

Funções Executivas e Desempenho em Questões do Exame Nacional do Ensino Médio: um estudo na formação inicial de professores

Executive Functions and Performance on National High School Exam Questions: A Study in Initial Teacher Education

Jader Otavio Dalto¹

Resumo: O desempenho em matemática depende tanto de habilidades específicas da matemática quanto de habilidades cognitivas gerais, como as funções executivas. Este trabalho apresenta resultados iniciais de uma investigação que analisa a relação entre memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva com a resolução de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). O estudo envolveu oito estudantes de licenciatura, que realizaram testes psicológicos para avaliar as funções executivas e um teste com questões do ENEM com diferentes cargas cognitivas. Os resultados indicam que estudantes com melhor desempenho em funções executivas também obtiveram melhores resultados em matemática. Além disso, a redução da carga cognitiva das questões parece beneficiar aqueles com habilidades executivas abaixo da média.

Palavras-chave: Educação Matemática. Habilidades Cognitivas. Teoria da Carga Cognitiva. Avaliação em Matemática.

Abstract: Performance in mathematics depends both on specific mathematical skills and on general cognitive abilities, such as executive functions. This paper presents initial results from a study analysing the relationship between working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility with the resolution of tasks from the National High School Exam (ENEM). The study involved eight undergraduate students who underwent psychological tests to evaluate executive functions and took a test with ENEM questions of varying cognitive loads. The results indicate that students with better performance in executive functions also achieve better results in mathematics. Moreover, reducing the cognitive load of the questions seems to benefit those with below-average executive skills.

Keywords: Mathematics Education. Cognitive Skills. Cognitive Load Theory. Mathematics Assessment.

1 Introdução

Nos últimos anos, o desempenho em matemática dos estudantes brasileiros tem ficado abaixo do esperado. No caso específico da prova do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), o desempenho dos estudantes brasileiros não variou entre as edições de 2018 e 2022 do exame. No entanto, a pontuação brasileira continua sendo inferior a de países latino-americanos como Chile, Uruguai e Peru (Brasil, 2023). Esta avaliação, assim como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem servido como importante ferramenta para avaliação diagnóstica e do desempenho dos estudantes em Matemática.

A esse respeito, pesquisas (p. ex. Gilmore, Cragg & Simms, 2020, Caviola, Carey, Mammarella, & Szűcs, 2017) tem mostrado que o desempenho em matemática depende de um conjunto de habilidades cognitivas associadas especificamente à matemática e de outro conjunto de habilidades cognitivas relacionadas à aprendizagem em geral, como as Funções Executivas.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná • Cornélio Procópio, Paraná — Brasil • ✉ jaderdalto@utfpr.edu.br • **ORCID** <https://orcid.org/0000-0001-7684-2480>

Funções Executivas (FE) correspondem a um conjunto de habilidades complexas integradas e processos autorregulatórios que possibilitam o direcionamento do comportamento, flexibilização de estratégias, pensamentos, controle de impulsos, tomada de decisões, entre outros de modo a atingir metas e objetivos bem como resolver problemas. (Diamond, 2013, Malloy-Diniz, de Paula, Sedó, Fuentes & Leite, 2014, Santana, Roazzi, Mello, Mascarenhas & Souza, 2019, Dias & Malloy-Diniz, 2020).

Existem vários modelos teóricos que descrevem as Funções Executivas (FE), diferindo em se as concebem como um único construto ou como um conjunto de construtos integrados, assim como nos elementos que as compõem (Malloy-Diniz et al., 2014). Entretanto, conforme Dias e Malloy-Diniz (2020), há algumas convergências entre esses modelos, como a consideração de sua "natureza multidimensional, com uma tendência na literatura a reconhecer três componentes específicos: controle inibitório, memória operacional e flexibilidade cognitiva ou shifting" (p. 37-8). Diamond (2013) aponta que esses três componentes das FE são considerados centrais, a partir dos quais outras FE, como raciocínio, resolução de problemas e planejamento, se derivam.

O Controle Inibitório (CI) está relacionado à capacidade de gerenciar a atenção, pensamentos, comportamentos e emoções, superando impulsos, hábitos antigos, ações ou estímulos do ambiente que possam nos levar a agir inadequadamente para a situação. A memória operacional ou memória de trabalho (MT), segundo componente central das FE, refere-se à capacidade de armazenar e manipular informações por um período de tempo determinado. A flexibilidade cognitiva (FC) está relacionada à habilidade de mudar de perspectiva, permitindo que se considere uma situação a partir de diferentes pontos de vista.

