Universidade do Minho

Escola de Psicologia

Luana Rafaela Pereira Andrade

Entre Números e Palavras: O Impacto da Exposição Precoce ao Inglês na Resolução de Operações Aritméticas

outubro de 2024

Entre Números e Palavras: O Impacto da Exposição Precoce ao Inglês na Resolução de Operações Aritméticas

Luana Andrade

UMinho | 2024

Universidade do Minho

Escola de Psicologia

Luana Rafaela Pereira Andrade

Entre Números e Palavras: O Impacto da Exposição Precoce ao Inglês na Resolução de Operações Aritméticas

Dissertação de Mestrado
Integrado em Psicologia

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Ana Paula Soares e do

Professor Doutor João Arménio Lamego Lopes

outubro 2024

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho

Atribuição

CC BY

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Universidade do Minho, de outubro de 2024

Luana Rafaela Pereira Andrade

(Luana Rafaela Pereira Andrade)

Agradecimentos

Às professoras Ana Paula Soares e Helena Oliveira, manifesto a minha mais sincera gratidão pelo apoio incondicional prestado ao longo deste último ano, sem o vosso acompanhamento constante, a vossa confiança e motivação, este projeto não teria sido possível. Foi um privilégio poder aprender e crescer convosco, e sou eternamente grata por esta oportunidade e pelo tempo e dedicação que dispensaram ao nosso trabalho. Muito obrigada por tudo!

Agradeço também ao professor João Lopes pela sua orientação, apoio e disponibilidade ao longo deste percurso. A sua experiência, paciência e compromisso foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Nuno, o meu mais profundo agradecimento, obrigada por cuidares de mim todos os dias, por seres o meu apoio e por nunca deixares de me dar força para lutar pelos meus sonhos. Amo-te imensamente e sou grata por tudo o que somos.

À Lara, muito obrigada por me teres ajudado na construção da tarefa deste projeto e por todo o apoio que me deste ao longo este processo.

Aos meus amigos, Foca, Rafa, Ricky, Simão, Nuga, Freixo, Mafalda, Fernandes e Chico por estarem sempre presentes, e por serem um ombro amigo quando mais preciso.

Quero também agradecer à Vera Sousa, por acreditares sempre em mim e por me ofereceres sempre os melhores conselhos. A tua presença é fundamental na minha vida e levo-te sempre comigo.

Por fim, mas não menos importante, quero agradecer aos pilares da minha vida e aos meus mais preciosos tesouros, a minha mãe, o meu pai e o meu irmão. O vosso apoio e amor que depositam em mim são a base de tudo o que sou. Mesmo distantes, sinto-vos sempre ao meu lado, e isso dá-me a força para continuar a lutar pelos meus sonhos. Obrigada por estarem sempre comigo, por me levantarem quando tropeço e por lutarem incansavelmente por mim. Vocês são o meu porto seguro, sem vocês nada disto seria possível. Amo-vos mais do que qualquer palavra poderia descrever.

Este estudo integra-se no âmbito do projeto "Criando Mentes Bilingues na Primeira Infância: Efeitos de um Programa de Exposição Precoce a uma Segunda Língua (Inglês)" financiado pela Fundação Belmiro de Azevedo sob a responsabilidade de Ana Paula Soares do Centro de Investigação em Psicologia (CIPsi), da Universidade do Minho (UMInho-FBA-2022).

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.
Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, de outubro de 2024



(Luana Rafaela Pereira Andrade)

Entre Números e Palavras: O Impacto da Exposição Precoce ao Inglês na Resolução de Operações Aritméticas

Resumo

A exposição a uma segunda língua (L2) afeta não apenas o processamento linguístico, mas toda a cognição. Este trabalho analisa o impacto que a exposição ao inglês como L2 pode ter na cognição numérica de crianças do 1º ciclo do Ensino Básico português que foram expostas ao inglês como L2 desde a creche vs desde o pré-escolar. Às crianças foi pedido que realizassem operações de adição e subtração simples e complexas em português (língua nativa, L1) e inglês (L2) da forma mais rápida e precisa possível. Os resultados indicaram que os alunos foram mais rápidos e precisos a resolverem operações na L1 do que na L2 (especialmente operações simples), e que embora as crianças da creche tenham sido mais precisas do que as crianças do pré-escolar nos dois idiomas, essa diferença só se revelou marginalmente significativa. Em todo o caso, o efeito de interação língua*grupo nos dados de latência revelou que os efeitos de língua só se observaram nas crianças da creche (com estas a serem mais rápidas na L1 do que na L2) o que parece decorrer do facto destas terem enfrentado a tarefa num modo bilingue e não monolingue como parece ter sido o caso das do pré-escolar.

Palavras-chave: Aprendizagem segunda língua, Bilinguismo, Língua estrangeiras, operações aritméticas, exposição precoce.

Between Numbers and Words: The Impact of Early Exposure to English on Arithmetic Problem Solving

Abstract

The exposure to a second language (L2) affects not only linguistic processing but also cognition as a whole. This study examines the impact that exposure to English as an L2 may have on the numerical cognition of children in the first cycle of Portuguese Basic Education, who have been exposed to English as an L2 since either early childhood (daycare) or preschool. The children were asked to perform simple and complex addition and subtraction operations in both Portuguese (native language, L1) and English (L2) as quickly and accurately as possible. The results indicated that the students were faster and more accurate in solving operations in L1 compared to L2 (especially simple operations). Although children in daycare were more accurate than preschool children in both languages, this difference was only marginally significant. Nevertheless, the interaction effect between language*group in the latency data revealed that the language effects were only observed in children from daycare (with these being faster in L1 than L2), which seems to stem from the fact that they approached the task in a bilingual mode, unlike the preschool children, who appeared to perform in a monolingual mode.

Keywords: Second language learning, Bilingualism, Foreign languages, Arithmetic operations, Early exposure.

Índice

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS.....iv
Agradecimentos.....v
DECLARAÇÂO DE INTEGRIDADE.....vi
Resumo.....vii
Abstract.....viii
Introdução.....10
Método.....16
Participantes.....16
Estímulos.....16
Procedimento.....18
Resultados.....19
Discussão.....27
Referências.....31

Índice de Figuras

Figura 1. Exemplo do setup experimental.....19
Figura 2. Percentagem de Acerto por Complexidade e Tipo de Operação.....22
Figura 3. Tempos de Resposta às Operações Apresentadas em Língua Inglesa e Portuguesa por Grupo de Crianças.....24
Figura 4. Tempos de Resposta por Complexidade e Tipo de Operação.....25
Figura 5. Tempos de Resposta por Operações Apresentadas em Língua Inglesa e Portuguesa e Tipo de Operação.....26
Figura 6. Tempos de Resposta por Operações Apresentadas em Língua Inglesa e Portuguesa e Complexidade.....27

Índice de Tabelas

Tabela 1. Médias e Desvios Padrão da Precisão e Tempos de Resposta por Grupo e Condição Experimental.....21

Introdução

Vivemos num mundo cada vez mais globalizado, onde falar mais do que uma língua (em especial o inglês, considerada a língua franca do mundo) tornou-se imperativo. Não é assim pois de estranhar que em todo o mundo os sistemas educativos estejam a ser pressionados para que na introdução de uma segunda língua (L2) se faça o mais cedo possível na vida, firmemente apoiado à ideia de que, no que se refere à aprendizagem de novas línguas, quanto mais cedo na vida elas forem introduzidas melhor. Esta ideia surge porque se acredita que, durante os primeiros anos de vida, os cérebros das crianças estão especialmente aptos a capturarem as características do meio linguístico que as rodeia, sendo capazes de, com mais facilidade, responderem às várias línguas a que são expostos adquirindo-as sem os custos tipicamente observados quando essas línguas são introduzidas numa fase mais tardia da vida (e.g., Costa & Sebastián-Gallés, 2014; Bialystok, 2017; ver Kuhl & Ferjan-Ramírez, 2019 para uma discussão). Os primeiros anos de vida têm sido assim considerados um período chave para a aquisição de competências linguísticas, sendo também cada vez mais reconhecido que essa exposição precoce pode estimular também outros ganhos incluindo no desenvolvimento de competências como a flexibilidade cognitiva, a capacidade de resolução de problemas e o controlo inibitório devido, muito possivelmente, ao facto dos bilingues terem de alternar constantemente entre sistemas linguísticos, o que estimula ao desenvolvimento de mecanismos de controlo cognitivo mais efetivos (ver Bialystok & Barac, 2012). Devido a todas estas vantagens, tem-se assistido, em todo mundo, à tendência para que a idade inicial de exposição a uma L2 diminua e Portugal não é exceção.

