

## INTERVENÇÃO EM FUNÇÕES EXECUTIVAS PRÓ-HABILIDADES DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS PARA ENSINO MÉDIO

*INTERVENTION IN EXECUTIVE FUNCTIONS FOR MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING  
SKILLS FOR MIDDLE SCHOOL*

Luana Steffen<sup>1</sup>  
Yasmini Spindler Sperafigo<sup>2</sup>  
Natália Martins Dias<sup>3</sup>  
Caroline de Oliveira Cardoso<sup>4</sup>

### Resumo

O sucesso acadêmico está intrinsecamente ligado a capacidade dos alunos em realizar tarefas fundamentais relacionadas às funções executivas (FE). Porém, essas habilidades não são ensinadas sistematicamente nas escolas e raramente são o foco do currículo. Frente a isso, objetivo desse estudo foi desenvolver um módulo dedicado ao ensinamento de estratégias de FE voltadas para a resolução de problemas matemáticos. Esta iniciativa faz parte do Programa de Intervenção em FE pró-aprendizagem acadêmica (πFex-Academics EM), estudantes do Ensino Médio. A pesquisa seguiu cinco etapas: revisão da literatura, construção do módulo, análise de juizes especialistas, estudo piloto e integração dos resultados. O desenvolvimento do módulo contou com a participação de especialistas em neuropsicologia e matemática, além de avaliação por professores de matemática e neuropsicólogos, todos da região sul do país. Verificou-se índices de validade e concordância satisfatórios e excelentes, o que evidencia que o módulo apresenta evidências de validade de conteúdo tanto para cada uma das atividades, como para o módulo como um todo. O estudo piloto revelou boa compreensão das atividades pelos alunos, indicando potencial para motivação e uso efetivo da estratégia proposta. Esse módulo representa uma ferramenta promissora para estimular funções executivas e habilidades matemáticas em adolescentes, com implicações significativas para o campo da intervenção neuropsicológica escolar.

**Palavras-chave:** Resolução de problemas; ensino médio; matemática; funções executivas.

### Abstract

Academic success is intrinsically linked to students' ability to perform fundamental tasks related to executive functions (EF). However, these skills are not systematically taught in schools and are rarely the focus of the curriculum. Given this, the objective of this study was to develop a module dedicated to teaching EF strategies aimed at solving mathematical problems. This initiative is part of the FE Intervention Program for academic learning (πFex-Academics EM), high school students. The research followed five stages: literature review, module construction, analysis by expert judges, pilot study and integration of results. The development of the module included the participation of specialists in neuropsychology and mathematics, as well as evaluation by mathematics teachers and neuropsychologists, all from the southern region of the country. Satisfactory and excellent validity and agreement rates were verified, which shows that the module presents evidence of content validity both for each of the activities and for the module as a whole. The pilot study revealed good understanding of the activities by students, indicating potential for motivation and effective use of the proposed strategy. This module represents a promising tool for stimulating executive functions and mathematical skills in adolescents, with significant implications for the field of school neuropsychological intervention.

**Keywords:** Problem solving; high school; math; executive functions.

<sup>1</sup> Universidade Feevale, Brasil. Mestre. <https://orcid.org/0000-0003-0461-7553>. E-mail: [luanasteffen@live.com](mailto:luanasteffen@live.com). Endereço: Av. Brasil, 1390, sala 301. Centro, Campo Bom-RS. CEP: 93700-000.

<sup>2</sup> Incogni, Brasil. Doutora. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5291-6526>. E-mail: [yasminisperafigo@gmail.com](mailto:yasminisperafigo@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Doutora. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1144-5657>. E-mail: [natalia.m.dias@ufsc.br](mailto:natalia.m.dias@ufsc.br)

<sup>4</sup> Universidade Feevale, Brasil. Doutora. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3720-0845>

Os indicadores educacionais brasileiros revelam desafios significativos na proficiência matemática dos jovens, como evidenciado por avaliações nacionais, notadamente os dados mais recentes do Sistema de Avaliação da Educação (SAEB) (Brasil, 2019). Apenas 5,61% dos estudantes concluindo o Ensino Médio (EM) atingiram a proficiência esperada. Conforme a progressão acadêmica avança, observa-se que os conceitos e desafios matemáticos adquirem maior abstração e complexidade. Nesse contexto, a dificuldade enfrentada pelos estudantes, em sua maioria, não se restringe exclusivamente ao processamento numérico, aos conhecimentos procedimentais ou conceituais. Em vez disso, também reside na capacidade de compreender e resolver os problemas apresentados (Pacheco & Andreis, 2018).

Um problema matemático é considerado uma situação nova ou desconhecida que requer a aplicação estratégica de técnicas previamente conhecidas (Pozo & Postigo, 1993). Para superar esse desafio e alcançar o objetivo por meios apropriados, é necessário encontrar um caminho ainda desconhecido (Polya, 1995). Polya (1995) elaborou uma teoria que destaca quatro etapas essenciais para a resolução de problemas matemáticos: compreensão do problema (compreender o enunciado e identificar as principais partes do problema), estabelecimento de um plano (verificar se já resolveu problema semelhante, selecionar quais os cálculos a serem aplicados), execução do plano (executar o plano, estando atento aos detalhes) e retrospectiva (examinar a resolução, verificar).