Embora a relação entre habilidades em Funções Executivas e desempenho em matemática já tenha sido estabelecida de acordo com a literatura, a maioria das pesquisas que investigam esta relação se concentra na aritmética e nas habilidades de processamento numérico (Gilmore, Cragg & Simms, 2020). Portanto, ainda são necessárias investigações sobre a relação entre o desempenho em matemática em habilidades mais complexas e abstratas, como as algébricas, e as funções executivas. Assim, neste trabalho, buscamos apresentar e analisar resultados parciais de um projeto de pesquisa que tem por objetivo explorar a relação entre habilidades executivas (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva) e o desempenho na resolução de tarefas de matemática. Em particular, neste trabalho, busca-se analisar a relação entre habilidades em memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva e a resolução de tarefas do ENEM de alunos do curso de Licenciatura em Matemática.

2 Fundamentação Teórica

A aprendizagem de matemática é influenciada por diversos fatores, como motivacionais e cognitivos. Embora a Psicologia Cognitiva tenha avançado significativamente nos últimos anos na criação de teorias e modelos explicativos da cognição humana, ainda há um longo caminho a percorrer para alcançar uma explicação mais adequada e detalhada dos mecanismos de controle dos processos cognitivos (Santana et al., 2019). Muitos estudos que relacionam as Funções Executivas e o desempenho em matemática têm sido desenvolvidos nos últimos anos com o intuito de oferecer uma explicação mais adequada para esta problemática.

Em uma revisão de literatura, Santana et al. (2019) identificaram as relações entre as funções executivas e a matemática em estudos publicados até 18 anos antes. Os resultados revelaram uma falta de estudos brasileiros sobre o tema e um aumento no número de pesquisas internacionais. O modelo da tríade executiva, que inclui memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, foi o mais utilizado. Nestes estudos, a memória de trabalho

foi o componente executivo mais investigado em relação ao desempenho em matemática. Os autores destacam que não está claro qual dos três componentes prediz mais o desempenho em matemática, já que alguns estudos avaliaram apenas um ou dois dos componentes.

Santana, Roazzi e Melo (2020) investigaram quais componentes executivos estão mais associados ao desempenho matemático de crianças de 8 a 12 anos de idade. Os resultados das análises estatísticas de correlação e regressão entre o desempenho em matemática e as funções executivas revelaram relações significativas com a memória de trabalho predominando, seguida pela flexibilidade cognitiva e pelo controle inibitório, como explicativos das diferenças de desempenho em matemática.

Há estudos que investigam a existência de efeito no desempenho em matemática quando funções executivas são treinadas. Por exemplo, Cai, Zhao, Chen e Liu (2023) investigaram os efeitos do treinamento em funções executivas em estudantes chineses de 7 a 10 anos com transtorno de aprendizagem em matemática. Eles dividiram 32 participantes em dois grupos: um de treinamento ($n = 16$) e outro de controle ($n = 16$). Após 25 sessões de treinamento, o grupo de treinamento mostrou melhorias significativas em várias habilidades, como planejamento e resolução de problemas matemáticos, em comparação com o grupo de controle. No entanto, esses efeitos se mantiveram apenas em algumas áreas após 6 meses de acompanhamento. Embora o estudo indique melhorias imediatas em funções executivas e habilidades matemáticas, sugere que os efeitos a longo prazo podem ser limitados.

No que se refere à aprendizagem de um conteúdo novo, Gilmore, Simsek, Eaves e Cragg (2024) investigaram como as funções executivas contribuem para a aprendizagem de números racionais, em uma configuração de sala de aula padrão. O conhecimento de números racionais, bem como as funções executivas foram mensurados antes da introdução inicial de números racionais simbólicos para crianças de 8 a 9 anos. O conhecimento de números racionais foi medido novamente 6 e 20 meses depois. Modelos de curvas de crescimento latentes revelaram que o conhecimento de números racionais no Tempo 1 foi predominantemente predito por medidas cognitivas de função executiva, enquanto o crescimento no conhecimento de números racionais foi predominantemente predito por medidas aplicadas. Esses achados demonstram que, para entender o papel das funções executivas na aprendizagem em sala de aula, devemos considerar não apenas a capacidade de função executiva de um indivíduo, mas também quão bem ele pode aplicá-la em situações práticas.

