



Universidade de Brasília

Instituto de Psicologia

Departamento de Processos Psicológicos Básicos

Programa de Pós-graduação em Ciências do Comportamento

**Transcodificação numérica e processamento fonológico em
crianças com dislexia do desenvolvimento**

Renata Monteiro Teixeira

Brasília, março de 2019

**Transcodificação numérica e processamento fonológico em
crianças com dislexia do desenvolvimento**

Renata Monteiro Teixeira

Orientador: Prof. Dr. Ricardo José de Moura

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Comportamento, do Instituto de Psicologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências do Comportamento (Área de Concentração: Cognição e Neurociências do Comportamento).

Brasília, março de 2019

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Ricardo José de Moura

Programa de Pós-graduação em Ciências do Comportamento

Universidade de Brasília – UnB

Presidente

Profa. Dra. Julia Lopes Silva

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Membro externo

Prof. Dra. Goiara Mendonça de Castilho

Programa de Pós-graduação em Ciências do Comportamento

Universidade de Brasília – UnB

Membro interno

Prof. Dr. Rui de Moraes Júnior

Programa de Pós-graduação em Ciências do Comportamento

Universidade de Brasília – UnB

Membro Suplente

Dedicatória

Dedico esta dissertação a todas as crianças com dislexia que anseiam pelo aprendizado da leitura e da matemática. Dedico também aos meus pacientes pelo exemplo de superação a cada dia.

Agradecimentos

Nada na vida acontece por acaso. E tudo tem um tempo certo para acontecer. Quero agradecer a Deus por este momento, por este mestrado, que esperou o tempo certo para se concretizar.

Agradeço também ao Prof. Dr. Ricardo José de Moura, quem eu admiro pela sua simplicidade, paciência, bom humor e dedicação. Obrigada por me conceder o privilégio de ser sua orientanda e, nos momentos de muitas incertezas, ansiedades e dúvidas, por sempre se fazer presente com um conselho sábio. Dedico a você o mais profundo respeito e admiração.

Agradeço à minha equipe de pesquisa, Ana Luiza, Karen, Fabrício, Bianca, Amanda, Tereza, Brenda e Isabela, por todo auxílio, pelo apoio, pelos momentos felizes que tornavam as reuniões muito divertidas. A cada dia eu admiro mais a psicologia e vocês são reflexo disso. Agradeço também à Juliana, que trouxe a maioria de vocês para minha "vidinha de mestrado".

Sou grata pelos amigos que chegaram com este mestrado, foram muitos momentos felizes e muitas risadas. Deixo um agradecimento especial à "panela pra chamar de minha", composta pelos queridos Maressa, Beto, Bruna, Ana Paula e Rapha. À querida Flaviane pela amizade e por ser um ombro amigo nas horas mais difíceis e às "mestrandas unidas", Luciana e Isabela (eternos amigos e companheiros de mestrado).

Agradeço aos meus pais e à minha irmã, por todo incentivo, pela compreensão nos momentos em que minha atenção estava totalmente voltada para os meus estudos. Sou muito grata também aos meus pais por possibilitarem que eu seja quem eu sou hoje. Tenho muito orgulho de vocês por serem os melhores pais para mim. Obrigada por me ensinarem a jamais querer ser melhor que ninguém, mas tentar fazer sempre o meu melhor.

Agradeço à Secretaria de Saúde do Distrito Federal, por possibilitar a concretização dos meus estudos. Aos meus pacientes e aos seus responsáveis, minha eterna gratidão pelo

incentivo e pela compreensão. Obrigada também à querida Vanísia por abrir as portas da escola, para que uma parte da pesquisa pudesse ter o seu devido andamento. Sou muito grata pelo incentivo, pela amizade e pelo apoio. Sou grata também ao diretor Francisco pela compreensão, pelo espaço e por todo auxílio durante a fase da coleta de dados.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Comportamento pela imensurável oportunidade.

Obrigada à minha amiga, Cláudia Pietrobon, que foi um elo entre a UnB, meu orientador e meus estudos. Sou grata também por ser um exemplo de pesquisadora a ser seguido, por ser uma coluna firme em quem eu posso me espelhar. Aos meus queridos amigos, Raquel, Ana, Thamires, Dudu, Dayse, Márcia, Joanes, Alessandra Rodor, Alessandra Almeida e Carla, vocês são a minha família de coração. Muito obrigada pela mão constantemente estendida, principalmente nessa fase final. Vocês foram meu apoio do início ao fim. Nunca vou me cansar de falar como eu sou feliz quando eu estou com vocês.

E, enfim, agradeço a todas as pessoas com dislexia que me ensinaram que, apesar de suas dificuldades, sempre há outro caminho para se alcançar a superação.

Epígrafe

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.”

(Leonardo da Vinci)

Sumário

Comissão examinadora.....	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos.....	v
Epígrafe	vii
Lista de figuras	x
Lista de abreviações	xi
Resumo.....	xii
Abstract	xiii
Dislexia do desenvolvimento	15
Definição e principais modelos	15
Dislexia e processamento numérico	21
Dificuldades de matemática na dislexia	21
Comorbidade entre dislexia e discalculia.....	23
Principais modelos teóricos da comorbidade entre a dislexia e a discalculia	24
Modelo do deficit cognitivo comum.	24
Modelo do deficit cognitivo de domínio específico.....	25
Modelo do deficit cognitivo de domínio geral.	25
Transcodificação numérica.....	26
Objetivo	31
Método	31

Participantes	31
Materiais e procedimentos.....	33
Análise de dados.....	35
Resultados	35
Discussão.....	41
Considerações finais.....	45
Limitações do estudo.....	46
Aplicabilidade	46
Referências	47
Apêndice a: parecer consubstanciado do comitê de ética	61
Apêndice b: termo de consentimento livre e esclarecido - tcle.....	64
Apêndice c: termo de assentimento.....	66
Apêndice d: tarefa de transcodificação numérica (moura e colaboradores, 2013; 2015)	68

Lista de figuras

- Figura 1.** Efeitos da complexidade numérica, grupo e nível escolar sobre o desempenho na transcodificação numérica. 38
- Figura 2.** Erros lexicais e sintáticos demonstrados por grupo e nível de escolaridade. 40

Lista de Abreviações

ADAPT	Modelo asemântico de desenvolvimento processual da transcodificação
ANCOVA	Análise de covariância
ANOVA	Análise de variância
b	Coefficiente de regressão parcial padronizado
CEP	Comitê de ética e pesquisa
d	<i>d</i> de Cohen para medida de tamanho de efeito
DC	Discalculia do desenvolvimento
DD	Dislexia do desenvolvimento
dp	Desvio padrão
DSM	Manual Diagnóstico Estatístico de Transtornos Mentais
F	F de Fischer (estatística de ANOVA)
GC	Grupo controle
GD	Grupo com dislexia
LPI	Tarefa de leitura de palavras e pseudopalavras isoladas
m	média
n	Número amostral
QI	Coefficiente de inteligência
R²	Coefficiente de determinação da análise de regressão
RAN	Tarefa de nomeação seriada rápida
SPSS	Software estatístico (<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>)
t	Teste de hipótese
z	Teste estatístico

Resumo

A dislexia do desenvolvimento é um transtorno de aprendizagem caracterizado por déficit persistente na leitura e na escrita. Algumas crianças com dislexia apresentam dificuldades com a recuperação dos fatos aritméticos, cálculo mental e a transcodificação numérica. A transcodificação numérica é uma tarefa do processamento numérico básico que demanda habilidades verbais durante a sua execução. O objetivo deste estudo foi investigar a habilidade de transcodificação numérica em crianças com dislexia do desenvolvimento. Participaram deste estudo 23 crianças do grupo controle com desenvolvimento escolar típico e 26 crianças do grupo com dislexia, na faixa etária de 7 a 12 anos. Análises de covariância indicaram que crianças com dislexia apresentam um déficit na leitura, no processamento fonológico e na transcodificação numérica. A análise de variância de medidas repetidas indicou que o grupo com dislexia apresentou desempenho abaixo da média na transcodificação numérica, com efeito principal da complexidade da tarefa e dos tipos de erros. Análises de regressão indicaram que a memória de curto prazo verbal, a supressão de fonemas, o julgamento de rimas e a tarefa de nomeação seriada rápida foram fortes preditores das dificuldades encontradas na transcodificação de números da notação verbal para a notação arábica. Os resultados indicam que crianças com dislexia apresentam déficit de transcodificação numérica independentemente da idade e nível de escolaridade. Além disso, esse déficit incide de maneira prevalente na organização sintática dos números, entretanto um efeito de lexicalização também foi encontrado. Desta forma, déficit no processamento fonológico influencia fortemente o desempenho na transcodificação numérica em crianças com dislexia.

Palavras-chave: aprendizagem, dislexia, habilidades numéricas básicas, processamento fonológico, transcodificação numérica

Abstract

Developmental dyslexia is a learning disorder characterized by persistent deficits in reading and writing. Some children with dyslexia have difficulties with arithmetic facts recall, mental calculation and number transcoding. Number transcoding is a basic numerical processing task that demands verbal skills during its execution. The goal of this study was to investigate the number transcoding ability in children with developmental dyslexia. Twenty-three children from the control group with typical school developmental and 23 children from the dyslexia group in the 7 to 12-year range participated in this study. Covariance analysis indicated that children with dyslexia have a deficit in the reading, phonological processing and number transcoding. Repeated measures analysis of covariance indicated that dyslexia group presented below average performance in the number transcoding, with the main effect of the complexity and types of errors. Regression analyses indicated that short-term verbal memory, phoneme deletion, rhyme judgment task and rapid serial naming was a strong predictor for such number transcoding difficulties from verbal notation to arabic notation. Results indicate that children with dyslexia present number transcoding deficits regardless of age and educational level. Moreover, this deficit predominates in the syntactic organization of numbers, although a lexicalization effect has also been found. Thus, a deficit in phonological processing strongly influences the performance in number transcoding in children with dyslexia.

Keywords: basic numerical abilities, dyslexia, learning; number transcoding, phonological processing

É relativamente comum observar dificuldades de leitura em crianças em idade escolar. Na maioria dos casos, essas dificuldades são passageiras e relacionadas a fatores, como falta de motivação, recursos pedagógicos precários e outros fatores contextuais. Algumas dessas crianças podem, no entanto, apresentar uma dificuldade de forma persistente e bastante resistente à intervenção pedagógica, configurando um transtorno específico de aprendizagem chamado dislexia (American Psychiatric Association [APA], 2013). A dislexia do desenvolvimento (DD) é um dos transtornos mais investigados pela literatura científica, acumulando uma série de achados e modelos neurocognitivos desde a década de 70 (Ramus et al., 2003).

Além das dificuldades na leitura, as crianças também podem apresentar, durante a idade escolar, dificuldades na matemática. Os deficit persistentes e específicos na matemática são chamados de discalculia do desenvolvimento (DC). A DC é um transtorno específico da aprendizagem caracterizado como um deficit no processamento numérico, na capacidade de realizar cálculos de forma fluente e precisa e na aprendizagem dos fatos numéricos (APA, 2013).

Apesar de a DD e da DC serem dois transtornos específicos e bastante diferenciados entre si tanto do ponto de vista neuropsicológico quanto comportamental, existe uma relação bastante próxima entre os dois transtornos. Uma observação recorrente é que, além dos casos em que as crianças exibem apenas as dificuldades características de cada um dos transtornos (DD pura e DC pura), há também casos de comorbidade, ou seja, casos em que os dois transtornos são observados simultaneamente no mesmo indivíduo - daqui para frente referidos como DD-DC (Landerl, Fussenegger, Moll, & Willburger, 2009). Outra observação importante é que, na DD pura, ou seja, quando a DD não apresenta comorbidade com a DC, é possível observar dificuldades importantes em aspectos muito particulares da matemática, em especial aqueles marcados pelo uso de códigos verbais, tais como a memorização dos fatos

aritméticos e a aprendizagem das notações numéricas. Uma hipótese influente que busca explicar essa ocorrência de dificuldades matemáticas em casos de DD pura é chamada de hipótese do deficit fonológico (explicada com mais detalhes ao longo do texto), segundo a qual os deficit fonológicos característicos da DD impedem a aprendizagem adequada de atividades matemáticas baseadas em habilidades verbais (Boets & Smedt, 2010; Lopes-Silva, Moura, Wood, & Haase, 2015; Simmons & Singleton, 2006, 2009; Traff & Passolunghi, 2015; Yang & Meng, 2016).

Uma atividade matemática que envolve intensamente habilidades verbais é a transcodificação numérica. A transcodificação numérica é uma habilidade numérica básica de conversão entre notações numéricas, por exemplo, entre a forma verbal oral (número falado) e a forma arábica (Deloche & Seron, 1982a; Deloche & Seron, 1987; Moura et al., 2015). A transcodificação numérica impõe algumas dificuldades devido às diferenças entre as notações em relação à sintaxe e ao léxico numérico, exigindo, assim, a aprendizagem de procedimentos relativamente complexos, principalmente para as crianças no início da vida escolar (Moura et al., 2013, 2015; Zuber, Pixner, Moeller, & Nuerk 2009).

Em 2015, um estudo inédito de Koerte e colaboradores (2015) ao investigar a relação da substância branca no cérebro com os mecanismos cognitivos relacionados a habilidades matemáticas na DD, observou um desempenho abaixo da média em habilidades numéricas verbais, mas não em tarefas aritméticas não verbais. Moll, Gobel e Snowling (2014) também observaram que crianças com DD apresentam dificuldades com os aspectos verbais da matemática, mas não com o processamento numérico não verbal, como por exemplo, a estimativa na linha numérica. Dada a importância das habilidades verbais para a aprendizagem da matemática na DD, além da forte relação entre o desempenho nas tarefas do processamento fonológico e no desempenho na matemática, o presente trabalho de mestrado pretende investigar o desempenho de crianças com perfil cognitivo de DD em uma tarefa de

escrita de numerais arábicos, bem como quais variáveis fonológicas seriam preditoras desse desempenho. A seguir, serão apresentados, com maiores detalhes, cada um dos temas importantes para o desenvolvimento e para a discussão dos achados do presente trabalho.