Em 2011-2015, o Ministério da Educação lançou, em colaboração com o *British Council,* um projeto piloto de educação bilingue que procurou proporcionar a aprendizagem do inglês como L2 a crianças inseridas no primeiro ciclo do Ensino Básico português. Este projeto é estimulado por políticas da União Europeia que entendem o ensino de línguas como um veículo privilegiado para a construção de uma cidadania europeia mais inclusiva e competitiva num cenário cada vez mais global (Comissão Europeia, 2008). A partir do ano letivo 2016/2017, este projeto foi alargado a todas as crianças a frequentarem o terceiro ano de escolaridade de instituições públicas portuguesas e a crianças inseridas na rede pública do ensino pré-escolar, sempre que os recursos estivessem disponíveis, nomeadamente a contratação de professores de língua inglesa pelas autarquias. Existem outras iniciativas no setor privado que têm adotado ora um currículo totalmente bilingue, ora a oferta do inglês como atividade extracurricular junto das crianças do ensino pré-escolar e/ou como disciplina obrigatória no primeiro ciclo. Tentativas para

introduzir uma L2 em contextos educativos que abranjam crianças com menos de três anos de idade são escassas a nível mundial (ver Ferjan-Ramírez & Kuhl, 2017, 2020 para duas exceções).

Recentemente o Colégio Efanor, um colégio privado da cidade do Porto detido pela Fundação Belmiro de Azevedo, lançou um programa inovador de exposição precoce ao inglês como L2 junto de crianças a frequentar a creche desse colégio. O principal objetivo do programa é desenvolver um ambiente bilingue no qual as crianças não aprendem formalmente uma L2, mas são expostas à L2, cerca de 50% do tempo de permanência no colégio. Isto acontece através da exposição língua inglesa a partir do seu uso nas dinâmicas e atividades que ocorrem naturalmente no infantário. Este método ocorre de forma que, as crianças expostas a este ambiente, são capazes de ouvir e falar o português europeu (língua nativa das crianças, L1) e o inglês seja "natural" num ambiente em que a mudança de uma para outra pode ocorrer várias vezes ao longo do dia, como acontece normalmente num ambiente multilingue.

Outro aspeto distintivo do programa é que foi concebido para ser ministrado pelos próprios educadores de infância das crianças e não por professores de inglês que são especificamente contratados para implementar essas atividades (ver Soares et al., *in press*), como acontece na grande maioria dos programas implementados a nível nacional. Embora esta abordagem se revele promissora em termos dos ganhos linguísticos e cognitivos que as crianças podem revelar, desconhece-se os efeitos que essa exposição precoce à língua inglesa pode ter no seu desempenho escolar, especialmente em disciplinas como a matemática, que apresentam taxas de insucesso bastante elevadas em Portugal (ME-DGEEC, 2019). O objetivo deste trabalho é precisamente o de analisar os efeitos que essa exposição precoce à língua inglesa pode acarretar ao nível da resolução de operações aritméticas dado saber-se que o sucesso na resolução dessas operações depende não apenas do conhecimento matemático *per se* (isto é, da capacidade das crianças para identificar e manipular quantidades numéricas de forma precisa), mas das suas competências linguísticas (Arsalidou & Taylor, 2011; Vukovic & Lesaux, 2013).

Por exemplo, Gelman e Butterworth (2005) mostram como a contagem, um dos aspetos principais do desenvolvimento cognitivo numérico, está intrinsecamente ligado à língua utilizada. Também Purpura e Reid (2016) num estudo que procurou investigar como as competências linguísticas de crianças com idades compreendidas entre os quatro e os seis anos afetavam o seu desempenho matemático, verificaram, em linha com estudos prévios (LeFevre et al., 2010; Purpura et al., 2011), que para além das competências linguísticas mais gerais, o domínio de conceitos como "muito" ou "em cima" desempenha um papel crucial no desenvolvimento das competências aritméticas iniciais. Isto sugere que, para além das competências matemáticas, a língua e os seus aspetos linguísticos desempenham

um papel crucial nas operações aritméticas (ver Martinez, 2019). Em contextos de bilinguismo, no entanto, surgem desafios adicionais. Mizala (2015), defende que a língua representa o maior obstáculo para a compreensão da matemática, especialmente para os estudantes que aprendem a disciplina numa segunda ou terceira língua. Este fenómeno foi de resto confirmado pela recente meta-análise de Peng e colaboradores (2020), cujo objetivo foi comparar os fatores que podem afetar a relação entre as competências linguísticas e as competências matemáticas de indivíduos que aprendem numa única língua *vs* os que aprendem em duas línguas. Os resultados indicaram que a relação entre competências linguísticas gerais e habilidades matemáticas foi mais fraca entre os que aprendem em duas línguas em comparação com os que aprendem numa única língua, sugerindo que esses grupos podem diferenciar-se quanto ao uso que fazem das suas competências linguísticas para enfrentam tarefas matemáticas.

É importante também considerar que o papel das competências linguísticas na resolução de problemas aritméticos pode depender da operação em causa. Por exemplo, a resolução de problemas simples de adição ou multiplicação parece depender mais de soluções verbalmente recuperadas do que a resolução de problemas de subtração e divisão, provavelmente porque os primeiros são mais frequentemente aprendidos e utilizados no código verbal (Lemer et al., 2003). Por conseguinte as competências linguísticas devem impactar mais os primeiros do que os segundos. Esta hipótese é coerente com muitos estudos neuropsicológicos que revelam que a preservação da língua é mais importante para algumas operações (tipicamente multiplicações) do que para outras (tipicamente subtrações). Enquanto as subtrações são possíveis em caso de lesões nas áreas da linguagem (mas não em caso de lesões parietais), o inverso é observado para as multiplicações (Basso et al., 2005; Baldo & Donkers, 2007; Cappelletti et al., 2001; Dehaene & Cohen, 1997; Delazer et al., 1999; Rossor et al., 1995).

Estas dissociações sugerem que na multiplicação e na subtração estão envolvidos processos/mecanismos diferentes que, no primeiro caso, parecem depender mais da recuperação de factos aritméticos memorizados verbalmente e, no segundo, da manipulação mental de quantidades - a adição não se enquadra nesta dissociação, porque se baseia tanto na recuperação de factos verbais como na manipulação de quantidades (Dehaene et al., 2004).

Os estudos poucos estudos realizados até o momento com bilingues sugerem que a aprendizagem inicial da aritmética numa língua pode ser vantajosa e que alternar entre línguas na realização de operações aritméticas pode acarretar custos. McLain e Huang (1982) testaram o desempenho de adultos bilíngues em tarefas de aritmética simples (adição e subtração), comparando a velocidade de resolução

de problemas apresentados na L1 e na L2. Este estudo partiu da hipótese de que a língua na qual uma pessoa aprendeu inicialmente a matemática (L1) poderia influenciar a rapidez com que as operações aritméticas eram resolvidas, uma vez que os factos aritméticos seriam mais rapidamente recuperados na L1. Os investigadores criaram uma tarefa experimental na qual os participantes eram solicitados a realizar operações simples de adição e subtração em ambas as línguas. As operações foram apresentadas de forma auditiva, e os tempos de resposta foram medidos, permitindo uma comparação direta entre o desempenho na L1 e na L2. Num dos grupos, os participantes podiam escolher a língua de resolução, enquanto noutro foram instruídos a alternar entre a L1 e a L2. Os resultados mostraram que os tempos de resposta dos participantes foram significativamente mais rápidos na L1 do que na L2. Além disso, o grupo de participantes que podia escolher a língua de resolução das operações, tendeu a optar mais pela L1 do que pela L2 e obtiveram tempos de resposta mais reduzidos. O grupo que alternou entre línguas, obtive tempos de resposta superiores, indicando um custo cognitivo associado à mudança de código linguístico. No entanto, é importante salientar que neste estudo os participantes adquiriram a L2 na idade adulta, sendo assim necessário analisar até que ponto esses resultados podem ser observados em bilingues expostos a uma L2 em idades mais precoces.

Saalbach et al. (2013) avaliaram os custos associadas às mudanças de língua na realização de operações aritméticas em adolescentes expostos ao ensino bilingue há um ano vs. três anos. O estudo envolveu duas fases. Na primeira, os alunos dos dois grupos foram treinados durante três dias a realizar operações de multiplicação e operações de subtração simples em alemão (L1) e em francês (L2). Na segunda fase, foram testados na realização de outras operações de multiplicação e de subtração com o objetivo de examinar o desempenho em operações não treinadas. Nas duas fases os números foram apresentados como expressões numéricas em cada uma das línguas (por exemplo, “doze vezes sete”; “oitenta e quatro menos sessenta e oito”). Os resultados mostraram que os alunos de ambos os grupos apresentaram dificuldades ao alternar entre línguas, não apenas nas operações treinadas, mas também nas não treinadas, especialmente quando a alternância ocorria, do idioma em que aprenderam a aritmética (alemão), para o francês.

