



Estimativa numérica, memória de trabalho e raciocínio quantitativo: relações no desempenho matemático¹

Number line estimation, working memory and quantitative reasoning: relations in math achievement

*Camila Peres Noguez*²

*Beatriz Vargas Dorneles*³

Resumo

Há evidências de que tanto a estimativa numérica quanto a memória de trabalho são habilidades importantes para o desempenho em matemática, porém pouco se sabe sobre a relação entre estimativa numérica e memória de trabalho. Assim, pretendeu-se neste estudo verificar as relações entre as capacidades de: estimativa numérica, memória de trabalho e raciocínio quantitativo. Para isso, 143 crianças de 3.º e 4.º anos do Ensino Fundamental de duas escolas municipais de Porto Alegre/RS foram avaliadas. Verificaram-se relações significativas entre as três medidas, sendo que os maiores níveis de correlação foram entre raciocínio quantitativo e estimativa numérica e entre os componentes executivo central e *buffer* episódico da memória de trabalho com o raciocínio aditivo. Os resultados indicam associação direta entre as medidas avaliadas.

Palavras-chave: Estimativa Numérica; Memória de Trabalho; Raciocínio Quantitativo.

Abstract

While evidence shows number estimation and working memory are important factors in math achievement, little is known about the relationship between number estimation and working memory. Therefore, the aim of this study is to investigate the relationships between number estimation, working memory and quantitative reasoning. To do so, 143 3rd and 4th graders from two public schools in Porto Alegre/RS were assessed. The results reveal significant relationships between the three measures, with the highest levels of correlation being between quantitative reasoning and number line estimation and between the central executive and episodic buffer, which are components of the working memory, and additive reasoning. The results suggest a direct association between ability in number line estimation, working memory and math skills in quantitative reasoning.

Keywords: Number Line Estimation; Working Memory; Quantitative Reasoning

Submetido em: 23/05/2019 – **Aceito em:** 20/05/2020 – **Publicado em:** 04/07/2020

¹O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

²Doutoranda em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Email: camilapnoguez@gmail.com

³Doutora em Psicologia Escolar e do Desenvolvimento Humano pela Universidade de São Paulo. Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Email: beatriz.dorneles@ufrgs.br

Introdução

O desenvolvimento de habilidades numéricas tem se tornado um assunto importante em pesquisas das áreas da Matemática, da Educação e da Psicologia. Há evidências de que o bom desempenho nas habilidades matemáticas desde os primeiros anos escolares é preditivo para o desempenho matemático posterior (Ashcraft & Moore, 2012; Booth & Siegler, 2006; Moore & Ashcraft, 2015; Siegler & Booth, 2004). Estudos têm mostrado que, desde a Educação Infantil, as crianças já são capazes de compreender a relação entre quantidades numéricas e de utilizá-las em diferentes contextos (Moore & Ashcraft, 2015). Porém, muitas vezes não conseguem compreender um aspecto importante do sistema numérico: os números inteiros, quando representados ao longo de uma reta numérica, estão uniformemente espaçados (Booth & Siegler, 2008; Dehaene, 1997; Siegler & Opfer, 2003).

Na representação mental de magnitudes numéricas, as distâncias colocadas pelas crianças entre os números menores são muito diferentes das distâncias entre os números maiores. Por exemplo, a distância deixada entre os números 10 e 20 é maior do que a distância deixada entre 80 e 90, resultados encontrados em estudos sobre a estimativa numérica das crianças (Booth & Siegler, 2006; Siegler & Booth, 2004). A tarefa mais utilizada para avaliar tal capacidade é a estimativa na reta numérica, que consiste em uma reta horizontal, delimitada pelo 0 à esquerda e o 100 à direita, e é solicitado que a criança estime, isto é, marque a localização de um determinado número na reta numérica. Este tipo de tarefa avalia a habilidade de estimar magnitudes em uma reta numérica e tem sido amplamente utilizado para verificar a compreensão das crianças sobre magnitudes numéricas e ordenação (Laski & Siegler, 2007; Link, Nuerk, & Moeller, 2014; Moore & Ashcraft, 2015).

Outro recurso cognitivo importante para o desempenho em matemática é a memória de trabalho (Gathercole & Alloway, 2004; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010), que se refere à combinação entre o armazenamento por um curto período e o processamento de informações necessárias para atividades mentais complexas, como a resolução de problemas matemáticos (Baddeley, 2011; Gathercole & Alloway, 2004). Um modelo de memória de trabalho bastante utilizado em pesquisas, proposto por Baddeley (2000), indica quatro componentes da memória de trabalho: o executivo central, que carece de uma capacidade de armazenamento e é responsável pelo processamento da informação; o fonológico e o visuoespacial, que são responsáveis pelo armazenamento temporário de informações e dão suporte ao executivo central; e o *buffer* episódico, que compreende uma forma de armazenamento capaz de dar suporte à recordação de uma sequência e de associar informações fonológicas, espaciais e informações de outros tipos (Baddeley, 2000).

Alguns estudos conduzidos para a investigação da relação entre memória de trabalho e desempenho em aritmética indicam que o componente *buffer* episódico auxilia na representação numérica, já que ele pode codificar diferentes informações (visual, espacial ou fonológica) e realizar a conversão entre uma forma e outra, o que contribui para o cálculo mental e influencia o desempenho em matemática (Leung, 2011; Towse & Houston-Price, 2001). Em relação aos outros componentes da memória de trabalho, pode-se dizer que em uma atividade de solução de problemas aritméticos, por exemplo, o executivo central é responsável por recuperar a informação sobre a operação a ser usada, ao mesmo tempo em que os outros dois subsistemas armazenam os números envolvidos no cálculo (Corso & Dorneles, 2012).

Já existem evidências na literatura de que tanto a estimativa numérica (Laski &

Siegler, 2007; Link et al., 2014; Moore & Ashcraft, 2015) quanto a memória de trabalho (Andersson, 2008; Andersson & Lyxell, 2007; Lee & Bull, 2016; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010) apresentam relação com o desempenho em matemática. Assim, nesta pesquisa, verifica-se a existência de relação entre a memória de trabalho, o desempenho em matemática, especificamente o raciocínio quantitativo, e o desempenho em estimativa numérica.