Dislexia do desenvolvimento

Definição e principais modelos

A DD é um transtorno específico da aprendizagem marcado por dificuldades importantes em testes padronizados de leitura e de escrita de palavras, as quais independem da falta de instrução adequada, deficit sensoriais não corrigidos e deficit intelectual (APA, 2013; Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003; Peterson & Pennington, 2012). A prevalência estimada para a DD é em torno de 5% a 10% das crianças em idade escolar (Shaywitz, 1998; Siegel, 2006). Do ponto de vista cognitivo, as dificuldades observadas nas crianças com DD estão relacionadas a deficit em habilidades cognitivas básicas, em especial no processamento fonológico (Snowling & Melby-Lervåg, 2016; Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004).

Entretanto, a identificação da DD não é uma tarefa fácil em decorrência de ser um transtorno heterogêneo, categorizado em vários subtipos, os quais são classificados de acordo com o desempenho em tarefas específicas de leitura, incluindo uma análise dos tipos de erros cometidos (Castles, Kohnen, Nickels, & Brock, 2014). Castles e Friedmann (2014) listaram alguns subtipos de DD que incluem a dislexia superficial, a dislexia de posição de letra, a dislexia visual, a dislexia profunda, a dislexia atencional e a dislexia negligente. O presente estudo será fundamentado apenas no subtipo classificado como DD fonológica (Campbell & Butterworth, 1985).

A DD fonológica é caracterizada por deficit na percepção e na manipulação de fonemas, assim como em sua relação com os grafemas durante a leitura. Em geral, nesse subtipo de DD, há uma dificuldade importante na leitura de pseudopalavras (palavras sem

significado semântico) devido a dificuldades de integração fonema-grafema (Harm & Seidenberg, 2001).

Existem diferentes modelos teóricos que tentam explicar as bases neurocognitivas da DD. No presente texto, serão discutidos o modelo do deficit único e o modelo do duplo deficit, uma vez que os déficits fonológicos são causas prevalentes nos quadros de DD (Choi et al., 2016). O modelo do deficit único (Pennington et al., 2012; Ramus et al., 2003) defende que a DD é causada exclusivamente por deficit fonológico. Esse deficit, conforme o modelo de dupla rota de leitura (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001), incide principalmente na leitura de palavras regulares (palavras que demandam uma correspondência entre letras e som de forma explícita) ou na leitura de palavras de pseudopalavras (palavras sem significado semântico e que também requerem a integração entre grafemas e fonemas para serem lidas). Somado a isso, uma evidência importante para essa hipótese da influência das habilidades fonológicas no desempenho de leitura é a forte correlação entre o desempenho em tarefas de supressão de fonemas e o desempenho em testes de leitura e escrita (Pennington et al., 2012; Ramus et al., 2003; Share, 1995). Ademais, esses estudos relatam que o acesso a essas representações na memória de longo prazo também encontra-se prejudicado em tarefas de nomeação seriada rápida (Ramus & Szenkovits, 2008; Wagner & Torgesen, 1987).

Embora um grande corpo de pesquisa aponte que as representações fonológicas degradadas sejam a causa principal da DD (Pennington et al., 2012; Ramus et al., 2003, Share, 1995), alguns resultados de outras pesquisas sugerem que o deficit central da DD não se encontra nas representações fonológicas, mas sim na memória de trabalho verbal (Ramus & Szenkovits, 2008). Segundo os autores, esse deficit não condiz apenas com uma capacidade de armazenamento limitada, mas condiz também com dificuldades de manipulação e de recuperação de fonemas que apresentam traço de sonoridade semelhante, o que gera uma sobrecarga da memória de trabalho (Ramus & Szenkovits, 2008). Outros estudos mais atuais

também alegam que as representações fonológicas estão intactas na DD e que o deficit incide no acesso a essas representações (Boets et al., 2013; Ramus, 2014).

Apesar da existência de vários modelos teóricos explicando as variáveis cognitivas que influenciam o desempenho da leitura, a hipótese dos deficit de processamento fonológico como fundamentais para a ocorrência de DD pura ainda são predominantes (Choi et al., 2016). O processamento fonológico é composto pelos processos de consciência fonológica, memória de trabalho fonológica e acesso lexical (Baron & Strawson, 1976; Melby-Lervag, Lyster, & Hulme, 2012; Wagner & Torgesen, 1987; Wagner, Torgesen, & Rashotte, 1994), habilidades que, segundo Peterson e Pennington (2012), são importantes no processo de correspondência entre grafemas e fonemas.

Dentro dessas habilidades que compõem o processamento fonológico, a consciência fonológica ganha um destaque especial. Estudos definem que a consciência fonológica subdivide-se em consciência silábica, intrassilábica e fonêmica, e que ela é responsável pela percepção e manipulação das sílabas e fonemas que compõem a fala (Castles & Friedmann, 2014; González & González, 2000). Um exemplo importante da influência da consciência fonológica sobre a aquisição de leitura, por exemplo, pode ser encontrado no estudo de Wagner e Torgesen (1987). De acordo com esses autores, pessoas com dificuldades na leitura apresentam desempenho prejudicado na consciência fonológica quando comparados com indivíduos mais novos e com desenvolvimento típico. Isso pode ser explicado pelo estudo de Gellert e Elbro (2015), o qual observou que a consciência fonológica foi a única preditor tanto da aquisição de leitura como apresentou também influencia nas dificuldades de leitura em crianças no início da escolaridade. Entretanto há estudos que questionam essa relação unidirecional subjacente ao fato de que a consciência fonológica seria preditor da aquisição e desenvolvimento de leitura, visto que a leitura também pode favorecer uma melhor consciência fonológica, o que torna essa causalidade recíproca (Capovilla & Capovilla, 2002).

Além disso, uma série de pesquisas têm demonstrado que, dentro dessas habilidades fonológicas, não somente a consciência fonológica é um preditor importante do desempenho em testes de leitura e de escrita, mas também a nomeação seriada rápida e a memória de curto prazo verbal (Castles & Coltheart, 2004; Pennington et al., 2012; Scarborough 1998; Wolf & Bowers, 1999), que geralmente estão comprometidos em crianças com DD (Boada & Pennington, 2006; Liberman, 1973; Swan & Goswami, 1997). Nesse sentido, crianças com DD, de acordo com a hipótese do deficit fonológico, apresentam dificuldade em distinguir, segmentar e reconhecer a palavra falada, bem como apresentam deficit no armazenamento, na recuperação e na representação dos sons da fala (Bradley & Briant, 1978; Ramus et al., 2003) e que este deficit persiste até a idade adulta (Smith-Spark & Fisk, 2007; Smith-Spark, Fisk, Fawcett, & Nicolson, 2003). Entretanto, com relação à predição desses aspectos da relação e manipulação dos sons da fala no desempenho de leitura e a sua associação com a DD, não há, ainda, pontos totalmente claros que expliquem essa relação. Com isso, estudos recentes observaram que, por mais que a percepção de fala seja preditora de um bom desempenho nas tarefas de consciência fonológica e da nomeação automática rápida, os efeitos indiretos sobre a consciência fonêmica não foram tão importantes (Snowling, Lervag, Nash, & Hulme, 2019).

Esta consciência fonêmica representa um ponto importante nos estudos da aquisição de leitura na DD, porque, de acordo com Dehaene (2009), o deficit na consciência fonêmica representa o problema central da DD na teoria do deficit fonológico, uma vez que disléxicos apresentam dificuldade na manipulação dos fonemas. Um exemplo da influência da consciência fonêmica na aquisição de leitura foi descrito por Choi et al. (2016). Esses autores observaram que a supressão de fonemas foi um forte preditor das habilidades de decodificação da leitura. Com isso, eles também inferiram que a memória de trabalho também é um forte preditor, visto que a supressão de fonemas não é um processo dissociável da memória de trabalho.

Outro componente do processamento fonológico importante para a leitura é a memória de trabalho verbal. Ela é responsável pelo processamento, pela manipulação, pelo armazenamento, pela recuperação e pela integração de vários estímulos. Seus subcomponentes que apresenta uma relação com o processamento fonológico consistem em um *loop* fonológico, um *buffer* episódico e um executivo central (Baddeley, 2000; Baddeley & Hitch, 1974).

O terceiro componente do processamento fonológico é o acesso lexical. O léxico mental é um sistema que funciona como uma espécie de dicionário com capacidade de armazenamento de códigos fonológicos, ortográficos, sintáticos e semânticos. Esses códigos podem estabelecer relações para recuperação de um nome específico, como a transcodificação de uma palavra numérica para o seu numeral arábico em uma tarefa de escrita de números sob ditado (Allport & Funnell, 1981; Seron & Noel, 1995). Em adição, Swan e Goswami (1997) hipotetizaram que deficit na recuperação dos códigos fonológicos influenciaram as falhas no acesso lexical de nomes conhecidos. Essas falhas têm origem nos deficit de codificação e representação de segmentos fonológicos dos nomes da memória de longo prazo (Kamhi & Catts, 1986; Snowling, Wagtendonk, & Stafford, 1988).

Além disso, é importante citar a importância de estudos que defendem a hipótese do deficit duplo como causa de alguns subtipos de DD, pois, além das habilidades fonológicas, alguns estudos afirmam que a velocidade de processamento na nomeação seriada rápida é um preditor importante do desempenho das crianças na leitura e escrita (Cardoso-Martins & Pennington, 2001). A hipótese de um deficit duplo como causa da DD foi desenvolvida levando em consideração a importância da velocidade de nomeação para a leitura (Denckla & Rudel 1976a, 1976b), assim como do processamento fonológico. De acordo com essa hipótese, os dois processos seriam uma das principais causas da DD. Desta forma, esse modelo teórico assume que algumas pessoas com DD podem apresentar deficit apenas na

consciência fonológica, enquanto outro subtipo apresentaria dificuldades apenas na velocidade de nomeação dos estímulos. Uma terceira classificação apresentaria um deficit tanto na consciência fonológica como na velocidade de nomeação simultaneamente (Bowers & Wolf, 1993; Wolf & Bowers, 1999; Wolf, Bowers, & Biddle 2000).

De forma mais clara, o que o modelo propõe é que os deficit de nomeação seriada rápida podem desencadear dificuldades na leitura de forma isolada, independentemente de haver ou não deficit de consciência fonológica. Quando a ocorrência dos dois processos de nomeação seriada rápida e consciência fonológica co-ocorrem na mesma pessoa, os deficit de leitura seriam mais agravados, uma vez que cada um dos processos alterados apresentam uma contribuição para a aquisição e automaticidade de leitura (Bowers & Wolf, 1993; Wolf & Bowers, 1999; Wolf et al., 2000). De acordo com Wolf e Bowers (1999), quando a consciência fonológica for o único preditor das dificuldades de leitura encontrada na DD, o núcleo desse deficit será a acurácia de leitura. Quando a nomeação seriada rápida estiver como única preditora, o deficit na DD será caracterizado por dificuldades na fluência de leitura. E, enfim, quando for observado tanto deficit de consciência fonológica como de nomeação rápida, então as características das dificuldades de leitura serão tanto na acurácia como na fluência. Por conseguinte, Wagner et al. (1994) observaram que a nomeação seriada rápida apresenta uma correlação tanto com a memória de trabalho quanto com habilidades de consciência fonológica. Outros estudos também observaram que pessoas com DD apresentam tempo de resposta aumentado em tarefas de nomeação automática rápida (Denckla & Rudel, 1976; Wolf & Bowers, 1999).

Ademais, as dificuldades com a acurácia e a extensão de itens no processamento serial de tarefas de nomeação rápida contribuem para o aumento do tempo de reação durante a nomeação dos estímulos. É justamente a lentidão no desempenho da tarefa que é considerada como uma forte preditora da dificuldade de leitura (Denckla & Rudel, 1974; Georgiou,

Parrila, Cui, & Papadoulos, 2013). Além disso, a nomeação seriada rápida é considerada como uma forma de acesso para as representações fonológicas que atualmente consistem na hipótese do deficit fonológico comumente encontrado como causa da DD (Ramus & Szenkovits, 2008). Essas dificuldades ocorrem porque pessoas com DD apresentam dificuldades em processar estímulos seriados, a exemplo da leitura e da tarefa de nomeação seriada rápida (Georgiou, Ghazyani, & Parrila, 2018).

Dislexia e processamento numérico

Dificuldades de matemática na dislexia

De acordo com o estudo de Traff e Passolunghi (2015), crianças com DD apresentam dificuldades com os aspectos verbais da matemática, tais como a recuperação de fatos aritméticos. Segundo as autoras, a principal causa dessa dificuldade são os deficit nas representações fonológicas. Essas dificuldades com os aspetos verbais ocorrem durante a manipulação dos códigos verbais, por exemplo, a palavra numérica, durante a recuperação de fatos aritméticos, a contagem e a realização de cálculo mental (Simmons, Singleton, & Horne, 2008). Igualmente, Simmons e Singleton (2006) reportaram que pessoas com DD apresentam dificuldades que atingem tanto acurácia quanto velocidade, com a recuperação de fatos aritméticos e contagem mental da infância até a idade adulta. Da mesma forma, Boets e Smedt (2010) relataram que crianças com DD apresentaram dificuldades com as operações de multiplicação, sendo que as evidências apontaram uma lentificação quanto à recuperação dos fatos aritméticos.

Apesar das evidências apontando que o deficit fonológico implica em dificuldades de leitura e matemática, Traff, Desoete e Passolunghi (2017) constataram que as crianças com DD podem apresentar deficit aritméticos não somente devido às representações fonológicas degradadas, mas também devido a deficit no acesso lexical, em concordância com o que prevê o modelo do deficit duplo da DD. Isto se deve ao fato de que crianças com DD apresentaram

lentidão na realização de tarefas básicas da matemática prejudicando o acesso aos símbolos numérico. Desta forma, os autores constataram que a nomeação seriada rápida é um forte preditor para a fluência aritmética e para o cálculo, podendo levar a deficit nessas habilidades em crianças com DD. Outro ponto importante desse estudo é que os autores reportaram que as crianças com DD pura podem apresentar dificuldades da matemática na ausência de uma comorbidade com a DC.