As Funções Executivas são mobilizadas quando estudantes resolvem tarefas de avaliações em larga escala, como o ENEM. Tais avaliações baseiam-se em provas escritas com tarefas discursivas e/ou de múltipla escolha. Em geral, as tarefas utilizadas no exame são de múltipla escolha e, para sua resolução, mobilizam diversos processos cognitivos relacionados com as habilidades matemáticas e também habilidades gerais. Em particular, as tarefas do ENEM apresentam contextos extramatemáticos, ou seja, a resolução nem sempre exige o construto puramente matemático relacionado à tarefa. Em seus enunciados, são apresentados textos, gráficos e/ou figuras que, em teoria, devem ser analisados para resolver a tarefa, mas que podem ou não ser relevantes para a resolução.

Em relação à mobilização de processos cognitivos para a realização de tarefas, incluindo resolver provas escritas, a teoria da carga cognitiva desenvolvida por John Sweller e seu grupo de pesquisa (Sweller, 1988) pretende apresentar "um conjunto universal de princípios que resultam em um ambiente de aprendizagem eficiente e que, conseqüentemente, promovem um aumento na capacidade do processo de cognição humana" (Sweller, 2003, p. 56). Sweller (1988) define carga cognitiva como um construto que representa a carga que a resolução de

uma tarefa demanda do sistema cognitivo. Assim, uma tarefa de uma avaliação como o ENEM, pode demandar mais ou menos da memória de trabalho, a depender da carga cognitiva que ela apresenta.

A carga cognitiva de uma tarefa pode ser classificada em carga cognitiva intrínseca, extrínseca ou pertinente. A carga cognitiva intrínseca está associada ao nível de dificuldade da tarefa a ser realizada. A carga cognitiva extrínseca é definida como qualquer coisa da tarefa que ocupa capacidade da memória de trabalho, mas que é irrelevante para o que está sendo realizado. A carga cognitiva pertinente é aquela associada a processos que são relevantes para a realização da tarefa.

Quando a resolução de uma tarefa tende a sobrecarregar a memória de trabalho, é possível realizar modificações na tarefa para minimizar a carga cognitiva extrínseca. Existem na literatura alguns métodos de redução da carga cognitiva extrínseca de tarefas. Gillmore, Poggio e Embreston (2015) realizaram uma revisão da literatura sobre o tema e encontraram as seguintes estratégias de redução de carga cognitiva extrínseca: tradução (reduzir a quantidade de palavras e simplificar a linguagem); ajuda visual (uso de diagramas para representar informação visual); sinalização (focar a atenção em sinais e sugestões); extirpação (excluir o conteúdo não essencial); sequenciação (iniciar a tarefa com a pergunta e depois apresentar a informação relevante); estética (formatar o texto da tarefa de maneira estética e lógica); simplificação numérica (uso de valores mais baixos, arredondados, familiares quando os números não têm um papel importante no construto).

Estes mesmos autores aplicaram métodos de redução de carga cognitiva extrínseca em itens de uma prova de matemática. Ao reduzir a carga cognitiva extrínseca, considerou-se reforçar a solicitação de constructos matemáticos, diminuindo as tarefas de interpretação e transcrição dos itens. O grupo controle, que respondeu aos itens originais, teve um desempenho pior em alguns itens em comparação com o grupo experimental, que respondeu aos itens com carga cognitiva extrínseca reduzida (Gillmore, Poggio & Embreston, 2015). Nesta direção, Chagas e Kleinke (2018) e Chagas (2019) chegaram a conclusões similares em uma avaliação com itens de matemática do ENEM. Chagas (2019) selecionou 24 tarefas aplicadas no ENEM de 2010 a 2015 que foram modificadas para reduzir a carga cognitiva extrínseca das mesmas. A Figura 1 apresenta uma questão original do ENEM, e sua versão com carga cognitiva extrínseca reduzida, modificada por Chagas (2019).

Figura 1 – Item original do ENEM e a versão do item com carga cognitiva reduzida

| <u>Item 17 - Original (Enem 2012 - 169)</u> | <u>Item 17 - Reduzido</u> |
|---|---|
| Há, em virtude da demanda crescente de economia de água, equipamentos e utensílios como, por exemplo, as bacias sanitárias ecológicas, que utilizam 6 litros de água por descarga em vez dos 15 litros utilizados por bacias sanitárias não ecológicas, conforme dados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Qual será a economia diária de água obtida por meio da substituição de uma bacia sanitária não ecológica, que gasta cerca de 60 litros por dia com a descarga, por uma bacia sanitária ecológica? | O vaso sanitário ecológico utiliza 6 litros de água por descarga, já o vaso sanitário convencional utiliza 15 litros de água por descarga. Considere que uma família com o vaso sanitário convencional utiliza 60 litros por dia com a descarga. Se essa família tivesse um vaso sanitário ecológico ela economizaria quanta água por dia? |
| a) 24 litros b) 36 litros c) 40 litros d) 42 litros e) 50 litros | a) 24 litros b) 36 litros c) 40 litros d) 42 litros e) 50 litros |

Fonte: Chagas (2019, p. 169).