O raciocínio quantitativo refere-se à compreensão das relações entre as quantidades, e considera-se que os valores numéricos utilizados para representar essas quantidades se tornam secundários; por esse motivo, o raciocínio quantitativo é fundamental para a construção dos conceitos iniciais da matemática, pois permite que as crianças raciocinem sobre a natureza dos problemas e as relações operatórias a serem utilizadas (Nunes, Dorneles, Lin, & Rathgeb-Schnierer, 2016). No raciocínio quantitativo as relações entre as quantidades podem ser classificadas em raciocínio aditivo e multiplicativo. O raciocínio aditivo é baseado nas relações parte-todo entre as quantidades, e o multiplicativo representa-se pelas relações de correspondência um-para-muitos e nas razões estabelecidas entre as quantidades (Nunes et al., 2016). Neste estudo foram utilizados três tipos de situações para o raciocínio aditivo: composição de quantidades, transformação e comparação; e três para o raciocínio multiplicativo: relação direta e inversa entre quantidades, e produto de medidas. Essas situações estão em consonância com Nunes e colaboradores (2016).

No raciocínio aditivo, nas situações que envolvem composição de quantidades, é necessário juntar ou separar as quantidades para se chegar ao resultado. Por exemplo, “Arthur vai guardar 5 camisetas roxas e 4 camisetas verdes no armário. Quantas camisetas ele irá guardar ao todo?”. Nas situações que implicam transformação, podem ser realizadas operações de adição ou subtração para se encontrar a resposta. Por exemplo, “Ana tinha alguns adesivos. Ela brincou com suas amigas e ganhou 3 adesivos. Agora tem 12 adesivos. Quantos adesivos ela tinha?”. Já nas situações que incluem relação de comparação, é esperada uma compreensão das palavras ‘mais’ ou ‘menos’. Por exemplo, “Fábio tem 13 livros e Zeca tem 8. Quem tem mais livros? Quantos a mais?”.

No raciocínio multiplicativo, as situações que envolvem uma relação direta entre as quantidades podem ser resolvidas pelas operações de multiplicação ou divisão, dependendo da quantidade desconhecida. Este é um exemplo de problema envolvendo multiplicação: “Renato convidou três amigos para sua festa de aniversário. Para cada amigo ele quer dar cinco balões. Quantos balões ele precisa comprar?”. E este outro implica divisão: “Renato tem 15 balões. Ele vai distribuí-los igualmente entre seus três amigos. Quantos balões cada um vai ganhar?”. Nas situações que incluem uma relação inversa entre as quantidades, é possível resolver apenas por divisão, mesmo que seja utilizado o esquema de correspondência um-para-muitos: “Antônio e Luís saem do mesmo ponto de partida, para andar de bicicleta. O caminho que Antônio percorreu tinha 200 m e o caminho de Luís, 600 m. Os dois chegam ao mesmo tempo no mesmo local. A velocidade deles era a mesma?”. Para as situações que envolvem produto de medidas, uma terceira quantidade é formada a partir de outras duas. Por exemplo: “Luísa tem 2 tipos de saias e 3 tipos de blusas. Quantos tipos de conjuntos de roupas diferentes ela pode formar?”. Ambos os raciocínios são essenciais para a compreensão das quatro operações fundamentais da matemática: adição, subtração, multiplicação e divisão e suas relações.

Entretanto, a proposta que implica a relação entre a capacidade de realizar estimativas e a memória de trabalho, até onde sabemos, ainda não foi foco de estudos, apesar da grande

quantidade de pesquisas que investigaram a influência da memória de trabalho no desempenho em matemática. Poucos estudos propõem a estimativa numérica como uma tarefa complementar de habilidades cognitivas e de representação numérica mental (Xenidou-Dervou, De Smedt, van der Schoot, & van Lieshout, 2013; Xenidou-Dervou, van der Schoot, & van Lieshout, 2015), porém a relação, especificamente, entre estimativa e memória de trabalho não aparece como foco.

Não obstante, quanto à relação da estimativa numérica com o desempenho em matemática, destaca-se um estudo que avaliou o desenvolvimento da representação mental da reta numérica por parte das crianças e utilizou tarefas de estimativa na reta numérica, relacionando-as com o desempenho em tarefas de comparações de magnitude numérica e de contagem, realizadas com alunos pré-escolares até o segundo ano de escola (Link et al., 2014). Com essas tarefas, os padrões na precisão da estimativa foram calculados e classificados como indicadores do desenvolvimento da representação mental dos números (Laski & Siegler, 2007; Link et al., 2014). Esses padrões, classificados em modelos de desenvolvimento da estimativa, foram observados entre crianças de diferentes idades e entre crianças e adultos. Foi constatado que as crianças melhoram seu desempenho em estimativa conforme a idade, o ano escolar e a experiência com o tipo de tarefa (Link et al., 2014).

Há evidências de que o desempenho em estimativa está relacionado com habilidades numéricas básicas e complexas de aritmética (Booth & Siegler, 2006; Laski & Siegler, 2007; Link et al., 2014; Siegler & Booth, 2004). Também foi encontrada relação entre o desempenho na estimativa numérica e habilidades numéricas de categorização e comparação de magnitudes entre crianças pequenas da Educação Infantil até o segundo ano escolar (Laski & Siegler, 2007). Entre estudantes até o terceiro ano de escola, foi observada uma relação entre o desempenho em estimativa numérica e em matemática, pois os participantes que obtiveram bom desempenho em estimativa na reta numérica apresentaram bons resultados em testes padronizados para avaliar o desempenho em matemática (Booth & Siegler, 2006).

Estudo realizado por Xenidou-Dervou e colaboradores (2015), com foco na forma como as crianças resolvem problemas de adição, relacionou a memória de trabalho com diferentes formatos de problemas aditivos: simbólicos e não simbólicos. Os pesquisadores analisaram o modo como o desempenho das crianças mudou, nesses formatos de problemas aditivos, o processo cognitivo subjacente ao desempenho em cada tipo de problema e as relações dos componentes da memória de trabalho com o desempenho em estimativa na reta numérica. Como medidas de avaliação, os autores utilizaram as tarefas de adição nos formatos simbólico, utilizando símbolos numéricos, e não simbólico, empregando representações de quantidades por pontos. Ambos exigiram respostas aproximadas ou exatas, tarefas para avaliar cada um dos três componentes da memória de trabalho – Corsi Blocks, para avaliar o esboço visuoespacial; Digit Span em ordem direta, para avaliar a alça fonológica; e Digit Span em ordem inversa, para avaliar o executivo central – e tarefa de estimativa na reta numérica simbólica e não simbólica. Alguns resultados encontrados pelos autores merecem destaque. Na adição simbólica, o desempenho em memória de trabalho e em estimativa na reta numérica indicou que as crianças realizam uma tradução da informação simbólica para uma codificação não simbólica, quando são exigidas respostas aproximadas. Por exemplo, a informação simbólica do problema aditivo (o número indicado) é retida na memória em sua codificação original (simbólica), enquanto ocorre a tradução pelo executivo central para uma informação não simbólica (uma resposta aproximada). Já, quando são exigidas respostas exatas, os autores explicam que as crianças armazenam fonologicamente a informação numérica do problema aditivo em uma codificação simbólica, não sendo

necessária tradução entre diferentes tipos de codificação da informação (Xenidou-Dervou et al., 2015).

