

O papel da memória de trabalho e da consciência fonêmica na escrita de números

The role of working memory and phonemic awareness in number writing


El papel de la memoria de trabajo y la conciencia fonêmica en la escritura de números

Mariele Grösz 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
marielegrosz@hotmail.com

Camila Peres Nogues 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
camilapnogue@gmail.com

Beatriz Vargas Dorneles 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
beatriz.dorneles@ufrgs.br

Recebido em 14 de março de 2025

Aprovado em 06 de abril de 2025

Publicado em 17 de setembro de 2025

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar as relações entre a memória de trabalho e a consciência fonêmica como preditoras da habilidade de escrita de números (transcodificação numérica). Para tanto, foi considerada a avaliação de 127 crianças do 3º e 4º anos do Ensino Fundamental de escolas municipais de Porto Alegre-RS quanto à transcodificação numérica (escrita de números), à consciência fonêmica (supressão de fonemas) e à memória de trabalho (componentes fonológico, visuoespacial e executivo central). Quando consideradas todas as competências cognitivas avaliadas, foi verificado significativo poder de predição da idade, da quantidade de algarismos do numeral e dos componentes fonológico e executivo central da memória de trabalho sobre o desempenho em escrita de números. Foi constatado, ainda, um pequeno efeito de mediação da consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho e transcodificação numérica. Assim, evidenciou-se a influência de competências cognitivas linguísticas na transcodificação numérica, aspecto a ser considerado quando pensadas estratégias pedagógicas em sala de aula.

Palavras-chave: Transcodificação numérica; Memória de trabalho; Consciência Fonêmica.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the relationships between working memory and phonemic awareness as predictors of number writing ability (numerical transcoding). To this end, 127 students in 3rd and 4th grades from municipal schools in Porto Alegre-RS were assessed for numerical transcoding (writing of numbers), phonemic awareness (phoneme suppression) and working memory (phonological, visuospatial, and central executive components). It was found a significant predictive power of age, number of digits in the numeral, phonological and central executive components of working memory on performance in number writing when all the assessed competencies were considered. In addition, a small mediation effect of phonemic awareness was observed in the relationship between working memory and numerical transcoding. Thus, the influence of linguistic cognitive skills on numerical transcoding was evident and because of that is an aspect to be considered when thinking about pedagogical strategies to develop number writing in the classroom.

Keywords: Number transcoding. Working memory. Phonemic awareness.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo investigar las relaciones entre la memoria de trabajo y la conciencia fonémica como predictores de la capacidad de escritura numérica (transcodificación numérica). Para ello, se consideró la evaluación de 127 niños de 3^o y 4^o año de la Enseñanza Primaria de escuelas municipales de Porto Alegre-RS en relación con la transcodificación numérica (escritura de números), la conciencia fonémica (supresión de fonemas) y la memoria de trabajo (fonológica, visuoespacial). y componentes ejecutivos centrales). Al considerar todas las habilidades cognitivas evaluadas, hubo un poder predictivo significativo de la edad, el número de dígitos del número y los componentes fonológicos y ejecutivos centrales de la memoria de trabajo sobre el rendimiento en la escritura de números. También se encontró un pequeño efecto de mediación de la conciencia fonémica en la relación entre la memoria de trabajo y la transcodificación numérica. Así, se evidenció la influencia de las habilidades cognitivas lingüísticas en la transcodificación numérica, aspecto a considerar al pensar en estrategias pedagógicas en el aula.

Palabras clave: Transcodificación numérica; Memoria de trabajo; Conciencia fonémica.

Introdução

O estudo das competências que embasam a aprendizagem da matemática tem crescido nos contextos internacional e brasileiro nos últimos anos. Entre as competências cognitivas associadas à aprendizagem dessa área do conhecimento, a memória de trabalho, a velocidade de processamento e a recuperação de fatos aritméticos da memória de longo prazo se destacam (Geary, 2011; Corso; Dorneles, 2012; Nogues *et al.*, 2021). Sabe-se ainda que habilidades numéricas básicas como o processamento de numerais verbais e arábicos e a compreensão do valor posicional dos algarismos de números compostos por mais de um dígito são a base para a aprendizagem de outros conteúdos matemáticos, como a aritmética (Nuerk; Moeller; Wilmes, 2015; Herzog; Fritz, 2022).

Nesse contexto de pesquisa, tem ganhado destaque a transcodificação numérica, ou seja, a habilidade de transformação de numerais verbais para arábicos ou vice-versa - uma das habilidades matemáticas mais básicas que abrange competências linguísticas, a memória de trabalho e o processamento fonológico, especificamente a consciência fonêmica. (Moura *et al.*, 2013; Lopes-Silva *et al.*, 2014). Uma série de estudos evidencia que a transcodificação numérica aparece como preditora do desempenho em aritmética (Moeller *et al.*, 2011; Geary, 2011; Habermann *et al.*, 2020; Nogues; Dorneles, 2021).

Considerado esse panorama, somado ao que indica a Base Nacional Comum Curricular brasileira - BNCC (Brasil, 2017), que descreve a transcodificação de numerais até 4 algarismos como objeto de conhecimento a partir do 3º ano do Ensino Fundamental (EF), investigou-se se a memória de trabalho e a consciência fonêmica são preditoras da habilidade de transcodificação numérica nessa faixa etária, em contexto brasileiro.

A memória de trabalho é um sistema de processamento e armazenamento limitado e temporário de informações. Tal sistema é constituído pelos seguintes componentes: o executivo central, o componente fonológico e o componente visuoespacial e o buffer episódico, os três últimos subjacentes ao primeiro (Baddeley; Hitch, 1974; Baddeley, 2000).

O processamento fonológico se refere ao uso da informação fonológica, ou seja, dos sons da linguagem tanto na escrita quanto na linguagem oral (Wagner; Torgesen, 1987). Este processo envolve a consciência fonológica, a recodificação da informação fonológica em acesso lexical e a manutenção da informação na memória de trabalho verbal por meio do componente fonológico. A consciência fonológica apresenta-se em três níveis: sílaba, unidades intrassilábicas e fonemas. A consciência fonêmica é o terceiro nível de desenvolvimento da consciência fonológica, é a habilidade de dividir as palavras nas menores unidades de som (fonemas), que exigem alto nível de abstração (Freitas, 2004).

O estudo da transcodificação numérica tem sido realizado a partir de distintas abordagens teóricas. Os modelos cognitivos utilizados para embasar as análises partem de duas bases teóricas que apresentam distinta compreensão a respeito das etapas do processo cognitivo de escrita e leitura de numerais e dos erros que aparecem nesse processo, sendo os modelos classificados em semânticos e asemânticos. Os modelos semânticos compreendem a necessidade de uma representação semântica para o número, o que envolve a compreensão da quantidade e magnitude que este representa (McCloskey; Caramazza; Basili, 1985; Power; Dal Martello, 1990; McCloskey, 1992). Em contrapartida, os modelos asemânticos consideram a transcodificação numérica como um processo independente da representação semântica de quantidade do numeral (DELOCHE; SERON, 1987; BARROUILLET *et al.*, 2004).

ADAPT: um modelo desenvolvimental, asemântico e procedural para a transcodificação de numerais do formato verbal ao arábico

O modelo asemântico de desenvolvimento processual da transcodificação numérica, nomeado ADAPT (Barrouillet *et al.*, 2004), caracteriza as análises propostas neste estudo, tendo em vista a investigação da transcodificação como uma habilidade a ser desenvolvida de modo processual, dependendo dos recursos da memória de trabalho — uma das competências cognitivas avaliadas ao longo da pesquisa e que tem destaque em outros estudos recentes sobre a temática (Zuber *et*

al., 2009; Pixner *et al.*, 2011; Simmons *et al.*, 2011; Imbo *et al.*, 2014; Clayton *et al.*, 2020, Steiner *et al.*, 2021).