De acordo com o autor, a redução da carga cognitiva para esta questão se deu a partir da modificação do contexto da questão, excluindo informações irrelevantes para a solução, bem como mudança no comando da questão. Tais modificações, segundo o autor, embora não tenha produzido o efeito de equiparar o desempenho entre homens e mulheres, “aumentou o escore global dos respondentes, em comparação com o item original” (Chagas, 2019, p. 169).

O instrumento composto por questões como a da Figura 1 foi aplicado a 691 estudantes do Ensino Médio. Os resultados indicam que a redução da carga cognitiva extrínseca melhorou o desempenho dos estudantes em seis tarefas e piorou em duas. Quanto ao desempenho por sexo, a redução da carga cognitiva extrínseca fez com que o desempenho das mulheres se igualasse ao dos homens em nove tarefas. Em outras quatro tarefas, a redução da carga cognitiva extrínseca fez com que o desempenho dos homens fosse maior que o das mulheres. Uma análise das variáveis socioeconômicas sugere, além disso, que a redução da carga cognitiva beneficia mais os estudantes cujos pais têm um maior nível de educação e renda (Chagas, 2019). A partir dos resultados destes estudos é que esta investigação foi concebida.

3 Procedimentos Metodológicos

Para atingir o objetivo da pesquisa, foi realizado um estudo predominantemente quantitativo de caráter exploratório (Creswell & Creswell, 2017), tendo em vista que a relação entre FE e o desempenho em matemática em habilidades mais complexas e abstratas como as algébricas tem sido pouco investigada em pesquisas. Participaram do estudo oito acadêmicos de um Curso de Licenciatura em Matemática de uma instituição de ensino superior do Estado do Paraná, que cursavam uma disciplina ofertada no sétimo período do curso, ministrada pelo autor deste artigo.

Foram utilizados, como instrumento de coleta de dados, um teste composto por questões de edições anteriores do ENEM e testes psicológicos validados para a população brasileira para avaliar os três componentes centrais das Funções Executivas. Para avaliar a memória de trabalho, foi utilizado o subteste *Dígitos* da Escala de Inteligência Wechsler para Adultos – Terceira Edição (Wechsler, 2004). Neste teste, avalia-se a memória de trabalho verbal a partir de sequências numéricas que devem ser repetidas na ordem em que foram ouvidas pelo avaliado e na ordem inversa em que foram ouvidas. A avaliação do Controle Inibitório foi realizada a partir do *FDT - Teste dos Cinco Dígitos* (Sedó, Paula & Malloy-Diniz, 2015). Neste teste, a tarefa requer velocidade de processamento e atenção visual para inibição de respostas automáticas e emissão de respostas não usuais. A Flexibilidade Cognitiva foi avaliada pelo *WCST – Teste Wisconsin de Classificação de Cartas* (Heaton, Chelune, Talley, Kay & Curtiss, 2019), um teste que estima a flexibilidade do pensamento do avaliado para gerar, a partir do feedback recebido do examinador, estratégias de solução de problemas.

O teste para avaliar o desempenho em matemática foi composto por 12 questões utilizadas por Chagas (2019), obtidas em edições anteriores do ENEM. O teste continha seis questões originais e seis questões com a carga cognitiva modificada por Chagas (2019), conforme Figura 2.

Figura 2 – Questões que compuseram o teste utilizado para avaliar o desempenho em matemática

| Ques- -tão | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q12 |
|---------------|----|-------|------|----|----|----|----|----|----|-----|------|------|
| Tipo | Or | Re-10 | Re-9 | Or | Or | Or | Re | Re | Or | Or | Re-4 | Re-6 |

Legenda: Or – original; Re - reduzida

Fonte: dados da pesquisa

Dentre as seis questões originais (apresentadas na figura com tipo *Or*), quatro delas também foram apresentadas no teste em suas versões reduzidas, conforme indicam as cores da figura (p. ex., a questão Q3 é a versão reduzida da questão Q9 que, por sua vez, corresponde à questão originalmente aplicada no ENEM) e duas apenas apresentadas em suas versões originais. Das seis questões reduzidas (apresentadas na figura com tipo *Re-n*), quatro delas também foram apresentadas em suas versões originais (p. ex., Q2 é a versão reduzida da questão Q10) e outras duas apenas apresentadas em suas versões reduzidas. Cabe ressaltar que não foi realizada nenhuma modificação em nenhuma das questões em relação ao que foi realizado por Chagas (2019), ou seja, a redução da carga cognitiva da questão foi a realizada por Chagas (2019) a partir das técnicas de redução de Gilmore, Poggio e Embretson (2015), conforme exemplificado na Figura 1.