Outro resultado importante desse mesmo estudo é a relação entre as representações na reta numérica e o desempenho em problemas de adição: quanto mais precisas as representações na reta numérica simbólica, melhor o desempenho em problemas de adição exata. Portanto, a partir desse estudo, pode-se verificar que a estimativa numérica apresentou relação com a memória de trabalho conjuntamente com problemas aditivos (Xenidou-Dervou et al., 2015).

O presente estudo teve como objetivos verificar o desempenho dos estudantes em tarefas de memória de trabalho e raciocínio quantitativo, e investigar as relações entre essas medidas e duas tarefas de estimativa numérica. Como hipóteses da pesquisa, acredita-se que existe relação entre estimativa numérica tanto com a memória de trabalho quanto com o raciocínio quantitativo.

Método

Participantes

A amostra foi composta de 143 estudantes, com idades entre 8 e 11 anos ($M = 9,8$ anos, $DP = 0,74$), de 3.º e 4.º anos do Ensino Fundamental de duas escolas municipais de Porto Alegre – RS. As duas escolas foram escolhidas por critérios de conveniência, quantidade de alunos e por atenderem comunidades de classes socioeconômicas semelhantes.

O critério de exclusão estabelecido foi obter uma classificação inferior ao percentil 50 nas Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala Especial (Angelini, Alves, Custódio, Duarte, & Duarte, 1999). Neste teste o percentil 50 é considerado como intelectualmente médio, e resultados abaixo desse percentil são considerados abaixo da média na capacidade intelectual esperada para a idade avaliada. Portanto, foram desconsiderados para a análise dos dados os estudantes com desempenho inferior ao percentil 50, o que permite uma análise mais fidedigna e homogênea dos dados, sem a interferência de desempenhos decorrentes de uma possível deficiência intelectual. A Tabela 1 apresenta a caracterização da amostra.

Tabela 1 – Caracterização da amostra

| | N | % |
|--------------|----|-------|
| Gênero | | |
| Feminino | 62 | 43,36 |
| Masculino | 81 | 56,64 |
| Escolaridade | | |
| 3º ano | 76 | 53,15 |
| 4º ano | 67 | 46,85 |
| Idade | | |
| 8 | 22 | 15,38 |
| 9 | 59 | 41,26 |
| 10 | 54 | 37,76 |
| 11 | 8 | 5,59 |

Fonte: Elaborada pela autora

A seguir são descritas as tarefas utilizadas para avaliação de cada uma das habilidades consideradas para este estudo, bem como a análise estatística empregada para descrever os resultados.

Tarefa de Avaliação da Estimativa Numérica

Dois tipos de tarefas para avaliar a capacidade de estimativa dos estudantes foram aplicados: a tarefa número-posição (NP) e a tarefa posição-número (PN), adaptadas de Siegler e Opfer (2003). Em ambas eram mostradas retas numéricas marcadas apenas com as extremidades 0, à esquerda, e 100, à direita. Os participantes eram solicitados a estimar a localização de um número na tarefa NP e, na tarefa PN, a estimar um número para uma marcação dada na reta. Foram 22 números a serem estimados, retirados de Laski e Siegler (2007) e apresentados de forma aleatória (2, 3, 5, 8, 12, 17, 21, 26, 34, 39, 42, 46, 54, 58, 61, 67, 73, 78, 82, 89, 92, 97). As crianças receberam um caderno para cada tarefa, contendo uma reta numérica e um número ou posição a ser estimada em cada página, no qual elas marcavam ou anotavam suas estimativas.

Tarefas de Avaliação da Memória de Trabalho

Neste estudo foram avaliados os componentes da memória de trabalho por meio destas tarefas, aplicadas individualmente: Memória de Blocos e Memória de Dígitos em ordem direta e inversa, selecionados a partir de Pickering e Gathercole (2001) e pelo Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey – RAVLT (Malloy-Diniz, Fuentes, Abrantes, Lasmar, & Salgado, 2010).

A tarefa Memória de Blocos buscou avaliar o componente visuoespacial da memória de trabalho. São apresentados para a criança nove blocos fixados sobre uma base de plástico, em que as faces voltadas para a criança são lisas e aquelas voltadas para o avaliador possuem um número em cada bloco, compreendidos entre 1 e 9. Para dar início à tarefa, o avaliador indica uma sequência de blocos – um por segundo –, posicionando o dedo indicador em cada um deles. O teste é separado em nove níveis, inicia-se com o primeiro nível, que corresponde a sequências de apenas um bloco e continua, aumentando progressivamente, até sequências compreendendo nove blocos. Para cada nível, há seis sequências que devem ser repetidas corretamente na mesma ordem. O teste é interrompido caso a criança cometa três erros em um mesmo nível. O desempenho nesta tarefa é medido de acordo com o número de sequências repetidas corretamente (Pickering & Gathercole, 2001).

Para avaliar os componentes fonológico e executivo central foram utilizadas as tarefas de Memória de Dígitos em ordem direta e inversa, respectivamente. Elas são compostas por nove níveis em ordem direta e seis em ordem inversa. Em cada um há seis sequências de dígitos que aumentam gradualmente, conforme muda o nível, iniciando com sequências de um dígito na ordem direta e de dois na ordem inversa. As sequências em ordem direta avaliam o componente fonológico, ou seja, a capacidade de armazenamento de informação a partir da fala, enquanto as sequências em ordem inversa avaliam o executivo central, isto é, a capacidade de manipulação da informação. O teste é interrompido quando três respostas incorretas consecutivas são dadas em um mesmo nível (Pickering & Gathercole, 2001).

O *buffer* episódico foi avaliado por meio do Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT), escolhido por ser utilizado na literatura como uma possibilidade de avaliar esse componente da memória de trabalho (Martins & Ortiz, 2009; Nobre et al., 2013) e também por ser um teste padronizado, possuir tradução para a língua portuguesa e já ser aplicado em estudos no Brasil (Martins & Ortiz, 2009).