Estes resultados revelam que bilingues expostos a uma L2 em idades mais precoces revelam também custos quando realizam operações aritméticas numa língua diferente daquela em que a aprendizagem da matemática foi realizada e que o idioma de aprendizagem parece influenciar tanto a recuperação de soluções simples como a resolução de operações mais complexas.

Van Rinsveld e colegas (2015) estudaram alunos do 7° ao 11° ano de escolaridade e jovens adultos cuja língua nativa era o luxemburguês (uma língua oficial do Luxemburgo que se desenvolveu a partir de uma variante do dialeto do alemão) ou o alemão, mas que tinham aprendido a matemática e/ou também outras disciplinas (exceto as disciplinas de alemão e inglês) em francês. Ao longo dos anos escolares, a proficiência em francês aumentou, com elevados níveis de proficiência em alemão e francês nos graus mais elevados. Consequentemente, o grupo de adultos era composto por jovens adultos que se tinham tornado bilingues de alemão-francês. Os autores confrontaram os diferentes grupos com a realização de operações de adição simples de um algarismo (e.g., 4 + 2) e adições complexas de dois algarismos (e.g., 56 + 32) apresentadas de forma visual e auditiva em alemão e francês em sessões distintas contrabalanceadas entre participantes. Os resultados mostraram de uma forma geral que as operações foram realizadas mais rapidamente e com menos erros em alemão do que em francês, o que foi atribuído ao facto de os participantes terem adquirido a língua alemã primeiro do que a francesa, e tê-la como sua língua predominante.

Em todo o caso, convém salientar que essas diferenças foram esbatidas a partir do 10° ano de escolaridade e que os adultos bilingues resolveram até as operações apresentadas em língua francesa com mais eficiência do que em língua alemã, sugerindo que, para além da língua em que aquisição da aritmética é feita, o nível de proficiência linguística modula também a capacidade de recuperar fatos aritméticos simples. Nas adições complexas, as diferenças relacionadas com a língua foram mais proeminentes e persistentes, com respostas mais lentas e menos precisas em francês do que em alemão em todos os grupos, o que vai de encontro com a ideia de que estas operações requerem a recuperação de estratégias de resolução dos problemas da memória de trabalho (Beishuizen, 1993).

Ainda que interessantes, todos os estudos apresentados, analisam os efeitos que a exposição a uma L2 tem sobre a realização de operações aritméticas em idades mais tardias (i.e. após a primeira língua ter sido adquirida), desconhecendo-se assim os efeitos que a exposição a uma L2 em idades mais precoces (i.e., enquanto a L1 ainda está a ser aprendida, como no caso da creche do Colégio Efanor), pode ter na resolução de operações aritméticas quando essas crianças ingressam no ensino obrigatório e aprendem a ler e a escrever, o principal objetivo desta dissertação.

Uma vez que todas as crianças que ingressam no Colégio Efanor são expostas a esta prática educativa, impossibilitando a criação de um grupo controlo, iremos, neste trabalho, comparar os resultados obtidos pelas crianças que foram expostas à língua inglesa desde a creche do Colégio Efanor (com uma idade estimada de exposição ao inglês antes do ingresso na escolaridade obrigatória de seis

anos) com os daquelas que foram expostas ao inglês desde o pré-escolar do Colégio Efanor (com uma idade estimada de exposição ao inglês antes do ingresso na escolaridade obrigatória de três anos) na premissa de que, a idade com que a exposição inicial é feita e/ou a quantidade de exposição durante os primeiros anos de vida, possa afetar os resultados.

Para isso recorremos, à semelhança dos estudos prévios (e.g., Saalbach et al.,2013; Van Rinsveld et al., 2015) a operações de adição e subtração simples e complexas apresentadas às crianças em português europeu (L1) e inglês (L2). A restrição a este tipo de operações, atendeu à idade e ao nível de conhecimentos esperado pelas crianças no final do primeiro ano de escolaridade, tal como aferido junto das suas professoras.

Embora a investigação desenvolvida até ao momento revele alguns custos na realização das operações aritméticas na língua não nativa, é possível que a exposição a uma L2 desde os primeiros meses de vida possa melhorar alguns aspetos do funcionamento cognitivo das crianças, nomeadamente em termos de competências como flexibilidade cognitiva, capacidade de resolução de problemas e controlo inibitório, com impactos positivos ao nível da resolução de problemas aritméticos, sobretudo junto daquelas expostas ao inglês desde a creche.

Assim, tendo em conta a revisão de literatura anterior, prevemos que: (1) as crianças sejam mais precisas e mais rápidas na resolução de operações simples do que em operações complexas, especialmente adições apresentadas na L1, dado que essas podem ser resolvidas a partir da recuperação de factos aritméticos armazenados na memória, envolvendo menor carga cognitiva, sobretudo na língua nativa que é a língua dominante das crianças e aquela onde a aprendizagem das operações numéricas foi realizada pelos professores em contexto de sala de aula; (2) as crianças expostas ao inglês desde a creche sejam mais precisas e rápidas na resolução de operações apresentadas em inglês (L2) do que as crianças expostas ao inglês desde o pré-escolar, dada a sua maior familiaridade com a língua, não se esperando diferenças ao nível da L1. Porque as operações de subtração, sobretudo as mais complexas, dependem mais da manipulação de quantidades numéricas e são menos mediadas linguisticamente, antecipamos que essas sejam as mais difíceis de resolver pelas crianças dos dois grupos nos dois idiomas, não se antecipando assim que a línguas em que as operações são apresentadas possam modular os efeitos.

Método

Participantes

Vinte e seis estudantes (doze rapazes e quatorze raparigas) com idades compreendidas entre os seis e sete anos (M= 6.9, DP=0.33) a frequentar o segundo ano de escolaridade do primeiro ciclo do Ensino Básico no Colégio Efanor (Porto) participaram no estudo. O estudo foi divulgado na reunião de pais/encarregados de educação realizadas no início do ano letivo em cada uma das três turmas do segundo ano de escolaridade do Colégio Efanor, tendo sido obtido o consentimento informado escrito autorizando a participação de cada uma das crianças junto dos mesmos. O estudo foi alvo de um parecer positivo por parte da Comissão de Ética para Investigação em Ciências Sociais e Humanas (CEICSH 059/2024). Todos apresentam o português europeu como língua nativa, visão e audição normal-a-corrigida, sendo oriundos de classes socioeconómicas de nível médio-alto.

Destes, dez participantes foram excluídos das análises: oito por não terem concluído a tarefa, um por apresentar necessidades educativas especiais e outro por ser o único sem exposição ao inglês como língua estrangeira antes de ingressar no Ensino Básico do Colégio Efanor. Assim, a amostra final ficou constituída por dezasseis crianças (onze rapazes e cinco raparigas, M_{idade}=6.9, DP_{idade}=0.35), nove dos quais (sete rapazes e duas raparigas, M_{idade}=6.9, DP_{idade}=0.33) expostos ao inglês como língua estrangeira desde a creche do Colégio Efanor (com uma idade estimada de exposição ao inglês antes do ingresso na escolaridade obrigatória de seis anos) e sete (quatro rapazes e três raparigas, M_{idade}=6.8, DP_{idade}=0.44) expostos ao inglês como língua estrangeira desde o pré-escolar do Colégio Efanor (com uma idade estimada de exposição ao inglês antes do ingresso na escolaridade obrigatória de três anos).

Estímulos

Seguindo Van Rinsveld e colaboradores (2015), usámos 56 operações numéricas, 14 das quais correspondentes a operações de adição simples, 14 operações de subtração simples, 14 operações de adição complexa, e 14 operações de subtração complexa. As adições simples são operações de duas parcelas de um dígito, que variam entre dois e nove (e.g., 4 + 5). As adições de +1 e casos em que ambas as parcelas apresentem o mesmo número foram excluídas, para evitar interpretações alternativas (por exemplo, 4+4=4*2). As soluções das operações variaram assim entre cinco e 17, sendo que sete requerem o uso de regras de transporte (e.g., 7+9), e as restantes não (e.g., 2+3). À semelhança das adições simples, as subtrações simples usadas foram operações de duas parcelas de um dígito compreendidos entre dois e nove (e.g., 5 - 3), excluindo-se os casos -1 e os casos em que o mesmo número é apresentado nas duas parcelas. As soluções destas operações variavam entre um e sete. Para

estas operações foram apenas incluídas operações sem regras de transporte uma vez que os alunos ainda não estavam familiarizados com números negativos neste nível educativo tal como assegurado pelos professores desses alunos. As adições complexas, são compostas por operações de adição de dois dígitos, que variaram entre 12 e 38 (e.g., 17 + 14). Foram excluídas adições +10 ou adições que possam originar o mesmo resultado (e.g., 24 + 15 e 25 + 14), resultando assim num intervalo de soluções que varia entre 25 e 50. Metade dessas adições exigem o uso de regras de transporte (e.g., 17 + 15), enquanto a outra metade não o exige (e.g., 36 + 12). Por fim, as operações de subtração complexa, foram compostas por operações de subtração de dois dígitos que variaram entre 12 e 49 (e.g., 35 - 14). Foram excluídas subtrações -10, resultando assim num intervalo de soluções que varia entre um e 37. Metade das subtrações complexas incluídas exigem regras de transporte (e.g., 21 - 19), enquanto a outra metade não o exige (e.g., 43 - 12). A lista completa das operações numéricas usadas pode ser consultada no Apêndice 1.