De acordo com o ADAPT (Barrouillet *et al.*, 2004), a transcodificação envolve um sistema de produção por meio da codificação da sequência verbal do numeral em uma forma fonológica e da sua análise, segmentando esta sequência em unidades para processamento. Nesse sistema de produção, primeiro ocorre a aquisição das regras elementares necessárias a números de até dois dígitos; depois a adição de novas regras para números maiores, com mais de dois dígitos; e, por fim, o abandono do uso de regras e estratégias primitivas para recorrer às formas mais simples e frequentemente utilizadas diretamente da memória. Assim, o modelo organiza os procedimentos para a transcodificação em dois grupos: o dos procedimentos básicos, com regras simples para números até 99, e o dos avançados, para números até 999999, sendo que, para escrever esses últimos, o sujeito precisa conseguir realizar a recuperação direta dos números até 99 da memória de longo prazo.

Os procedimentos para a transcodificação consistem na leitura do conteúdo que foi acessado e enviado para a memória de trabalho (unidades verbais a serem analisadas, elementos recuperados da memória de longo prazo e/ou sequências de dígitos já construídas) e na inserção de novas representações, ou no preenchimento de representações que já existem. O número é fragmentado em primitivos lexicais, que se caracterizam por unidades, dezenas, centenas ou milhares, para que seja possível a compreensão de quantos espaços precisarão ser ocupados pelos dígitos que compõem o número. Então, ocorre o resgate das unidades lexicais menores da memória de longo prazo e a produção de zeros para completar os espaços ainda vazios (Barrouillet *et al.*, 2004; Steiner *et al.*, 2021). Na leitura do numeral “dois mil e três”, por exemplo, é necessária a compreensão do separador mil para o processamento da quantidade de dígitos necessários para compor o número, que é fragmentado em unidades lexicais menores, e estas são, então, resgatadas da memória de longo prazo, transformando esse numeral em forma verbal na sequência de dígitos 2003. Deste modo, quanto mais regras de transcodificação e mais dígitos o número tiver, mais procedimentos são necessários para a transcodificação, maior sua

complexidade sintática e, possivelmente, mais conteúdo é armazenado na memória de trabalho e, assim, mais complexo se torna esse processo. É possível a aplicação do modelo a diferentes línguas, mas as regras que o compõem (desenvolvidas no francês) precisam ser adequadas, tendo em vista as diferenças estruturais que envolvem cada língua.

Distintos contextos, diferentes resultados em relação à transcodificação

Ao analisar a habilidade de transcodificação numérica, a consideração do contexto linguístico e cultural em questão é fator de extrema relevância. A língua que falam os sujeitos envolvidos e a composição do sistema numérico verbal são aspectos que podem gerar diferenças na complexidade do processo de transcodificação e, por consequência, nas competências requeridas para que a escrita e a leitura de numerais sejam desenvolvidas. Isso porque os aspectos procedurais que envolvem o processo de transcodificação podem se diferenciar de acordo com a língua e o sistema numérico verbal (Krinzinger *et al.*, 2011).

Há mais de duas décadas, Seron e Fayol (1994) abordaram interferências da língua e do sistema numérico verbal em um estudo longitudinal (6 testagens com intervalo de 1 mês cada) cujos objetivos envolveram a análise da complexidade dos sistemas numéricos verbais da França e de Valônia, na Bélgica. Os pesquisadores avaliaram 20 crianças (10 de cada região), com idades entre 7 anos a 7 anos e 11 meses, em relação à transcodificação numérica, à representação e à comparação de magnitudes simbólicas, e à compreensão sintática do sistema numérico verbal (ordem das palavras). A irregularidade na formação das dezenas no sistema numérico verbal francês (90, por exemplo, nomeado como *quatre-vingt-dix* — “quarenta-vinte-dez”, enquanto na Bélgica o mesmo número é nomeado *nonante*) foi apontada como causadora do maior número de erros realizados por crianças francesas, em comparação com os erros de crianças belgas. Apesar do número pequeno de sujeitos avaliados, já foi possível vislumbrar a importância da linguagem para a transcodificação.

O foco das muitas pesquisas posteriores (Zuber *et al.*, 2009; Pixner *et al.*, 2011; Imbo *et al.*, 2014; Van Der Ven; Klaiber; Van Der Maas, 2017; Poncin; Van Rinsveld; Schiltz, 2019; Clayton *et al.*, 2020, Steiner *et al.*, 2021), porém, foi centrado em outra característica relacionada ao sistema numérico verbal e à língua: a inversão das dezenas e unidades na transcodificação do formato numérico verbal ao arábico (ou vice-versa). A organização invertida caracteriza o formato do sistema numérico verbal no alemão, no árabe, no neerlandês, no dinamarquês, no malgaxe, no maltês e em partes no tcheco e no norueguês¹. Tais pesquisas posteriores foram realizadas respectivamente com falantes de alemão, tcheco, neerlandês e francês, neerlandês, francês e alemão, alemão e inglês, sendo consideradas amostras com estudantes entre 5 e 12 anos e adultos escolarizados. Conforme evidenciam os estudos citados, quanto menos transparente for o sistema numérico verbal, ou seja, quanto mais especificidades caracterizem a transcodificação de um formato numérico a outro, maior a sua demanda. Os estudos realizados por Poncin, Van Rinsveld, Schiltz (2019) e Steiner e colaboradores (2021) avaliaram crianças e adultos, com o objetivo de verificar o quanto a linguagem interfere na representação mental e no desempenho em transcodificação numérica. A amostra do estudo de Poncin, Van Rinsveld, Schiltz (2019) foi composta por 45 crianças, 23 do francês (média de 9 anos e 11 meses) e 22 do alemão (média de 10 anos e 4 meses), que frequentam o 4º ano do EF, e também 54 adultos universitários, 28 falantes do francês (média de 22 anos e 4 meses) e 26 do alemão (média de 26 anos e 4 meses). Já o estudo de Steiner e colaboradores (2021) foi realizado com 393 crianças, 148 falantes do alemão (média de 8 anos e 2 meses) e 245 falantes do inglês (média de 7 anos e 3 meses), que frequentam o 2º ano do EF, além de contar com 80 adultos, 38 falantes do alemão e 42 falantes do inglês (média de 19 anos e 8 meses). Nos dois estudos, quando comparado o desempenho em reconhecimento de números de crianças em idade escolar com o desempenho de adultos escolarizados, fica explícito que o efeito da estrutura do sistema numérico verbal não afeta o desempenho da mesma forma. O efeito da inversão das dezenas e unidades entre as crianças em idade escolar parece

afetar mais o desempenho das crianças do que dos adultos (Poncin; Van Rinsveld; Schilyz, 2019; Steiner *et al.*, 2021).

A transcodificação em sistemas numéricos verbais com a inversão das dezenas e unidades gera uma demanda superior à memória de trabalho. Os estudos que avaliaram a memória de trabalho, considerando essa característica da inversão de dezenas e unidades (Zuber *et al.*, 2009; Pixner *et al.*, 2011; Simmons *et al.*, 2011; Imbo *et al.*, 2014; Clayton *et al.*, 2020) explicitaram o papel de destaque da memória de trabalho para transcodificação de sistemas numéricos verbais com inversão. Nos referidos estudos, o componente executivo central da memória de trabalho apareceu fortemente associado e/ou preditor do desempenho em transcodificação. Especificamente nos estudos de Zuber e colaboradores (2009) e de Simmons e colaboradores (2011), o papel da memória de trabalho visuoespacial apareceu relacionado com erros de inversão.