Todas as questões do teste apresentavam duas escalas (Ouweland, van de Kroef, Wong & Paas, 2021), conforme Figura 3, que deveriam ser assinaladas pelos estudantes após resolverem a questão. A primeira estava relacionada à percepção do estudante em relação à dificuldade da questão e, a segunda, à percepção do esforço mental utilizado pelo estudante para resolver a questão.

Figura 3 – Escalas de percepção de dificuldade e esforço mental apresentadas para cada questão do teste.

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Indique pela escala, o quão difícil você achou a Questão 1 , sendo 1 – extremamente fácil e 9 extremamente difícil | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Indique, pela escala, quanto esforço mental você usou para resolver a Questão 1 , sendo 1 – muito, muito baixo esforço mental e 9 muito muito alto esforço mental | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |

Fonte: dados da pesquisa

A coleta de dados foi realizada durante oito horas-aula, nos dias 27/10/2023 e 10/11/2023, uma vez que faziam parte do planejamento da disciplina. No primeiro dia, os estudantes resolveram as questões e tiveram suas habilidades executivas avaliadas. Cada uma das 12 questões foram impressas em uma folha para serem resolvidas, uma de cada vez, de acordo com a ordem apresentada na Figura 2. O estudante deveria retirar a primeira questão, anotar o horário de início da resolução, resolver a questão, preencher as escalas (Figura 3), anotar o horário de término da resolução, entregar a folha com a questão 1 resolvida, retirar a folha com a questão 2 e repetir todo o processo até resolver as 12 questões. Esta dinâmica foi proposta para dificultar a comparação das questões originais com suas versões reduzidas (questões de mesma cor na Figura 2), de modo a não se certificarem de que tais questões avaliavam o mesmo constructo.

Enquanto os estudantes resolviam as questões, os testes para avaliar as Funções Executivas foram aplicados pelo autor deste trabalho de maneira individual. Estes testes foram corrigidos a partir de tabelas normativas mais recentes da população brasileira.

No segundo dia de coleta de dados, os estudantes deveriam analisar cada uma das questões e justificar as razões pelas quais foram assinalados os níveis de dificuldade e de esforço mental. Além disso, deveriam comparar pares de questões (questão original e sua versão

reduzida, conforme cores da Figura 1) de modo a identificar aspectos semelhantes e diferentes entre cada questão do par; habilidades avaliadas por elas, níveis de dificuldade e de esforço mental de cada questão do par. As análises dos dados coletados neste segundo dia ainda não foram feitas e, portanto, não serão apresentadas neste trabalho.

4 Resultados e Análise

Os resultados da avaliação das FE estão apresentados na Tabela 1. Para cada FE avaliada, são apresentados o percentil (P.) do estudante bem como a classificação do desempenho (Cl.)

Tabela 1 – Desempenho dos estudantes em relação às habilidades executivas

| Estudante | | Dígitos | | | FDT | | | | WCST | |
|-----------|-----|------------------|----------------------|----------|----------|--------------|-----------|----------------|-----------|------------------------------|
| | | Memória Trabalho | Span ² OD | Span OI | Escolha | Alter-nância | Inibição | Flexibi-lidade | % erros | % respostas nível conceitual |
| A1 | P. | 25 | 5 | 16 | 95 | 95 | 95 | 75 | 85 | 86 |
| | Cl. | Med Inf. | Limítrofe | Med inf. | superior | superior | superior | médio | Med super | Med sup |
| A2 | P. | 50 | 16 | 16 | 25 | 25 | 5 | 25 | 21 | 21 |
| | Cl. | médio | Med inf. | Med inf. | Med inf | Med inf. | Limítrofe | Med inf | Med inf. | Med inf. |
| A3 | P. | 63 | 37 | 37 | 95 | 95 | 75 | 95 | 40 | 41 |
| | Cl. | médio | médio | médio | superior | superior | médio | superior | médio | médio |
| A4 | P. | 99 | 91 | 63 | 95 | 95 | 75 | 75 | 83 | 76 |
| | Cl. | superior | superior | médio | superior | superior | médio | médio | Med sup | Med sup |
| A5 | P. | 63 | 16 | 16 | 75 | 95 | 50 | 75 | 93 | 93 |
| | Cl. | médio | Med inf. | Med inf. | médio | superior | médio | médio | superior | superior |
| A6 | P. | 91 | 37 | 84 | 95 | 95 | 50 | 75 | 51 | 47 |
| | Cl. | superior | médio | Med sup | superior | superior | médio | médio | médio | médio |
| A7 | P. | 50 | 16 | 16 | 50 | 75 | 25 | 75 | 91 | 87 |
| | Cl. | médio | Med inf. | Med inf. | médio | médio | Med inf | médio | superior | Med sup |
| A8 | P. | 84 | 63 | 37 | 95 | 95 | 75 | 75 | 93 | 94 |
| | Cl. | Med sup | médio | médio | superior | superior | médio | médio | superior | superior |