Um estudo aponta que crianças com DD apresentam uma diminuição da ativação cerebral no giro supramarginal esquerdo, uma região com implicações importantes para a linguagem e que também é importante durante a realização de tarefas matemáticas (Evans, Flowers, Napoliello, Olulade, & Eden, 2014). Por exemplo, em tarefas de cálculo com adição e subtração, é esperado, em crianças com desenvolvimento típico, uma maior ativação durante a tarefa de subtração em comparação às de adição. Essa superativação é esperada porque a adição é uma tarefa baseada na recuperação de fatos e a subtração é uma tarefa baseada em procedimentos, o que requer a ativação de mais áreas cerebrais (sulco intraparietal bilateral, giro supramarginal direito e o cíngulo anterior). Entretanto, crianças com DD não apresentam essa diferença de ativação, mas apresentam um padrão de ativação inverso, isto se deve ao fato de que essas crianças utilizam estratégias baseadas em procedimentos para ambas as operações de adição e subtração. Esses mesmos autores apontaram que essa subativação do giro supramarginal esquerdo não implica em deficit apenas nas habilidades de leitura ou do processamento fonológico, mas é importante também para o processamento dos aspectos verbais da matemática.

Em suma, percebe-se que as dificuldades na matemática observadas em crianças com DD são explicadas por um mecanismo subjacente de processamento fonológico e de velocidade de acesso ao léxico relacionado as áreas cerebrais da linguagem e que influencia o desempenho em tarefas numéricas com demanda verbais. Isto pode tornar mais difícil uma

diferenciação da comorbidade entre DD e DC, de um quadro de DD com dificuldades nos aspectos verbais na matemática, uma vez que há correntes teóricas na DC que também apresentam, como causa dos deficit na matemática, os deficit fonológicos como mecanismos aditivos ou compartilhados na comorbidade DD-DC (Hecht, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2001; Moll & Landerl, 2009; Ramus et al., 2003; Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, 2010). Desta forma, segue uma breve revisão acerca da definição da DC e suas implicações em uma co-ocorrência com a DD.

Comorbidade entre dislexia e discalculia

Conforme discutido anteriormente, além das dificuldades na leitura e na escrita de palavras, pesquisas têm mostrado que as crianças com DD podem apresentar dificuldades na matemática, principalmente em tarefas que requerem habilidades verbais, tais como a contagem, a memorização da tabuada, a realização de alguns cálculos e a leitura e escrita de números em seus diferentes formatos (Clercq-Quaegebeur, Séverine, Bruno, Lemaitre, & Vallée, 2018; Simmons & Singleton, 2006, 2009). Isto se deve ao fato de que os deficit encontrados em crianças com dificuldades na leitura e na matemática decorrem de dificuldades no campo da linguagem (Jordan & Hanich, 2003). Com isso, estudos argumentam que a co-ocorrência entre os transtornos de leitura e os transtornos da matemática são mais comuns que os casos puros de deficit somente de leitura ou somente de matemática (Dirks, Spyer, Lieshout, & Sonnevill, 2008). De fato, entre os transtornos do desenvolvimento, a comorbidade entre DD e a DC é uma das mais importantes, tanto por causa da produção científica sobre o assunto quanto por causa da prevalência relativamente alta, estimada em torno de 32% a 62% (Desoete, 2008; Moll, Kunze, Neuhoff, Bruder, & Schulte-Korne, 2014), podendo chegar até a 70% (Landerl & Moll, 2010).

Os deficit encontrados na DC não podem ser justificados por deficit intelectuais (QI), nem dificuldades sensoriais ou privação acadêmica (Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004). A

DC apresenta uma prevalência estimada em torno de 3,5% a 6,5% das crianças em idade escolar (Aster & Shalev, 2007) e é considerada um transtorno heterogêneo e que pode ter uma manifestação primária ou secundária (Price & Ansari, 2013).

Com relação à comorbidade entre a DD e a DC, um estudo recente de neuroimagem utilizando Ressonância Magnética Funcional (fMRI) foi o primeiro a investigar correlatos neurais entre o quadro comórbido de DD e DC (Peters, Bulté, Daniels, Beeck, & Smedt, 2018). Os participantes do estudo foram divididos em crianças com DD pura, crianças com DC pura, crianças com a comorbidade DD + DC e crianças com desenvolvimento típico. Os resultados de neuroimagem mostraram diferença significativa entre as crianças com transtorno específico de aprendizagem e o grupo com desenvolvimento típico (Peters et al., 2018). Entretanto, surpreendentemente, semelhanças foram encontradas entre os grupos DD pura, DC pura e entre o grupo com comorbidade. Desta forma, nenhuma diferença foi encontrada nos correlatos neurais entre as crianças com transtorno específico de aprendizagem durante a realização de atividades numéricas.

Para melhor compreensão da DC, uma breve revisão sobre alguns modelos teóricos será citada. As hipóteses descritas foram selecionadas para explicar os fatores causais subjacentes à comorbidade entre a DD e a DC. Entretanto, o estudo de Peters et al. (2018) apontou que nenhuma distinção foi encontrada entre os correlatos neurais e os correlatos cognitivos de forma a demonstrar a especificidade dos deficit nos quadros comórbidos.

Principais modelos teóricos da comorbidade entre a dislexia e a discalculia

Modelo do deficit cognitivo comum. De acordo com Simmons et al. (2008) e Geary (1993), os deficit encontrados na comorbidade entre a DD e a DC ocorrem devido a deficit fonológicos. Desta forma, os deficit fonológicos seriam comuns tanto como causa subjacente as tarefas de matemática como de leitura. Por exemplo, estudos relatam que as dificuldades na

DC ocorrem devido a falhas nos mecanismos compensatórios da linguagem durante as tarefas de cálculos ou de recuperação da informação numérica (Kaufmann et al., 2009). Desta forma, uma explicação que embasa essa teoria é que a aprendizagem da leitura e dos fatos numéricos em alguns países, inclusive no Brasil, ocorre por meio de um ensino oral. O ensino oral requer uma demanda cognitiva relacionada ao processamento fonológico de forma a possibilitar uma representação fonológica do que está sendo dito e ensinado. Desta forma, depois que a informação fonológica é armazenada, ela pode ser recuperada da memória para o desempenho da tarefa cognitiva de leitura e aritmética (Robinson, Menchetti, & Torgesen, 2002).

Modelo do deficit cognitivo de domínio específico. Essa hipótese defende que DC e DD resultam de deficit cognitivos independentes entre si e, portanto, apresentam perfis cognitivos diferentes. Nesse sentido, a comorbidade entre a DC e a DD seria resultado de deficit simultâneos nas habilidades numéricas, por exemplo no senso numérico e nas habilidades fonológicas (Landerl et al., 2009). Ou seja, os deficit de processamento fonológico e processamento numérico seriam aditivos e não compartilhados (Wilson et al., 2015). Rubinstein e Henik (2006) demonstraram que crianças com DC apresentaram dificuldades em fazer associação entre numerais arábicos e suas representações internas de magnitudes, mas não apresentaram problemas na correspondência fonema-grafema, enquanto algumas crianças com DD apresentaram problemas em fazer a integração entre letras e sons, mas nenhuma dificuldade foi encontrada em tarefas de processamento numérico. Em suma, o estudo de Landerl et al. (2009), ao investigar o perfil cognitivo entre a DD e a DC, encontrou resultados que refletem que as crianças com DD apresentam, dentro da visão do domínio específico, deficit no processamento fonológico, mas não em tarefas de módulo numérico. Enquanto as crianças com DC apresentam deficit no processamento numérico, mas não em tarefas de consciência fonológica.

Transcodificação numérica

Conforme foi revisado neste trabalho, as dificuldades na matemática podem estar relacionadas a tarefas verbais em crianças com DD. Além disso, os deficit de processamento fonológico podem exercer uma influência importante para o desempenho de tarefas de recuperação de fatos aritméticos, cálculo mental e transcodificação numérica. Uma das habilidades numéricas mais básicas, aprendida logo no início da vida escolar, é a transcodificação numérica, que consiste em converter os diferentes sistemas de notação de número (Deloche & Seron, 1982a, 1987; Moura et al., 2015). A transcodificação representa um ponto de interseção entre habilidades numéricas e habilidades fonológicas devido à relação entre alguns processos cognitivos verbais e numéricos (Lopes-Silva, Moura, Júlio-Costa, Haase, & Wood, 2014; Pourquoié & Nespoulous, 2018).

Um ponto importante no estudo da transcodificação numérica é a estrutura lexical e sintática das notações numéricas arábica e verbal. O léxico arábico numérico é formado pelas unidades (0 a 9), dezenas (20 a 90) *teens* (16 a 19, no português), centenas (100 a 900) e milhares. Existem ainda casos particulares, isto é, numerais que possuem nomes verbais próprios, sem uma organização sintática específica, como é o caso dos números *onze*, *doze* e *quinze*, que se diferenciam dos demais *teens*, e do *vinte*. Um ponto importante é a diferença existente na maneira como a sintaxe numérica verbal e arábica são estruturadas. As diferenças entre as sintaxes verbal e arábica constituem a principal dificuldade enfrentada pelas crianças no início da vida escolar (Camos, 2008; Moura et al., 2013, 2015; Zuber et al., 2009).

A sintaxe numérica verbal é organizada pelos componentes aditivos e multiplicativos (Camos 2008; Deloche & Seron, 1982b; Noel & Seron, 1993; Power & Martello, 1990). O componente aditivo indica uma relação de soma entre os numerais (por exemplo, no numeral *vinte e cinco*, o "e" indica a adição entre o *vinte* e o *cinco*) e o componente multiplicativo indica uma relação de multiplicação (por exemplo, no numeral *quatrocentos*, existe uma

multiplicação entre *quatro* e o *cem*). No sistema arábico, a principal característica é a sintaxe de valor posicional baseada em potências de base 10.

Segundo Lambert e Moeller (2019) e Moeller, Pixner, Zuber, Kaufmann e Nuerk (2011), o aprendizado da sintaxe de valor posicional no início do ensino fundamental é um bom preditor da capacidade de cálculos mais complexos dois anos mais tarde. No caso das crianças com dificuldade na matemática, alguns estudos mostraram que as dificuldades com a compreensão do valor posicional persistem mesmo após o terceiro ano do ensino fundamental (Moura et al., 2013; Moura et al., 2015).

É importante citar que as maiores dificuldades encontradas na transcodificação são observadas na escrita de numerais mais complexos em relação à sua sintaxe (Camos, 2008; Moura et al., 2013; Zuber et al., 2009), devido às regras da organização sintática desses números. Um exemplo dessas dificuldades consiste na organização dos números em uma sintaxe de base 10 (e.g., 1012) como já foi citado acima. Isto ocorre porque números mais complexos demandam procedimentos mais complexos. Alguns modelos semânticos e assemânticos foram desenvolvidos para explicar a complexidade da transcodificação numérica de uma notação para outra. Os modelos semânticos defendem que a transcodificação de números requer o acesso a uma representação numérica abstrata, baseada no tamanho do número (Loosbroek, Dirkx, Hulstijn, & Janssen, 2009; McCloskey, 1992) e os assemânticos adotam que a transcodificação não ativa uma representação de magnitude (Deloche & Seron, 1987).

Na tentativa de explicar por que determinados erros de transcodificação não podiam ser explicados por modelos semânticos foi que Barrouillet, Camos, Perruchet e Seron (2004) desenvolveram o modelo ADAPT. Esse modelo foi desenvolvido como uma proposta de explicar a transcodificação numérica da notação verbal oral para a arábica a partir de um modelo de processamento de informação baseado em regras de produção. Segundo esse

modelo, a transcodificação é um processo assemântico, isto é, não necessita de acesso à representação de conceitos numéricos e procedural, uma vez que é realizada por um sistema de produção que emprega algoritmos computacionais. Ainda de acordo com esse modelo, numerais sintaticamente mais complexos (e.g., 2065), além de demandarem mais etapas ou regras de transcodificação, demandam também a aplicação de procedimentos que dependem de um conhecimento mais apurado sobre a sintaxe das notações numéricas.

Segundo o modelo ADAPT, os numerais verbais, após breve armazenamento no buffer fonológico, são decompostos em unidades menores, as quais são manipuladas e convertidas, pelo sistema de produção, para o formato arábico. Numerais mais simples ou muito frequentes na língua podem, após armazenamento no buffer, ter sua forma arábica recuperada diretamente da memória de longo-prazo.

Conforme esse modelo, quanto mais regras na organização da sequência numérica, ou seja, quanto mais complexo for um número, maior será a demanda cognitiva da memória de trabalho. Isto se deve ao fato de que, em uma tarefa de escrita sob ditado de números, o *input* acontece pela informação da palavra numérica que precisa ser convertida em numeral arábico. Entretanto, quanto mais complexo for o número a ser decodificado fonologicamente, maior será a demanda de processos da memória de trabalho, principalmente no *loop* fonológico e no executivo central (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975; Ven, Maas, Straatemeier, & Jansen, 2013). Outra alternativa para explicar o papel da memória de trabalho na transcodificação é devido à sua importância para a aprendizagem das regras de transcodificação. As regras mais complexas, geralmente, podem levar à sobrecarga no acesso de códigos fonológicos e no acesso ao conhecimento da organização sintática dos números na memória de longo prazo (Camos, 2008).