Além do foco nas habilidades linguísticas, outro grupo que tem sido investigado quanto à transcodificação numérica são sujeitos adultos com comprometimento cognitivo, como são os casos de pessoas com Alzheimer. Nessas, o desempenho na escrita de números aparece prejudicado (Moriyama *et al.*, 2016; Ting *et al.*, 2016; Macoir *et al.*, 2020). No estudo recente de Macoir e colaboradores (2020), com canadenses falantes do francês, foi evidenciada até mesmo a importância da inclusão da transcodificação numérica na avaliação de déficits gerados pelo envelhecimento patológico. Esse estudo comparou o desempenho de sujeitos com Alzheimer com o de sujeitos com amnésia na escrita de numerais, com o objetivo de determinar a contribuição de tarefas desse tipo para identificação de comprometimento cognitivo leve e identificar relações com competências cognitivas. Os autores investigaram uma amostra de 48 adultos com idade maior ou igual a 50 anos (média de 74 anos), 20 com o subtipo de amnésia com comprometimento cognitivo leve, 8 com Alzheimer e 20 saudáveis – média de escolarização de 10 anos. A amostra foi avaliada a partir de bateria de testes clínicos e neuropsicológicos, bem como de três tarefas de transcodificação com numerais projetados em computador (da forma árabe à verbal escrita, da verbal escrita à árabe e, após, ambas em ordem aleatória). Os sujeitos

com amnésia e Alzheimer apresentaram pontuação inferior aos indivíduos saudáveis considerados na pesquisa na avaliação das funções executivas, da atenção e da velocidade de processamento cognitivo. Déficits em tais habilidades apareceram associados com dificuldades nas tarefas de escrita de numerais arábicos e verbais, resultado que corrobora o papel dessas funções cognitivas na escrita de numerais.

O estudo concluiu que apesar de haver dificuldades no desempenho em transcodificação numérica entre sujeitos com amnésia de comprometimento leve, elas são inferiores às apresentadas por sujeitos com Alzheimer. Estudos brasileiros com falantes do português (língua sem inversão) existem em menor número, mas também têm evidenciado o papel da memória de trabalho na transcodificação numérica, contudo com destaque às interferências linguísticas (Freitas; Ferreira; Haase, 2012; Moura *et al.*, 2013; Lopes-Silva *et al.*, 2014).

No estudo de Freitas, Ferreira e Haase (2012) foram identificadas diferenças relacionadas à estrutura fonológica da língua portuguesa e padrões de erros específicos: erros lexicais causados pela semelhança entre os fonemas nos numerais “oitenta” e “noventa”, sessenta” e “setenta”, “três” (nomeado “três”) e “seis”, “sessenta” e “setenta”; e erros sintáticos específicos referentes a uma incompletude posicional (falta de 0). A amostra contou com 391 crianças do 2º ao 7º ano do EF (de 7 a 12 anos), avaliadas em relação à leitura e à escrita de números, à leitura e à escrita de palavras. Foi percebida uma correlação entre os resultados de transcodificação e as tarefas de leitura e escrita.

O foco na relação entre memória de trabalho e transcodificação numérica foi evidenciado por Moura e colaboradores (2013), em estudo que teve como objetivo investigar o desempenho em transcodificação de crianças com e sem dificuldades na matemática de 1º a 4º ano do EF (média de 9 anos e 6 meses), a partir de uma amostra de 109 participantes. Esses pesquisadores compuseram dois grupos: um com crianças de 1º e 2º ano do EF (com 39 no total, 29 controles² e 10 com dificuldades na matemática³) e outro com crianças de 3º e 4º ano do EF (com 70 no total, 52 controles e 18 com dificuldades na matemática). Além da inteligência, avaliada a partir de teste não verbal (Raven, 2000), foi avaliado o desempenho em aritmética, escrita

de palavras, memória de trabalho e leitura e escrita de números. A inteligência e a memória de trabalho fonológica demonstraram relação de predição com a escrita de números; e apenas a inteligência apareceu como preditora da leitura de números; porém, nenhum modelo de regressão obteve significância estatística quando consideradas crianças de 3º e 4º ano.

Nesse contexto de pesquisa, ficou explícito o papel de competências linguísticas na transcodificação numérica, que foram investigadas com maior ênfase nos estudos posteriores de Lopes-Silva e colaboradores (2014, 2016), em que são descritas evidências da consciência fonêmica como preditora da escrita de números e mediadora do impacto do componente verbal da memória de trabalho durante o processo de transcodificação. Nos dois estudos, os pesquisadores contaram com uma amostra de 172 crianças de 2º a 4º ano do EF (média e idade de 9,32 anos).

Lopes-Silva e colaboradores (2014) tiveram como foco principal a escrita de números e demonstraram que, na associação entre as variáveis cognitivas envolvidas e o desempenho na tarefa que avalia essa habilidade, as taxas de erro se correlacionaram negativamente com as variáveis idade, inteligência, memória de trabalho e consciência fonêmica, ou seja, quanto maior a pontuação em relação a esses aspectos, menor a quantidade de erros realizados. A consciência fonêmica apareceu significativamente correlacionada com a inteligência e a memória de trabalho. Quando essas variáveis foram submetidas a uma análise de regressão, a memória de trabalho se destacou como preditora do desempenho em transcodificação, após remoção dos efeitos da idade e da inteligência e sem a inserção da consciência fonêmica. Com a adição da consciência fonêmica, a idade e a inteligência absorveram o impacto da memória de trabalho verbal. Em seguida, os pesquisadores constataram, através de análise de caminho⁴, que o modelo de caminho de mediação, no qual o efeito da memória de trabalho na transcodificação é parcialmente mediado pela consciência fonêmica, é a descrição mais adequada para os dados (Lopes-Silva *et al.*, 2014).

A forte associação entre habilidades linguísticas e matemáticas foi abordada ainda por Teixeira e Moura (2020), que elaboraram um estudo com o objetivo de

verificar a habilidade de transcodificação numérica entre crianças com dislexia e compreender como esta demonstra relação com o processamento fonológico. O estudo contou com uma amostra de estudantes de 3º ao 6º ano (7 a 16 anos) dividida em dois grupos (26 crianças com dislexia e 23 sem dificuldades em leitura). Os estudantes foram avaliados em escrita de numerais arábicos, inteligência, memória de trabalho, leitura de palavras, julgamento de rimas, consciência fonêmica e velocidade de processamento/nomeação de letras, cores, imagens e números. Considerados os resultados sobre a escrita de números, verificou-se um efeito significativo de ano escolar, de 3º para 4º ano, e de grupo, com pontuação maior do grupo sem dificuldades. As habilidades linguísticas que apareceram como preditoras da escrita de números de crianças com dislexia foram consciência fonêmica e velocidade de nomeação de números. No grupo controle, a consciência fonêmica foi o único preditor significativo da transcodificação. Houve diferenças na associação entre erros lexicais e sintáticos e competências cognitivas, considerando os dois grupos. Os resultados nas tarefas que avaliaram memória de trabalho verbal e velocidade de nomeação demonstraram poder preditivo significativo de erros lexicais entre crianças com dislexia - nenhum destes foi significativo entre crianças sem dificuldades em leitura. Consciência fonêmica, julgamento de rimas e velocidade de nomeação de números apareceram como preditores de erros sintáticos efetuados por crianças com dislexia. No grupo controle, a consciência fonêmica demonstrou ser preditora. A partir desses resultados, foi possível constatar que os déficits na escrita de numerais entre as crianças com dislexia são persistentes nos cinco primeiros anos de escolarização.

Tais resultados vão ao encontro de estudos internacionais recentes (Raddatz *et al.*, 2017; Paul *et al.*, 2019), que demonstram que o desempenho em tarefas de processamento numérico verbal está associado a resultados em tarefas de leitura. Estes estudos ressaltam a importância da avaliação de habilidades linguísticas se há o objetivo de prever o desempenho em habilidades matemáticas.