A aplicação dessas etapas a uma situação problema nova impõe demandas às habilidades cognitivas, e envolve uma interação de diferentes habilidades e conhecimentos (Boonen, Van Wesel, de Vries, Jolles, & van der Schoot, 2013). Ou seja, para um desempenho satisfatório em matemática, além dos conhecimentos ensinados na escola, faz-se necessário recrutar habilidades de compreensão leitora (Fuchs, Compton, Hamlett & Wang, 2015), conhecimento conceitual e processual (Rittle-Johnson, Siegler & Alibali, 2001) e funções executivas (FE) (Lubin, Vidal, Lanoë, Houdé, & Borst., 2013).

As FE são um conjunto de habilidades cognitivas que, juntas, possibilitam direcionar o comportamento a objetivos específicos, avaliando ainda a eficiência desses comportamentos e abandonando estratégias que não parecem eficazes, resolvendo e se adaptando a problemas de curto, médio e longo prazo (Diamond, 2013; Zelazo, Blair, & Willoughby, 2016). Apesar de não haver consenso na literatura acerca de um modelo teórico específico que visa compreender os componentes das FE, destaca-se, neste estudo, o modelo da Diamond (2013). A autora apresenta três componentes básicos das FE: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva e, a partir destas, deriva as FE complexas: raciocínio, resolução de problemas e planejamento (Diamond, 2013).

Dada a natureza multicomponente da resolução de problemas em matemática, é possível que cada componente das FE contribua de forma diferente (Steffen, Sperafico & Cardoso, 2023; Viterbori, Traverso, & Usai, 2017). Por exemplo, para conseguir compreender o problema, os estudantes precisariam identificar as informações relevantes e ignorar as irrelevantes, assim como, precisam inibir a vontade de executar a tarefa, sem antes traçar um plano, necessitando do controle inibitório para isso (Passolunghi & Siegel, 2001). Também precisam recrutar a memória de trabalho em todas as etapas do processo de resolução de problema, como por exemplo, para realização dos cálculos aritméticos, resgatando fatos aritméticos da memória de longo prazo, buscando estratégias para encontrar o resultado de fatos não automatizados e monitorando o processo de resolução. A flexibilidade cognitiva pode ser necessária para pensar em todas as possibilidades que o problema apresenta, bem como, pensar se há possibilidade de se traçar uma figura (ou esboço) para melhor compreensão do problema (Steffen et al., 2023).

Meltzer (2018) menciona a importância de os professores sistematizarem o processo de resolução de problema matemático com os alunos em sala de aula e ressalta o quanto as FE são necessárias em cada um desses passos. Através destas etapas, o professor pode ensinar ao aluno uma forma sistemática e compreensível de solucionar problemas na área da matemática e que pode ser generalizada para outras áreas como nas ciências da natureza e nas ciências sociais (Pozo, Echeverría, Castillo, Crespo & Angón, 1998). Além disso, cabe ressaltar que através da sistematização deste método, pode-se ainda ajudar alunos com déficits executivos a criar e internalizar estratégias que ajudem na resolução, primeiro através de modelagem e assistência dos professores e em seguida de forma mais independente (Meltzer, 2018).

Uma meta-análise envolvendo 328 estudos apontou que programas de intervenção com instrução direta para habilidades acadêmicas (envolvendo matemática, linguagem, ortografia, leitura entre outras) impactaram positivamente o desempenho acadêmico e alcançaram efeitos de transferência em medidas de habilidades cognitivas e coeficiente intelectual (Stockard, Wood, Coughlin, & Khoury, 2018). Um exemplo de programa que buscou integrar as FE e habilidades acadêmicas é o *πFex-Academics* (Dias, Cardoso, Colling & Fonseca, 2023), foco do presente estudo. Trata-se de um programa neuropsicológico-educacional, de intervenção preventiva, desenvolvido para universitários que busca estimular habilidades acadêmicas e de FE, visando potencializar o desempenho acadêmico (Dias, Costa, Cardoso, Colling & Fonseca, 2021). Tal programa tem o objetivo de ser uma intervenção complementar à grade curricular, podendo ser implementado pelo professor ou algum outro profissional da área da saúde ou educação. Esta intervenção possui atividades com o ensino sistemático e explícito das estratégias (ou instrução direta, como mencionado nos estudos acima), além de oportunidades para que os estudantes possam praticá-las, inicialmente com apoio e feedback do professor e aos poucos de modo mais autônomo. Na análise do programa, pode-se constatar que as principais habilidades necessárias para o ensino superior estão contempladas (Dias et al., 2021). No entanto, ao pensar na adaptação para o público de EM, surgiu a necessidade de um módulo voltado para as habilidades matemáticas, mais especificamente para resolução de problemas matemáticos.

Apesar de toda a relação apresentada entre a resolução de problemas e as habilidades matemáticas, não foi encontrado na literatura nacional e internacional um programa para adolescentes do EM, que estimulasse essas habilidades em conjunto. Por isso, o objetivo principal deste estudo, resultante de uma pesquisa de Mestrado desenvolvida na região sul do país, a partir da colaboração de universidades do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foi desenvolver e investigar evidências de validade de conteúdo do módulo destinado à estimulação das FE pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos para adolescentes do EM, que integrará a versão final *πFex Academics* para o EM.