Dificuldades na transcodificação numérica em crianças foram observadas por vários estudos publicados. De acordo com Seron e Fayol (1994), os principais erros cometidos pelas

crianças eram de natureza sintática. O estudo de Loosbroek et al. (2009) apontou que crianças com dificuldades na matemática apresentam desempenho abaixo da média em comparação com crianças com desenvolvimento escolar típico, na tarefa de transcodificação de números. De acordo com o autor, essas dificuldades não foram encontradas tanto em números complexos (números mais extensos de três a quatro dígitos) como em números pequenos também. O estudo de Moura (2015) com crianças brasileiras demonstrou que há uma melhora no desempenho na tarefa de transcodificação à medida que a criança aumenta seu nível de escolaridade. O estudo de Landerl, Bevan & Butterworth (2004) observou que crianças com DD podem apresentar dificuldades com tarefas matemáticas que apresentam uma demanda cognitiva de habilidades verbais ou fonológicas. Um exemplo importante acerca das dificuldades da transcodificação de números que envolve a base 10 foi mostrado por Camos (2008), Haupt, Gillebert e Demeyere (2017) e Moura e colaboradores (2013). Segundo esses estudos, a quantidade de erros cometidos por violar a regra sintática envolvendo o número zero foi maior que qualquer outro tipo de erro sintático. Desta maneira, percebe-se um nível de complexidade maior nessa forma de notação arábica.

Mas qual seria a base dos deficit subjacentes a essas dificuldades de transcodificação? As propostas de explicação dessas dificuldades são baseadas nas funções cognitivas envolvidas na transcodificação numérica, em especial na memória de trabalho e no processamento fonológico, além de peculiaridades de cada idioma. Um estudo encontrou, como uma das causas subjacentes, a habilidade de transcodificar números os deficit relacionados aos processos cognitivos fonológicos (Lopes-Silva et al., 2014), em especial a memória de trabalho verbal (Camos, 2008). O estudo de Camos (2008) encontrou evidências de que um deficit na capacidade de memória de trabalho foi o responsável pela taxa de erros na transcodificação de números complexos. Um estudo realizado com crianças alemãs demonstrou que as dificuldades de transcodificação sofriam uma influência das propriedades

específicas da língua alemã que, por conseguinte, influenciava a demanda cognitiva dos subcomponentes da memória de trabalho (Zuber et al., 2009). Outro estudo que encontrou os efeitos da linguagem nas tarefas verbais da matemática, por meio das representações numéricas verbais de uma língua nativa, foi o de Pixner, Zuber, Hermanová, Kaufmann, Nuerk e Moeller (2011). Moura e colaboradores (2013) observaram que as crianças apresentavam dificuldades na tarefa de transcodificar números com uma ocorrência maior de erros lexicais nas séries iniciais, já os erros sintáticos foram observados em todos os níveis de escolaridade do estudo.

Em geral, não há muitos estudos sobre o desempenho da transcodificação na dislexia, alguns autores reportaram estudos de relatos de caso com pacientes acometidos por lesões cerebrais ou doenças degenerativas (Cipolotti, Butterworth, & Warrington, 1994; Cipolotti, Warrington, & Butterworth, 1995; Deloche & Seron, 1982b; Seron & Deloche, 1984). Outros estudos mais recentes apresentaram resultados relacionados a dificuldades na complexidade da sintaxe numérica em crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática (Moura et al., 2013, 2015). Além disso, estudos de Clercq-Quaegebeur et al. (2018) observaram que algumas crianças com dislexia apresentam deficit relacionados à matemática, inclusive na transcodificação numérica.

Mesmo sendo um transtorno heterogêneo, os casos de DD com deficit na leitura e na matemática precisam ser melhor investigado e ancorados pelos modelos teóricos, principalmente o modelo do deficit duplo da DD, de forma a favorecer uma distinção entre os casos de DD pura com deficit nas habilidades verbais da matemática e os casos de comorbidade entre a DD-DC. Com isso, as hipóteses do presente estudo é que assim como as crianças com DD apresentam um deficit nas habilidades do processamento fonológico, o mesmo ocorre na habilidade de transcodificação numérica. Essa dificuldade no desempenho da transcodificação numérica tem uma relação explícita com o desempenho nas habilidades

do processamento fonológico, visto que a transcodificação está relacionada aos aspectos verbais da matemática. A principal dificuldade das crianças com DD na escrita de números sob ditados está relacionada aos aspectos lexicais dos numerais em decorrência dos déficits de acesso da informação verbal na memória de longo prazo.

Objetivo

O objetivo deste estudo é investigar as habilidades de escrita de numerais arábicos via ditado em crianças com perfil de dislexia do desenvolvimento e como o desempenho dessas crianças relaciona-se com os deficit de processamento fonológico comumente encontrados nesses casos. Pretende-se também investigar a natureza da dificuldade na transcodificação numérica, isto é, se as mesmas decorrem de dificuldades com o conteúdo lexical ou sintático dos códigos numéricos.

Método

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa (CEP-UNB), parecer nº 2.263.519 do Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília em coparticipação com a Secretaria de Saúde do Distrito Federal.

Participantes

Os participantes não apresentavam diagnóstico para transtornos psiquiátricos, neurológicos nem passaram por privação educacional. As crianças do grupo com perfil de dislexia (GD) foram recrutadas no ambulatório de linguagem de um hospital público, na cidade de Brasília, Distrito Federal, onde recebiam atendimento voltado para dificuldades de linguagem e aprendizagem, e o grupo controle (GC) foi recrutado em uma escola da rede pública do mesmo município.

O critério de seleção para constituir a amostra geral foi de crianças e adolescentes, nativos do português, na faixa etária de 7 a 16 anos. Os critérios de inclusão para o GD foi ausência de deficit intelectuais, caracterizado aqui por desempenho acima de $z = -1.5$ no Raven, e dificuldades importantes na leitura de palavras isoladas, caracterizado aqui pelo desempenho abaixo do percentil 5 na tarefa de leitura de palavras. Os critérios de inclusão para o GC foram de crianças sem dificuldades na leitura de palavras, sem dificuldades na matemática e também com ausência de deficit intelectuais.

A amostra inicial foi composta por 80 participantes, 40% do sexo feminino e 60% do sexo masculino, sendo 24 do GC (52.2% feminino e 47.8% masculino) e 56 do GD (29.6% feminino e 70.4% masculino). Todos os participantes eram brasileiros e falantes do português e apresentavam faixa etária entre 7 e 12 anos ($m = 9,33$; $dp = 1,20$). Para exclusão de participantes com desempenho prejudicado nas tarefas neuropsicológicas, foi adotado, como ponto de corte, um desvio padrão e meio abaixo da média do grupo ($z < -1.5$). No GC, uma criança foi excluída por ficar abaixo do ponto de corte na tarefa de leitura. No GD, foram excluídas, ao todo, 30 crianças, sendo 13 crianças excluídas por apresentarem desempenho abaixo de $z = -1.5$ no Raven, 13 por apresentarem desempenho acima do percentil 5 no LPI, e 4 por não terem completado as tarefas de transcodificação numérica e de processamento fonológico.

A amostra final contou com 49 crianças de ambos os sexos. O GC foi composto por 23 crianças com idades variando entre 7 e 10 anos ($m = 8,69$; $dp = 0,92$) e o GD foi formado por 26 crianças com idades variando entre 8 e 12 anos ($m = 9,88$; $dp = 1,14$). Um teste t indicou que o GD apresentou média de idade significativamente maior que o GC ($t = -3,96$; $p < 0,001$; $d = 1,14$).

As crianças foram, ainda, classificadas em três níveis de escolaridade para adequar o tamanho reduzido da amostra do GD, sendo o nível I composto pelas crianças matriculadas no

3º ano (GC: n = 10; GD: n = 10), nível II, com crianças do 4º ano (GC: n = 7; GD: n = 8) e nível III com crianças do 5º e 6º ano (GC: n = 6; GD: n = 8).

Materiais e procedimentos

Todos os testes foram aplicados em uma única sessão com duração de 60 minutos. A ordem dos testes foi aleatorizada em três folhas de resposta. O Raven e a tarefa de transcodificação foram os primeiros testes aplicados, respectivamente nesta ordem, em ambos os grupos. A aplicação dos testes contou com o auxílio de estudantes de Psicologia da Universidade de Brasília. A seguir, cada um dos testes será explicado em detalhes.

Transcodificação numérica. Tarefa de escrita de numerais arábicos mediante ditado (Apêndice D), baseada nas tarefas publicadas por Moura e colaboradores (2013; 2015). Ao todo, foram ditados 81 números de 1 a 4 dígitos e com diferentes níveis de complexidade. A complexidade de cada número foi baseada na quantidade de regras (procedimentos) de transcodificação determinadas pelo modelo ADAPT. A tarefa foi aplicada de forma coletiva no GC e de forma individual no GD.

Matrizes progressivas coloridas de Raven. O teste matrizes coloridas de RAVEN - adaptação para a versão brasileira (Paula, Schlottfeldt, Malloy-Diniz & Mizuta, 2018), foi empregado na avaliação da inteligência fluida. Os escores brutos foram transformados em escore z utilizando a média e o desvio padrão informados no manual do teste.

Cubos de Corsi. (Corsi, 1973). A memória de curto prazo foi mensurada por meio da ordem direta e a memória de trabalho foi mensurada por meio da ordem inversa. Foi calculado o escore total e, para isso, o total de acertos de cada tarefa foi multiplicado pelo *span*.

Leitura de palavras. O teste de leitura de palavras e pseudopalavras - LPI (Salles, Piccolo, Zamo & Toazza, 2013) foi aplicado de forma individual na tela de um computador. O desempenho de leitura foi analisado de acordo com as normas da tarefa de leitura de

palavras e pseudopalavras - LPI (Salles et al., 2013). Como ponto de corte, foi adotado o percentil 2,5 que equivale a ($z = -1,6$) desvio-padrão.

Julgamento de rimas. Foram apresentados um paradigma experimental (Freitas, 2009) composto por pares de estímulos em forma de figuras. Os participantes deveriam dizer se os nomes das figuras rimavam ou não. Os estímulos consistiam de 3 itens de treino e 30 itens de testes. Os estímulos foram apresentados em uma tela de computador.

Supressão de fonemas. Uma série de palavras foi falada para os participantes de forma individual. As instruções foram para que os participantes repetissem a palavra ouvida, excluindo o fonema solicitado da palavra. A tarefa consistiu em 28 itens. Os participantes foram submetidos a uma fase de treino contendo quatro itens (Wagner & Torgesen, 1987; Castles & Coltheart, 2004; Melby-Lerva et al., 2012).

Digit Span. Essa tarefa avalia a memória de curto prazo verbal e a memória de trabalho verbal (Figueiredo & Nascimento, 2007). A memória de curto prazo foi mensurada por meio da ordem direta e a memória de trabalho foi mensurada por meio da ordem inversa.

Tarefas de Nomeação Seriada Rápida (Rapid Automated Naming - RAN). As tarefas de nomeação automática rápida de letras, cores, figuras e números (Wagner, Torgesen & Rashotte, 1999) foram aplicadas de forma individual para todos os participantes da amostra. Cada tarefa era composta por repetições de 6 figuras (barco, lápis, cadeira, chave, estrela e peixe) letras (S, R, N, E, P e J), cores (preto, verde, azul, vermelho, marrom e amarelo) ou dígitos (2, 7, 4, 5, 3 e 8), totalizando 72 itens de cada estímulo. Cada um desses estímulos apresentou duas pranchas com 36 itens, totalizando os 72 itens. Um cronômetro foi utilizado para mensurar o tempo de resposta. Os estímulos estavam dispostos em 9 itens por linha. Os erros não foram computados.

Análise de dados

Os dados foram analisados por meio do SPSS 23.0. Todos os efeitos foram investigados a partir do teste t para amostras independentes ou modelos de ANOVAs fatoriais. Quando necessário, idade (em meses) e inteligência foram inseridas como covariáveis nos modelos de ANOVA. Adotamos um nível de significância mínimo de $\alpha = 0,05$ para identificar as diferenças entre os grupos. Análises de regressão foram realizadas para testar as variáveis preditoras do desempenho da tarefa de transcodificação e dos tipos de erros cometidos pelas crianças nesta tarefa.

Resultados

Para analisar se os grupos apresentavam diferença significativa entre si, testes t foram realizados. Além da diferença na idade, os dois grupos também apresentaram diferenças significativas e fortes em relação à inteligência, com escores maiores no GC ($t = 3,31$; $p < 0,05$; $d = 0,94$). Apesar disso, todos os participantes de ambos os grupos foram classificados dentro da média, de acordo com o manual do teste. Em função desses resultados, todas as análises a seguir incluirão como covariáveis a idade (em meses) e o escore no Raven (padronizado de acordo com as normas do manual).

A tarefa de leitura foi analisada pelo desempenho geral dos participantes e pelo desempenho na leitura de palavras regulares, irregulares e pseudopalavras. A análise do desempenho total de leitura mostrou, conforme esperado pelos critérios de inclusão e pelas normas do manual do teste, escores significativamente maiores no GC ($F[1; 49] = 96,17$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,68$). A seguir, serão apresentados os resultados obtidos na avaliação da memória de curto de prazo e da memória de trabalho visuoespacial e do processamento fonológico, respectivamente.

Na tarefa Cubos de Corsi, os dois grupos apresentaram desempenhos semelhantes na ordem direta ($F[1; 45] = 0,24$; $p = 0,63$; $\eta^2 = 0,005$) e na ordem inversa ($F[1; 45] = 3,78$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,08$), porém com magnitude de efeito entre leve e moderada.

Na tarefa de supressão de fonemas, o GD apresentou desempenho significativamente mais baixo que o GC ($F[1; 45] = 129,30$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,74$). Na tarefa de julgamento de rimas, o GD apresentou desempenho abaixo da média em comparação ao GC ($F[1; 45] = 29,25$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,39$). Na ordem direta da tarefa Digit Span, o GD apresentou escores significativamente mais baixos que o GC ($F[1; 45] = 16,36$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,27$). Na ordem inversa, o mesmo padrão de resultado foi observado ($F[1; 45] = 15,25$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,25$).