Objetivos e hipóteses

O objetivo geral do presente estudo é investigar se a memória de trabalho e a consciência fonêmica são preditoras da habilidade de transcodificação numérica. Para delinear o estudo, alguns objetivos específicos de destacam:

- a) Verificar a associação da memória de trabalho e da consciência fonêmica com o desempenho em transcodificação numérica (escrita de números) entre crianças de 3º e de 4º ano do EF;
- b) Investigar se, e em que medida, essas competências cognitivas, somadas a outros fatores como idade e quantidade de algarismos do número para transcodificação, são habilidades que influenciam esse desempenho.
- c) Verificar se há um efeito de mediação da consciência fonêmica na associação entre memória de trabalho e o desempenho na escrita de números (transcodificação numérica).

Parte-se do entendimento de que há associação entre memória de trabalho, consciência fonêmica e escrita de números considerando um contexto de falantes do português, conforme evidenciado em estudos prévios com estudantes mais jovens (Moura *et al.*, 2013; Lopes-Silva *et al.*, 2014, 2016). Diferente dos estudos já realizados anteriormente em contextos brasileiros, este estudo avalia estudantes de uma faixa etária que tende a apresentar um desempenho em transcodificação mais alto, de modo a verificar se o padrão de competências cognitivas envolvidas se repete. Além disso, há diferente interpretação das tarefas utilizadas para medir o desempenho em relação aos componentes da memória de trabalho. A memorização de dígitos em ordem inversa é utilizada para avaliar memória de trabalho fonológica nos estudos brasileiros citados previamente, enquanto no estudo atual tal tarefa é aplicada para avaliação do componente executivo central da memória de trabalho. As hipóteses que caracterizam o estudo são as seguintes:

- a) existe correlação significativa entre resultados do desempenho em escrita de números e as habilidades cognitivas citadas (memória de trabalho e consciência fonêmica);
- b) os componentes fonológico, visuoespacial e o executivo central da memória de trabalho, a idade e a quantidade de algarismos do numeral atuam como preditores da escrita de números.
- c) a consciência fonêmica faz mediação entre os componentes da memória de trabalho e o desempenho na escrita de números.

Método

A presente pesquisa foi desenvolvida com a intenção de verificar competências cognitivas preditoras do desempenho em uma tarefa de escrita de números (transcodificação numérica), considerando uma realidade brasileira de crianças falantes do português.

Amostra

A coleta de dados foi realizada no primeiro trimestre letivo, com 155 estudantes do 3º e do 4º ano do EF de escolas municipais de Porto Alegre-RS. A escolha das escolas foi realizada a partir dos seguintes critérios: facilidade de acesso para pesquisa, quantidade de alunos e realidade socioeconômica semelhante. Dessa amostra inicial, 20 estudantes não realizaram todas as tarefas e, portanto, foram desconsiderados na amostra para análise.

Com o objetivo de homogeneizar ainda mais a amostra para análise, foi realizada uma avaliação da inteligência através da tarefa nomeada Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala Especial (Angelini *et al.*, 1999). A aplicação ocorreu coletivamente, com grupos de 10 estudantes, e o ponto de corte para inclusão na amostra foi o percentil 25, pontuação referente a um QI médio, conforme indica o teste. Os 127 participantes que compõem a amostra utilizada para análise têm entre

8 e 11 anos ($M=9,3$ anos, $DP=0,7$), 55 frequentam o 3º ano do Ensino Fundamental e 73 o 4º ano.

Instrumentos

Durante a coleta de dados, foram utilizadas 5 distintas tarefas, sendo que, além da transcodificação numérica (escrita de números), foram avaliadas memória de trabalho (a partir de três tarefas distintas) e consciência fonêmica (supressão de fonemas).

Tarefa de avaliação da transcodificação numérica

A transcodificação numérica foi avaliada a partir de uma tarefa de escrita de números (MOURA *et al.*, 2015), aplicada coletivamente. O instrumento consiste em um ditado com 28 numerais, em que a criança deverá escrever, na forma arábica, o número ditado pelo avaliador. O grau de complexidade dos numerais é gradativo, variando de 1 a 4 dígitos. Os números de 3 e 4 dígitos (16 números) são agrupados em 3 categorias de acordo com o nível de complexidade (baixa, moderada ou alta), que é definido com base no número de regras de transcodificação a serem aplicadas durante o processo. Este critério baseia-se no ADAPT, o modelo assemântico de transcodificação proposto por Barrouillet *et al.* (2004), conforme o qual quanto mais etapas de transcodificação o número requer, mais difícil é sua transcrição. As categorias de complexidade dos numerais da tarefa estão disponíveis no Quadro 2, adaptado de Moura e colaboradores (2015).

Quadro 1 – Nível de complexidade dos itens da tarefa de avaliação da transcodificação numérica

ITEM	NÚMERO	COMPLEXIDADE	NÚMERO DE REGRAS DE TRANSCODIFICAÇÃO NECESSÁRIAS
1	4	Nula	2
2	7	Nula	2
3	1	Nula	2
4	11	Nula	2
5	40	Nula	2

6	16	Nula	3
7	30	Nula	2
8	73	Nula	3
9	13	Nula	2
10	68	Nula	3
11	80	Nula	2
12	25	Nula	3
13	200	Baixa	3
14	109	Moderada	4
15	150	Baixa	3
16	101	Moderada	4
17	700	Baixa	3
18	643	Alta	5
19	8000	Baixa	3
20	190	Baixa	3
21	1002	Moderada	4
22	951	Alta	5
23	1015	Moderada	4
24	2609	Alta	7
25	1300	Moderada	4
26	3791	Alta	7
27	1060	Moderada	4
28	4701	Alta	7

Fonte: adaptado de Moura e colaboradores (2015).

Durante a aplicação da tarefa, um ponto é atribuído a cada número escrito corretamente. Não há critério de interrupção ou tempo limite para a realização da tarefa.

Tarefas de avaliação da memória de trabalho

A memória de trabalho foi avaliada a partir das tarefas Memória de Blocos e Memória de Dígitos em ordem direta e inversa da WMTB-C de Pickering e Gathercole (2001) aplicadas individualmente.

A avaliação do executivo central foi realizada através da tarefa Memória de Dígitos em ordem inversa (*Backward Digit Recall*). A tarefa consiste na repetição, na ordem inversa, de 36 sequências de dígitos ditadas pelo avaliador, que compõem 6 níveis em ordem crescente de dificuldade, com 6 sequências cada. O primeiro nível apresenta sequências de 2 dígitos e estas aumentam gradualmente até o sexto nível, que é composto por sequências de 7 dígitos. (Pickering; Gathercole, 2001).

O componente fonológico foi avaliado a partir da tarefa de Memória de dígitos em ordem direta (*Forward Digit Recall*). Essa tarefa é composta por 54 itens organizados em nove níveis com aumento gradativo da dificuldade. Cada conjunto é composto por 6 itens, sendo que os itens do primeiro conjunto apresentam 1 dígito, os do segundo apresentam 2 e assim seguem em ordem crescente até o último conjunto, com sequências de 9 dígitos. A criança deve repetir, na ordem de apresentação, os dígitos que lhe são ditados (Pickering; Gathercole, 2001).

O componente visuoespacial foi avaliado a partir da tarefa Memória de Blocos (*Block Recall*), composta por 9 blocos idênticos fixos em posições aleatórias em um tabuleiro. Em um dos lados de cada bloco aparece impresso 1 dígito (de 1 a 9) que apenas o avaliador pode visualizar, este o guiará para aplicação da tarefa. Essa é organizada em 54 itens, 6 sequências divididas em 9 níveis, o primeiro composto por itens de 1 dígito, aumentando gradualmente até o último nível, caracterizado por itens compostos por sequências de 9 dígitos. (Pickering; Gathercole, 2001).