Legenda: P.: Percentil; Cl: Classificação; OD: ordem direta; OI: ordem inversa; FDT – Teste dos Cinco dígitos; WCST – Teste Wisconsin de Classificação de Cartas; Med sup: médio superior; Med Inf.: médio inferior

Fonte: dados da pesquisa

De modo geral, o desempenho dos estudantes em FE pode ser considerado médio a superior para a maioria deles. Entretanto, percebe-se que o estudante A2 apresentou o pior desempenho nas habilidades executivas, em particular no Controle Inibitório, uma vez que o índice *Inibição*, mensurado pelo teste, foi classificado na faixa limítrofe (P5), o que sugere dificuldades mais acentuadas no controle de impulsos e na inibição de respostas automáticas. Este fato é reforçado pelos resultados observados nos índices *Escolhas*, *Alternância* e *Flexibilidade* (P25 – médio inferior) que se mostraram levemente alterados para este participante.

² Span corresponde a maior quantidade de dígitos de uma sequência que o avaliado consegue repetir na ordem direta (Span OD) ou na ordem inversa a que ouviu (OI)

Em relação à memória de trabalho, A2 obteve um desempenho médio (P50). Entretanto, no que se refere à quantidade de elementos que é capaz de manipular mentalmente (*Span OI*), verifica-se dificuldades discretas (*Span OI*: P16, médio inferior), o que pode resultar em dificuldades na manipulação mental de informações. A flexibilidade cognitiva de A2 também se mostrou levemente alterada, pois a porcentagem de erros e a porcentagem de respostas de nível conceitual no teste WCST foram consideradas médias inferiores (P21), o que pode indicar rigidez de pensamento. Destaca-se, na Tabela 1, o desempenho de A4, cujos desempenhos mais baixos (*Span OI*, Inibição e Flexibilidade) foram considerados médios e os demais médios superiores ou superiores

O desempenho na resolução das questões do ENEM, bem como as médias da percepção dos estudantes quanto à dificuldade para resolver a questão e ao esforço mental empregado na resolução podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem de acertos dos estudantes no teste de desempenho em matemática e médias da percepção de dificuldade e de esforço mental para resolver as questões

| Estudante | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 |
|--------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Porcentagem de Acertos | Total de Questões | 83 | 50 | 100 | 100 | 75 | 100 | 83 | 67 |
| | Questões Originais | 83 | 17 | 100 | 100 | 67 | 100 | 83 | 67 |
| | Questões Reduzidas | 83 | 83 | 100 | 100 | 83 | 100 | 83 | 67 |
| Média da percepção de Dificuldade | Total de Questões | 5,8 | 5,7 | 1,8 | 5,1 | 5,1 | 4,2 | 1,8 | 4,8 |
| | Questões Originais | 5,5 | 7,2 | 1,8 | 5,0 | 5,0 | 4,3 | 1,7 | 4,5 |
| | Questões Reduzidas | 6,0 | 4,2 | 1,8 | 5,2 | 5,1 | 4,0 | 1,8 | 5,0 |
| Média da percepção de Esforço Mental | Total de Questões | 5,8 | 5,5 | 2,3 | 5,5 | 4,3 | 4,3 | 1,8 | 3,3 |
| | Questões Originais | 5,7 | 7,0 | 2,3 | 6,2 | 4,3 | 4,3 | 1,7 | 3,2 |
| | Questões Reduzidas | 6,0 | 4,0 | 2,3 | 6,1 | 4,3 | 4,2 | 1,8 | 3,5 |