Na tarefa de nomeação de figuras, o GD apresentou desempenho abaixo da média em comparação ao GC ($F[1; 45] = 13,19$; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,23$). Em todas as tarefas RAN, o GD apresentou um tempo de reação médio maior que o GC. Na tarefa RAN figuras, observou-se uma diferença significativa entre os grupos ($F[1; 45] = 30,08$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,40$). Na RAN letras, foi observada também uma diferença significativa ($F[1; 45] = 34,25$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,43$). Na tarefa RAN cores, os resultados apontaram um efeito significativo ($F[1; 45] = 19,89$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,30$). Por fim, a tarefa RAN números indicou uma diferença entre os grupos ($F[1; 45] = 19,09$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,30$). Todas as tarefas apresentaram magnitude de efeito grande.

Para analisar a influência da complexidade sintática dos números ditados no desempenho das crianças, ou seja, as regras para organização sintática dos números, foi realizada uma ANCOVA de medidas repetidas, adotando, como fator intrassujeitos, a complexidade numérica (duas a sete regras de transcodificação) e, como fatores entressujeitos, o grupo (GC e GD) e o nível escolar (níveis I, II ou III). Uma vez que o fator nível escolar já se correlaciona com a idade, apenas a inteligência foi incluída como covariável. Como a tarefa de transcodificação possui quantidades diferentes de itens em cada

nível de complexidade sintática, essa análise teve, como variável dependente, a proporção de acertos em cada um desses níveis.

Essa análise revelou um efeito significativo da complexidade sintática ($F[5; 210] = 48,94; p < 0,001; \eta^2 = 0,54$), com escores diminuindo na medida em que a complexidade sintática aumenta. Uma análise de contrastes indicou diferenças significativas entre todos os níveis de complexidade (todos os p 's $< 0,05$). Foi observado também um efeito significativo do nível escolar ($F[2; 42] = 12,01; p < 0,001; \eta^2 = 0,36$), com uma análise de contraste indicando aumento significativo nos escores entre o nível I e o nível II ($p < 0,001$), mas não entre o nível II e o nível III de escolaridade ($p = 0,609$). Um efeito significativo do fator grupo ($F[1; 42] = 74,61; p < 0,001; \eta^2 = 0,64$) refletiu os escores geralmente maiores no GC em comparação com o GD. Além disso, a análise revelou uma interação significativa entre a complexidade sintática e o grupo ($F[5; 210] = 26,28; p < 0,001; \eta^2 = 0,38$), indicando que o efeito de complexidade foi diferente em cada um dos grupos. A fim de investigar tal interação, a ANCOVA foi realizada separadamente para cada um dos grupos, sem o fator grupo. O efeito da complexidade numérica foi significativo no GC ($F[5; 95] = 5,74; p < 0,05; \eta^2 = 0,23$) e no GD ($F[5; 110] = 35,64; p < 0,001; \eta^2 = 0,62$), mas com magnitude maior no segundo grupo. Por fim, uma interação significativa também foi observada entre o nível escolar e o grupo ($F[2; 42] = 11,64; p < 0,001; \eta^2 = 0,36$), indicando que o efeito da escolaridade foi diferente em cada grupo. Essa interação foi investigada em mais detalhes em duas ANCOVAs realizadas para cada um dos grupos. Os resultados dessas análises revelaram efeito significativo do nível de escolaridade apenas no GD ($F[2; 25] = 11,95; p < 0,001; \eta^2 = 0,52$). A figura 1 mostra os efeitos de complexidade numérica, grupo e série na tarefa de

transcodificação numérica.

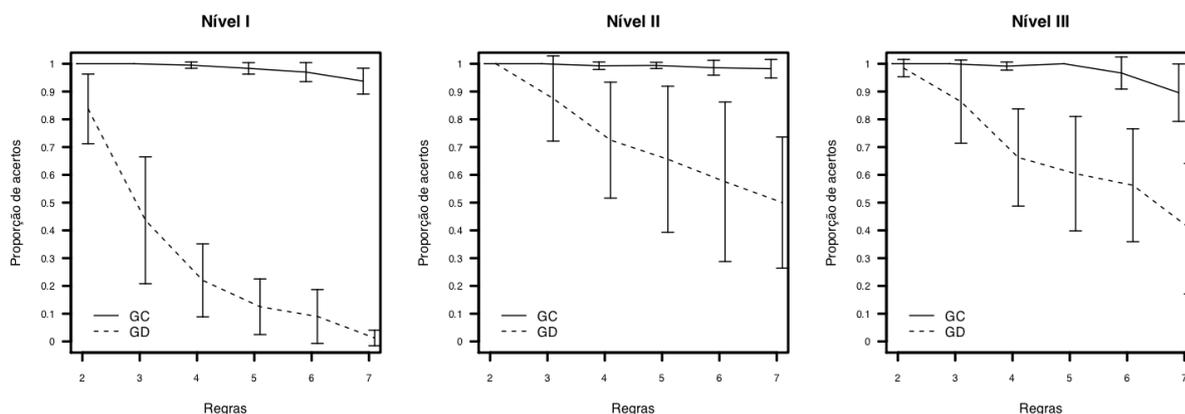


Figura 1. Efeitos da complexidade numérica, grupo e nível escolar sobre o desempenho na transcodificação numérica.

Modelos de regressão linear foram testados a fim de investigar o poder preditivo das variáveis de processamento fonológico sobre a transcodificação numérica. Para essa análise, foram utilizados os escores residuais padronizados após removido o efeito da idade (em meses) das tarefas de supressão de fonemas, julgamento de rimas, RAN números e nomeação de figuras. A análise foi realizada pelo método *stepwise*.

Os resultados revelaram um modelo significativo ($F = 60,21$; $p < 0,001$) explicando 71% da variância (R^2 ajustado). As variáveis com poder preditivo significativo foram a supressão de fonemas ($b = 0,58$; $t = 5,80$; $p < 0,001$) seguida pela tarefa RAN letras ($b = -0,36$; $t = 3,61$; $p < 0,01$). Em seguida, a mesma análise foi realizada separadamente para os grupos. No GC, o modelo encontrado foi significativo ($F = 6,14$; $p < 0,05$; r^2 ajustado = 0,19) e o único preditor significativo foi a tarefa de supressão de fonemas ($b = 0,08$, $t = 2,48$; $p < 0,05$). Já no GD, o modelo também foi significativo ($F = 12,26$; $p < 0,001$; r^2 ajustado = 0,47), com a supressão de fonemas ($b = 0,54$, $t = 3,63$; $p < 0,05$) e RAN números ($b = -0,36$, $t = 2,42$; $p < 0,05$) como preditores significativos. Como pode ser visto, a supressão de fonemas

foi o único preditor presente nos dois grupos e o que melhor explica a variância dos dados (R^2 modificado variando entre 0,11 e 0,64).

Os erros cometidos na tarefa de transcodificação numérica foram classificados em erros sintáticos e lexicais. Os erros lexicais ocorrem sempre que um número é recuperado erroneamente no léxico numérico; por exemplo, quando "sete" é escrito como "6" ou quando "treze" é escrito como "30". Os erros sintáticos, por sua vez, ocorrem devido à violação de algum princípio da sintaxe do código arábico; por exemplo, quando "trezentos" é escrito como "30" ou quando "mil trezentos e vinte e nove" é escrito como "1000300209". Esses erros geralmente são mais frequentes nas crianças e são usados como um indicador do conhecimento da sintaxe de valor posicional do código arábico (Camos, 2008; Zuber et al., 2009; Moura et al., 2013).

Ao todo, 1149 erros foram classificados, sendo 430 erros lexicais e 719 erros sintáticos. É importante notar que uma mesma resposta pode conter mais de um tipo de erro e, portanto, a quantidade de erros analisados é maior que a quantidade de respostas erradas obtidas no estudo. O GC cometeu um total de 24 erros, correspondendo a cerca de 2% do total de erros classificados, os quais foram divididos em 16 erros lexicais (66,7%) e 8 erros sintáticos (33,3%). O GD, por sua vez, cometeu 1125 erros, cerca de 98% do total de erros analisados neste estudo, divididos em 414 erros lexicais (36,8%) e 711 erros sintáticos (63,2%). Percebe-se que o GC apresentou uma maior taxa de erros lexicais em comparação aos erros sintáticos e o inverso ocorreu com o GD, conforme indicado pelo teste exato de Fisher ($p < 0,01$, razão de chance = 3,43).

Foi realizada uma ANCOVA de medidas repetidas, adotando como fatores intrassujeitos o tipo de erro (lexical ou sintático) e como fator entressujeitos o grupo (GC e GD) e o nível de escolaridade (I, II e III). O Raven foi inserido como covariável. Essa análise revelou um efeito significativo de tipo de erro ($F[1; 42] = 12,34$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,23$),

indicando uma frequência maior de erros sintáticos, um efeito de grupo ($F[1; 42] = 44,83; p < 0,001; \eta^2 = 0,52$), indicando uma frequência significativamente maior de erros classificados no GD e um efeito significativo de nível escolar ($F[2; 42] = 8,77; p < 0,01; \eta^2 = 0,29$). Nesse último efeito, uma análise de contrastes indicou uma diferença significativa entre o primeiro e o segundo nível de escolaridade ($p < 0,001$), mas não entre o segundo e o terceiro nível ($p = 0,99$). Foi observada, ainda, uma interação significativa entre o tipo de erro e o grupo ($F[1; 42] = 5,80; p < 0,05; \eta^2 = 0,12$), indicando que o efeito do tipo de erro foi diferente entre os grupos. Testes post-hoc, com correção de Bonferroni, mostraram que no GC há uma frequência semelhante de erros lexicais e sintáticos ($t = 1,36; p = 0,19$), enquanto no GD a frequência de erros sintáticos é significativamente maior que a frequência de erros lexicais ($t = 3,96; p = 0,001$). Nenhuma outra interação alcançou significância estatística.

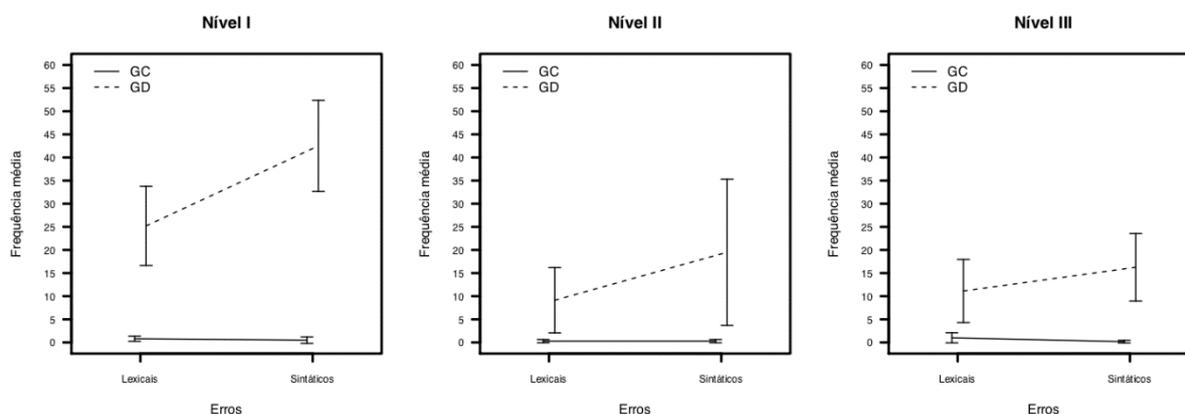


Figura 2. Erros lexicais e sintáticos demonstrados por grupo e nível de escolaridade.

Modelos de regressão linear também foram testados com o objetivo de testar os preditores cognitivos dos erros lexicais cometidos na transcodificação numérica. A análise foi realizada pelo método *stepwise*, seguindo os mesmos procedimentos das regressões anteriores. A análise resultou em um modelo significativo ($F = 27,94; p < 0,001$), explicando 53% da variância. As tarefas RAN números ($b = 0,46; t = 4,15; p < 0,001$) e a supressão de

fonemas ($b = -0,40$; $t = -3,62$; $p \leq 0,001$) foram as variáveis que apresentaram poder preditivo significativo. Logo após, a mesma análise de regressão foi realizada para os dois grupos separadamente. O GC não apresentou nenhum preditor significativo, em função da quantidade reduzida de erros lexicais neste grupo. No GD, o modelo significativo ($F = 12,88$; $p < 0,001$; r^2 ajustado = 0,49) apresentou como variáveis preditoras a ordem direta do Digit Span ($b = -0,50$; $t = -3,36$; $p < 0,01$) e a tarefa RAN números ($b = 0,41$; $t = 2,79$; $p = 0,01$).

Um modelo de regressão linear pelo método *stepwise* também foi realizado para os erros sintáticos. O modelo explicou 67% da variância ($F = 33,22$; $p < 0,001$). Esse modelo indicou, como melhores preditores, a supressão de fonemas ($b = -0,79$; $t = -6,25$; $p < 0,001$), a tarefa RAN números ($b = 0,32$; $t = 3,44$; $p = 0,001$) e o julgamento de rimas ($b = 0,28$; $t = 2,36$; $p < 0,05$). Em seguida, uma análise de regressão foi realizada para o GC e para o GD. A análise revelou que o modelo significativo no GC ($F = 14,44$; $p = 0,001$) explicou 38% da variância, indicando a supressão de fonemas como o preditor significativo dos erros sintáticos ($b = -0,64$; $t = -3,80$; $p = 0,001$). No GD, o modelo também foi significativo, explicando 48% da variância ($F = 8,62$; $p = 0,001$), com a supressão de fonemas ($b = -0,69$; $t = -2,82$; $p = 0,001$), a tarefa RAN números ($b = 0,34$; $t = 2,32$; $p < 0,05$) e o julgamento de rimas ($b = 0,39$; $t = 2,21$; $p < 0,05$) como preditores.

Discussão

Este estudo procurou observar e compreender o desempenho de crianças com DD na tarefa de transcodificação numérica. Os resultados indicam que, comparado com as crianças com desenvolvimento típico, as crianças com perfil de DD, as quais foram caracterizadas por dificuldades fonológicas importantes, apresentaram uma série de dificuldades com a escrita de numerais arábicos, desde os mais simples até os mais complexos. Ademais, essas dificuldades

não podem ser explicadas por eventuais diferenças na inteligência ou idade dos grupos. A seguir, esses resultados serão discutidos em mais detalhes.