Tarefa de avaliação da consciência fonêmica

A avaliação da consciência fonêmica foi realizada através da tarefa de supressão de fonemas de Lopes-Silva *et al.* (2014, 2016). Nessa, o avaliador fala uma palavra e a criança é instruída a dizer qual palavra será formada se um fonema específico da palavra inicial for excluído. A tarefa é composta por 28 itens, em oito destes a criança precisa considerar a palavra excluindo uma vogal, nos outros 20, uma consoante. O fonema a ser excluído está localizado em diferentes partes das palavras, compostas por duas ou três sílabas. A tarefa não apresenta critérios de interrupção. Sua aplicação foi individual.

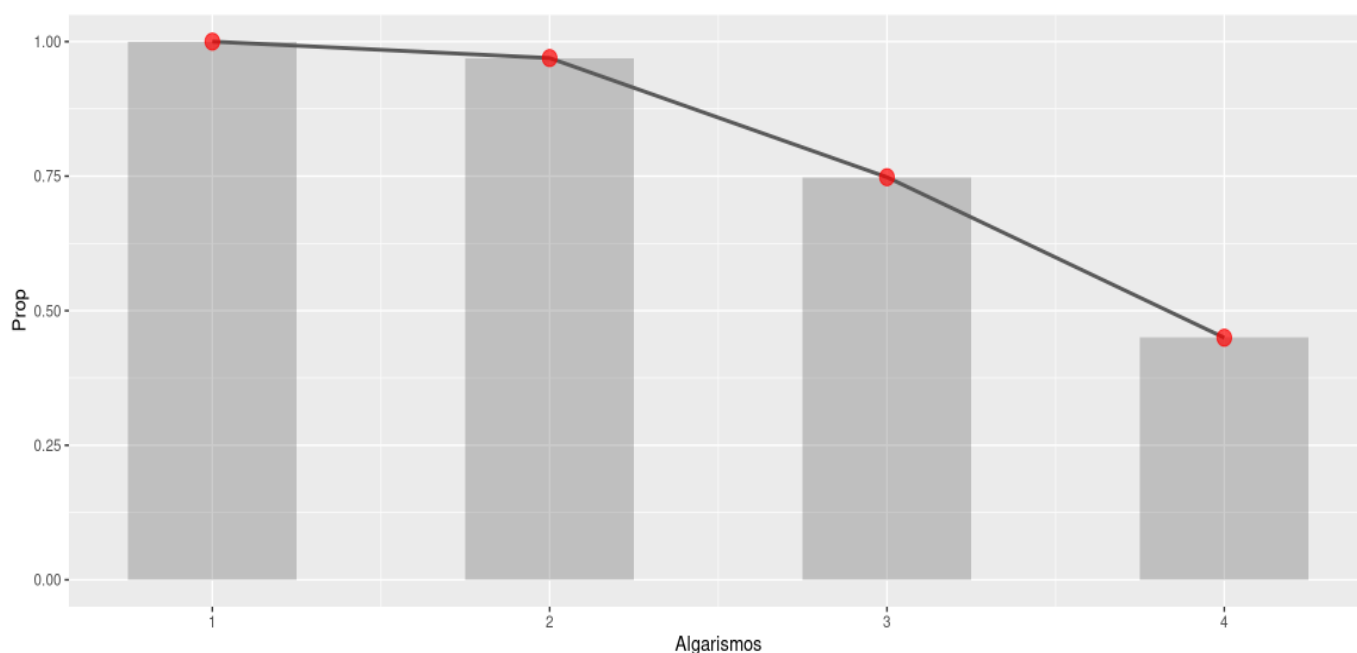
Análise

Primeiramente foi realizada uma análise das correlações entre as variáveis em questão. Em seguida, foram construídos modelos univariados de regressão logística binomial considerando como variáveis independentes: inteligência, idade, quantidade de algarismos do número a ser escrito, consciência fonêmica, componente fonológico

da memória de trabalho, o executivo central e o componente visuoespacial. O resultado da tarefa de escrita de números (Moura *et al.*, 2015), o acerto ou o erro referente a números de 3 e 4 algarismos foi considerado variável dependente para análise.

Durante análise inicial dos dados, foi verificado um decréscimo no desempenho em transcodificação numérica na medida em que o número de algarismos do numeral aumentava, conforme indicou hipótese prévia. Números de 1 e 2 algarismos geraram índices semelhantes de acertos, alta proporção de questões respondidas corretamente, sendo que o decréscimo dos acertos teve destaque entre números de 3 e 4 algarismos (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Efeito do número de algarismos no desfecho



Fonte: dados da pesquisa

Assim deu-se a escolha pela análise dos resultados referentes aos numerais de 3 e 4 algarismos. Ainda, foi elaborado um modelo composto de regressão logística binomial, com a mesma variável desfecho (acerto ou erro nos numerais de 3 e 4 algarismos). Esse modelo foi elaborado a partir do método *stepwise* de inserção de variáveis. As variáveis foram inseridas por ordem de importância estabelecida pelo

software estatístico *RStudio* (versão 3.6.3) a partir do valor *p* calculado nos modelos univariados anteriormente realizados. Por fim, optou-se por verificar o papel da consciência fonêmica como mediadora do efeito da memória de trabalho sobre a transcodificação numérica, através de análises de mediação considerando a memória de trabalho avaliada a partir dos componentes fonológico, visuoespacial e executivo central.

Resultados

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises previamente descritas. Na tabela 1 estão descritas as correlações entre as habilidades cognitivas avaliadas e o desempenho em transcodificação numérica (escrita de números), demonstrando que essas habilidades são relacionadas, interdependentes. Destaca-se a verificação de correlação significativa entre os resultados das tarefas que avaliaram memória de trabalho e consciência fonêmica.

Tabela 1 – Correlações entre todas as variáveis

	1	2	3	4
1. MT – FONOLÓGICA	1			
2. MT –VISUOESPACIAL	-0,014	1		
3. MT – EXECUTIVO CENTRAL	0,294**	0,257**	1	
4.CONSCIÊNCIA FONÊMICA	0,258**	0,208*	0,388**	1
5.TRANSCODIFICAÇÃO NUMÉRICA	0,347***	0,236**	0,283**	0,339***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Fonte: elaborada pela autora.

Além dessas variáveis cognitivas, idade e quantidade de algarismos também se mostraram relacionadas com o desempenho na escrita de números. Sendo que a

proporção de acertos cresceu com o aumento da idade e diminuiu com o aumento da quantidade de algarismos do numeral.

A partir dos modelos univariados de regressão logística binomial de efeitos mistos construídos (que consideram medidas repetidas), foi verificado o efeito de cada variável – idade, quantidade de algarismos do numeral, consciência fonêmica, componentes fonológico, executivo central e visuoespacial da memória de trabalho – na variável desfecho, definida como acerto ou erro em números de 3 e 4 algarismos. Com isso, foi possível constatar o seguinte: quando analisadas individualmente, todas as variáveis citadas demonstraram poder preditivo sobre o desempenho na escrita de números – modelos com $p\text{-valor} < 0,001$, exceto no caso do modelo considerando o componente visuoespacial da memória de trabalho como variável independente ($p\text{-valor} < 0,01$), conforme pode ser visualizado na tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Resultados dos modelos univariados de regressão logística binomial

PREDITORES	RAZÃO DE CHANCES	ERRO PADRÃO	<i>p</i>
IDADE	4,86	0,2833	2.44e-08***
ALGARISMOS	0,06	0,1795	<2e-16***
CONSCIÊNCIA FONÊMICA	1,12	0,03469	0,000703***
MT-FONOLÓGICA	1,18	0,0450	0,000174***
MT- EXECUTIVO CENTRAL	1,27	0,06838	0,000494***
MT- VISUOESPACIAL	1,17	0,0571	0,00636**