Para a manipulação da língua em que as operações foram apresentadas foram gerados 112 áudios (56 em língua portuguesa e 56 em língua inglesa) através da ferramenta da *Amazon Web Services* (AWS) do *Software Development Kit* (SDK) que foram sobrepostos à apresentação visual das operações numéricas em cada uma das línguas. Para a produção dos áudios em língua inglesa foi selecionado o código do idioma, *en-GB*, com a *VoiceID*, "*Joanna*", a 8000 Hz. Para a produção dos áudios em língua portuguesa foi selecionado o código do idioma, *pt-PT*, com o *VoiceID*, "Ines", a 8000Hz. A duração média dos áudios em cada uma das línguas foi controlada a partir do código *Python* (<prosody rate="90%">) que assegurou que a velocidade da reprodução dos áudios em cada língua fosse próxima (M_{PT}= 1,71 e M_{IN}=1,68).

Foram criadas quatro listas de materiais para contrabalancear a língua em que as operações numéricas foram apresentadas às crianças (28 em português e 28 em língua inglesa) e a ordem de apresentação das mesmas (primeiro português e depois inglês ou vice-versa). Este procedimento procurou evitar que a mesma criança realizasse a mesma operação numérica nas duas línguas, ainda que a mesma operação fosse apresentada nas duas línguas em listas distintas e que efeitos de familiaridade com a tarefa ou fadiga pudessem afetar os resultados. De assinalar também que, na construção de cada lista, houve a preocupação de integrar um número equivalente (sete) de operações simples e complexas de adição e subtração (sete de cada) em cada uma das línguas em que as operações foram apresentadas de maneira a evitar que uma distribuição não equivalente das mesmas

pudesse afetar os resultados. As listas foram distribuídas de forma aleatória a cada participante, com a restrição de termos um número equivalente de participantes por lista (n = 4).

Por último foram selecionadas quatro operações adicionais (duas simples e duas complexas de adição e subtração) para familiarizar a criança coma tarefa antes do bloco experimental.

Procedimento

Os dados foram recolhidos de forma individual numa sala silenciosa cedida pelo Colégio Efanor. As crianças foram sentadas confortavelmente numa cadeira a cerca de 30-40 centímetros de distância do ecrã do computador. Foram também colocados auscultadores a partir dos quais os estímulos auditivos foram apresentados às crianças durante a tarefa a um volume considerado confortável por elas (≈60 db).

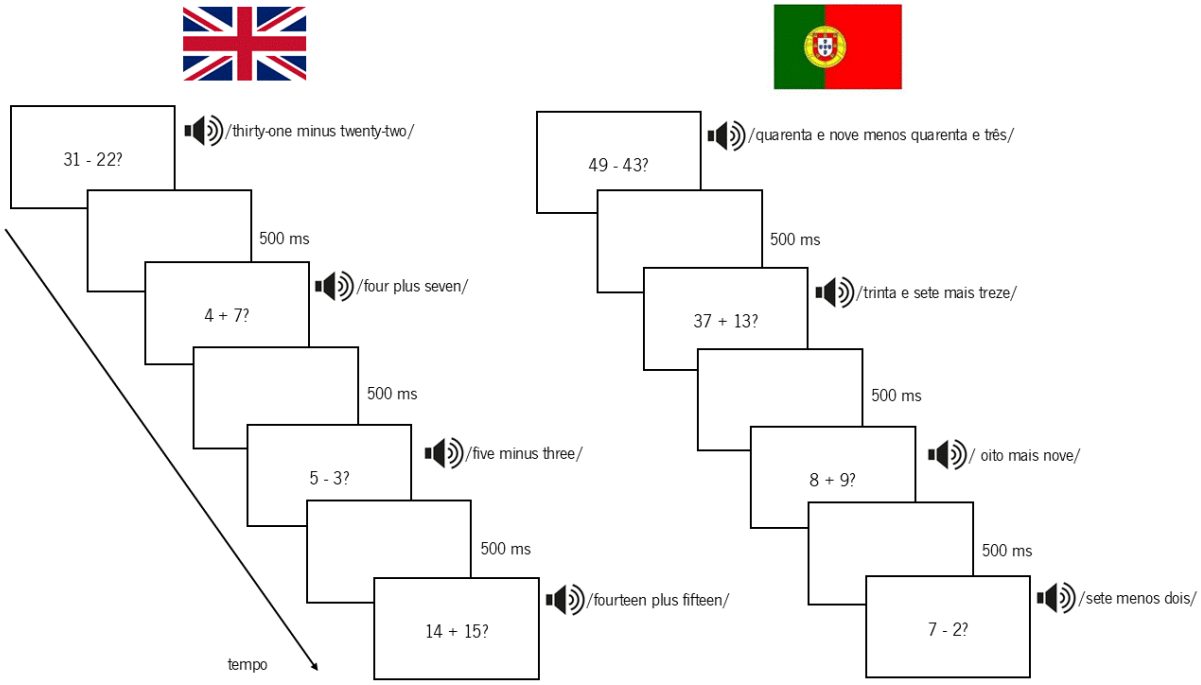
Às crianças foi dito que iriam ser apresentadas no centro do ecrã do computador operações numéricas (contas) que deveriam resolver da forma mais rápida e precisa possível em dois blocos distintos separados por uma pequena pausa e definidos pela língua em que as operações numéricas eram apresentadas auditivamente e pela língua em que as respostas (i.e., o número resultante do cálculo numérico efetuado) deveriam ser dadas: em língua portuguesa no bloco português e em língua inglesa no bloco inglês. Para induzir o modo linguístico de forma mais adequada as instruções e a interação com o experimentador foram realizadas em português ou inglês, de acordo com bloco aplicado.

A tarefa foi programada no software *PyCharm*, uma ferramenta gratuita de fácil uso para o desenvolvimento de *Python*, que permitiu controlar a apresentação dos estímulos e o registo do tempo que cada criança demorava a chegar a uma dada solução por cada operação, emitindo uma resposta verbal. A precisão foi avaliada *offline* a partir do registo das respostas dadas pelos participantes a cada operação pelo experimentador.

As 56 operações (28 por bloco) foram apresentadas uma a uma no centro de um monitor de 15,6'' na fonte *Arial* tamanho 16 de cor negra contra um fundo branco. Assim que o estímulo visual era apresentado (e.g., 4 + 5), o áudio correspondente à leitura dessa operação em língua portuguesa ou língua inglesa (conforme o bloco) era também apresentado. Em cada bloco as operações foram apresentadas de forma aleatória por participante. A Figura 1 apresenta uma representação gráfica do *setup* experimental adotado. De notar que, embora a língua (bloco) em que as operações foram apresentadas tenha sido contrabalanceada entre participantes, na Figura 1 apresenta-se o bloco português em primeiro lugar seguido do bloco inglês apenas a título meramente ilustrativo.

Em cada ensaio não se impôs limite de tempo à emissão de uma resposta pelas crianças embora tivessem sido estimuladas a responder da forma mais rápida e precisa possível. Assim que uma resposta fosse emitida, o participante clicava na tecla de espaço do computador para avançar para o ensaio seguinte e assim sucessivamente até ao final da tarefa. As respostas, com cálculos corretos, foram consideradas válidas, mesmo que dadas numa língua diferente da prevista para o bloco da tarefa (por exemplo, respostas corretas em português durante o bloco em inglês). Isto porque, quando a tarefa era apresentada na língua inglesa, os alunos da creche responderam corretamente utilizando a língua-alvo a um total de 141 operações: 60 respostas corretas em operações simples de subtração, 55 em operações simples de adição, 25 em subtrações complexas e 1 em adição complexa. Já os alunos do pré-escolar, na língua inglesa, responderam corretamente utilizando a língua-alvo a 87 operações, distribuídas da seguinte forma: 39 respostas corretas em subtrações simples, 35 em adições simples, 13 em subtrações complexas e nenhuma resposta correta em adições complexas. Entre ensaios usou-se um intervalo de 500 ms como no estudo de Van Rinsveld e colaboradores (2015). O tempo médio de conclusão da tarefa foi de 21.5 min por criança.