Os nossos resultados mostraram que crianças com DD apresentam atraso na aprendizagem dos procedimentos necessários para a transcodificação de numerais sintaticamente mais complexos. Entretanto, apesar de as crianças com DD apresentarem aumento nos escores ao longo dos anos escolares, essa dificuldade parece persistir ao longo dos primeiros anos do ensino fundamental. Geary (2000), por exemplo, também relatou que algumas crianças possam apresentar deficit persistentes na habilidade de transcodificar números mais complexos. Uma explicação plausível pode ir de encontro ao fato de que os deficit de processamento fonológico parecem persistir até a idade adulta em indivíduos com DD (Bruck, 1992). Isso nos leva a inferir que as crianças com DD apresentam um deficit de transcodificação numérica e que esses deficit se correlacionam com as habilidades do processamento fonológico. Além disso, se as habilidades do processamento fonológico são preditores importantes da transcodificação de número, é de se esperar que os deficit de transcodificação também possam ser persistentes em pessoas com DD com comprometimento fonológico. A exceção encontrada, nos erros de transcodificação, foram os numerais mais simples, compostos por um ou dois dígitos, para os quais as crianças com DD mostraram desempenho semelhante ao das crianças com desenvolvimento típico após o primeiro ano do ensino fundamental. Ademais, apesar da quantidade predominante de erros sintáticos, os erros lexicais também foram significativos, indicando que crianças com DD apresentam também uma dificuldade no acesso ao léxico primitivo das unidades segmentadas da palavra numérica (unidades e dezenas).

Os erros cometidos pelas crianças na tarefa de transcodificação foram classificados em lexicais e sintáticos. Não foi observada diferença significativa na frequência de erros lexicais e sintáticos no GC, indicando que esse grupo de crianças não apresenta dificuldades

importantes na escrita de números logo no início do ensino fundamental. Esse resultado não está de acordo com outros reportados na literatura (Moura et al., 2013, 2015; Seron, Deloche, & Noël, 1992), os quais sugerem que mesmo crianças com desempenho típico não apresentam efeito de teto no primeiro ano do ensino fundamental e melhoram o desempenho nos anos seguintes. Essa diferença nos achados pode ser explicada, em parte, pelas diferenças pedagógicas entre as escolas. Tais variáveis não foram investigadas no presente estudo e merecem atenção em futuras pesquisas. As crianças com DD, por outro lado, cometeram taxas significativamente maiores de ambas as classes de erros e com uma proporção significativamente maior de erros sintáticos em comparação com os lexicais. Esse achado está em conformidade com uma série de outros estudos investigando crianças com desenvolvimento típico (Camos, 2008; Seron & Fayol, 1994; Zuber et al., 2009) e crianças com dificuldade de aprendizagem da matemática (Moura et al. 2013). Além disso, alguns dos erros cometidos remetem a um efeito de lexicalização do número. O efeito de lexicalização ocorre porque as crianças não estavam cientes das regras de transcodificação de números complexos (e.g., “113” transcodificado como “303”, em que o número 13 foi recuperado como 3). Desta forma, uma parte dos números complexos foram transcodificados de forma errada (Deloche & Seron, 1982b; Noel & Seron, 1995).

Os modelos de regressão linear ajudaram a compreender melhor os erros observados. Em relação aos erros lexicais, o desempenho das crianças com DD foi melhor explicado pela memória de curto-prazo verbal e da nomeação rápida de números. Em relação à memória de curto-prazo, tal resultado está de acordo com o que prevê o modelo ADAPT, que assume que o primeiro estágio de processamento envolve armazenamento do input em um buffer fonológico. A presença de um preditor relacionado à nomeação rápida também encontra respaldo na literatura. Alguns modelos de processamento fonológico sugerem que a nomeação rápida de letras e números exige acesso direto ao léxico onde as representações desses

estímulos estão armazenadas (para uma proposta alternativa sobre o construto mensurado por tarefas de nomeação rápida, veja Justi, Roazzi e Justi [2014]). Esta é a primeira publicação que demonstra uma associação entre a ocorrência de erros lexicais na transcodificação numérica e as dificuldades de acesso lexical e contribui com mais uma evidência para a hipótese de que crianças com deficit fonológicos apresentam dificuldades em habilidades numéricas básicas, no caso, na formação ou acesso ao léxico numérico.

Essa dificuldade de acesso ao léxico numérico vai de encontro a teorias mais atuais da DD que defendem a hipótese de que os deficit encontrados em pessoas com DD não se encontram nas representações fonológicas, mas sim no acesso a essas representações (Boets et al., 2013; Ramus, 2014). É importante evidenciar que o acesso a essas representações não se refere às representações numéricas, de acordo com as hipóteses que defendem um deficit na representação semântica dos números (McCloskey, 1992), mas sim ao acesso à notação arábica dos números no léxico, bem como às regras da transcodificação na memória de longo prazo.

Em relação aos erros sintáticos, os resultados observados também trazem contribuições para a literatura científica. Neste caso, um modelo geral indicou, como preditores importantes, além da nomeação rápida, a supressão de fonemas e a tarefa de julgamento de rimas, amplamente reconhecidas como tarefas que avaliam o processamento fonológico. Esse resultado está em linha, por exemplo, com achados que mostram um papel importante da consciência fonológica na mediação entre a memória de trabalho verbal e o desempenho na escrita de números (Lopes-Silva et al., 2014). De acordo com esses autores, um bom desempenho e a automatização de tarefas de consciência fonêmica, como por exemplo, a tarefa de supressão de fonemas, que requer uma capacidade alta de funcionamento do executivo central, pode facilitar a manipulação das unidades fonêmicas relacionadas às palavras numéricas verbais. Dessa forma, os recursos cognitivos da memória de trabalho não

estariam sobrecarregados e poderiam ser ativados para a transcodificação de números mais complexos. Em adição, Rack (1985) observou que crianças com DD apresentam dificuldades na tarefa de julgamento de rimas devido a uma dificuldade no acesso dos códigos fonológicos, o que mais uma vez condiz com a hipótese de acesso às representações fonológicas (Boets et al., 2013; Ramus, 2014). No presente estudo, nós mostramos que esse papel da consciência fonológica é mais importante enquanto as crianças processam a estrutura sintática dos numerais durante a transcodificação. Além disso, nesta análise, os resultados foram semelhantes para os dois grupos de crianças.

Considerações finais

O presente estudo sugere que crianças com DD apresentam dificuldades importantes e persistentes na transcodificação numérica e que esse deficit sofre uma forte influência do processamento fonológico. Da mesma forma, a tarefa de nomeação seriada rápida de letras e números foi importante no desempenho da transcodificação dos números, da mesma forma que exerce uma importância no desempenho posterior da matemática, conforme apontado por evidências científicas (Denckla & Rudel, 1976; Hecht et al., 2001; Landerl et al., 2004; Wolf et al., 2000). Os erros de maior prevalência na transcodificação foram os erros sintáticos. Porém, o GD apresentou um efeito de lexicalização, o que pode ser percebido pela quantidade elevada de erros lexicais. Além das habilidades do processamento fonológico, foi observada também a influência da consciência morfológica em alguns erros cometidos.

Em suma, de acordo com os preditores, o GD assemelha-se a um perfil de DD compatível com o deficit duplo, o que, de acordo com o modelo teórico, explicaria as dificuldades severas tanto na leitura como na transcodificação numérica (Bowers & Wolf, 1993; Wolf & Bowers, 1999; Wolf et al., 2000). Entretanto, outros subtipos de DD não

podem ser totalmente descartados, uma vez que tarefas pertinentes à caracterização dos outros subtipos de DD não foram testadas no presente estudo.

Limitações do estudo

Uma limitação deste estudo refere-se ao fato de não ter sido aplicado nenhuma outra tarefa do processamento numérico básico nem tarefas de cálculo. Além disso, não foi investigada a ocorrência de comorbidade para a DC no GD. Ademais, a DD é um transtorno heterogêneo de forma que não foi possível prever neste estudo o desempenho na transcodificação em outros tipos de dislexia. Além da DD ser um transtorno bastante heterogêneo, a amostra do estudo também apresentou uma heterogeneidade relevante associado ao fato de não ser uma amostra pareada.

Aplicabilidade

Este estudo apresenta uma forte aplicabilidade para que a transcodificação possa ser investigada em contexto clínico e educacional. A escola é o local onde crianças com perfil de DD são identificadas e encaminhadas para avaliação por causa das dificuldades na leitura. Entretanto, é preciso uma atenção especial para crianças no início do ensino fundamental com dificuldades na recuperação de fatos aritméticos e que apresentam dificuldades na transcodificação de números. Essa atenção é necessária uma vez que estudos com grupos com amostras de diferentes perfis de DD e estudos com amostras de crianças com dificuldades na leitura e escrita e crianças com dificuldade na matemática poderão indicar com maior precisão as especificidades das dificuldades observadas em cada um dos casos.

Ademais, a mediação tanto clínica como, principalmente, educacional, com ênfase em habilidades de ensino que evitem a sobrecarga de memória de trabalho por intermédio de estratégias específicas, poderão facilitar o aprendizado das regras da transcodificação em

crianças com DD. De forma similar, ressalta-se também a importância do RTI (Resposta de Intervenção) nas escolas, como uma forma de trabalhar habilidades fonológicas de crianças. Esse tipo de intervenção não facilitaria apenas o aprendizado da leitura, mas também as habilidades numéricas que demandam recursos verbais no seu aprendizado.

Referências

- Allport, D. A., & Funnell, E. (1981). Components of the mental lexicon. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 295(1077), 397—410.
doi:10.1098/rstb.1981.0148
- American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, Fifth Edition (DSM-V). Arlington, VA: American Psychiatric Association.
- Aster, M. G., & Shaley, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(11), 868—873. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4(11), 417—423. doi:10.1016/s1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D., & Graham, H. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47—89. doi:10.1016/S0079-7421(08)60452-1
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 575—589. doi:10.1016/S0022-5371(75)80045-4
- Baron, J., & Strawson, C. (1976). Use of orthographic and word-specific knowledge in reading words aloud. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2(3), 386—393. doi:10.1037/0096-1523.2.3.386
- Barrouillet, P., Camos, V., Perruchet, P., & Seron, X. (2004). Adapt: a developmental, asemantic, and procedural model for transcoding from verbal to arabic numerals. *Psychological Review*, 111(2), 368—394. doi:10.1037/0033-295X.111.2.368

- Boada, R., & Pennington, B. F. (2006). Deficient implicit phonological representations in children with dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology, 95*(3), 153–193. doi:10.1016/j.jecp.2006.04.003
- Boets, B., & Smedt, B. (2010). Single-digit arithmetic in children with dyslexia. *Dyslexia, 16*(2), 183–191. doi:10.1002/dys.403.
- Boets, B., Beeck, H. O., Maaïke, V., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., . . . & Ghesquiere, P. (2013). Intact but less accessible phonetic representations in adults with dyslexia. *Science, 342*(6163), 1251–1254. doi:10.1126/science.1244333
- Bowers, P. G., & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing, 5*, 69–85. doi:10.1037/0022-0663.91.3.415
- Bradley, L., & Bryant, P. (1978). Difficulties in auditory organization as a possible cause of reading backwardness. *Nature, 271*(5647), 746–747. doi:10.1038/271746a0
- Bruck, M. (1992). Persistence of dyslexics' phonological awareness deficits. *Developmental Psychology, 28*(5), 874–886. doi:10.1037/0012-1649.28.5.874
- Camos, V. (2008). Low working memory capacity impedes both efficiency and learning of number transcoding in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 37–57. doi:10.1016/j.jecp.2007.06.006
- Campbell, R., & Butterworth, B. (1985). Phonological dyslexia and dysgraphia in a highly literate subject: a developmental case with associated deficits of phonemic processing and awareness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 37*(3), 435–475. doi:10.1080/14640748508400944
- Capovilla, F. C., & Capovilla, A. G. S. (2002). Problemas de aquisição de leitura e escrita: efeitos de deficit de discriminação fonológica, velocidade de processamento e memória

- fonológica. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 2(3), 26-50. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revispsi/article/view/7703>
- Cardoso-Martins, C., & Pennington, B. F. (2001). Qual é a contribuição da nomeação seriada rápida para a habilidade de leitura e escrita?: evidência de crianças e adolescentes com e sem dificuldades de leitura. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(2), 387–397. doi:10.1590/S0102-79722001000200013
- Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91(1), 77–111. doi:10.1016/s0010-0277(03)00164-1
- Castles, A., & Friedmann, N. (2014). Developmental dyslexia and the phonological deficit hypothesis. *Mind & Language*, 29(3), 270–285. doi:10.1111/mila.12050
- Castles, A., Kohnen, S., Nickels, L., & Brock, J. (2014). Developmental disorders: what can be learned from cognitive neuropsychology? *Philosophical Transactions B*, 369(1634), 1–9. doi:10.1098/rstb.2013.0407
- Choi, D., Hatcher, R. C., Dulong-Langley, S., Liu, X., Bray, M. A., Courville, T., ... De Biase, E. (2016). What do phonological processing errors tell about students' skills in reading, writing, and oral language? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(1-2), 24–46. doi:10.1177/0734282916669018
- Cipolotti, L., Butterworth, B., & Warrington, E. K. (1994). From 'one thousand nine hundred and forty-five' to 1000945. *Neuropsychology*, 32(4), 503–509. doi:10.1016/00283932(94)90094-9.
- Cipolotti, L., Warrington, E. K., & Butterworth, B. (1995). Selective impairment in manipulating arabic numerals. *Cortex*, 31, 73–86. doi:10.1016/S0010-9452(13)80106-2
- Clercq-Quaegebeur, M., Séverine, C., Bruno, V., Lemaitre, M., & Vallée, M. (2018). Arithmetic abilities in children with developmental dyslexia: performance on French