## MÉTODO

### Participantes

O desenvolvimento do módulo foi realizado em 5 etapas: [1] Fase interna de organização do módulo de matemática; [2] Construção do módulo; [3] Análise dos juizes especialistas; [4] Estudo piloto; [5] Integração da análise de juizes e dos achados do estudo piloto e finalização do programa. Na etapa 1, além da equipe envolvida na

construção do módulo, participaram três professores de matemática, que avaliaram as questões do ENEM dos anos de 2018 e 2019, com relação aos conhecimentos recrutados para a realização dos problemas. Na etapa 2, participaram duas professoras de matemática com experiência de sala de aula que avaliaram o módulo com relação à sua aplicabilidade, antes dele passar pelos juízes especialistas e duas neuropsicólogas que conheciam os demais módulos do *πFex Academics*, que observaram se ele seguia os mesmos critérios e metodologia do restante do programa. Na etapa 3, participaram 5 juízes especialistas, com conhecimento em neuropsicologia e matemática, que julgaram a validade de conteúdo de cada atividade e do módulo como um todo. No estudo piloto, etapa 4, algumas atividades do módulo foram aplicadas em uma turma mista de ensino médio (com estudantes do 1º e do 2º ano), composta por 15 alunos e 3 professores. Na Tabela 1, é possível verificar a área e o nível de formação de cada juiz especialista.

## Procedimentos

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale (parecer: 4.458.467), e prioriza seguir as condições estabelecidas na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). A equipe que desenvolveu o módulo foi composta por uma psicóloga com conhecimento e experiência em neuropsicologia, uma psicopedagoga com formação em matemática e uma estudante de iniciação científica. Em cada etapa, houve um procedimento de *brainstorming* entre os autores e modificações necessárias foram efetuadas, criando novas versões. Vale ressaltar que a participação dos juízes especialistas foi voluntária e anônima. A seguir serão apresentadas as cinco etapas da construção do módulo de matemática:

### *Fase interna de organização do módulo de matemática*

Através de reuniões da equipe de pesquisadores, oriundos de uma universidade particular do Rio Grande do Sul e uma universidade pública de Santa Catarina, foi realizada uma busca por programas de intervenção existentes na literatura que visavam estimular as FE em estudantes do EM. Além disso, refletiu-se sobre a possibilidade de utilizar questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) como tarefas do módulo, uma vez que elas envolvem resolução de problemas e são atividades vistas com frequência em sala de aula, gerando uma aproximação com o cotidiano dos estudantes. Para isso, um formulário foi desenvolvido com todas as questões do ENEM da área de matemática dos anos de 2018 e 2019. Este formulário foi enviado para professores de matemática (n=3), atuantes na Educação Básica no Estado do RS, e, abaixo de cada uma das questões, os professores assinalavam os conhecimentos de quais áreas da matemática eram necessários para a resolução daquele problema.

### *Construção do módulo pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos*

Nessa etapa, inicialmente, consultou-se os demais módulos do *πFex Academics*, a fim de seguir a mesma estrutura e metodologia. Com a estrutura alinhada e a partir da análise dos professores de matemática das questões do ENEM, decidiu-se quais problemas seriam utilizados (foram escolhidas as questões que envolviam mais puramente

cada conhecimento dos domínios da matemática, com maior concordância entre os juízes - todos, ou pelo menos 75% deles concordaram que atividade recrutava aquele conhecimento específico, além disso, se escolheu uma questão de cada área matemática abordada – aritmética, geometria e álgebra, para cada uma das atividades), qual seria a estrutura do módulo e procedeu-se à elaboração das atividades. Após, o programa foi revisado por duas neuropsicólogas que fazem parte da equipe, atuantes em pesquisa e na área clínica em SC e RS, que deram *feedbacks* e sugestões de melhorias. Na sequência, antes da análise de juízes e do estudo piloto, o programa foi apresentado para duas professoras de matemática do ensino médio, atuantes no Estado do RS, as quais também deram sugestões e avaliaram possíveis pontos que pudessem contribuir para a aplicação do módulo em sala de aula.

### *Análise de juízes especialistas*

Os juízes responderam a um protocolo de avaliação, através de Escala *Likert* que variava de 1 a 5 (1 – discordo totalmente, item não é adequado/representativo até 5 – concordo totalmente item é adequado/representativo) e contemplava as seguintes questões: 1) Adequação da atividade para aplicação no ensino médio; 2) Atividade é plausível de ser realizada em sala de aula; 3) Atividade é plausível de ser realizada de modo online; 4) A descrição da atividade está clara ao professor/aplicador; 5) Os materiais necessários são acessíveis ao contexto de ensino médio; 6) Coerência entre a atividade e o objetivo proposto; 7) A atividade de fato engaja as FE. Por fim, havia um campo aberto para a inclusão de dados qualitativos, sugestões de alterações e/ou de nova estruturação das atividades e comentários gerais que visavam o aprimoramento das atividades.

### *Estudo piloto*

Para o estudo piloto, selecionou-se a primeira atividade do módulo de matemática, intitulada “Compreendendo o problema”. Esta atividade foi aplicada em uma turma de 15 alunos do EM, oriundo de uma turma do Ensino Médio de uma escola privada no Estado do RS. Após a aplicação, solicitou-se aos alunos que respondessem a um protocolo de avaliação da atividade, por meio de Escala *Likert* de 1 (péssimo, não compreendi a atividade/a estratégia é ruim/a atividade é muito longa) a 5 (compreendi bem a atividade/a estratégia é boa/o tempo é adequado), a fim de verificar: a facilidade para compreender e utilizar a estratégia, motivação para usar a estratégia e ainda o tempo de duração da atividade. Solicitou-se também que 3 professores da mesma instituição, que acompanharam/observaram a aplicação da atividade pudessem responder a um outro protocolo, também por meio de Escala *Likert* de 1 (péssimo, aplicabilidade ou compreensão ruim) a 5 (ótimo, boa aplicabilidade ou compreensão), avaliando os seguintes aspectos: facilidade do professor para compreender e instruir a atividade; entendimento da atividade pelos estudantes; facilidade de uso e de implementação da estratégia pelos estudantes e engajamento dos estudantes na atividade proposta. Em ambos os protocolos (alunos e professores) havia espaço para anotações qualitativas.