Figura 1. Exemplo do desenho experimental



Resultados

Os resultados descritivos (médias e desvios-padrão) da precisão (percentagem de respostas corretas ou acerto, %A) e dos tempos de resposta (TR), em segundos, às operações respondidas acertadamente pelas crianças por grupo de exposição à língua inglesa como língua estrangeira antes da entrada no ensino obrigatório no Colégio Efanor (crianças expostas desde a creche vs desde o pré-escolar), por tipo (adição ou subtração) e complexidade (simples ou complexa) de operação e língua (português e inglês) em que cada uma foi apresentada é reportado na Tabela 1. De referir que embora se tenha instruído as crianças a produzirem a solução das operações apresentadas na língua do bloco, o facto das crianças do grupo pré-escolar terem respondido corretamente às operações complexas de adição e subtração apresentadas em língua inglesa em língua portuguesa levou-nos a admitir como acerto as respostas corretas produzidas pelas crianças independentemente da língua em que foram produzidas.

Foram realizadas análises de modelos logísticos mistos e modelos mistos lineares sobre os dados de precisão e de tempos de resposta obtidos junto dos participantes, recorrendo ao software R (Bates et al., 2011, 2015). Os modelos foram ajustados usando os pacotes lme4 e lmerTest R (Bates et al., 2011, 2015; Kuznetsova et al., 2017) para contrastar efeitos simples com diferenças de mínimos quadrados médios nos dados de latência. As análises foram efetuadas com interceptos aleatórios e quatro fatores fixos (Grupo: creche | pré-escolar; Tipo de Operação: adição | subtração; Complexidade da operação: simples | complexa; e Língua: português | ingles), sendo apenas os três últimos de medidas repetidas. Respostas incorretas (11.8% no bloco português e 13.8% no inglês) foram excluídas dos dados de latência. Para além disso, os TRs que estavam abaixo e acima de 2 *DP*s das médias de cada participante foram excluídos das análises por constituírem potenciais *outliers* (2.1% no bloco português e 1.6% no inglês). Para os efeitos que atingiram significância estatística, os graus de liberdade da estatística F foram ajustados utilizando o método de Satterthwaite (Khuri et al., 1998; Satterthwaite, 1941). Os valores de p foram ajustados com o método Hochberg para todas as comparações *post hoc* e efeitos principais $\alpha \leq .05$ (ver Benjamini & Hochberg, 1995 e Hochberg, 1988).

Os resultados das análises conduzidas sobre a precisão das respostas, mostraram um efeito principal estatisticamente significativo do fator complexidade, $\chi^2(1) = 62.64$, $p < .001$. Este efeito revelou que as crianças foram globalmente mais precisas perante operações simples do que operações complexas (90% vs. 58%) como esperado. Revelou ainda um efeito principal marginalmente significativo do fator língua, χ^2 (1) = 3.06, $p = .080$ indicando uma tendência para as crianças serem mais precisas

Tabela 1.

Médias e Desvios Padrão (Entre Parênteses) da Precisão (Percentagem de Respostas Corretas) e Tempos de Resposta (em Segundos) por Grupo e Condição Experimental.

Grupo	**Tipo de Operação**	**Complexidade da Operação**	Língua			
			Português		Inglês	
			%A	TR	%A	TR
Creche	Adição	Simples	89% (32%)	8.58 (4.43)	89 (32%)	17.67 (14.18)
		Complexa	78% (42%)	16.45 (8.50)	70% (46%)	23.48 (17.14)
	Subtração	Simples	97% (18%)	7.43 (6.91)	97% (18%)	12.78 (11.15)
		Complexa	73% (45%)	17.88 (9.02)	57% (50%)	22.71 (17.38)
Pré-Escolar	Adição	Simples	80% (41%)	13.70 (11.51)	86% (35%)	13.86 (7.62)
		Complexa	51% (51%)	18.88 (12.51)	48% (51%)	23.29 (15.01)
	Subtração	Simples	94% (24%)	13.26 (12.37)	94% (24%)	9.22 (5.55)
		Complexa	41% (50%)	26.47 (13.08)	31% (47%)	22.16 (10.74)

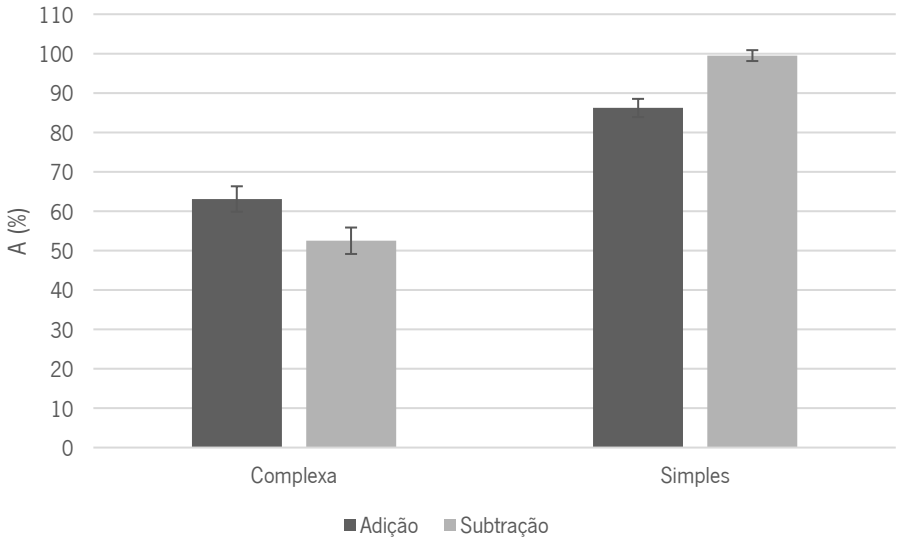
Nota. %A: percentagem de respostas corretas ou acerto; TR: tempos de resposta.

nas operações realizadas no bloco português do que no inglês (76% vs. 72%) como esperado. O efeito do fator grupo também se revelou marginalmente significativo, χ^2 (1) = 3.25, p = .071 sugerindo uma tendência para as crianças do grupo exposto ao inglês desde a creche apresentarem um desempenho globalmente superior ao das crianças expostas ao inglês desde o pré-escolar (81% vs. 66%).

O efeito de interação tipo de operação * complexidade revelou-se estatisticamente significado estatístico, χ^2 (1) = 12.82, p < .001. Os resultados das análises *post hoc* indicaram, como se pode constatar na Figura 2, que embora nas operações simples os participantes tenham sido mais precisos com as operações de subtração do que adição (p = .004) nas operações complexas o inverso foi observado, com os participantes a serem mais precisos com as operações de adição do que subtração (p = .0330). Embora este efeito não tivesse sido antecipado ele poderá ser explicado se atendermos ao tipo de operações que cada tipo de complexidade integrou, como discutiremos mais à frente.

Figura 2.

Percentagem de Acerto (%A) por Complexidade (Simples e Complexa) e Tipo (Adição e Subtração) de Operação.



Nota. As barras indicam o erro padrão da média

Os resultados das análises conduzidas sobre os TR, revelaram um efeito principal estatisticamente significativo do fator língua, F(1, 579.88) = 26.26, p < .001, indicando que as crianças responderam com mais rapidez às operações apresentadas no bloco português do que inglês (13.3 seg vs 16.9 seg), em linha com os resultados observados nos dados precisão, ainda que aí eles sejam apenas

marginalmente significativos. Os resultados revelaram também um efeito principal do fator complexidade, $F(1, 61.41) = 94.91$, $p < .001$ indicando que os participantes foram mais rápidos a responderem às operações simples do que às complexas (11.9 seg vs. 20.6 seg) o que, em linha com os resultados de precisão observados, sugere que as operações simples envolveram de facto menor carga cognitiva, explicando que as crianças de ambos os grupos tenham sido não só mais precisas como mais rápidas com esse tipo de operações. O fator tipo de operação aritmética revelou-se marginalmente significativo, $F(1, 62.57) = 2.94$, $p = .091$ indicando uma tendência para as crianças serem mais rápidas a resolver operações de subtração do que de adição (13.7 seg vs 16.2 seg).

