrupamentos.** Brasília: Mec, Seb, 2014. p. 20-29.

STARKEY, P.; COOPER, R. G. Perception of number by human infant. **Science**, v. 210, p. 1033-1035, 1980.

STEIN, L. M. **Teste de Desempenho Escolar: Manual para Aplicação e Interpretação.** São Paulo: Casa do Psicólogo Livraria e Editora Ltda, 1994.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva.** 4ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TOLL S.W. *et al.* Executive functions as predictors of math learning disabilities. **Journal of Learning Disabilities**, v. 44, p. 521–532, 2011.

VAN DER SLUIS, S.; DE JONG, P. F.; VAN DER LEIJ, A. Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 87, p. 239–266, 2004.

VERDINE, B. N.; IRWIN, C. M.; GOLINKOFF, R. M.; HIRSH-PASEK, K. Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.126, pp. 37-51, 2014.

VIAPIANA, V. F. *et al.* Evidências de Validade do Subteste Aritmética do TDE-II : da Psicometria moderna à Neuropsicologia Cognitiva. **Revista Neuropsicologia Latinoamericana**, v. 8, n. 2, p. 16–26, 2016.

ZELAZO, P. D; CARLSON, S. M. The Neurodevelopment of Executive Function Skills: Implications for Academic Achievement Gaps. **Psychology & Neuroscience**. Vol. 13, No. 3, 273–298, 2020.

ZHANG, X. Linking language, visual spatial, and executive function skills to number competence in very young Chinese children. **Early Child**. 2015.

ZHANG, D., XIN, Y., HARRIS, K., DING, Y. Improving multiplication strategic development in children with math difficulties. **Learning Disability Quarterly**, 37, 15–30, 2014.

ZHANG, X.; LIN, D.. Pathways to arithmetic: the role of visual-spatial and language skills in written arithmetic, arithmetic word problems, and nonsymbolic arithmetic. **Contemporary Educational Psychology**, v.41, p. 188-197, 2015.

ZHANG, Y.; OKAMOTO, Y. Encoding “10ness” improves first-graders’ estimation of numerical magnitudes. **PsychArchives**, p. 190-201, 2017.

NOTA: A primeira autora realizou o estudo empírico; revisão integrativa da literatura; redação do manuscrito; análise dos dados; revisão do manuscrito. A segunda autora auxiliou na revisão integrativa da literatura; redação do manuscrito; análise dos dados; revisão do manuscrito. A terceira autora orientou na realização do estudo empírico; auxiliou na revisão integrativa da literatura; redação do manuscrito; revisão do manuscrito.

Os autores declaram que não há conflito de interesses em relação ao artigo "Associações entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho aritmético: um estudo com alunos do 4º e do 6º ano do Ensino Fundamental".

This preprint was submitted under the following conditions:

- The authors declare that they are aware that they are solely responsible for the content of the preprint and that the deposit in SciELO Preprints does not mean any commitment on the part of SciELO, except its preservation and dissemination.
- The authors declare that the necessary Terms of Free and Informed Consent of participants or patients in the research were obtained and are described in the manuscript, when applicable.
- The authors declare that the preparation of the manuscript followed the ethical norms of scientific communication.
- The submitting author declares that the contributions of all authors and conflict of interest statement are included explicitly and in specific sections of the manuscript.
- The authors agree that the approved manuscript will be made available under a [Creative Commons CC-BY](#) license.
- The deposited manuscript is in PDF format.
- The authors declare that the data, applications, and other content underlying the manuscript are referenced.
- The authors declare that the manuscript was not deposited and/or previously made available on another preprint server or published by a journal.
- If the manuscript is being reviewed or being prepared for publishing but not yet published by a journal, the authors declare that they have received authorization from the journal to make this deposit.
- The submitting author declares that all authors of the manuscript agree with the submission to SciELO Preprints.
- The authors declare that the research that originated the manuscript followed good ethical practices and that the necessary approvals from research ethics committees, when applicable, are described in the manuscript.
- The authors agree that if the manuscript is accepted and posted on the SciELO Preprints server, it will be withdrawn upon retraction.