## *Integração da análise de juízes e do estudo piloto e versão final do módulo pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos*

Após a análise minuciosa, por parte da equipe, de todos os apontamentos gerados pelos juízes, estudantes e professores, envolvidos nas duas fases anteriores, houve adequação/reformulação de algumas atividades e revisão de todo o módulo. Esse processo gerou a última versão do módulo 5 do *πFex Academics* para o ensino médio: pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos.

### **ANÁLISE DE DADOS**

A fim de verificar o nível de concordância entre os juízes e buscando avaliar a validade de conteúdo da intervenção, foi calculado o Coeficiente de Validade de Conteúdo (CVC) (Hernández-Nieto, 2002). Os juízes atribuíram notas de 1 a 5 para cada item em cada uma das atividades avaliadas. O cálculo foi realizado a partir das seguintes etapas: 1) Calcula-se a média das notas de cada item avaliado; 2) Divide-se as médias pelo valor máximo que a questão poderia receber e se obtém o CVC inicial (CVCi); 3) Calcula-se o erro, em que se divide (1) pelo número de juízes avaliadores, elevado pelo mesmo número de juízes; 4) Subtrai-se o erro do CVCi, chegando ao CVC final (CVCc) de cada item; 5) Por fim, calcula-se o CVC total (CVCt), subtraindo a média do CVCi – de todos os itens avaliados, pela média de erro de todos os itens avaliados. O CVCt demonstra a validade de conteúdo de todo o módulo, obtido a partir da média dos coeficientes de validação de cada item. Para classificar o CVC, Hernández-Nieto (2002) propõem a seguinte escala de avaliação: valores menores de 0,80 representam validade e concordância inaceitáveis; valores iguais ou maiores que 0,80 e menores que 0,90 são considerados de validade e concordância satisfatórias; e valores iguais ou superiores a 0,90 até o limite de 1,00 representam validade e concordância excelentes.

### **RESULTADOS**

Os resultados serão apresentados com base nas etapas de construção do módulo:

#### **Revisão da literatura e organização interna da equipe e dos materiais**

Através das buscas realizadas na literatura constatou-se a carência de intervenções voltadas para adolescentes dentro do contexto escolar que visava promover as FE e habilidades acadêmicas. Além disso, analisou-se o programa *πFex Academics* para Universitários e verificou-se que não havia um módulo voltado para habilidades matemáticas. No entanto, ao adaptar o programa para o EM e conhecendo a importância dessas habilidades para esse período escolar, julgou-se necessário complementar o programa com um módulo que buscasse estimular essa habilidade acadêmica. Além disso, verificou-se que a resolução de problemas (uma FE complexa e que é bastante recrutada no EM) poderia contribuir muito no âmbito acadêmico, principalmente na matemática. Nesse momento, decidiu-se por desenvolver um módulo de resolução de problemas matemáticos. Utilizou-se como base teórica o modelo de Polya (1995). Para construção das atividades, consultou-se os outros módulos já desenvolvidos

no programa *πFex Academics* e decidiu-se analisar as questões de matemática do ENEM de 2018 e 2019, a fim de identificar as áreas de conteúdo específicos dentro do domínio da matemática que deveriam ser previstas/abordadas. A partir das respostas obtidas, foram escolhidas as questões que envolviam mais puramente cada conhecimento e com maior concordância entre os juízes (todos, ou pelo menos 75% deles concordaram que atividade recrutava aquele conhecimento específico).

## Construção do módulo pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos

Houve reuniões sistemáticas da equipe em que cada atividade era pensada e discutida. O módulo foi sistematizado da seguinte forma: foram construídas cinco atividades, cada uma envolvendo uma das etapas de resolução de problemas proposto por Polya (1995) e a última atividade em que o estudante precisaria utilizar todas as etapas: 1) Compreendendo o problema, 2) Estabelecendo um plano, 3) Executando o plano, 4) Retrospecto e 5) Resolvendo o problema. Cada atividade foi organizada em seis etapas: Explicação da estratégia, Modelação, Prática guiada, Prática autônoma, Reflexão/Metacognição e Aplicação/Discussão (estratégia usada também nos demais módulos do programa *πFex Academics*). Ao final, um novo processo de *brainstorming* foi realizado pelas autoras e as atividades foram organizadas e sistematizadas de modo a conter a instrução e a descrição de cada uma delas. Após essa sistematização, o módulo inteiro foi apresentado para duas neuropsicólogas com ampla experiência em FE, que forneceram *feedbacks* e contribuíram com sugestões de melhorias. Neste momento, antes da análise de juízes, duas professoras de matemática atuantes em sala de aula de EM também analisaram o módulo para constatar se ele estava adequado para aplicação e compreensão dos alunos e professores. Foram organizadas modificações com base nas recomendações das neuropsicólogas e professoras e o módulo foi encaminhado para a análise de juízes especialistas.

## Análise de juízes especialistas

A partir das respostas enviadas pelos juízes especialistas, foi possível calcular o Coeficiente de Validação de Conteúdo – CVC (Hernández-Nieto, 2002), e os resultados encontram-se na Tabela 2.