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa

No modelo de regressão logística binomial multivariado, com a mesma variável desfecho, idade e algarismos quase não sofreram modificações no valor β . Consciência fonêmica, componentes fonológico, visuoespacial e executivo central da memória de trabalho perderam significância, aparecendo multicolinearidade (*Variance Inflation Factor* - VIF até o valor 1.23), isto é, indicando que essas variáveis independentes estão fortemente relacionadas entre si, o que torna difícil separar e entender o impacto individual de cada uma na variável desfecho, interferindo na

interpretação dos resultados de análises estatísticas. Então, as variáveis foram inseridas a partir do método *stepwise* seguindo a ordem decrescente de influência observada a partir do valor *p*. Portanto, a ordem de inserção no modelo foi: algarismos, idade e, em seguida, memória de trabalho fonológica e o executivo central. Todos apresentaram significância estatística com $p\text{-valor} < 0.001$. Contudo, quando adicionada a variável consciência fonêmica, essa também apareceu como preditora, porém consequentemente, subiu a multicolinearidade entre as variáveis, e a memória de trabalho fonológica e o executivo central perderam significância. O mesmo ocorreu quando adicionada a variável memória de trabalho visuoespacial. Sendo assim, optou-se por manter o seguinte formato de modelo final de regressão (Tabela 3):

Tabela 3 – Modelo composto de regressão logística binomial *stepwise* considerando toda a amostra

PREDITORES	RAZÃO DE CHANCES	ERRO PADRÃO	<i>p</i>
ALGARISMOS	0,057	0,18017	$< 2e-16^{***}$
IDADE	6,28	0,35185	$1,78 \text{ e-} 07^{***}$
MT-FONOLÓGICA	1,15	0,05231	$0,008305^{**}$
MT- EXECUTIVO CENTRAL	1,22	0,07817	$0,011721^*$

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Fonte: dados da pesquisa.

O modelo multivariado final demonstra que as variáveis preditoras significativas do desempenho na escrita de números (transcodificação numérica) são a quantidade de algarismos do numeral a ser escrito, a idade dos sujeitos em questão, a memória de trabalho fonológica e o executivo central.

A validação cruzada, realizada a partir de 20% da amostra total do modelo (Tabela 4), permitiu verificar sensibilidade (capacidade do modelo predizer que o estudante vai acertar quando, de fato, acerta) de 88,79% e especificidade (capacidade do modelo de predizer que o estudante não vai acertar quando erra) de 84,48%. A acurácia geral do modelo foi de 86,95% e a área sob a curva ROC (AUC) igual a 0,9382, o que demonstra um alto poder de explicação deste.

Tabela 4 – Modelo composto de regressão logística binomial *stepwise* considerando 20% da amostra

PREDITORES	RAZÃO DE CHANCES	ERRO PADRÃO	p
ALGARISMOS	0,06	0,19695	<2e-16***
IDADE	6,06	0,33758	9.33e-08***
MT-FONOLÓGICA	1,16	0,05096	0,002750**
MT- EXECUTIVO CENTRAL	1,22	0,07550	0,009539**

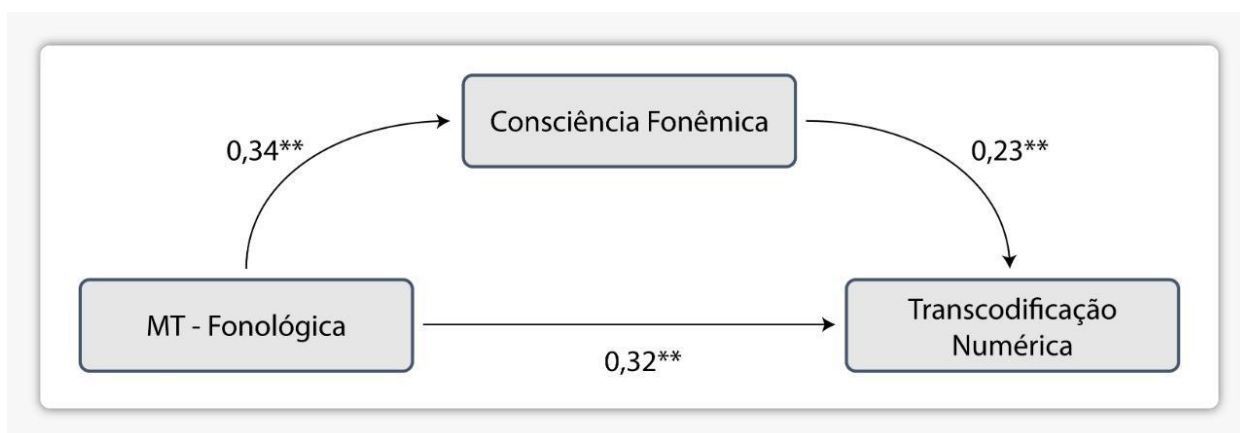
*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fonte: dados da pesquisa

Conforme visualizado nas tabelas 2, 3 e 4, todas as variáveis consideradas para avaliação demonstraram poder de predição sobre o desempenho na escrita de números. Porém, quando inserida a consciência fonêmica no modelo composto, esta absorveu poder de explicação dos componentes fonológico e executivo central da memória de trabalho, o que direcionou às análises de mediação considerando tais variáveis.

Em análises da mediação da consciência fonêmica sobre a relação dos componentes fonológico e executivo central da memória de trabalho com a transcodificação numérica, apareceram resultados com significância estatística, porém os modelos demonstraram poder preditivo (R^2) pequeno (conforme pode ser visualizado na Figura 3 e na Figura 4).

Figura 1: Análise de mediação 1



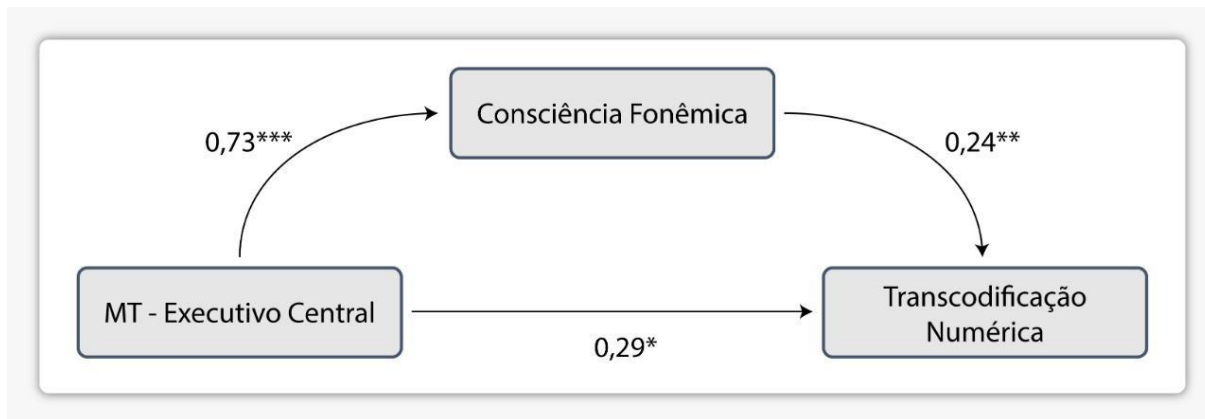
*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Efeito Indireto= 0,08; Efeito Total=0,40; p<0,001

$R^2=0,12$; p<0,001

Fonte: dados da pesquisa.

Figura 2: Análise de mediação 2



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$
 Efeito Indireto= 0,17; Efeito Total=0,47; $p < 0,01$
 $R^2=0,08$; $p < 0,01$
 Fonte: dados da pesquisa.

Conforme pode ser verificado nas figuras, o coeficiente de efeito indireto e o poder preditivo dos modelos é baixo, variando de 8 a 12%, o que direcionou à constatação de que tal análise é limitada, considerando a realidade em questão, ou seja, a avaliação da escrita de números de estudantes de 3º e 4º ano.