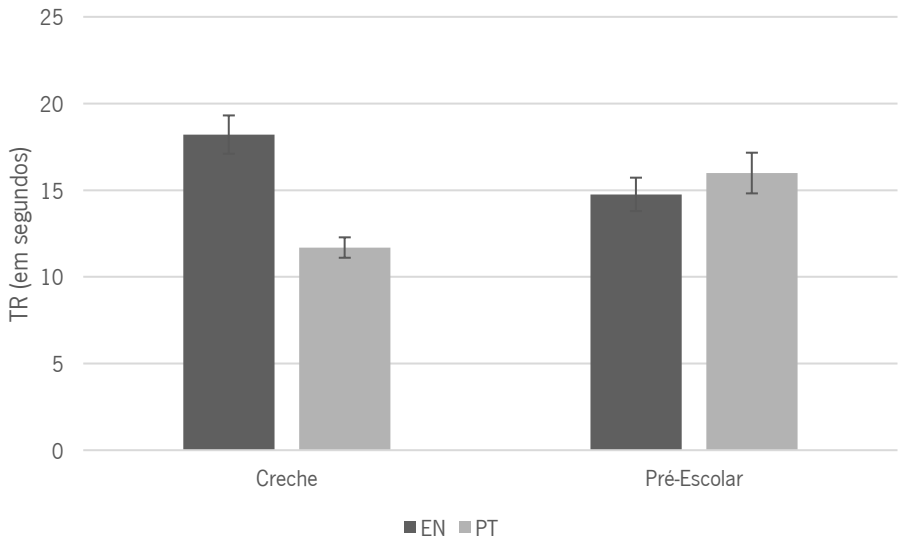
A interação língua * grupo de exposição atingiu significado estatístico, $F(1, 588.23) = 18.09$, $p < .001$. A análise das comparações *post hoc* indicaram, como se pode constatar na Figura 3, que as diferenças de velocidade nas respostas produzidas no bloco português vs bloco inglês só atingiram significado estatístico no grupo das crianças da creche, tendo estas sido, curiosamente, mais rápidas a resolver as operações apresentadas em língua portuguesa do que inglesa ($p < .001$). No grupo das crianças do pré-escolar essas diferenças não atingiram significado estatístico ($p = .900$).

Embora este efeito não tivesse sido antecipado, convém salientar, como discutiremos à frente, que as crianças do grupo creche foram mais precisas do que as crianças do grupo creche tanto no bloco português (84% vs 66%) como no bloco inglês (78% vs. 65%), sendo também de ressaltar que as primeiras foram aquelas que procuraram cumprir as instruções fornecidas para produzir as soluções às operações apresentadas em língua inglesa em inglês e não em português como acabou por ser o caso das segundas: e que nos levou inclusive a considerar essas respostas como acertos assegurando assim a existência de dados para as análises, como referimos na secção de metodologia, assim, a ausência de diferenças de língua nesse grupo.

De notar também que, ainda assim, as crianças do grupo da creche tenderam a ser mais rápidas na resolução das operações apresentadas em língua portuguesa do que as crianças do grupo pré-escolar ($p = .089$), o que sugere que a maior exposição à língua inglesa que estas crianças apresentam não interferiu com a precisão e a velocidade com que as respostas foram dadas na língua nativa das crianças. Além disso, a produção de respostas certas na língua *target* (inglesa) poderá estar na base dos resultados obtidos na língua inglesa.

Figura 3.

Tempos de Resposta (TR em Segundos) às Operações Apresentadas em Língua Inglesa e Portuguesa por Grupo de Crianças (Creche vs Pré-Escolar)

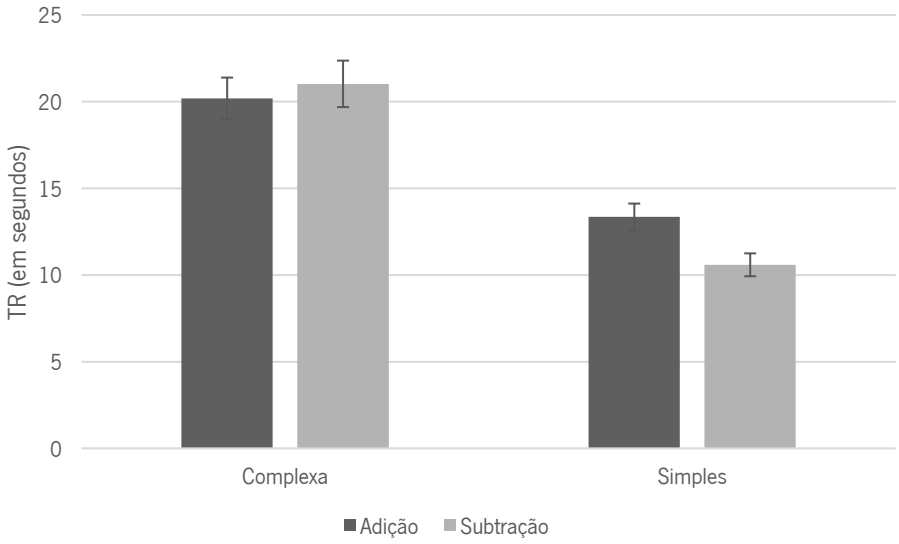


Nota. EN: Inglês; PT: Português. As barras indicam o erro padrão da média.

A interação operação *complexidade atingiu também significado estatístico, F (1, 62.39)= 7.68, p = .007. À semelhança do observado nos dados de precisão (cf. Figura 2), este efeito revela, como podemos constar na Figura 4, que nas operações simples as crianças foram não só mais precisas, mas também mais rápidas a resolver operações de subtração do que de adição (p = .002), indicando maior facilidade no processamento das primeiras do que nas segundas. Nas operações complexas as diferenças de tempos na resolução de operações de adição e subtração não se revelaram significativas (p = .476). Este resultado poderá ser explicado, como referimos nos dados de precisão, pelo facto das operações simples de adição e de subtração poderem não ser totalmente equivalentes em termos de dificuldade.

Figura 4.

Tempos de Resposta (TR em Segundos) por Complexidade (Simples e Complexa) e Tipo (Adição e Subtração) de Operação

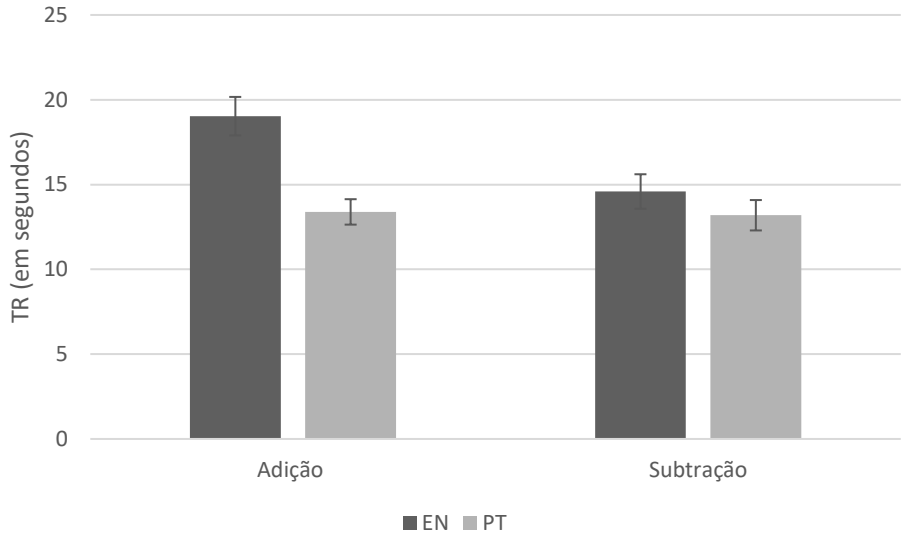


Nota. As barras indicam o erro padrão da média.

A interação língua * tipo de operação mostrou um efeito marginal, F (1, 578.83) = 3.15, p = .076. A exploração deste efeito mostrou, como se poderá constatar na Figura 5, que embora as crianças tivessem revelado uma tendência para demorarem mais tempo a resolverem as operações de adição e de subtração apresentadas em língua inglesa do que em língua portuguesa, como esperado, as diferenças entre tipo de operações tendem a ser observadas nas operações apresentadas em língua inglesa (penalizando as adições face às subtrações) mas não na língua portuguesa, onde os participantes demoraram virtualmente o mesmo tempo a responder aos dois tipos de operações.

Figura 5.

Tempos de Resposta (TR em segundos) por Operações Apresentadas em Língua Inglesa e Portuguesa e Tipo (Adição e Subtração) de Operação.