Com base na Tabela 2, pode se afirmar que houve concordância entre os juízes na maior parte das atividades, o que permite constatar que, de modo geral, as atividades estão adequadas para o EM; são plausíveis de ser aplicadas em sala de aula; a descrição está clara ao professor/aplicador; os materiais necessários são acessíveis ao contexto em que se pretende aplicar; há coerência entre a atividade e seu objetivo; e a atividade de fato engaja e desafia as FE. Todos os itens do módulo avaliado pelos juízes apresentaram evidência de validade e concordância no mínimo satisfatórias. O único item avaliado pelos juízes que não obteve classificação excelente foi o de possibilidade de aplicação online do módulo. Dentre os demais, todos ficaram no limiar mais alto de classificação (0,90 a 1,00), e o módulo como um todo (CVCt = 0,98) também apresentou validade e concordância excelentes. De modo qualitativo, 3 das 5 juízas fizeram sugestões ao longo das atividades, que foram acatadas pela equipe. A maior parte delas é referente à mudança de alguns termos (exemplo: de etapas para procedimentos), e instruções mais claras aos aplicadores.

## Estudo piloto

Nesse momento, optou-se por aplicar somente a primeira atividade do módulo, intitulada “Compreendendo o Problema”. Participaram da aplicação uma turma de EM, composta por 15 alunos do 1º e 2º ano, sob a observação de três professores. Foram obtidos os seguintes resultados: com relação à facilidade de compreensão da atividade, 46,66% dos alunos julgaram fácil de compreender (pontuação 4 e 5) e 33,33% pontuaram 3 na escala *likert* indicando que a atividade não foi fácil e nem difícil. No item facilidade de uso da estratégia, 53% referiram facilidade (pontuação 4 e 5) e 26,66% consideraram mediano – nem fácil e nem difícil (pontuação 3). Sobre a motivação para continuar usando a estratégia, 53% pontuaram alta motivação (4 e 5 na escala) e 13,33% média motivação (3 pontos). Com relação ao tempo de duração da atividade, 46,66% julgaram o tempo adequado (4 e 5) e 46,66% pontuaram 3 na escala, indicando que o tempo não estava totalmente adequado, mas também não era considerado inadequado. No que tange à avaliação dos professores que estavam observando, todos julgaram a atividade fácil de compreender; fácil de instruir/aplicar; com bom entendimento pelos estudantes; de fácil uso e implementação da estratégia pelos estudantes; e com bom engajamento da turma na atividade proposta (todos pontuaram 4 ou 5 na escala). Em função do tempo, decidiu-se aplicar somente a atividade 1, o que pode ter impacto nos resultados encontrados com os alunos. O objetivo maior da aplicação deste piloto foi avaliar se os alunos compreenderiam a estratégia, se teriam motivação no uso da mesma e se a atividade estava clara, tanto para alunos quanto aplicadores, o que foi confirmado.

## Integração da análise de juízes e dos resultados do estudo piloto e versão final do módulo pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos

Após a análise de juízes e estudo piloto, foram realizados alguns ajustes no módulo e se obteve a versão final dele. As alterações ocorreram apenas em partes da descrição das atividades, na uniformização de conceitos (exemplo manter a palavra ‘etapas’ apenas para indicar as etapas da atividade, e usar ‘procedimentos’ para fazer referência aos passos necessários dentro de uma etapa), situações em que foi sugerido para deixar mais explícito qual seria o papel do professor (por exemplo, descrever o comportamento que o professor deveria ter naquele momento) e inclusão de questões para reflexão nas etapas de metacognição. Não foram indicadas alterações na estrutura das atividades.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi apresentar o processo de desenvolvimento de um módulo de FE pró-habilidades de resolução de problemas matemáticos, que integrará o programa *πFex Academics* para o EM. Cada fase desse processo desempenhou um papel importante na construção, refinamento e validação do módulo. A versão final ficou composta por 5 atividades, sendo que as 4 primeiras contemplam cada uma das etapas de resolução de problemas de Polya (1995) e a última abarca o processo inteiro de resolução de problemas.

A revisão da literatura desempenhou um papel essencial ao identificar lacunas nas intervenções voltadas para adolescentes no contexto escolar, especialmente aquelas destinadas a promover funções executivas (FE) e

habilidades acadêmicas. Estudos trazem que a adolescência é uma fase importante da vida para o desenvolvimento executivo (Zanini, Miranda, Cogo-Moreira, Nouri, Fernández & Pompéia, 2021). Entretanto, de modo geral, esse período do ciclo vital é menos explorado pelos estudos na área (Baggetta & Alexander, 2016), e quando se trata de programas voltados à estimulação não é diferente (Sena, 2021). Além disso, pensando nos adolescentes de EM, a matemática é uma disciplina obrigatória e que geralmente se apresenta como um obstáculo no processo de aprendizagem (Mendes & Carmo, 2011; Devine, Hill, Carey & Szűcs, 2018; Brown, Brown, & Bibby, 2008) para esse público. Um estudo realizado com o objetivo de avaliar o desempenho em matemática ao longo dos anos (desde o início do ensino fundamental até o final do EM) através do SAEB, aponta que os alunos do EM são os que apresentam os piores resultados. E que, de maneira geral os alunos do 3º ano do EM não possuem as habilidades essenciais para o aprendizado da matemática (Santos & Tolentino-Neto, 2015). Considerando esse panorama, o embasamento teórico no modelo de Polya (1995) e a análise das questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) proporcionaram alicerces para a construção das atividades, assegurando que o módulo contemplasse conhecimentos específicos e fosse relevante para o público-alvo, contribuindo para a construção de habilidades matemáticas com o propósito de auxiliar na mudança desse preocupante quadro nacional de desempenho na disciplina.

A fase de construção, marcada por reuniões sistemáticas da equipe e análises críticas, permitiu a elaboração das atividades de forma estruturada, seguindo as etapas propostas por Polya (1995). A sistematização do módulo e a inclusão de diferentes etapas, como explicação da estratégia, modelagem, prática guiada e prática autônoma, visaram proporcionar uma abordagem abrangente e eficaz para o desenvolvimento das habilidades almeçadas.