Discussão

O presente estudo investigou as relações entre competências cognitivas apontadas na literatura como preditoras da transcodificação numérica e o desempenho de estudantes falantes do português em tarefa que avalia tal habilidade. A partir dos procedimentos estatísticos realizados (análise de correlação, de regressão e de mediação) foram confirmadas algumas das hipóteses iniciais: o desempenho na escrita de números (transcodificação numérica) apresenta relação e interdependência com o desempenho em memória de trabalho e consciência fonêmica; a memória de trabalho; a memória de trabalho fonológica e o executivo central, juntamente com a idade e a quantidade de algarismos do numeral, atua como preditor da escrita de números; quanto maior o numeral, mais difícil é para o estudante sua transcodificação de um formato a outro. Existe, embora fraca, uma mediação da

consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho fonológica e executivo central e o desempenho na escrita de números.

A correlação significativa verificada entre os componentes da memória de trabalho e a transcodificação numérica era esperada, visto que é consonante às evidências da literatura internacional e nacional que também as avaliaram (Zuber *et al.*, 2009; Pixner *et al.*, 2011; Simmons *et al.*, 2011; Moura *et al.*, 2013; Imbo *et al.*, 2014; Clayton *et al.*, 2020, Steiner *et al.*, 2021). Os coeficientes de correlação foram baixos, o que pode ter como uma das causas a quantidade reduzida de itens complexos e estar associado, ainda, com o fato de os recursos cognitivos em questão estarem mais fortemente associados à transcodificação entre crianças mais jovens, considerando que a transcodificação uma habilidade básica que a maioria dos estudantes de 3º e 4º ano (amostra deste estudo) com desenvolvimento típico já domina (Moura *et al.*, 2013, 2015). A associação entre consciência fonêmica e escrita de números também aparece na literatura prévia brasileira (Lopes-Silva *et al.*, 2014; 2016; Teixeira; Moura, 2020).

Em meio a esse contexto de pesquisa, a quantidade de algarismos do numeral atuou como aspecto crucial. É importante considerar, sobretudo, que o aspecto fundamental associado à quantidade de algarismos é a complexidade sintática dos numerais, que não foi considerada na análise estatística do presente estudo, porém foi verificada como preditor em estudos brasileiros anteriores (Moura *et al.*, 2013; Lopes-Silva *et al.*, 2014, 2016).

Verificou-se que, mesmo a literatura indicando que a maioria dos estudantes do 3º e 4º ano já domina a escrita de números (Moura *et al.*, 2013, 2015), há particularidades que merecem atenção, especialmente quanto à escrita de numerais de 3 e 4 algarismos, visto que houve grande proporção de erros entre numerais com essa característica (25% em numerais com 3 algarismos e 56% em numerais com 4 algarismos). Esse resultado pode ser justificado pelo modelo ADAPT (Barrouillet *et al.*, 2004), que propõe que um numeral maior demanda o conhecimento de mais regras de transcodificação e há mais unidades lexicais para processamento.

Para além desses aparatos teóricos que delineiam particularidades envolvidas no processo de escrita de números, as análises de regressão realizadas permitiram verificar uma série de aspectos que predizem o desempenho na transcodificação de números de 3 e 4 algarismos. A quantidade de algarismos mais uma vez se destaca, atuando como preditora. Ainda, ganha ênfase a idade, o que sugere uma interferência da escolarização e do amadurecimento cognitivo. É importante lembrar, diante de tal resultado, que a legislação educacional brasileira (Brasil, 2020) indica a transcodificação de numerais de 3 e 4 algarismos como objeto de conhecimento a ser explorado a partir do 3º ano do EF, conforme já citado anteriormente.

Memória de trabalho fonológica, visuoespacial, executivo central e consciência fonêmica também apareceram com destaque nas análises de regressão realizadas, porém, ficou explícito que seus papéis se complementam. Conforme explicita a literatura existente até o momento (Zuber *et al.*, 2009; Pixner *et al.*, 2011; Moura *et al.*, 2013; Lopes-Silva *et al.*, 2016), o papel de cada um dos subcomponentes da memória de trabalho listados por Baddeley e Hitch (1974) em relação à transcodificação ainda não está claro.

Após opção pelo método *stepwise* de inserção de variáveis, a inserção da consciência fonêmica absorve poder de explicação da memória de trabalho fonológica e do executivo central. Tal resultado pode estar associado ao fato de o desempenho na tarefa de consciência fonêmica utilizada para avaliar essa habilidade depender muito da memória de trabalho fonológica e do executivo central, visto que exige reter a informação, processar e devolver o que é solicitado. Foi possível concluir que a memória de trabalho tem maior influência do que a consciência fonêmica sobre o desempenho de estudantes de 3º e 4º ano do EF, sendo o executivo central, após idade e quantidade de algarismos, a variável com papel de maior efeito na predição do desempenho em transcodificação numérica, assim como verificado nos estudos internacionais que consideram a inversão de dezenas e unidades (Pixner *et al.*, 2011; Imbo *et al.*, 2014; Clayton *et al.*, 2020, Steiner *et al.*, 2021).

Destaca-se o fato de que, no presente estudo, a memória de trabalho visuoespacial não apresenta forte poder de predição da escrita de números em

modelo considerando todas as variáveis, apesar de ser preditora significativa (com menor efeito) se considerada isoladamente. É possível que isso esteja relacionado com as particularidades linguísticas do contexto de realização do estudo, visto que os estudos internacionais citados reservam papel de destaque a tal componente da memória de trabalho.

Por fim, é importante retomar a constatação do papel mediador da consciência fonêmica na relação entre memória de trabalho e desempenho em transcodificação numérica, que foi verificada também por Lopes-Silva e colaboradores (2014). Os resultados dos modelos desenvolvidos no presente estudo são, porém, muito limitados por apresentarem um efeito muito baixo de interferência dessa habilidade. É possível que tal resultado esteja atrelado à caracterização da amostra, visto que esta é composta por estudantes de 3º e 4º ano e verificou-se maior associação entre as competências cognitivas em questão (memória de trabalho e consciência fonêmica) entre crianças mais jovens, conforme já anteriormente citado (Moura *et al.*, 2013). Vale lembrar, ainda, que o estudo mencionado anteriormente, de Lopes-Silva e colaboradores (2014), com análise semelhante à do presente estudo, engloba estudantes mais jovens, a partir do 2º ano do EF (até o 4º ano).

Considerações Finais

Mesmo consideradas as particularidades referentes ao contexto de pesquisa, há uma série de aspectos em comum entre as pesquisas que caracterizam a transcodificação numérica, habilidade básica para o domínio matemático. O presente estudo mais uma vez confirma a memória de trabalho como competência cognitiva de base para desenvolvimento da escrita de números, além da quantidade de algarismos na tarefa ser um fator dificultador e a idade apresentar um papel determinante.

As hipóteses iniciais de pesquisa foram confirmadas. Foi constatada correlação significativa entre resultados do desempenho em escrita de números e memória de trabalho e consciência fonêmica. Os subcomponentes da memória de trabalho, a idade e a quantidade de algarismos, além da consciência fonêmica, foram verificados

como preditores do desempenho em transcodificação numérica quando considerados separadamente. Entre os subcomponentes da memória de trabalho e o desempenho na escrita de números, embora fraca, apareceu uma relação de mediação da consciência fonêmica, conforme esperado.