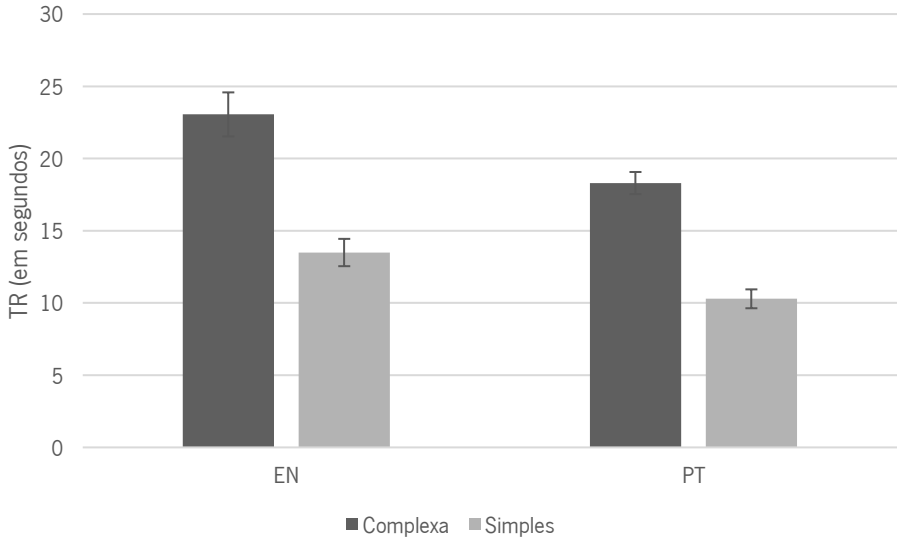


Nota. EN: Inglês; PT: Português. As barras indicam o erro padrão da média.

A interação língua * complexidade da operação, revelou-se igualmente marginalmente significativa, $F(1, 579.61) = 3.69$, $p = .055$. A exploração deste efeito mostrou, como se poderá constatar na Figura 6, que embora as crianças tivessem revelado uma tendência para demorarem mais tempo a resolverem as operações complexas do que as simples apresentadas tanto em língua inglesa como portuguesa, as diferenças entre línguas tende apenas a ser observada nas operações simples e não nas complexas, operações onde tanto em português como inglês os participantes demoraram mais tempo.

Figura 6.

Tempos de resposta (TR em segundos) por Operações Apresentadas em Língua Inglesa e Portuguesa e Complexidade (Simples e Complexa).



Nota. EN: Inglês; PT: Português. As barras indicam o erro padrão da média.

Discussão

Neste estudo, investigámos o impacto da exposição precoce ao inglês como L2 na resolução de operações aritméticas simples e complexas, apresentadas a crianças a frequentarem o 1º ciclo do Ensino Básico com exposição ao inglês desde a creche vs desde o ensino pré-escolar. Embora estudo prévios tenham explorado os efeitos que a exposição a uma L2 tem sobre a realização de operações aritméticas, esses estudos recorreram a amostras de crianças, adolescentes e adultos que aprenderam a L2 em idades mais tardias (i.e. após a primeira língua ter sido adquirida), desconhecendo-se por isso os efeitos que a exposição a uma L2 em idades mais precoces (i.e., enquanto a L1 ainda está a ser aprendida, como no caso da creche do Colégio Efanor), pode ter na resolução de operações aritméticas quando essas crianças ingressam no ensino obrigatório e aprendem a ler e a escrever, o principal objetivo desta dissertação.

Para atingir este objetivo, adotámos um design experimental semelhante ao utilizado por Van Rinsveld et al. (2015), no qual crianças expostas ao inglês desde a creche vs desde o pré-escolar realizaram operações aritméticas na sua língua nativa, o português, e em inglês. As operações apresentadas variaram em complexidade (simples vs complexas) e no tipo de operação (adição ou subtração), medindo-se o desempenho em termos de precisão e tempo de resposta. A nossa hipótese

central era que as crianças expostas ao inglês desde a creche apresentariam maior facilidade ao realizar operações em inglês do que as crianças expostas inglês desde o pré-escolar não se antecipando diferenças na língua portuguesa.

Além disso, esperávamos que as operações realizadas em português, a língua nativa das crianças, resultassem em melhores desempenhos em comparação com o inglês, refletindo a vantagem da L1 no acesso e recuperação de factos aritméticos, como sugerido por Dehaene e Cohen (1997). Em termos de complexidade, prevíamos que as operações simples seriam resolvidas mais rapidamente e com maior precisão em ambos os grupos e línguas, dado que essas operações envolvem menor carga cognitiva e dependem de processos de recuperação automática de factos aritméticos (Dehaene et al., 2004).

Os resultados obtidos foram claros e revelaram que a língua de apresentação das operações aritméticas influenciou significativamente o desempenho dos participantes. Especificamente, que houve um efeito marginalmente significativo da língua, indicando uma tendência para as crianças serem mais precisas nas operações realizadas em português (76%) em comparação com o inglês (72%). Tal como esperado, este resultado corrobora a ideia de que a L1 facilita o acesso a factos aritméticos, como sugerido por Dehaene & Cohen (1997). Além disso, os tempos de resposta mostraram que as crianças foram significativamente mais rápidas ao realizar as operações em português (13,3 segundos) do que em inglês (16,9 segundos), reforçando a vantagem do processamento na língua nativa.

Outro resultado importante foi que os participantes foram mais precisos e rápidos na resolução operações simples, tanto de adição quanto de subtração, do que nas operações complexas. Tal como esperado, a análise estatística confirmou um efeito significativo da complexidade da operação, com as operações simples apresentando maior precisão (90%) em comparação com as operações complexas (58%), o que confirma que operações simples envolvem menor carga cognitiva e dependem de processos de recuperação automática de factos aritméticos (Dehaene et al., 2004).

A comparação entre os grupos de exposição revelou uma tendência marginalmente significativa para que as crianças expostas ao inglês desde a creche fossem globalmente mais precisas (81%) do que as crianças expostas desde o pré-escolar (66%).

Além disso, outro ponto relevante foi a interação entre língua e grupo de exposição, que atingiu significância estatística. No grupo da creche, observou-se uma diferença significativa entre os tempos de resposta em português e inglês, com as crianças sendo significativamente mais rápidas em português

(8,58 segundos) do que em inglês (17,67 segundos), tal como esperado. Curiosamente, essa diferença não foi observada no grupo do pré-escolar, onde os tempos de resposta foram mais equilibrados entre as duas línguas. Embora este efeito de interferência não tivesse sido antecipado as crianças do grupo creche foram mais precisas do que as crianças do grupo creche tanto no bloco português (84% vs 66%) como no bloco inglês (78% vs. 65%), sendo também de ressaltar que as primeiras foram aquelas que procuraram cumprir as instruções fornecidas para produzir as soluções às operações apresentadas em língua inglesa em inglês e não em português como acabou por ser o caso das segundas justificando, assim, a ausência de diferenças de línguas nesse grupo. As crianças do pré-escolar tenderam a responder às operações em inglês em português, o que pode ter reduzido o impacto da língua de apresentação.

A interação entre língua e complexidade revelou-se marginalmente significativa. As diferenças entre línguas foram mais pronunciadas nas operações simples, sendo que os participantes a demorarem mais tempo a resolver operações simples em inglês (23,05 segundos) do que em português (18,30 segundos). Nas operações complexas, a diferença entre línguas não foi significativa, sugerindo que a complexidade da tarefa minimiza o impacto da língua de apresentação.

A interação entre tipo de operação e complexidade trouxe mais *insights* sobre o desempenho das crianças. Os resultados mostraram que nas operações simples, as crianças foram mais precisas em subtrações (97%) do que em adições (89%). Este padrão foi revertido nas operações complexas, onde as crianças foram mais precisas em adições (70%) do que em subtrações (57%). Esta diferença pode ser explicada pela natureza das operações envolvidas: enquanto as subtrações simples só estavam a ser resolvidas operações sem regras de transporte (e.g. 9- 7) devido ao desconhecimento dos participantes de números negativos estas eram menos exigentes e de mais fácil resolução do que as operações simples de adição, que tanto envolviam operações com regras de transporte, sendo assim as primeiras facilmente resolvidas por recuperação direta de factos memorizados enquanto as segundas envolviam para além da recuperação de factos, como sugerido por Dehaene et al. (2004).

Apesar dos resultados apresentados neste estudo, futuros trabalhos de investigação serão necessários para aprofundar a compreensão dos efeitos observados. Especificamente, será importante replicar este estudo com maiores amostras e mais diversificadas, incluindo crianças com diferentes níveis de exposição à L2 e variáveis cognitivas adicionais, como memória de trabalho e controle inibitório. Além disso, a inclusão de uma avaliação objetiva da proficiência linguística dos participantes poderá fornecer uma compreensão mais detalhada sobre o impacto da L2 no desempenho matemático.

Estudos futuros poderão também investigar como a continuidade da exposição à L2, ao longo do percurso escolar, afeta a aprendizagem da matemática e outras competências cognitivas. Um foco em diferentes faixas etárias, como crianças em fases iniciais da leitura, pode fornecer uma visão mais abrangente sobre os efeitos de longo prazo da exposição à uma L2 na matemática. Tal abordagem permitirá também verificar se as vantagens observadas em crianças com maior exposição à L2 persistem em contextos mais avançados de escolarização, ou se os custos de interferência observados em tarefas aritméticas em inglês são superados à medida que a proficiência na L2 aumenta.