Fonte: dados da pesquisa

O desempenho geral dos estudantes na resolução das questões foi maior ou igual a 50% de acertos, conforme Tabela 2. Se os dados das Tabelas 1 e 2 forem comparados, percebe-se que A2 obteve o pior desempenho em funções executivas e também o pior desempenho na resolução de questões. Entretanto, A2 apresentou um desempenho melhor nas questões com carga cognitiva reduzida do que nas questões originais. Este fato também foi verificado para A5. Também se verifica que a média da percepção de esforço mental e de dificuldade que A2 atribuiu às questões reduzidas foi menor do que as atribuídas às questões originais. Os demais participantes apresentaram o mesmo desempenho na resolução das questões originais e nas reduzidas. Destes, A4, A6 e A8 apresentaram índices de desempenho em FE classificados como médio e/ou superiores.

Estes dados parecem indicar que a redução da carga cognitiva estranha das questões do ENEM beneficiou o desempenho de A2, um estudante que apresenta desempenho em FE em geral avaliados como médio inferiores. Para os demais estudantes que apresentam, em geral, desempenho em FE na faixa média, média superior ou superior, a redução da carga cognitiva estranha parece não ter feito diferença no desempenho em relação às questões originais e reduzidas. A média da percepção de dificuldade e de esforço mental destes estudantes foram praticamente as mesmas em relação às questões originais e reduzidas.

5 Algumas Considerações e Perspectivas

Neste trabalho buscamos apresentar e analisar resultados parciais de um projeto de pesquisa que tem por objetivo explorar a relação entre habilidades executivas (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva) e o desempenho na resolução de tarefas de matemática. Para isso, realizou-se um estudo inicial com estudantes da licenciatura em matemática, que foram submetidos a avaliação de funções executivas e avaliação do desempenho em matemática a partir de um teste escrito composto por questões originais do ENEM e questões com a carga cognitiva modificada por Chagas (2019).

Os resultados da avaliação das funções executivas mostraram que, dos oito estudantes, sete apresentam habilidades executivas gerais nas faixas médias ou superiores. O outro estudante (A2), embora tenha apresentado desempenho em Memória de Trabalho classificado como médio, apresentou nos outros itens avaliados desempenho limítrofes ou médios inferiores. O desempenho deste estudante no teste escrito foi o mais baixo dentre os participantes. Os estudantes com maior desempenho no teste escrito (A3, A4 e A6) apresentaram habilidades executivas classificadas como médias ou superiores. Estes resultados são condizentes com os resultados apresentados na literatura (p. ex. Gilmore, Cragg & Simms, 2020, Caviola, Carey, Mammarella, & Szűcs, 2017), pois indicam que o desempenho em matemática se relaciona diretamente com habilidades em funções executivas. A esse respeito, cabe destacar que na literatura, a grande maioria dos trabalhos que investigam os aspectos cognitivos do desempenho em matemática se centram na aritmética e nas habilidades do processamento numérico (Gilmore, Cragg & Simms, 2020). Os resultados deste trabalho parecem indicar que tal relação também se verifica em relação ao desempenho em matemática em conteúdos mais complexos e abstratos (p. ex. algébricos) e funções executivas. Esta é uma suposição que necessita de mais investigações para ser ou não confirmada.

Em relação à carga cognitiva, os resultados deste estudo parecem indicar que esta não interfere no desempenho em matemática para sujeitos que apresentam habilidades executivas consideradas médias ou superiores. Entretanto, para aqueles que apresentam habilidades executivas abaixo da média, a redução da carga cognitiva da tarefa parece resultar em uma melhora no desempenho. Esta situação pode trazer implicações para avaliações em larga escala, que se propõem a avaliar competências em matemática, mas que desconsideram a influência das habilidades executivas na resolução de tarefas de matemática. Como apontou Chagas (2019), a redução da carga cognitiva de algumas questões por ele aplicadas não interferiu no constructo avaliado pela questão, mas fez com que o desempenho geral dos participantes aumentasse. Assim, podemos supor que, em exames como o ENEM, a alta carga cognitiva das questões pode dificultar o desempenho de estudantes, principalmente daqueles com habilidades em funções executivas abaixo da média.

Outras possibilidades de investigação vislumbradas a partir deste trabalho é em relação à mensuração da carga cognitiva das tarefas. Optou-se por explorar uma possibilidade de mensuração totalmente subjetiva, a partir de escalas como as apresentadas na Figura 3. Verificou-se que, para os estudantes com habilidades executivas médias ou acima da média, as médias da percepção da dificuldade para resolver a questão e do esforço mental em relação às questões originais e às com carga cognitiva reduzida foram iguais ou não se diferenciaram muito. Observou-se, contudo, que para o estudante com habilidades cognitivas abaixo da média, as questões originais foram consideradas, em média, mais difíceis e exigiram mais esforço mental do mesmo para serem resolvidas. Investigações nesta temática podem ser realizadas considerando outras possibilidades de mensuração de carga cognitiva apresentadas por Ouwehand et al. (2021).