Ele é composto por uma lista de 15 substantivos (lista A), que é lida em voz alta para o participante, com um intervalo de um segundo entre as palavras, por cinco vezes consecutivas e sempre na mesma ordem. Cada repetição é seguida por uma recordação imediata, em que o participante deve lembrar o máximo de palavras que conseguir, porém a ordem em que são lembradas não é levada em consideração. Depois da quinta tentativa, uma lista de interferência, também composta por 15 substantivos (lista B), é lida para o participante, sendo seguida de sua recordação. Em seguida, o participante é solicitado a recordar as palavras da lista A sem que ela seja reapresentada. Após um intervalo de 20 minutos, que pode ser preenchido com outras atividades que não demandem raciocínio verbal, pede-se ao participante que se lembre das palavras da lista A – medida de recordação tardia que avalia o *buffer* episódico –, sem que ela seja lida para ele. Após essa recordação tardia, é feito o teste de memória de reconhecimento, quando uma lista de 50 palavras – contendo as 15 da lista A, as 15 da lista B e outras 20, semelhantes, fonética ou semanticamente, às palavras das listas A e B – é lida para o participante. Nesse momento, ele deverá identificar a que lista pertence cada uma das palavras: à lista A, à lista B ou a nenhuma das duas (Malloy-Diniz et al., 2010). Para esse estudo, o RAVLT fornece uma medida de recordação tardia, que é influenciada pelo *buffer* episódico, já que essa recordação não necessita da leitura precedente da lista pelo examinador (Martins & Ortiz, 2009) e todas as recordações são feitas verbalmente, sem a utilização de qualquer registro escrito.

Tarefa de Avaliação do Raciocínio Quantitativo

A tarefa de avaliação do raciocínio quantitativo, baseada em Nunes (2009), foi aplicada com o objetivo de avaliar o raciocínio aritmético na resolução de problemas. As relações quantitativas envolvidas foram o raciocínio aditivo, incluindo composição de quantidades, situações de transformação e de comparação, e o raciocínio multiplicativo, contendo situações de relação direta e inversa entre quantidades e de produto de medidas. A tarefa compreendeu 18 problemas: 9 de raciocínio aditivo – 3 de composição de quantidades, 3 de transformação e 3 de comparação – e 9 de raciocínio multiplicativo: 3 de relação direta, 3 de relação inversa e 3 de produto de medidas. A aplicação ocorreu de forma coletiva, isto é, em pequenos grupos de, no máximo, 10 alunos, sendo que cada um resolveu individualmente as questões, porém ao mesmo tempo que os demais. Cada participante recebeu um caderno contendo apenas as ilustrações dos problemas – um por página, sem informações por escrito. As instruções foram dadas oralmente pelo avaliador, pois assim permitiam aos alunos exporem diferentes estratégias de solução e não dependiam de sua habilidade de leitura. Após os alunos terem registrado as respostas no local indicado nos cadernos, a avaliadora recolheu-os para posterior análise.

Análise dos dados

Foi realizada uma análise quantitativa para comparar o desempenho nas tarefas de memória de trabalho e raciocínio quantitativo com o desempenho nas tarefas de estimativa numérica. Inicialmente analisou-se a distribuição das variáveis pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para comparar os desempenhos entre os anos escolares e entre os gêneros nas tarefas de memória de trabalho e de raciocínio quantitativo, foi conduzido o teste não paramétrico de Mann-Whitney. As análises de associação entre o desempenho em estimativa numérica e o desempenho nas demais tarefas foram realizadas por meio do teste de correlação de Spearman, que também foi empregado para verificar a relação entre o desempenho nas tarefas e a idade.

Os dados do desempenho em estimativa numérica das crianças foram obtidos pelo cálculo da precisão de estimativa para cada número a ser estimado, ou seja, pelo cálculo da porcentagem do erro absoluto para cada estimativa. Esse cálculo é adaptado de Siegler e Booth (2004) e representado pela seguinte fórmula:

$$\frac{|Estimativa\ feita\ pela\ criança - Número\ a\ ser\ estimado|}{Escala\ da\ reta\ numérica\ (100)}$$

Isto é, considerando que 70 seja o número a ser estimado, porém a marcação realizada pela criança corresponda ao número 60, de acordo com a fórmula apresentada, a porcentagem do erro absoluto será de 10%, que equivale ao resultado de $\left| \frac{70 - 60}{100} \right|$. Portanto, quanto mais precisa for a estimativa realizada pela criança, menor será o valor resultante da fórmula, ou seja, a porcentagem de erro absoluto será próxima de zero.

O desempenho de cada criança nas tarefas de memória de trabalho foi considerado a partir da quantidade total de acertos em cada tarefa aplicada. As tarefas Memória de Dígitos em ordem direta e Memória de Blocos possuem 9 níveis com 6 sequências cada um, totalizando 54 pontos para cada tarefa. Já a tarefa Memória de Dígitos em ordem inversa possui 6 níveis com 6 sequências cada um, totalizando 36 pontos. A tarefa para medir o *buffer* episódico (RAVLT) foi contabilizada pelo número de palavras evocadas corretamente na recordação tardia, após o intervalo de 20 minutos.

Já no teste de avaliação do raciocínio quantitativo, será levado em consideração o número de acertos sobre o total de questões e o número de acertos por tipo de problema – raciocínio aditivo e raciocínio multiplicativo.

Resultados

Medidas de Desempenho da Memória de Trabalho

A avaliação da memória de trabalho considerou os componentes fonológico, visuoespacial, executivo central e *buffer* episódico do modelo de Baddeley (2000). O componente fonológico foi medido pela tarefa Memória de Dígitos em ordem direta, o visuoespacial foi acessado pela tarefa Memória de Blocos, o executivo central foi avaliado

pela tarefa Memória de Dígitos em ordem inversa e o *buffer* episódico foi medido pelo RAVLT A7, que corresponde à recordação tardia do teste de evocação de palavras (Teste Auditivo-verbal de Rey). A Tabela 2 apresenta o desempenho dos alunos por tipo de tarefa.

Tabela 2 – Escores das medidas de MT

| Medida | Média (DP) | Mediana [p25; p75] |
|--------------------------|--------------|--------------------|
| Componente Fonológico | 27,97 (5,32) | 29 [24;31] |
| Executivo Central | 10,10 (3,75) | 10 [7;12] |
| Componente Visuoespacial | 23,53 (4,07) | 24 [21;26] |
| <i>Buffer</i> Episódico | 7,83 (2,88) | 8 [6;10] |