Referências

Arsalidou, M., & Taylor, M. J. (2011). Is 2+2=4? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations. NeuroImage, 54(3), 2382–2393. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.009

Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic: A review of data and theory. Cognition, 44(1-2), 75-106. https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90051-I

Baldo, J. V., & Dronkers, N. F. (2007). Neural correlates of arithmetic and language comprehension: A common substrate? *Neuropsychologia*, *45*(2), 229–235. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.07.014

BASSO, A., CAPORALI, A., & FAGLIONI, P. (2005). Spontaneous recovery from acalculia. Journal of the International Neuropsychological Society, 11(1), 99–107. https://doi.org/10.1017/s1355617705050113

Bates, D., Maechler, M., & Bolker, B. (2011). lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes [computer software] (R package, Version 0.999375-42). Available at: <http://CRAN.Rproject.org/package=lme4>.

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4.Journal of Statistical Software, 67(1), 1–48.

Beishuizen, M. (1993). Mental Strategies and Materials or Models for Addition and Subtraction up to 100 in Dutch Second Grades. *Journal for Research in Mathematics Education*, *24*(4), 294–323. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.24.4.0294

Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), 57(1), 289–300. https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x

Bialystok, E. (2017). The bilingual adaptation: How minds accommodate experience. Psychological Bulletin, 143(3), 233–262. https://doi.org/10.1037/bul0000099

Cappelletti, M., Butterworth, B., & Kopelman, M. (2001). Spared numerical abilities in a case of semantic dementia. Neuropsychologia, 39(11), 1224–1239. https://doi.org/10.1016/s0028-3932(01)00035-5

Costa, A., & Sebastián-Gallés, N. (2014). How does the bilingual experience sculpt the brain? *Nature Reviews Neuroscience*, *15*(5), 336–345. https://doi.org/10.1038/nrn3709

Comissão Europeia. (2008). *Multilinguismo: uma mais-valia para a Europa e um compromisso partilhado* (COM(2008) 566 final). Bruxelas: Comissão Europeia. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:52008DC0566

Dehaene, S., and Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. Math. Cogn. *1*, 83–120.

Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral Pathways for Calculation: Double Dissociation between Rote Verbal and Quantitative Knowledge of Arithmetic. Cortex, 33(2), 219–250. https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70002-9

DELAZER, M., GIRELLI, L., SEMENZA, C., & DENES, G. (1999). Numerical skills and aphasia. Journal of the International Neuropsychological Society, 5(3), 213–221. https://doi.org/10.1017/s1355617799533043

Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência. (2019). *Educação em números – Portugal 2019*. Lisboa: Ministério da Educação.

Ferjan Ramirez, N., & Kuhl, P. (2017). Bilingual Baby: Foreign Language Intervention in Madrid's Infant Education Centers. *Mind, Brain, and Education*, *11*(3), 133–143. https://doi.org/10.1111/mbe.12144

Ramírez, N. F., & Kuhl, P. K. (2020). Early Second Language Learning through SparkLing™: Scaling up a Language Intervention in Infant Education Centers. *Mind, Brain, and Education*. https://doi.org/10.1111/mbe.12232

Gelman, R., & Butterworth, B. (2005). Number and language: how are they related? *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(1), 6–10. https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.11.004

Hitch, G. J. (1978). The role of short-term working memory in mental arithmetic. *Cognitive Psychology*, *10*(3), 302–323. https://doi.org/10.1016/0010-0285(78)90002-6

Khuri, A. I., Mathew, T., & Sinha, B. K. (1998). Statistical tests for linear mixed models. New York, NY: Wiley.

Kuhl, P. K., & Ferjan-Ramírez, N. (2019). Neuroscience and education: How early brain development affects school. In P. K. Kuhl, S.-S. Lim, S. Guerriero & D. Van Damme (Eds.), Developing minds in the digital age: Towards a science of learning for 21st century education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/562a8659-en

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). LmerTest package: Tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, *82*(13), 1–26. https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13

Lemer, C., Dehaene, S., Spelke, E., & Cohen, L. (2003). Approximate quantities and exact number words: dissociable systems. *Neuropsychologia*, *41*(14), 1942–1958. https://doi.org/10.1016/s0028-3932(03)00123-4

LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to Mathematics: Longitudinal Predictors of Performance. Child Development, 81(6), 1753-1767. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x

Martínez, A. (2019). Language and Math: What If We Have Two Separate Naming Systems? *Languages*, *4*(3), 68. https://doi.org/10.3390/languages4030068

Marsh, L. G., & Maki, R. H. (1976). Efficiency of arithmetic operations in bilinguals as a function of language. *Memory & Cognition*, *4*(4), 459–464. https://doi.org/10.3758/bf03213203

McClain, L., & Huang, J. Y. S. (1982). Speed of simple arithmetic in bilinguals. *Memory & Cognition*, *10*(6), 591–596. https://doi.org/10.3758/bf03202441

Mizala, A., Martínez, F., & Martínez, S. (2015). Pre-service elementary school teachers' expectations about student performance: How their beliefs are affected by their mathematics anxiety and

student's gender. Teaching and Teacher Education, *50*, 70-78. https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.04.006

Moschkovich, J. (2006). Using Two Languages When Learning Mathematics. Educational Studies in Mathematics, 64, 121-144. https://doi.org/10.1007/S10649-005-9005-1.

Peng, P., Lin, X., Ünal, Z. E., Lee, K., Namkung, J., Chow, J., & Sales, A. (2020). Examining the mutual relations between language and mathematics: A meta-analysis. Psychological Bulletin, 146(7), 595–634. https://doi.org/10.1037/bul0000231

Rossor, M. N., Warrington, E. K., & Cipolotti, L. (1995). The isolation of calculation skills. *Journal of Neurology*, *242*(2), 78–81. https://doi.org/10.1007/bf00887820

Saalbach, H., Eckstein, D., Andri, N., Hobi, R., & Grabner, R. H. (2013). When language of instruction and language of application differ: Cognitive costs of bilingual mathematics learning. Learning and Instruction, 26, 36-44. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.01.002

Soares, A. P., Guerra, N., Oliveira, H. M., Pereira, D. R., & Trigo, J. (in press). Creating bilingual minds in a nursery environment: The B-Minds Program. International Handbook of Clinical Psychology (Vol.2)

Satterthwaite, F. E. (1941). Synthesis of variance. *Psychometrika*, *6*(5), 309–316. https://doi.org/10.1007/bf02288586

Van Rinsveld, A., Brunner, M., Landerl, K., Schiltz, C., & Ugen, S. (2015). The relation between language and arithmetic in bilinguals: insights from different stages of language acquisition. Frontiers in psychology, 6, 265. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00265

Vukovic, R. K., & Lesaux, N. K. (2013). The relationship between linguistic skills and arithmetic knowledge in early childhood. Learning and Individual Differences, 23, 87–91. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.007

Universidade do Minho
Conselho de Ética

Comissão de Ética para a Investigação em Ciências Sociais e Humanas (CEICSH)

Identificação do documento: CEICSH 059/2024

Título do projeto: *Entre Números e Palavras: O Impacto do Ensino Bilingue na Matemática*

Equipa de Investigação: Luana Rafaela Pereira Andrade (IR), Mestrado Integrado em Psicologia, Escola de Psicologia, Universidade do Minho; Doutor João Arménio Lamego Lopes e Doutora Ana Paula Carvalho Soares (orientadores), Escola de Psicologia, Universidade do Minho.

PARECER

A Comissão de Ética para a Investigação em Ciências Sociais e Humanas (CEICSH) analisou o processo relativo ao projeto de investigação acima identificado, intitulado *Entre Números e Palavras: O Impacto do Ensino Bilingue na Matemática.*

Os documentos apresentados revelam que o projeto obedece aos requisitos exigidos para as boas práticas na investigação com humanos, em conformidade com as normas nacionais e internacionais que regulam a investigação em Ciências Sociais e Humanas.

Face ao exposto, a Comissão de Ética para a Investigação em Ciências Sociais e Humanas (CEICSH) nada tem a opor à realização do projeto nos termos apresentados no Formulário de Identificação e Caracterização do Projeto, que se anexa, emitindo o seu parecer favorável, que foi aprovado por unanimidade pelos seus membros.

Braga, 10 de maio de 2024.

O Presidente da CEICSH

Assinado por: **EMANUEL PEDRO VIANA BARBAS DE ALBUQUERQUE**
Num. de Identificação: 07089799
Data: 2024.05.12 17:43:13 +0100

(Emanuel Pedro Viana Barbas Albuquerque)

Anexo: Formulário de identificação e caracterização do projeto