- ZAREKI-R test. *Journal of Learning Disabilities*, 51(3), 236–249.
doi:10.1177/0022219417690355. doi: 10.1177/0022219417690355
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256. doi: 10.1037/0033-295x.108.1.204
- Corsi, P. M. (1973). *Human memory and the medial temporal region of the brain*. (Tese de Doutorado). Recuperado de <https://goo.gl/7Jgpds>
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the Brain: The Science and Evolution of a Human Invention*. New York: Viking.
- Deloche, G., & Seron, X. (1982a). From one to 1: analysis of a transcoding process by mean of neuropsychological data. *Cognition*, 12, 119–149. doi:10.1016/0010-0277(82)90009-9
- Deloche, G., & Seron, X. (1982b). From three to 3: a differential analysis of skills in transcoding quantities between patients with Broca's and Wernicke's aphasia. *Brain*, 105, 719–733. doi:10.1093/brain/105.4.719
- Deloche, G., & Seron, X. (1987). Numerical transcoding: a general production model. In: *Mathematical Disabilities. a Cognitive Neuropsychological Perspective*, eds G. Deloche and C. Seron (Orgs.). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 137–170.
- Denckla, M. B., & Rudel, R. (1974). Rapid “automatized” naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children. *Cortex*, 10(2), 186–202. doi:10.1016/S0010-9452(74)80009-2
- Denckla, M. B., & Rudel, R. (1976a). Rapid ‘automatized’ naming (R.A.N.): dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, 14(4), 471–479. doi:10.1016/0028-3932(76)90075-0

- Denckla, M. B., & Rudel, R. (1976b). How does rapid automatized naming (RAN) correlate with measures of reading fluency in arabic. *Neuropsychologia, 14*, 471–479.
doi:10.1016/0028-3932(76)90075-0
- Desoete, A. (2008). Co-morbidity in mathematical learning disabilities: rule or exception? *The Open Rehabilitation Journal, 1*, 15–26. doi:10.2174/1874943700801010015
- Dirks, E., Spyer, G., Lieshout, E. C. D. M., & de Sonnevile, L. (2008). Prevalence of combined reading and arithmetic disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 41*(5), 460–473. doi:10.1177/0022219408321128
- Evans, T. M., Flowers, D. L., Napoliello, E. M., Olulade, O. A., & Eden, G. F. (2014). The functional anatomy of single-digit arithmetic in children with developmental dyslexia. *Neuroimage, 101*, 644–652. doi:10.1016/j.neuroimage.2014.07.028
- Figueiredo, V. L. M., & Nascimento E. (2007). Desempenho nas duas tarefas do subteste dígitos do WISC- III e do WAIS-III. *Psicologia: Teoria e Pesquisa, 23*(3), 313–318.
doi:10.1590/S0102-37722007000300010
- Freitas, P. M. (2009). *Perfil Neuropsicológico das Paralisias Cerebrais Hemiplégica e Diplégica*. (Tese de Doutorado). Recuperado de <https://goo.gl/4Pm69f>
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*(2), 345–362. doi:10.1037/0033-2909.114.2.345.
- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood: the development of numerical abilities. *European Child Adolescent Psychiatry, 9*, 11–16. doi:10.1007/s007870070004
- Gellert, A. S., & Elbro, C. (2015). Does a dynamic test of phonological awareness predict early reading difficulties? *Journal of Learning Disabilities, 50*(3), 227-237. doi:10.1177/0022219415609185

- Georgiou, G. K., Ghazyani, R., & Parrila, R. (2018). Are RAN deficits in university students with dyslexia due to defective lexical access, impaired anchoring, or slow articulation? *Annals of Dyslexia*, *68*(2), 85–103. doi:10.1007/s11881-018-0156-z
- Georgiou, G. K., Parrila, R., Cui, Y., & Papadopoulos, D. C. (2013). Why is rapid automatized naming related to reading? *Journal of Experimental Child Psychology*, *115*(1), 218–225. doi:10.1016/j.jecp.2012.10.015
- González, J. E. J., & González, M. del R. O. (2000). Metalinguistic awareness and reading acquisition in the spanish language. *The Spanish Journal of Psychology*, *3*, 37–46. doi:10.1017/s1138741600005527
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (2001). Are the orthographic impairments in phonological dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, *18*(1), 71–92. doi:10.1080/0264329004200004
- Haupt, M., Gillebert, C. R., & Demeyere, N. (2017). The zero effect: voxel-based lesion symptom mapping of number transcoding errors following stroke. *Scientific Reports*, *7*(1), 1–10. doi:10.1038/s41598-017-08728-x.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: a longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, *79*(2), 192–227. doi:10.1006/jecp.2000.2586
- Jordan, N. C., & Hanich, L. B. (2003). Characteristics of children with moderate mathematics deficiencies: a longitudinal perspective. *Learning Disabilities Research & Practice*, *18*(4), 213–221. doi:10.1111/1540-5826.00076
- Justi, C. N. G., Roazzi, A., & Justi, F. R. R. (2014). São as tarefas de nomeação seriada rápida medida do processamento fonológico? *Psicologia: Reflexão e Crítica*, *27*(1), 44–54. doi:10.1590/S0102-79722014000100006

- Kamhi, A. G., & Catts, H. W. (1986). Toward an understanding of developmental language and reading disorders. *Journal of Speech and Hearing Disorders, 51*(4), 337–347. doi:10.1044/jshd.5104.337
- Kaufmann, L., Vogel, S. E., Starke, M., Kremser, C., Schocke, M., & Wood, G. (2009). Developmental dyscalculia: compensatory mechanisms in left intraparietal regions in response to nonsymbolic magnitudes. *Behavioral and Brain Functions, 5*(1), 1–6. doi: 10.1186/1744-9081-5-35
- Koerte, I. K., Willems, A., Muelhmann, M., Moll, K., Cornell, S., Pixner, S., ... Schulte-Korne, G. (2015). Mathematical abilities in dyslexic children: a diffusion tensor imaging study. *Brain Imaging and Behavior, 10*(3), 781-791. doi: 10.1007/s11682-015-9436-y
- Lambert, K., & Moeller, K. (2019). Place-value computation in children with mathematics difficulties. *Journal of Experimental Psychology, 178*, 214–225. doi:10.1016/j.jecp.2018.09.008
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8-9 years-old students. *Cognition, 93*(2), 99–125. doi:10.1016/j.cognition.2003.11.004
- Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 309–324. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.006.
- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51*(3), 287-294. doi: 10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x
- Lieberman, I. Y. (1973). Segmentation of the spoken word and reading acquisition. *Bulletin of the Orton Society, 23*, 65–77. doi:10.1007/BF02653842

- Loosbroek, E., Dirkx, G. S. M. A., Hulstijn, W., & Janssen, F. (2009). When the mental number lines involves a delay: the writing of numbers by children of different arithmetical abilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 102*(1), 26–39. doi:10.1016/j.jecp.2008.07.003
- Lopes-Silva, J., Moura, R., Júlio-Costa, A., Haase, V. G., & Wood, G. (2014). Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. *Frontiers in Psychology, 5*, 1–9. doi:10.3389/fpsyg.2014.00013
- Lopes-Silva, J., Moura, R., Wood, G., & Haase, V. G. (2015). Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. *Temas em Psicologia, 23*(1), 157–173. doi:10.9788/TP2015.1-11
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia, 53*(1), 1–14. doi:10.1007/s11881-003-0001-9
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: evidence from acquired dyscalculia. *Cognition, 44*(1-2), 107–157. doi:10.1016/0010-0277(92)90052-J
- Melby-Lervag, M., Lyster, S. -A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review. *Psychological Bulletin, 138*(2), 322-353. doi: 10.1037/a0026744
- Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2011). Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance - a longitudinal study on numerical developmental. *Research in Developmental Disabilities, 32*(5), 1837–1851. doi:10.1016/j.ridd.2011.03.012
- Moll, K., & Landerl, K. (2009). Double dissociation between reading and spelling deficits. *Scientific Studies of Reading, 13*(9), 359–382. doi:10.1080/10888430903162878

- Moll, K., Gobel, S. M., & Snowling, M. (2014). Basic number processing in children with specific learning disorders: comorbidity of reading and mathematics disorders. *Child Neuropsychology* 21(3), 399-417. doi: 10.1080/09297049.2014.899570
- Moll, K., Kunze, S., Neuhoff, N., Bruder, J., & Schulte-Kome, G. (2014). Specific learning disorder: prevalence and gender differences. *Plos One*, 9(7), e103537. doi: 10.1371/journal.pone.0103537
- Moura, R., Lopes-Silva, J. B., Vieira, L. R., Paiva, G. M., Prado, A. C., Wood, G., & Haase, V. G. (2015). 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*, 30(1), 88–98. doi:10.1093/arclin/acu071
- Moura, R., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K. & Haase, V. G. (2013). Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory, procedural and lexical competencies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(3), 707–727. doi:10.1016/j.jecp.2013.07.008
- Noel, M., & Seron, X. (1993). Arabic number reading deficit: a single case study or when 236 is read (2306) and judged superior to 1258. *Cognitive Neuropsychology*, 10(4), 317–339. doi:10.1080/02643299308253467
- Noel, M., & Seron, X. (1995). Lexicalization errors in writing arabic numerals: a single-case study. *Brain and Cognition*, 29(2), 151–179. doi:10.1006/brcg.1995.1274
- Paula, J. J., Schlottfeldt, C. G. M. F., Malloy-Diniz, L. F. M., & Mizuta, G. A. A. (2018). *Matrizes Progressivas Coloridas de Raven*. (1ª ed). São Paulo: Pearson Clinical Brasil.
- Pennington, B. F., Santerre-Lemmon, L., Rosenberg, J., MacDonald, B., Boada, R., Friend, ..., Olson, R. K. (2012). Individual prediction of dyslexia by single vs. multiple deficit models. *Journal of Abnormal Psychology*, 121(1), 212–224. doi:10.1037/a0025823

- Peters, L., Bulthé, J., Daniels, N., Beeck, H. O. de, & De Smedt, B. (2018). Dyscalculia and dyslexia: Different behavioral, yet similar brain activity profiles during arithmetic. *Neuroimage Clinical, 18*, 663–674. doi:10.1016/j.nicl.2018.03.003
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Seminar: developmental dyslexia. *Lancet, 379*(9830), 1997–2007. doi:10.1016/S0140-6736(12)60198-6
- Pixner, S., Zuber, J., Hermanová, V., Kaufmann, L., Nuerk, H.-C., & Moeller, K. (2011). One language, two number-word systems and many problems: numerical cognition in the czech language. *Research in Developmental Disabilities, 32*, 2683–2689. doi:10.1016/j.ridd.2011.06.004
- Pourquié, M., & Nespoulous, J.-L. (2018). On linguistic properties of verbal number systems: a cross-linguistic study of number transcoding errors observed in a basque–french bilingual patient with afasia. *Lingua, 2003*, 27–35. doi:10.1016/j.lingua.2017.10.002.
- Power, R. J. D., & Martello, M. F. (1990). The dictation of italian numerals. *Language and Cognitive Processes, 5*(3), 237–254. doi:10.1080/01690969008402106
- Price, G. R., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: characteristics, causes, and treatments. *Numeracy, 6*(1). doi:10.5038/1936-4660.6.1.2
- Rack, J. P. (1985). Orthographic and phonetic coding in developmental dyslexia. *British Journal of Psychology, 76*(3), 325–340. doi:10.1111/j.2044-8295.1985.tb01956.x
- Ramus, F. (2014). Neuroimaging sheds new light on the phonological deficit in dyslexia. *Trends in Cognitive Science, 18*(6), 274–275. doi:10.1016/j.tics.2014.01.009
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain, 126*(4), 841–865. doi:doi.org/10.1093/brain/awg076
- Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61*(1), 129–141. doi:10.1080/17470210701508822

- Robinson, C. S., Menchetti, B. M., & Torgesen, J. K. (2002). Toward a two-factor theory of one type of mathematics disabilities. *Learning Disabilities Research, 17*(2), 81–89. doi:10.1111/1540-5826.00035
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2006). Double dissociation of functions in developmental dyslexia and dyscalculia. *Journal of Educational Psychology, 98*, 854–867. doi:10.1037/0022-0663.98.4.854
- Salles, J. F., Piccolo, L. R., Zamo, R. de S., & Toazza, R. (2013). Normas de desempenho em tarefa de leitura de palavras/pseudopalavras isoladas LPI para crianças do 1º ao 7º ano. *Estudos e Pesquisa em Psicologia, 13*(2), 397–419. doi:10.12957/epp.2013.8416
- Scarborough, H. S. (1998). Predicting the future achievement of second graders with reading disabilities: contributions of phonemic awareness, verbal memory, rapid naming, and IQ. *Annals of Dyslexia, 48*(1), 115–136. doi:10.1007/s11881-998-0006-5
- Seron, X., & Deloche, G. (1984). From 2 to two: an analysis of a transcoding process by means of neuropsychological evidence. *Journal of Psycholinguistic Research, 13*(3), 215–236. doi:10.1007/BF01068464
- Seron, X., Deloche, G., & Noel, M. P. (1992). Number transcoding by children: writing arabic numbers under dictation. In J. Bideaud, C. Meljac, & J. P. Fisher (Eds.) *Pathways to number* (pp. 245-264). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Seron, X., & Fayol, M. (1994). Number transcoding in children: a functional analysis. *Developmental Psychology, 12*(3), 281–300. doi:10.1111/j.2044-835X.1994.tb00635.x
- Seron, X., & Noel, M. P. (1995). Transcoding numbers from the arabic code to the verbal one or vice versa: how many routes? In B. Butterworth, & L. Cipolotti (Eds.) *Mathematical Cognition* (pp. 215-243). London, UK: Erlbaum Taylor & Francis Ltda.
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: sine qua non of reading acquisition. *Cognition, 55*(2), 151–218. doi:10.1016/0010-0277(94)00645-2