A identificação de tais variáveis como preditoras do desempenho em transcodificação numérica evidencia em quais aspectos o professor em sala de aula precisa voltar o foco quando aparecem dificuldades dos estudantes em relação ao reconhecimento e à transcodificação de uma representação numérica a outra. Investir em atividades que estimulem a memória de trabalho e a consciência fonêmica, por exemplo, pode auxiliar, também, na escrita de números. Entretanto, é necessário citar, como limitação, o papel das particularidades socioeconômicas e culturais que não foram abordadas neste estudo, mas que se faz importante para pensar em uma intervenção em transcodificação numérica. É possível afirmar, portanto, que o presente estudo delinea pontos de partida, ou seja, competências necessárias para desenvolvimento da habilidade de transcodificação que podem contribuir para a construção de propostas pedagógicas potentes para a sala de aula.

Referências

- ANGELINI, A. L. ALVES, et. al. **Matrizes Progressivas Coloridas de Raven – Escala especial**. São Paulo: Centro Editor de Teses e Pesquisas em Psicologia, 1999.
- BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. Working Memory. *In.*: G. H. BOWER. (Ed.). **The psychology of learning and motivation**. London: Academic Press, 1974. P. 47-91.
- BARROUILLET, P.; CAMOS, V.; PERRUCHET, P. SERON, X. ADAPT: A developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to Arabic numerals. **Psychological Review**, v. 111, p. 368–394, 2004.
- BRASIL (2017). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Versão final. Brasília: **MEC**, 2017
- CLAYTON, F. J., et al. Wo-digit number writing and arithmetic in Year 1 children: Does number word inversion matter? **Cognitive Development**, v. 56, p. 1-14, 2020.

DELOCHE, G.; SERON, X. Numerical transcoding: A general production model. In G. DELOCHE, G.; SERON, X. (Org.), **Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987. P 137-179.

FREITAS, G. Sobre a Consciência Fonológica. In: LAMPRECHT, R. (Org.). **Aquisição Fonológica do Português: perfil de desenvolvimento e subsídios para a terapia**. Porto Alegre: Artmed, 2004. P 179-192.

FREITAS, N.; FERREIRA, F. O.; HAASE, V. G. Aspectos linguísticos envolvidos na habilidade de transcodificar entre diferentes representações. **Ciências & Cognição**, v.. 17, n. 1, p. 2-15 2012.

GEARY, D. C. Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. **Developmental Psychology**, v. 47, n. 6, p. 1539–1552, 2011.

HABERMANN, S., et al. The critical role of Arabic numeral knowledge as a longitudinal predictor of arithmetic development. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 193, p. 1-15, 2020.

IMBO, I., et al. Sixty-four or four-and-sixty? The influence of language and working memory on children's number transcoding. Numerical Development — from cognitive functions to neural underpinnings. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 313, p. 1-10, 2014.

KRINZINGER, H., et al. Differential language effects on numerical skills in second grade. **Journal of Cross-Cultural Psychology**, v. 42, p. 614–629, 2011.

LOPES-SILVA, J. B., et al. Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n.13, 2014.

LOPES-SILVA, J. B., et al. What Is Specif and What Is Shared Between Numbers and Words? **Frontiers in Psychology**, v. 7, n. 22, 2016.

MAICOIR., J.; LAFAY, A.; HUDON, C. The Impairment of Number Transcoding Abilities in Individuals with Amnesic Mild Cognitive Impairment and Alzheimer Disease: Associations With Attentional and Executive Functions. **Cognitive and Behavioral Neurology**, v. 33, n. 1, 2020.

MCCLOSKEY, M. Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. **Cognition**, v. 44, p. 107–157, 1992.

MCCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A., & BASILI, A. Cognitive mechanisms in number-processing and calculation: Evidence from dyscalculia. **Brain and Cognition**, v. 4, p. 171–196, 1985.

MORIYAMA, Y., et al. Detailed analysis of error patterns in the number-transcoding task on the Japanese version of the Rapid Dementia Screening Test.

Psychogeriatrics: The Official Journal of the Japanese Psychogeriatric Society, v. 16, n. 3, p. 1-6, 2016

MOURA, R J., et al. From “Five” to 5 for 5 minutes: Arabic number transcoding as a short, specific, and sensitive screening tool for mathematics learning difficulties.

Archives of Clinical Neuropsychology v. 30, p. 88–98, 2015.

MOURA, R J., et al. Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies.

Journal of Experimental Child Psychology, v. 116, p. 707–727, 2013.

NOGUES, C. P.; DORNELES, B. V. Systematic review on the precursors of initial mathematical performance. **International Journal of Educational Research Open**, 2–2(January), p. 1–17, 2021.

NOGUES, C. P., et al. Habilidades Cognitivas Predictoras do Desempenho Aritmético de Crianças de 3º e 4º anos. **SciELO Preprints**, 2021.

NORMAN, Geoffrey R.; STREINER, David L. Path analysis and structural equation modeling. In: NORMAN, Geoffrey R.; STREINER, David L. **PDQ Statistics**. 3. ed. Hamilton: BC Decker Inc, 2003. p. 156-176.

PAUL, J. M., et al. Reading and math tests differentially predict number transcoding and number fact speed longitudinally: A random intercept cross-lagged panel approach. **Journal of Educational Psychology**, v. 111, n. 2, p. 299–313, 2019.

PICKERING, S. J.; GATHERCOLE, S. E. **Working Memory Test Battery for Children**. London: Psychological Corporation Europe, 2001.

PIXNER, S., et al. One language, two number-word systems and many problems: numerical cognition in the Czech language. **Research on Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2683-2689, 2011.

PONCIN, A.; VAN RINSVELD, A. SCHILTZ, C. Units-first or tens-first: Does language matter when processing visually presented two-digit numbers? **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 73, n. 5, p. 726-738, 2019.

POWER, R. J. D.; DAL MARTELLO, M. F. The dictation of Italian numerals. **Language and Cognitive Processes**, v. 5, p. 237–254, 1990.

RADDATZ, J., et al. Comorbidity of Arithmetic and Reading Disorder: Basic Number Processing and Calculation in Children With Learning Impairments. **Journal of Learning Disabilities**, v. 50, n. 3 p. 298-308, 2017.

RAVEN, J. C. Matrizes progressivas de Raven: Manual. São Paulo: Pearson, 2000.
STEIN, L. M. **TDE - Teste de Desempenho Escolar: manual para aplicação e interpretação**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

STEINER, A. F., et al. Twenty-four or four-and-twenty: Language modulates cross-modal matching for multidigit numbers in children and adults. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 202, p. 1-18, 2021.

TEIXEIRA, R. M., MOURA, R. J. Arabic number writing in children with developmental dyslexia. **Estudos de Psicologia**, v. 37, p. 1-15, 2020.

TING, S. K. S., et al. Characteristics of number transcoding errors of Chinese- versus English-speaking Alzheimer's disease patients. **Neurocase**, v. 22, p. 469-471, 2016.

VAN DER VEN, S. H. G.; KLAIBER, J. D.; VAN DER MAAS, H. L. J. Four and twenty blackbirds: how transcoding ability mediates the relationship between visuospatial working memory and math in a language with inversion. **Educational Psychology**, v. 37, n. 4, p. 487-505, 2017.

ZUBER, J., et al. On the language specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 102, p. 60-77, 2009.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

Notas

¹ Alguns exemplos de inversão: O número 21, em português nomeado “vinte e um”, nas línguas com inversão é nomeado “um e vinte”: *einundzwanzig* (alemão), *jedenadvacet* (tcheco) e *eenentwintig* (neerlandês).

² Crianças com pontuação acima do percentil 25 no Subteste de Aritmética do TDE.

³ Crianças com pontuação abaixo do percentil 25 do Subteste de Aritmética do TDE.

⁴ Análise de caminho é uma análise estatística de regressão múltipla que é usada para avaliar modelos causais, examinando mais de uma variável dependente de uma vez e permitindo que as variáveis sejam dependentes em relação a algumas variáveis e independentes em relação a outras. Essa análise resulta em um modelo em que variáveis independentes produzem efeitos diretos e indiretos sobre uma variável dependente (Norman; Streiner, 2003).