Fonte: Elaborada pela autora

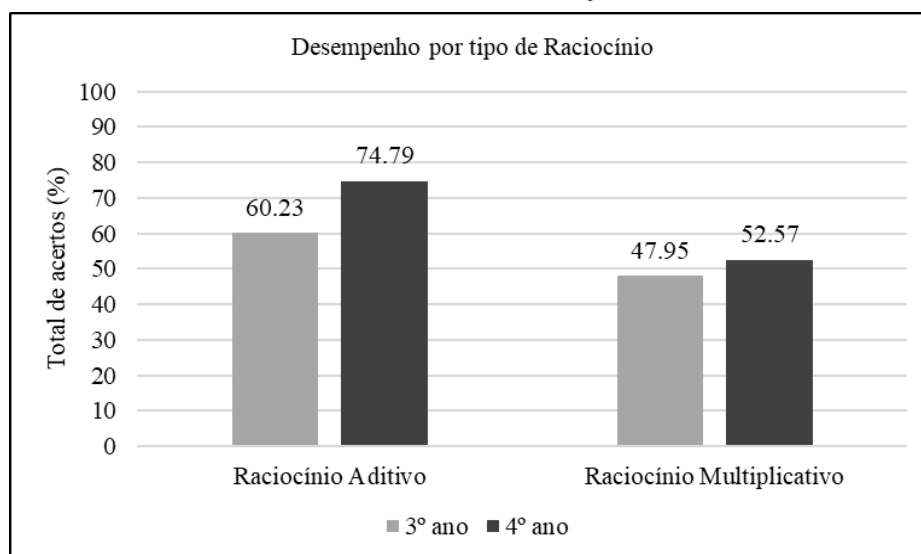
Ao relacionar as medidas de memória de trabalho com as variáveis gênero, idade e ano escolar, encontraram-se diferenças significativas: entre o gênero e a medida do componente fonológico ($U=1941$, $p<0,05$), pois as meninas ($M=29,29$, $DP=5,48$) obtiveram um desempenho melhor do que os meninos ($M=26,96$, $DP=4,99$); e entre os anos escolares, na medida do *buffer* episódico ($U=3294$, $p<0,05$), o 4.º ano ($M=8,48$, $DP=2,96$) mostrou um desempenho superior ao 3.º ano ($M=7,25$, $DP=2,70$). Em relação à idade, foi encontrada associação significativa, porém fraca apenas com a medida do componente visuoespacial ($r_s=0,18$, $p<0,05$).

Medidas de Desempenho do Raciocínio Quantitativo

A tarefa de avaliação do raciocínio quantitativo aquilatou a capacidade das crianças de resolver situações matemáticas envolvendo o raciocínio aritmético por meio das quatro operações fundamentais da matemática. Os resultados da tarefa foram computados pelo total de acertos na tarefa e pelo número de acertos em cada tipo de problema – raciocínio aditivo e raciocínio multiplicativo. De maneira geral, os alunos apresentaram uma média de 10,55 acertos ($DP=3,22$). Quando verificados os escores de acordo com o tipo de problema, os alunos obtiveram melhores resultados no raciocínio aditivo ($M=6,03$, $DP=1,92$) do que no multiplicativo ($M=4,51$, $DP=1,81$). Ao relacionar o desempenho na tarefa de raciocínio quantitativo com gênero, idade e ano escolar, houve diferença estatisticamente significativa com o ano escolar ($U=3256$, $p<0,05$) e uma correlação direta, porém fraca, com a idade ($r_s=0,18$, $p<0,05$). Essas análises indicaram aumento no total de acertos do 3.º para o 4.º ano (3.º ano: $M=9,74$, $DP=3,32$; 4.º ano: $M=11,46$, $DP=2,87$) e uma elevação significativa ($U=3486,5$, $p<0,05$) entre os anos escolares apenas para o tipo raciocínio aditivo (3.º ano: $M=5,42$, $DP=2,06$; 4.º ano: $M=6,73$, $DP=1,47$), conforme apresentado no Gráfico 1.

DOI: 10.20396/zet.v28i0.8655474

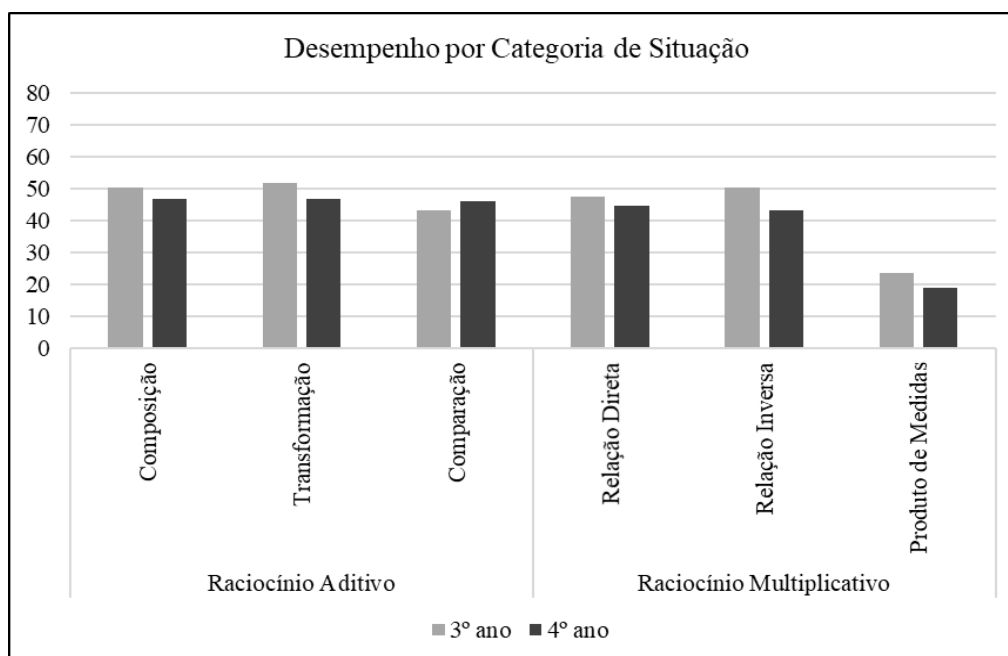
Gráfico 1 – Escores dos Alunos na Tarefa de Avaliação do Raciocínio Quantitativo



Fonte: Elaborado pela autora

Quando analisadas as categorias dos raciocínios aditivo e multiplicativo (Gráfico 2), notou-se um maior percentual de acertos nas categorias do raciocínio aditivo envolvendo composição aditiva e transformação. Já nas categorias do raciocínio multiplicativo, os estudantes apresentaram melhores resultados nos problemas com relações direta e inversa.

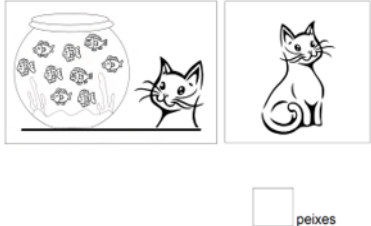
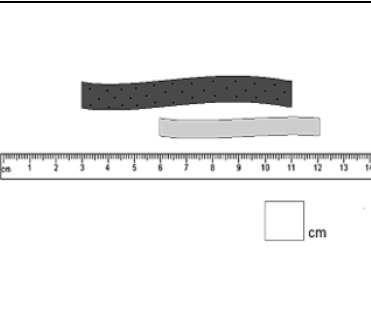
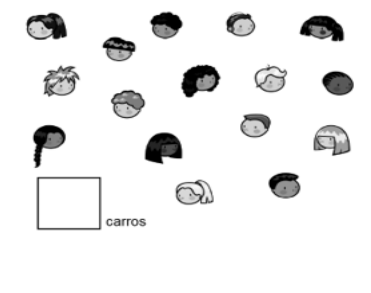

Gráfico 2 – Escores Organizados por Categoria dos Tipos de Problema



Fonte: Elaborado pela autora

Uma análise descritiva foi realizada para identificar quais os problemas com maior e menor número de acertos pelos estudantes, tanto no raciocínio aditivo quanto no multiplicativo (Quadro 1).