- Shaywitz, S. (1998). Current concepts: dyslexia. *The New England Journal of Medicine*, 338(5), 307–312. doi:10.1056/NEJM199801293380507.
- Siegel, L. S. (2006). Perspectives on dyslexia. *Paediatrics Child Health*, 11(9), 581–587. doi:10.1093/pch/11.9.581
- Simmons, F. R., & Singleton, C. (2009). The mathematical strengths and weaknesses of children with dyslexia. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 9(3), 154–163. doi:10.1002/dys.312
- Simmons, F. R., & Singleton, C. (2006). The mental and written arithmetic abilities of adults with dyslexia. *Dyslexia*, 12(2), 96–114. doi:10.1002/dys.312
- Simmons, F. R., Singleton, C., & Horne, J. (2008). Brief report - phonological awareness and visual-spatial sketchpad functioning predict early arithmetic attainment: evidence from a longitudinal study. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20(4), 711–722. doi:10.1080/09541440701614922
- Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual difference in children's arithmetic skills. *Developmental Science*, 13(3), 508–520. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x
- Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working memory functioning in developmental dyslexia. *Memory*, 15(1), 34–56. doi:10.1080/09658210601043384
- Smith-Spark, J., Fisk, J., Fawcett, A., & Nicolson, R. (2003). Investigating the central executive in adult dyslexics: evidence from phonological and visuospatial working memory performance. *European Journal of Cognitive Psychology*, 15(4), 567–587. doi:10.1080/09541440340000024
- Snowling, M. J., Lervag, A., Nash, H. M., & Hulme, C. (2019). Longitudinal relationships between speech perception, phonological skills and reading in children at high-risk of dyslexia. *Developmental Science*, 22(1), 1–12. doi:10.1111/desc.12723

- Snowling, M. J., & Melby-Lervag, M. (2016). Oral language deficits in familial dyslexia: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *142*(5), 498–545. doi:10.1037/bul0000037
- Snowling, M. J., Wagtendonk, B., & Stafford, C. (1988). Object-naming deficits in developmental dyslexia. *Journal of Research in Reading*, *11*(2), 67–85. doi:10.1111/j.1467-9817.1988.tb00152.
- Swan, D., & Goswami, U. (1997). Phonological awareness deficits in developmental dyslexia and the phonological representations hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, *66*(1), 18–41. doi:10.1006/jecp.1997.2375
- Träff, U., Desoete, A., & Passolunghi, M. C. (2017). Symbolic and non-symbolic number processing in children with developmental dyslexia. *Learning and Individual Differences*, *56*, 105–111. doi:10.1016/j.lindif.2016.10.010
- Träff, U., & Passolunghi, M. C. (2015). Mathematical skills in children with dyslexia. *Learning and Individual Differences*, *40*, 108–114. doi:10.1016/j.lindif.2015.03.024
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *45*(1), 2–40. doi:10.1046/j.0021-9630.2003.00305.x
- Ven, S. H. G., Maas, H. L. J., Straatemeier, M., & Jansen, B. R. J. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, *27*, 182–192. doi:10.1016/j.lindif.2013.09.003
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, *101*(2), 192–212. doi:10.1037/0033-2909.101.2.192
- Wagner, R. K.; Torgesen, J. K.; & Rashotte, C. A. (1994). Development of reading-related phonological processing abilities: new evidence of bidirectional causality from a latent

- variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, 30(1), 73–87. doi:10.1037/0012-1649.30.1.73
- Wagner, R. K., Torgesen, J. K., & Rashotte, C. A. (1999). *The comprehensive test of phonological processing*. Texas: PRO-ED Inc.
- Wilson, A. J., Andrewes, S. G., Struthes, H., Rowe, V. M., Bogdanovic, R., & Waldie, K. E. (2015). Dyscalculia and dyslexia in adults: cognitive bases of comorbidity. *Learning and Individual Differences*, 37, 118–132. doi:10.1016/j.lindif.2014.11.017
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 415–438. doi:10.1037/0022-0663.91.3.415
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 387–407. doi:10.1177/002221940003300409
- Yang, X., & Meng, X. (2016). Dissociation between exact and approximate addition in developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 56, 139–152. doi:10.1016/j.ridd.2016.05.018.
- Zuber, J., Pixner, S., Moeller, K., & Nuerk, H. C., (2009). 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*, 102(1), 60–77. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.00

Apêndice A: Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética

UNB - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS HUMANAS E
SOCIAIS DA UNIVERSIDADE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Transcodificação Numérica e Processamento Fonológico em crianças com Dislexia do Desenvolvimento.

Pesquisador: RENATA MONTEIRO TEIXEIRA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 70779317.0.0000.5540

Instituição Proponente: Instituto de Psicologia -UNB

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.263.519

Apresentação do Projeto:

Inalterado do parecer substanciado emitido em 7 de agosto de 2017.

Objetivo da Pesquisa:

Inalterado do parecer substanciado emitido em 7 de agosto de 2017.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Inalterado do parecer substanciado emitido em 7 de agosto de 2017.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Inalterado do parecer substanciado emitido em 7 de agosto de 2017

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisadora apresentou uma versão reformulada do projeto com as adequações solicitadas no parecer substanciado emitido em 24 de agosto de 2017.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está de acordo com as premissas éticas postuladas nas resoluções CNS 466/2012, 510/2016 e complementares.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO - FACULDADE DE DIREITO - SALA BT 03/1 (Ao lado da Direção)
Bairro: ASA NORTE **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1592 **E-mail:** cep_chs@unb.br

**UNB - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS HUMANAS E
SOCIAIS DA UNIVERSIDADE**



Continuação do Parecer: 2.263.519

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_938577.pdf	01/09/2017 23:56:46		Acelto
Outros	Aceite_institucional_hospital_SES.pdf	01/09/2017 23:53:32	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Aceite_institucional_hospital_UNB.pdf	01/09/2017 23:52:58	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Aceite_institucional_escola.pdf	01/09/2017 23:52:15	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Carta_de_esclarecimento_SES.pdf	01/09/2017 23:49:25	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Carta_de_esclarecimento_UNB.pdf	01/09/2017 23:48:47	RENATA MONTEIRO	Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa_mestrado.pdf	01/09/2017 23:45:48	RENATA MONTEIRO TEIXEIRA	Acelto
Cronograma	Cronograma.docx	01/09/2017 23:45:15	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Instrumento_de_coleta_de_dados.docx	26/06/2017 22:55:47	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	curriculum_vitae_SES.pdf	26/06/2017 22:55:05	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Curriculo_Lattes_Ricardo_Jose_de_Moura.pdf	26/06/2017 22:54:27	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Curriculo_Lattes_Renata_Monteiro_Teixeira.pdf	26/06/2017 22:53:52	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Termo_anuencia_SES.pdf	26/06/2017 22:52:49	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Carta_de_revisao_etica.pdf	26/06/2017 22:50:44	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Carta_de_encaminhamento.pdf	26/06/2017 22:49:23	RENATA MONTEIRO	Acelto
Outros	Termo_responsabilidade_uso_informacoes.pdf	26/06/2017 22:48:30	RENATA MONTEIRO	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_assentimento_SES.doc	26/06/2017 22:40:12	RENATA MONTEIRO TEIXEIRA	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento_UNB.docx	26/06/2017 22:39:14	RENATA MONTEIRO TEIXEIRA	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_SES_coparticipante.doc	26/06/2017 22:38:11	RENATA MONTEIRO TEIXEIRA	Acelto

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO - FACULDADE DE DIREITO - SALA BT 03/1 (Ao lado da Direção)
Bairro: ASA NORTE **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1592 **E-mail:** cep_chs@unb.br

UNB - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS HUMANAS E
SOCIAIS DA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 2.263.519

Ausência	TCLE_SES_coparticipante.doc	26/06/2017 22:38:11	RENATA MONTEIRO	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_escola.docx	26/06/2017 22:37:58	RENATA MONTEIRO TEIXEIRA	Acelto
Orçamento	Planilha_de_orcamento.doc	26/06/2017 22:37:37	RENATA MONTEIRO	Acelto
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	26/06/2017 22:20:50	RENATA MONTEIRO	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 06 de Setembro de 2017

Assinado por:
Érica Quinaglia Silva
(Coordenador)

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO - FACULDADE DE DIREITO - SALA BT 03/1 (Ao lado da Direção)
Bairro: ASA NORTE **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1592 **E-mail:** cep_chs@unb.br

Apêndice B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Seu(ua) filho(a) está sendo convidado a participar da pesquisa “Transcodificação Numérica e Processamento Fonológico em crianças com Dislexia do Desenvolvimento”, de responsabilidade de Renata Monteiro Teixeira, aluna de mestrado da Universidade de Brasília. O objetivo desta pesquisa é investigar as habilidades de escrita de numerais arábicos via ditado em crianças com perfil de dislexia do desenvolvimento. Assim, gostaria de consultá-lo(a) sobre seu interesse e disponibilidade de cooperar com a pesquisa.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e lhe asseguro que o nome do seu(ua) filho(a) não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo(a). Os dados provenientes de sua participação na pesquisa, tais como entrevistas, ficarão sob a guarda do pesquisador responsável pela pesquisa.

A participação do seu(ua) filho(a) na coleta de dados se dará por meio da realização de tarefas cognitivas nos testes neuropsicológicos aplicados em uma sala do ambulatório do Hospital Regional da Ceilândia ou em uma das salas do laboratório de Psicobiologia da Universidade de Brasília. Todo esse procedimento será realizado durante uma única sessão, com um tempo estimado de 60 minutos para sua realização. É para esses procedimentos que você está sendo convidado a participar. Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são mínimos, relacionando-se principalmente a um possível cansaço decorrente da testagem neuropsicológica. A aplicação dos testes neuropsicológicos é indolor, não invasivo e envolve apenas o uso de registro no papel das respostas dos testes aplicados.

Se você aceitar participar, estará contribuindo para que possamos entender melhor as estratégias utilizadas durante a realização da tarefa de Transcodificação Numérica nas crianças com Dislexia do Desenvolvimento. Esses dados podem, por exemplo, auxiliar no desenvolvimento de métodos educacionais.

Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode me contatar através do telefone [REDACTED] ou pelo e-mail *renatamonteiro.teixeira@gmail.com*.

A equipe de pesquisa garante que os resultados do estudo serão devolvidos aos participantes por meio de entrevista realizada em uma sessão com apresentação de relatório com os resultados dos testes aplicados no seu filho(a), podendo ser publicados posteriormente na comunidade científica.

Este projeto foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília - CEP/IH. As informações com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do sujeito da pesquisa podem ser obtidas através do e-mail do CEP/IH *cep_ih@unb.br*.

Além disso, como a Secretaria de Estado de Saúde é coparticipante desta pesquisa, este projeto também foi Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da SES/DF. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou aos direitos do participante de pesquisa também podem ser obtidas por meio do telefone: (61) 3325-4955.

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

Assinatura do (a) participante

Renata Monteiro Teixeira
Mestranda do Programa de Pós-Graduação
Em Ciências do Comportamento do Instituto
De Psicologia da Universidade de Brasília.

Brasília, ____ de _____ de _____

Apêndice C: Termo de Assentimento

Você está sendo convidado para participar da pesquisa Transcodificação Numérica e Processamento Fonológico em crianças com Dislexia do Desenvolvimento. O objetivo desta pesquisa é investigar a aprendizagem de leitura e de escrita de palavras e números em crianças.

Será solicitado que você faça uma série de atividades, algumas delas muito parecidas com as que você já faz na escola e outras parecidas com jogos. O uso dos testes é considerado seguro, mas, caso você se sinta cansado(a) ou estressado(a), você pode desistir de participar da pesquisa sem a necessidade de se justificar.

As coisas boas que podem acontecer a partir dos resultados desta pesquisa é a possibilidade de entender melhor as dificuldades que algumas crianças apresentam na leitura, e, a partir disso, oferecer uma ajuda mais eficiente para identificar as dificuldades quando elas de fato existirem. Poderemos também informar melhor as pessoas sobre essas dificuldades observadas em algumas crianças.

É importante que fique claro que muitas outras pessoas serão convidadas a participar desta pesquisa e o fato de você ter sido convidado não quer dizer que você tem algum tipo de dificuldade ou deficiência. Além disso, ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. No futuro, os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as crianças que participaram.

Todos os responsáveis por esta pesquisa estão à sua disposição para responder qualquer pergunta ou dúvida. Se você tiver qualquer dúvida sobre esta pesquisa, você pode me contatar através do telefone [REDACTED] ou pelo e-mail [REDACTED].

Eu, _____ aceito participar da pesquisa Transcodificação Numérica e Processamento Fonológico em crianças com Dislexia do Desenvolvimento que tem um objetivo: saber como você lê e escreve os números em uma tarefa de leitura e escrita sob ditado.

Brasília, _____ / _____ / _____

Assinatura do menor: _____
Assinatura

Assinatura do(a) Pesquisador/a Responsável _____
Assinatura

Apêndice D: Tarefa de transcodificação numérica (Moura e colaboradores, 2013; 2015)

1	3		29	1004		57	9058	
2	8		30	1001		58	9100	
3	12		31	1900		59	6100	
4	15		32	1500		60	5108	
5	20		33	1013		61	8103	
6	80		34	1014		62	9114	
7	47		35	1070		63	4112	
8	92		36	1090		64	6110	
9	100		37	1064		65	5130	
10	105		38	1082		66	3161	
11	102		39	1100		67	9147	
12	111		40	1107		68	8800	
13	113		41	1103		69	9300	
14	160		42	1112		70	8304	
15	170		43	1111		71	5601	
16	117		44	1170		72	2714	
17	119		45	1140		73	4911	
18	800		46	1181		74	7650	
19	400		47	1129		75	3990	
20	507		48	2000		76	5962	
21	901		49	7000		77	7485	
22	712		50	8007		78	9763	
23	515		51	4009		79	4851	
24	370		52	3013		80	3984	
25	850		53	7012		81	9727	
26	432		54	6080				
27	567		55	7060				
28	1000		56	5032				