Os resultados aqui apresentados são limitados, pois referem-se apenas a um estudo exploratório inicial, com amostra muito reduzida. Entretanto, os resultados são condizentes com os já apresentados na literatura e indicam que a relação entre habilidades em memória de trabalho, controle inibitório, flexibilidade cognitiva e a resolução de tarefas de matemática com diferentes cargas cognitivas merece ser investigada e esclarecida em estudos posteriores.

Referências

- Brasil. (2023). *Divulgados os resultados do PISA 2022*. Ministério de Educação. Recuperado de <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2023/dezembro/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>.
- Cai, D., Zhao, J., Chen, Z., & Liu, D. (2023). Executive Functions Training for 7- to 10-Year-Old Students With Mathematics Difficulty: Instant Effects and 6-Month Sustained Effects. *Journal of Learning Disabilities*, 56(5), 392-409. <https://doi.org/10.1177/00222194221117513>.
- Caviola, S., Carey, E., Mammarella, I. C., & Szűcs, D. (2017). Stress, time pressure, strategy selection and math anxiety in mathematics: a review of the literature. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01488>.
- Chagas, E. A. (2019). *Desempenho em Itens de Matemática do ENEM: Carga Cognitiva e Sexo*. (Tese de Doutorado. Instituto de Física "Gleb Wataghin" da Universidade Estadual de Campinas).
- Chagas, E. A., & Kleinke, M. U. (2018). Redução de carga cognitiva e desempenho em itens de matemática do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). In *Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática* (7ª ed., pp. 1-12). SBEM.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Dias, N. M. & Malloy-Diniz, L. F. (2020). *Funções Executivas: modelos e aplicações*. São Paulo: Pearson Clinical Brasil.
- Gillmore, S. C., Poggio, J., & Embretson, S. (2015). Effects of reducing the cognitive load of mathematics test items on student performance. *Numeracy*, 8(1).
- Gilmore, C., Cragg, L. & Simms, V. (2020). What can cognitive psychology tell us about the challenges of learning mathematics (and what do we still not know)? *Impact: Journal of the Chartered College of Teaching*, 8, 22-25.
- Gilmore, C., Simsek, E., Eaves, J., & Cragg, L. (2024). The role of cognitive and applied executive function skills in learning rational number knowledge. *Learning and Individual Differences*, 110, 102408. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102408>.
- Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G. & Curtiss, G. (1991). *WCST – Teste Wisconsin de Classificação de Cartas*. Adaptação Brasileira. São Paulo: Hogrefe.
- Malloy-Diniz, L. F., Paula, J. J., Sedó, M., Fuentes, D. & Leite, W. B. (2014). Neuropsicologia das Funções Executivas e da atenção. En D. Fuentes, L. F. Malloy-Diniz, C. H. P. Camargo e R. M. Cosenza (Eds). *Neuropsicologia: teoria e prática*. (pp. 115-138). São Paulo: Artmed.
- Ouweland, K., van de Kroef, A., Wong, J., & Paas, F. (2021). Measuring cognitive load: Are there more valid alternatives to Likert rating scales? *Frontiers in Education*, 6, 702616.



<https://doi.org/10.3389/feduc.2021.702616>

Santana, A. N., Roazzi, A., & Melo, M. R. A. (2020). Os três componentes executivos básicos e o desempenho matemático escolar. *Revista Brasileira De Estudos Pedagógicos*, 101(259). <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.101i259.4137>.

Santana, A. N., Roazzi, A., Melo, M. R. A., Mascarenhas, S. A. N. & Souza, B. C. (2019). Funções Executivas e Matemática: explorando relações. *Revista AMazônica*, 23(1), 130-151.

Sedó, M., Paula, J. J., & Malloy-Diniz, L. F. (2015). *O teste dos cinco dígitos*. São Paulo: Hogrefe Cetepp.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.

Sweller, J. (2003). *Cognitive Load Theory: A Special Issue of Educational Psychologist*. LEA, Inc.

Wechsler, D. (2004). *Escala de inteligência Wechsler para adultos - terceira edição: Adaptação e padronização brasileira de Elizabeth do Nascimento*. São Paulo: Casa do Psicólogo.