A análise de juízes apresentou altos índices de concordância e evidências de validade de conteúdo, dentro do que é sugerido na literatura por Hernández-Nieto (2002). Com exceção do critério que questionava sobre a possibilidade de aplicação online, todos os demais tiveram CVC's acima de 0,90 o que indica nível excelente de validade e concordância. Estudos prévios de intervenções neuropsicológicas (Cardoso, Dias, Seabra & Fonseca, 2017; Colling, 2021; Dias et al., 2021), envolvendo análise de juízes, incluindo o próprio *πFex Academics*, utilizaram o cálculo de Índice de Validade de Conteúdo (IVC) (Alexandre & Colucci, 2011) para análise desses dados. Nesse estudo, utilizou-se o Coeficiente de Validade de Conteúdo (CVC) (Hernández-Nieto, 2002), que calcula a média de todas as notas atribuídas pelos juízes e ainda permite calcular o erro, minimizando assim os vieses da avaliação. Ambos os métodos apresentam boa confiabilidade, entretanto, acredita-se que o método utilizado neste estudo pode ser mais sensível às pontuações atribuídas pelos juízes, principalmente por considerar a margem de erro. Outro estudo de intervenção neuropsicológica que buscou desenvolver e validar um programa computadorizado de treino cognitivo para crianças (Barbosa-Pereira et al., 2019), também utilizou o CVC para análise de juízes e obtiveram resultados satisfatórios. De acordo com esses autores a escolha pelo CVC, no lugar do IVC, se deu pela maior fidedignidade do método escolhido, por não excluir nenhuma pontuação e ainda considerar o erro da medida.

O estudo piloto, embora limitado à aplicação da primeira atividade, também se apresentou como uma etapa importante ao avaliar a compreensão dos alunos e a viabilidade prática do módulo. De acordo com Schindwein-Zanini e Cruz (2018), o estudo piloto na construção de instrumentos possibilita revisão e aprimoramento dos itens necessários, mesmo objetivo que se teve com a aplicação desta etapa na construção deste módulo de intervenção. Além disso, os outros módulos do programa *πFex Academics* também passaram por esse processo, utilizando os mesmos critérios de avaliação para os professores (Dias et al., 2021) e com resultados semelhantes aos obtidos nesse estudo. Ou seja, os resultados indicaram uma recepção positiva dos estudantes em relação à facilidade de

compreensão, utilização da estratégia e motivação para continuar usando-a. Além disso, a avaliação positiva dos professores em relação à clareza da atividade, facilidade de instrução e engajamento dos alunos e fortalece a evidência de aplicabilidade prática.

Cabe ressaltar o cuidado que se teve na construção do módulo com relação à sua aplicabilidade prática na interface com a matemática. Os professores de matemática com ampla experiência em sala de aula no EM foram consultados em diferentes momentos durante o desenvolvimento da intervenção. O conhecimento deles foi solicitado no momento de escolher as questões (problemas/conteúdos) que fariam parte da atividade, para analisar o módulo antes da análise de juízes, bem como os juízes especialistas escolhidos também tinham conhecimento na matemática. Os professores de matemática também participaram no momento do estudo piloto e a equipe que construiu o módulo contou com a participação de uma psicopedagoga que tem graduação em matemática e doutorado em Educação, formada e atuante na região sul. O envolvimento desses profissionais contribuiu para a entrega de um módulo de fácil compreensão e aplicação e adequado ao contexto escolar, o que pode contribuir para o engajamento dos professores e estudantes.

A integração de todas essas fases culminou na versão final do módulo. As modificações realizadas, baseadas nas análises rigorosas e no feedback contínuo, contribuíram para aprimorar a clareza e a eficácia do módulo. A versão final representa uma ferramenta promissora para estimular habilidades de resolução de problemas matemáticos e funções executivas em adolescentes do EM. É relevante ressaltar que os procedimentos adotados neste estudo seguem a proposta de outros programas de intervenção neuropsicológica, como o PENcE – Programa de Estimulação Neuropsicológica da Cognição em Escolares (Cardoso & Fonseca, 2016), o PIAFEx – Programa de Intervenção em Autorregulação e Funções Executivas (Dias & Seabra, 2013), e os módulos anteriores do  $\pi$ Fex-Academics desenvolvidos para universitários (Dias et al., 2021; Colling, 2021).

Sugere-se que estudos futuros avaliem a eficácia do módulo em conjunto com o programa  $\pi$ Fex – Academics no Ensino Médio como um todo, sendo que a principal limitação do estudo se refere ao fato de que, no estudo piloto, apenas a primeira atividade do módulo foi aplicada, o que não demonstrou para os alunos a totalidade do processo de resolução de problemas. Por fim, o módulo desenvolvido neste estudo, seguindo rigorosamente a metodologia de desenvolvimento da intervenção, apresenta evidências de validade de conteúdo e em breve estará disponível para análise de sua efetividade. Conclui-se que cada uma das etapas demonstrou ser fundamental para a versão final do módulo, contribuindo para o desenvolvimento e disponibilização de uma ferramenta inovadora no âmbito da intervenção neuropsicológica escolar com adolescentes.

## REFERÊNCIAS

- Alexandre, N.M.C., & Coluci, M.Z.O. (2011) Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(7), 3061-3068. doi: 10.1590/S1413-81232011000800006
- Baggetta, P. e Alexander, PA (2016). Conceituação e operacionalização da função executiva. *Mente, Cérebro e Educação*, 10 (1), 10-33.