Quadro 1 – Problemas com maior e menor número de acertos de Raciocínio Quantitativo

| | | | |
|---------------------------|-------------------|---|---|
| Raciocínio Aditivo | 95,8% dos acertos |  <p>peixes</p> | <p>Transformação simples:</p> <p>Tinha 9 peixes no aquário. O gato comeu 3. Quantos peixes há no aquário agora? Escreva sua resposta no espaço indicado.</p> |
| | 11,9% dos acertos |  <p>cm</p> | <p>Comparação:</p> <p>Luísa tem duas fitas. alguma delas é mais comprida? Se sim, circule a fita mais comprida. Quantos centímetros essa fita é mais comprida do que a outra? Escreva a sua resposta no espaço indicado.</p> |
| Raciocínio Multiplicativo | 85,3% dos acertos |  <p>carros</p> | <p>Relação direta:</p> <p>A professora quer levar os seus 16 alunos para o zoológico. A professora irá dirigindo um carro e algumas mães terão que dirigir outros carros também. Em cada carro cabem 8 crianças. Quantos carros são necessários para que todas as crianças possam ir ao zoológico?</p> |
| | 23,1% dos acertos |  <p>Conjuntos diferentes</p> | <p>Produto de medidas:</p> <p>Francisco tem dois shorts e três camisetas. Se ele combinar os shorts e as camisas de maneira diferente, quantos conjuntos ele pode formar?</p> |

Fonte: Adaptado de Nunes (2009)

Verificou-se, assim, que dentre as categorias do raciocínio aditivo o problema mais acertado (95,8% de acertos) foi de transformação simples, que requer a aplicação direta da operação matemática; e o menos acertado (11,9% dos acertos) foi um problema de comparação. Dentre as categorias do raciocínio multiplicativo, o problema mais acertado (85,3% dos acertos) foi de relação direta entre as variáveis envolvidas, e o de menor percentual de acertos continha produto de medidas (23,1% dos acertos).

Medidas de Desempenho do Raciocínio Quantitativo

Análises de correlação foram realizadas para verificar associações entre as medidas de estimativa numérica, memória de trabalho e raciocínio quantitativo. A partir disso, constatou-se correlação fraca, mas significativa, dos escores nas tarefas Memória de Blocos ($r_s = -0,17$,

$p < 0,05$), Dígitos OI ($r_s = -0,19$, $p < 0,05$) e RAVLT Recordação Tardia ($r_s = -0,19$, $p < 0,05$) com o desempenho na tarefa de estimativa numérica NP, indicando relação entre a capacidade de memória de trabalho, especificamente os componentes visuoespacial, executivo central e *buffer* episódico, e o desempenho em estimativa numérica na tarefa número-posição. Já na tarefa de estimativa PN, também se verificou correlação fraca, porém significativa, com os escores nas tarefas Dígitos OI ($r_s = -0,26$, $p < 0,01$) e RAVLT recordação tardia ($r_s = -0,22$, $p < 0,01$), indicando associação dos componentes executivo central e *buffer* episódico com o desempenho em estimativa numérica na tarefa posição-número.

Para as medidas de raciocínio quantitativo foram constatadas correlações moderadas e significativas entre o desempenho geral na tarefa de raciocínio quantitativo, tanto na tarefa NP ($r_s = -0,39$, $p < 0,01$) quanto na tarefa PN ($r_s = -0,42$, $p < 0,01$). Da mesma forma, também ocorreram associações moderadas e significativas entre o desempenho por tipo de raciocínio e o desempenho nas duas tarefas de estimativa (Raciocínio aditivo – NP: $r_s = -0,38$, $p < 0,01$; PN: $r_s = -0,39$, $p < 0,01$; raciocínio multiplicativo – NP: $r_s = -0,29$, $p < 0,01$; PN: $r_s = -0,33$, $p < 0,01$).

As correlações entre as medidas da capacidade de realizar estimativas numéricas, memória de trabalho e raciocínio quantitativo podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Correlações entre estimativa numérica, memória de trabalho e raciocínio quantitativo

| Medidas | Estimativa Numérica | | Memória de Trabalho | | | | Raciocínio Quantitativo | | |
|---------|---------------------|----------|---------------------|---------|-------|---------|-------------------------|---------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. NP | 1 | | | | | | | | |
| 2. PN | 0,660** | 1 | | | | | | | |
| 3. CF | -0,053 | -0,091 | 1 | | | | | | |
| 4. EC | -0,189* | -0,257** | 0,427** | 1 | | | | | |
| 5. VE | -0,174* | -0,021 | 0,063 | 0,088 | 1 | | | | |
| 6. BE | -0,190* | -0,218** | 0,062 | 0,292** | 0,087 | 1 | | | |
| 7. RA | -0,378** | -0,394** | 0,283** | 0,361** | 0,124 | 0,274** | 1 | | |
| 8. RM | -0,292** | -0,328** | 0,143 | 0,169* | 0,099 | 0,142 | 0,502** | 1 | |
| 9. RQ | -0,389** | -0,420** | 0,239** | 0,297** | 0,131 | 0,251** | 0,857** | 0,864** | 1 |

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Fonte: Elaborada pela autora

Legenda: NP – tarefa número-posição (estimativa numérica); PN – tarefa posição-número (estimativa numérica); CF – componente fonológico; EC – executivo central; VE – componente visuoespacial; BE – *buffer* episódico; RA – Raciocínio aditivo; RM – Raciocínio multiplicativo; RQ – Escore total na tarefa de raciocínio quantitativo

A partir desses resultados é possível observar correlação entre a tarefa de estimativa numérica NP e os componentes visuoespacial, executivo central e *buffer* episódico da memória de trabalho. Na tarefa de estimativa PN as correlações foram entre os componentes executivo central e *buffer* episódico, portanto decidiu-se averiguar se essas correlações estão associadas àqueles participantes que revelam alto ou baixo desempenho nas tarefas Memória de Blocos (medida do componente visuoespacial), Memória de Dígitos em ordem inversa (medida do executivo central) e Recordação Tardia do RAVLT (medida do *buffer* episódico).

Para tanto, separaram-se os escores de desempenho nessas tarefas em tercís, classificando-os em alto, moderado ou baixo desempenho, conforme indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Escores classificados em tercís nas medidas de Memória de Trabalho

| Medida | N | Tarefa NP | | Tarefa PN | |
|--|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Média (DP) | Mediana [p25; p75] | Média (DP) | Mediana [p25; p75] |
| VE - Escore | | | | | |
| Baixo (acertos \leq 22) | 52 | 0,103 (0,051) | 0,091 [0,071; 0,126] | 0,087 (0,047) | 0,074 [0,055; 0,105] |
| Médio (23 \leq acertos \leq 26) | 58 | 0,103 (0,049) | 0,092 [0,065; 0,123] | 0,092 (0,059) | 0,073 [0,051; 0,111] |
| Alto (acertos \geq 27) | 33 | 0,084 (0,041) | 0,074 [0,059; 0,096] | 0,078 (0,035) | 0,074 [0,052; 0,091] |
| EC - Escore | | | | | |
| Baixo (acertos \leq 8) | 62 | 0,111 (0,061) | 0,094 [0,062; 0,141] | 0,098 (0,057) | 0,079 [0,064; 0,119] |
| Médio (9 \leq acertos \leq 12) | 46 | 0,092 (0,035) | 0,087 [0,067; 0,115] | 0,083 (0,045) | 0,068 [0,053; 0,098] |
| Alto (acertos \geq 13) | 35 | 0,086 (0,034) | 0,078 [0,064; 0,112] | 0,073 (0,039) | 0,058 [0,049; 0,087] |
| BE - Escore | | | | | |
| Baixo (acertos \leq 7) | 52 | 0,111 (0,059) | 0,093 [0,071; 0,127] | 0,095 (0,054) | 0,078 [0,058; 0,110] |
| Médio (8 \leq acertos \leq 9) | 52 | 0,098 (0,041) | 0,092 [0,066; 0,123] | 0,091 (0,049) | 0,078 [0,057; 0,115] |
| Alto (acertos \geq 10) | 39 | 0,083 (0,039) | 0,079 [0,058; 0,097] | 0,070 (0,040) | 0,061 [0,048; 0,084] |

Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: VE - Escore: escore na tarefa Memória de Blocos que avalia o componente visuoespacial; EC - Escore: escore na tarefa Dígitos ordem inversa, que avalia o executivo central; Be - Escore: escore na tarefa de Recordação Tardia do RAVLT, que avalia o *buffer* episódico.

Pela comparação entre esses resultados foi possível notar diferença significativa entre os escores alto e baixo da tarefa Dígitos OI apenas na tarefa PN ($H(2)=23,69$, $p<0,05$), indicando que os alunos com escores mais altos no componente executivo central, obtiveram melhor desempenho na tarefa PN de estimativa. Também se constatou diferença significativa entre os escores alto e baixo da tarefa RAVLT A7 de recordação tardia com a tarefa NP ($H(2)=21,20$, $p<0,05$), indicando que os estudantes com escores mais altos para o componente *buffer* episódico apresentam precisões melhores em estimativa na tarefa NP. Para essa mesma medida de memória de trabalho, revelou-se diferença significativa entre os escores alto e moderado ($H(2)=22,28$, $p<0,05$) e entre alto e baixo ($H(2)=24,97$, $p<0,05$) na tarefa PN, o que indica que, quanto mais alta a capacidade do *buffer* episódico, melhor será o desempenho em estimativa numérica na tarefa PN.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar as relações existentes entre os componentes da memória de trabalho e o desempenho em estimativa numérica, bem como, utilizando tarefas de raciocínio quantitativo, relacionar o desempenho em matemática com o desempenho nas mesmas tarefas de estimativa numérica.

Uma das hipóteses era a de que existiria correlação entre memória de trabalho e as duas tarefas de estimativa numérica propostas tanto no 3.º quanto no 4.º ano escolar. Essa hipótese foi confirmada, e constatou-se, mais especificamente, que as medidas do executivo central e do *buffer* episódico foram significativas para o desempenho nas duas tarefas de estimativa. Concluiu-se, ainda, que a diferença de maior significância se encontra entre os alunos que apresentam desempenhos superiores e inferiores nos escores das tarefas que avaliam esses componentes da memória de trabalho, indicando que, quanto maior a capacidade do executivo central e do *buffer* episódico, melhor será o desempenho nas tarefas de estimativa numérica.

Vale ressaltar que, embora não fosse o foco deste estudo, encontrou-se associação entre memória de trabalho e desempenho em matemática. O componente fonológico e o *buffer* episódico apresentaram correlação apenas com o raciocínio aditivo, porém o componente executivo central apresentou associação com os dois tipos de raciocínio quantitativo: aditivo e multiplicativo. O envolvimento desses componentes parece bastante razoável, uma vez que se faz necessária a retenção de informações auditivas, processadas pelo componente fonológico, enquanto o *buffer* episódico realiza a integração entre informações fornecidas no momento com informações da memória de longo prazo, e, concomitantemente, o executivo central manipula e modifica as informações para se chegar ao resultado, processos importantes e necessários para a resolução de problemas matemáticos. Esses resultados confirmam estudos anteriores (Corso, 2008; Corso & Dorneles, 2012; Gathercole & Alloway, 2004; Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007) que indicaram relação importante entre memória de trabalho e matemática, especificamente na solução de problemas aritméticos, os quais foram medidas de avaliação nesta pesquisa.

De acordo com os resultados encontrados na tarefa de avaliação do raciocínio quantitativo, as crianças do 4.º ano obtiveram, nos escores gerais da tarefa, um desempenho superior às crianças do 3.º ano, como era esperado. Quando analisados os tipos de raciocínio de maneira separada, o 4.º ano apresentou resultados melhores, tanto no raciocínio aditivo quanto no multiplicativo, porém essa diferença somente foi significativa para o raciocínio aditivo. Isso indica que, de acordo com os conteúdos propostos no currículo escolar brasileiro nesses anos escolares (MEC, 1997), os estudantes estão no momento de aprendizagem do raciocínio multiplicativo e das relações entre as operações de multiplicação e divisão, o que pode explicar o fato de o desempenho nos 3.º e 4.º anos não ter sido significativo para esses tipos de problemas.

Dentre os problemas de raciocínio aditivo, aquele com maior percentual de acertos foi o de transformação simples, no qual, após ser dada uma quantidade inicial e retirada uma segunda quantidade, é perguntado o resultado. Nessa categoria de problema os alunos utilizam o esquema de retirar juntamente com a contagem (Nunes, Campos, Magina, & Bryant, 2005). Nesse problema os alunos do 3.º e do 4.º anos obtiveram um percentual maior do que 95% dos acertos, o mesmo resultado obtido por crianças paulistas na pesquisa de Nunes et al. (2005).