- Barbosa-Pereira, D., Junior, L. A. F., de Souza, E. R., de Almeida Galvão, H., Mendonça, C. M., Saldanha-Silva, R., & Mansur-Alves, M. (2019). Desenvolvimento e validade de conteúdo de um programa computadorizado de treino cognitivo para crianças. *Neuropsicología Latinoamericana*, 11(3).
- Boonen, A. J. H., van Wesel, F., de Vries, M. H., Jolles, J., & van der Schoot, M. (2013). Cognitive processes underlying the comprehension of mathematical word problems. Paper presented at Paper presented at the 2013 Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development (SRCD), Seattle, Washington, USA.
- Brasil. (2019). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). Disponível em: [[https://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/saeb/2019/resultados/relatorio\\_de\\_resultados\\_do\\_saeb\\_2019\\_volum\\_e\\_1.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2019/resultados/relatorio_de_resultados_do_saeb_2019_volum_e_1.pdf)].
- Brown, D., Brown, P., & Bibby, T. (2008). "I'd rather die": reasons given by 16-year-olds not to continue their mathematics studies. *Research in Mathematics Education*, 10(1), 3-18.
- Cardoso, C. O., Dias, N.M., Seabra, A.S., & Fonseca, R.P. (2017). Program of neuropsychological stimulation of cognition in students: Emphasis on executive functions-development and evidence of content validity. *Dementia & Neuropsychologia*, 11, 88-99. doi: 10.1590/1980-57642016dn11-010013
- Cardoso, C. O., & Fonseca, R. P. (2016). Programa de Estimulação Neuropsicológica da Cognição em Escolares: ênfase nas Funções Executivas. BookToy.
- Colling, A. P. C. (2021). Evidências de efeito de intervenções em funções executivas e regulação emocional para escolares e desenvolvimento de programa para universitários. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Devine, A., Hill, F., Carey, E., & Szűcs, D. (2018). Cognitive and emotional math problems largely dissociate: Prevalence of developmental dyscalculia and mathematics anxiety. *Journal of Educational Psychology*, 110(3), 431–444 doi:10.1037/edu0000222
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Dias, N. M., Cardoso, C. O., Colling, A. P. C. & Fonseca, R. P. (2023). πFex-Academics: Programa de Intervenção em Funções Executivas Pró-aprendizagem Acadêmica para Universitários. Memnon.
- Dias, N. M., Costa, D. M., Cardoso, C. O., Colling, A. P. C., & Fonseca, R. P. (2021). Programa de intervenção em funções executivas pró-aprendizagem acadêmica para jovens/universitários: Desenvolvimento e evidências de validade de conteúdo. *Ciencias Psicológicas*, 15(2), e-2394. doi: <https://doi.org/10.22235/cp.v15i2.2394>

- Dias, N. M., & Seabra, A. G. (2013). Funções executivas: desenvolvimento e intervenção. *Temas sobre Desenvolvimento*, 19(107), 206-212.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Hamlett, C. L., & Wang, A. Y. (2015). Is word-problem solving a form of text comprehension? *Scientific Studies of Reading*, 19(3), 204-223. doi:10.1080/10888438.2015.1005745
- Hernández-Nieto, R. (2002). *Contribuciones al Análisis Estadístico*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes/IESINFO.
- Larsen, B., & Luna, B. (2018). Adolescence as a critical neurobiological period for the development of higher order cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 94, 179-195. doi: 10.1038/s41398-018-0315-3.
- Lubin, A., Vidal, J., Lanoë, C., Houdé, O., & Borst, G. (2013). Inhibitory control is needed for the resolution of arithmetic word problems: A developmental negative priming study. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 701-708. doi:10.1037/a0032625
- Meltzer, L. (Ed.). (2018). *Executive function in education: From theory to practice*. Guilford Publications.
- Mendes, A. C., & Carmo, João S. (2011). Estudantes com grau extremo de ansiedade à matemática: identificação de casos e implicações educacionais. *Psicologia da Educação*, 33.
- Pacheco, M. B., & Andreis, G. S. L. (2018). Causas das dificuldades de aprendizagem em Matemática: percepção de professores e estudantes do 3º ano do Ensino Médio. *Revista Principia*, 38, 105-119.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of experimental child psychology*, 80(1), 44-57. doi: 10.1006/jecp.2000.2626.
- Polya, G. (1995). *A arte de resolver problemas*. Interciência,
- Pontes, E. A. S. (2019). Método de Polya para resolução de problemas matemáticos: uma proposta metodológica para o ensino e aprendizagem de matemática na educação básica. *Holos*, 3, 1-9. DOI:10.15628/holos.2019.6703
- Pozo, J. I., Echeverría, M. P. P., Castillo, J. D., Crespo, M. A. G., & Angón, Y. P. (1998). A solução de problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender. *Artmed*.
- Pozo, J. I., & Postigo, Y. (1993). Las estrategias de aprendizaje como contenido de la currículo. In: C. Monero (Ed.), *Estrategias de aprendizaje: procesos, contenidos e interacción*. Barcelona: Domenech.
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. *Journal of educational psychology*, 93(2), 346-362. doi:10.1037//0022-0663.93.2.346

- Santana, A. N., Roazzi, A., & Melo, M. R. A., Mascarenhas, S. A. D. N., & Souza, B. C.(2019). Funções executivas e matemática: explorando as relações. *Amazônica-Revista de Psicopedagogia, Psicologia escolar e Educação*, 23(1), 130-151.
- Santos, J. B. P., & Tolentino-Neto, L. C. B. (2015). O que os dados do SAEB nos dizem sobre o desempenho dos estudantes em Matemática? What SAEB data tell us about student performance in mathematics?. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 17(2), 309-333.
- Schlindwein-Zanini, R., & Cruz, R. M. (2018). Psicometria e Neuropsicologia: interrelações na construção e adaptação de instrumentos de medida. *Psicologia Argumento*, 36(91), 49-69. DOI: 10.7213/psicolargum.36.91.AO04
- Sena, L. D. (2021). Intervenções das funções executivas em adolescentes em desenvolvimento típico: uma revisão sistemática. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Feevale, Novo Hamburgo.
- Steffen, L., Sperafico, Y.L.S., & Cardoso, C.O.(2023). Papel das funções executivas do processo de resolução de problemas matemáticos. In: N.M Dias & L.F. Malloy-Diniz (Org.) *Tratado de Funções Executivas: modelos teóricos, construtos associados e desenvolvimento* (pp. 68-81). Editora Ampla.
- Stockard, J., Wood, TW, Coughlin, C., & Khoury, C. R. (2018). The effectiveness of direct education curricula: a meta-analysis of half a century of research. *Review of Educational Research*, 88(4), 479-507. DOI: 10.3102/0034654317751919
- Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M. C. (2017). The role of executive function in arithmetic problem-solving processes: A study of third graders. *Journal of cognition and Development*, 18(5), 595-616. doi: 10.1080/15248372.2017.1392307
- Zanini, G. A., Miranda, M. C., Cogo-Moreira, H., Nouri, A., Fernández, A. L., & Pompéia, S. (2021). An adaptable, open-access test battery to study the fractionation of executive-functions in diverse populations. *Frontiers in psychology*, 12, 467. doi.org/10.3389/fpsyg.2021.627219
- Zelazo, P. D., Blair, C. B.; & Willoughby, M. T. (2016). *Executive Function: Implications for Education*. NCER 2017-2000. National Center for Education Research.

## DECLARAÇÃO DE FINANCIAMENTOS RECEBIDOS E AGRADECIMENTOS

Natália Martins Dias - CNPq, Bolsa de Produtividade em Pesquisa

## Lista de Anexos

Tabela 1 - Área e formação dos juízes especialistas (etapa 3)

Identificação dos juízes	Curso de formação	Nível de formação	Tempo de experiência em neuropsicologia
Juiz 1	Fonoaudiologia	Doutora em educação, Especialista em Psicopedagogia e Neuropsicologia escolar	3 anos
Juiz 2	Pedagoga	Doutoranda em educação, Especialista em psicopedagogia	6 anos
Juiz 3	Matemática	Doutoranda em fonoaudiologia, Especialista em Psicopedagogia	3 anos
Juiz 4	Pedagogia	Doutora em ciências, Especialista em Psicopedagogia	15 anos
Juiz 5	Matemática	Doutora em educação, Especialista em Psicopedagogia	5 anos

Tabela 2 - Coeficiente de Validade de Conteúdo de cada uma das atividades e do módulo como um todo

<i>Item avaliado</i>	<i>Atividade</i>	<i>Média das respostas dos juízes</i>	<i>CVCi</i>	<i>Erro</i>	<i>CVCC</i>
Há adequação da atividade para o Ensino Médio?	1	5	1	0,00391	<b>1</b>
	2	5	1	0,00391	<b>1</b>
	3	5	1	0,00391	<b>1</b>
	4	5	1	0,00391	<b>1</b>
	5	5	1	0,00391	<b>1</b>
A atividade é plausível de ser aplicada no contexto de sala de aula?	1	5	1	0,00032	<b>1</b>
	2	5	1	0,00032	<b>1</b>
	3	5	1	0,00032	<b>1</b>
	4	5	1	0,00032	<b>1</b>
	5	5	1	0,00032	<b>1</b>
A atividade é plausível de ser aplicada na modalidade online?	1	4,4	0,88	0,00032	<b>0,88</b>
	2	4,4	0,88	0,00032	<b>0,88</b>
	3	4,4	0,88	0,00032	<b>0,88</b>
	4	4,4	0,88	0,00032	<b>0,88</b>
	5	4,4	0,88	0,00032	<b>0,88</b>
A descrição da atividade está clara ao professor/ aplicador?	1	4,8	0,96	0,00032	<b>0,96</b>
	2	4,8	0,96	0,00032	<b>0,96</b>
	3	4,8	0,96	0,00032	<b>0,96</b>
	4	4,8	0,96	0,00032	<b>0,96</b>
	5	4,8	0,96	0,00032	<b>0,96</b>
Os materiais necessários são acessíveis no contexto de ensino médio?	1	5	1	0,00032	<b>1</b>
	2	5	1	0,00032	<b>1</b>
	3	5	1	0,00032	<b>1</b>
	4	5	1	0,00032	<b>1</b>
	5	5	1	0,00032	<b>1</b>
Há coerência entre atividade e o objetivo proposto?	1	5	1	0,00032	<b>1</b>
	2	5	1	0,00032	<b>1</b>
	3	5	1	0,00032	<b>1</b>
	4	5	1	0,00032	<b>1</b>
	5	5	1	0,00032	<b>1</b>
Você entende que a atividade de fato engaja/desafia as funções executivas?	1	5	1	0,00032	<b>1</b>
	2	5	1	0,00032	<b>1</b>
	3	5	1	0,00032	<b>1</b>
	4	5	1	0,00032	<b>1</b>
	5	5	1	0,00032	<b>1</b>
CVC total do módulo					<b>0,98</b>