O desempenho dos estudantes na tarefa de raciocínio quantitativo também demonstrou correlação com as duas tarefas de estimativa numérica, sendo o raciocínio aditivo o que revelou maior nível de correlação, tanto na tarefa NP quanto na PN. É possível perceber, com os índices de correlação, que o raciocínio quantitativo foi a medida com maior índice de associação com a capacidade de realizar estimativas numéricas, em comparação aos índices das medidas de memória de trabalho.

Resultados semelhantes foram constatados em um estudo anterior de Xenidou-Dervou e colaboradores (2014), que relacionou a memória de trabalho com problemas aditivos e tarefas de estimativa numérica do tipo número-posição. Nesse estudo os autores encontraram correlação entre os componentes fonológico, visuoespacial e executivo central da memória de trabalho em tipos diferentes de problemas aditivos com tarefas de estimativa numérica, apresentando associação também entre memória de trabalho e problemas de adição, o que confirma os resultados verificados no presente estudo e lhes dá consistência.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas, ao interpretar os resultados. Primeiramente, a restrição das tarefas selecionadas para avaliação. Deve ser levada em consideração a diversidade de tarefas existentes e sua não padronização para avaliar a capacidade de estimativa numérica, de memória de trabalho e de raciocínio quantitativo, pois nenhuma delas está padronizada para a população brasileira. A aplicação coletiva das tarefas de estimativa numérica e de raciocínio quantitativo também limitou a análise dos dados deste estudo. Contudo, os achados desta pesquisa têm aplicabilidade, principalmente, nos anos iniciais do Ensino Fundamental, pois apontam para a necessidade de realizar, em sala de aula tarefas que estimulem aspectos pouco explorados atualmente, como a estimativa numérica e a memória de trabalho, e que parecem ter influência direta no desempenho em tarefas matemáticas. Tais resultados podem acrescentar novos elementos na discussão do papel da estimativa numérica nesse desempenho e, de certa forma, na influência da memória de trabalho sobre a capacidade de realizar estimativa numérica.

Referências

- Angelini, A., Alves, I., Custódio, E., Duarte, W., & Duarte, J. (1999). *Matrizes Progressivas Coloridas de Raven: Escala Especial*. Manual. São Paulo, SP: CETEPP
- Andersson, U. (2008). Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: The importance of central executive functions. *British Journal of Educational Psychology*, 78(2), 181–203.

- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(3), 197–228.
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2012). Cognitive processes of numerical estimation in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(2), 246–267.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A. (2011). Memória de Trabalho. In A. Baddeley, M. C. Anderson, & M. W. Eysenck (Eds.), *Memória*. Porto Alegre: Artmed.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology*, 42(1), 189–201.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, 79(4), 1016–1031.
- Corso, L. V. (2008). *Dificuldades na leitura e na matemática: um estudo dos processos cognitivos em alunos da 3ª a 6ª série do Ensino Fundamental* (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação, Porto Alegre.
- Corso, L. V., & Dorneles, B. V. (2012). Qual o papel que a memória de trabalho exerce na aprendizagem da matemática? What role does the working memory play in mathematics learning? *Bolema*, 26(42B), 627–647.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics* (1st ed.). New York.
- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2004). Working memory and classroom learning. *Dyslexia Review*, 17, 1–41.
- Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magnitude comparison. *Child Development*, 78(6), 1723–1743.
- Lee, K., & Bull, R. (2016) Developmental changes in working memory, updating, and math achievement. *Journal of Educational Psychology*, v. 108, n. 6, p. 869-882.
- Leung, D. C. M. (2011). *The contribution of working memory resources to arithmetic performance*. 2011. 228 f. Thesis (Doctor's Degree of Philosophy) – University of Western Australia, School of Psychology.
- Link, T., Nuerk, H. C., & Moeller, K. (2014). On the relation between the mental number line and arithmetic competencies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(8), 1597–1613.
- Malloy-Diniz, L. F., Fuentes, D., Abrantes, S. S., Lasmar, V. A., & Salgado, J. V. (2010) Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey (RAVLT). In L. F. Malloy-Diniz; D. Fuentes, O. Mattos; N. Abreu, *Avaliação neuropsicológica*. Porto Alegre: Artmed.
- Martins, F. C., & Ortiz, K. Z. (2009). The relationship between working memory and apraxia of speech. *Arq Neuropsiquiatr.*, 3B(67), 843-848.
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2010). Differential

- contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 101–109.
- Ministério da Educação. (MEC). (1997). Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: matemática / Secretaria de Educação Fundamental*. – Brasília : MEC/SEF.
- Moore, A. M., & Ashcraft, M. H. (2015). Children's mathematical performance: Five cognitive tasks across five grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 135, 1–24.
- Nobre, A. T., Rodrigues, J. C., Sbicigo, J. B., Piccolo, L. R., Zortea, M., Duarte Jr., S., & Salles, J. F. de. (2013). Tasks for assessment of the episodic buffer: a systematic review. *Psychology & Neuroscience*, 3(6), 331-343.
- Nunes, T. (2009). *Teacher notes*. Retirado em 15 de março, 2019, de: <http://www.education.ox.ac.uk/ndcs/Resources/teachersbook_exercises.pdf>.
- Nunes, T., Campos, T. M. M., Magina, S., & Bryant, P. (2005). *Educação Matemática 1: Números e Operações Numéricas*. São Paulo: Cortez.
- Nunes, T., Dorneles, B. V., Lin, P.-J., & Rathgeb-Schnierer, E. (2016). Teaching and learning about whole numbers in Primary School. In *ICME-13 Topical Surveys* (Springer O). Hamburg.
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22(2), 165–184.
- Pickering, S., & Gathercole, S. (2001). *Working memory test battery for children* (WMTB-C).
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122.
- Siegler, R., & Booth, J. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75(2), 428–444.
- Siegler, R. S., & Opfer, J. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14(3), 237–243.
- Towse, J. N., & Houston-Price, C. M. T. (2001). Combining representations in working memory: A brief report. *British Journal of Developmental Psychology*, 19, 319–324.
- Xenidou-Dervou, I., De Smedt, B., van der Schoot, M., & van Lieshout, E. C. D. M. (2013, December). Individual differences in kindergarten math achievement: The integrative roles of approximation skills and working memory. *Learning and Individual Differences*, 28, 119–129.
- Xenidou-Dervou, I., van der Schoot, M., & van Lieshout, E. C. D. M. (2015). Working memory and number line representations in single-digit addition: Approximate versus exact, nonsymbolic versus symbolic. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(6), 1148–1167.