

Proposição de Modelo de Análise Ergonômica para apoiar a identificação das causas da Ansiedade Matemática

Proposing an Ergonomic Analysis model to support the identification of the causes of Math Anxiety

Joanderson de Almeida Reis Ferreira¹

Lucelindo Dias Ferreira Júnior Reis²

RESUMO

A Ansiedade Matemática (AM) é um fenômeno que ocasiona efeitos como atitudes, emoções e crenças negativas com relação a manipulação de números. Há diversos estudos que propõem instrumentos para a sua identificação a partir dos seus efeitos deletérios, numa abordagem que enfoca principalmente os fatores intrínsecos ao sujeito. Entende-se que há outros fatores causais, extrínsecos, que apresentam um papel muito importante na geração da AM. Para a realização desta pesquisa, partiu-se de uma estratégia em cinco blocos: (1) revisões bibliográficas sobre o tema Ansiedade Matemática; (2) revisões bibliográficas sobre o tema Ergonomia/Fatores Humanos; (3) descrição dos elementos delineadores da AM utilizando as estruturas conceituais da Ergonomia, considerando o trabalho seminal de Guérin et al. (2001); (4) apresentação de instrumentos ergonômicos e suas potencialidades para apoiar a identificação de lacunas nos instrumentos já estabelecidos para AM; e, (5) desfecho e considerações para trabalhos futuros. O estudo culmina na proposição de um modelo que adapta a teoria Ergonômica, considerando seu instrumental, para apoiar a identificação da multicausalidade da Ansiedade Matemática, na relação estudante-comunidade escolar.

Palavras-chave: Ansiedade Matemática; Ergonomia; Instrumentos.

ABSTRACT

Mathematical Anxiety (MA) is a phenomenon that causes effects such as negative attitudes, emotions and beliefs regarding the manipulation of numbers. There are several studies that propose instruments for its identification based on its deleterious effects, in an approach that focuses mainly on the factors intrinsic to the subject. It is understood that there are other causal, extrinsic factors that play a very important role in the generation of MA. To carry out this research, a five-block strategy was used: (1) bibliographic reviews on the topic of Mathematical Anxiety; (2) bibliographic reviews on the topic of Ergonomics/Human Factors; (3) description of the elements that outline MA using the conceptual structures of Ergonomics, considering the seminal work of Guérin et al. (2001); (4) presentation of ergonomic instruments and their potential to support the identification of gaps in the instruments already established for MA; and, (5) outcome and considerations for future work. The study culminates in the proposal of a model that adapts the Ergonomic theory, considering its instrumental, to support the identification of the multicausality of Mathematical Anxiety, in the student-school community relationship.

Keywords: Mathematical Anxiety; Ergonomics; Instruments.

Introdução

¹. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará; Professor da Escola Sesi Senai de Referência Beto Stuart; sier.jonferreira@gmail.com.

². Doutor em Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo; Docente de cursos de graduação, mestrado e doutorado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/Universidade Federal do Ceará; lucelindo.ferreira@ufc.br.

Diversos fatores convergem de modo que a aprendizagem relacionada à matemática apresente lacunas no âmbito educacional. Esses fatores, tais como ingerência familiar e de docentes (HEMBREE, 1990; RUFF; BOES, 2014), práticas de ensino incongruentes (DREGER; AIKEN JR., 1957; HEMBREE, 1990), ação de estereótipos socioculturais (ASHCRAFT, 2002; GEIST, 2010) e de pares (RUFF; BOES, 2014), materiais didáticos (HEMBREE, 1990), estão relacionados e são causadores de um fenômeno multidimensional, englobando um sentimento de temor, estresse e inquietação que muitos indivíduos experimentam quando se deparam com a matemática (ASHCRAFT, 2002), denominado de Ansiedade Matemática (AM), ou Ansiedade ao Número (DREGER; AIKEN JR., 1957). A AM pode ser desenvolvida no contexto da *educação não intencional*, envolvendo aprendizagens que ocorrem de maneira informal e muitas vezes não planejada, através das experiências cotidianas, interações sociais, mídia, família e outras influências do ambiente, e da *educação intencional*, caracterizada pela organização sistemática de atividades pedagógicas com objetivos claros de desenvolver conhecimentos, habilidades, valores e atitudes nos alunos (LIBÂNEO, 2013).

Pode-se identificar cinco principais tipos de fatores causais desse fenômeno, resultantes de elementos da educação intencional e não intencional: pessoal (e.g., influência familiar e de docentes); método (e.g., abordagens pedagógicas e abstração de conceitos); meio ambiente (e.g., influências culturais e socioambientais, experiências na sala de aula); medida (e.g., desafios e formas de avaliação); e, material (e.g., livros, tecnologias utilizadas). Também, são descritos na literatura modelos cujo papel é explicar os constructos da AM, partindo de premissas simplificadoras circunscritas em áreas de conhecimento específicas, o que é natural, pois a AM é tema de estudo nas áreas de Ciências Sociais (35%), Psicologia (28,3%), Matemática (7,8%) e Neurociência (5,4%), conforme identificado em análise bibliométrica na base de dados Scopus, com 1209 estudos indexados nessa base a partir de 1970. São modelos desenvolvidos para explicar a AM, conforme sintetiza Brewster e Miller (2020): *deficit theory* (TOBIAS, 1986); *debilitating anxiety model* (DOWKER *et al.*, 2016); *social cognitive theory* (BANDURA, 1986); *reciprocal theory* (CAREY *et al.*, 2015); *processing efficiency theory* (EYSENCK; CALVO, 1992); e, *attentional control theory* (EYSENCK *et al.*, 2007).

Considerando que a AM tem um efeito evolutivo, i.e., pode apresentar graus de progressos variados, conforme especificidades do indivíduo e de seu contexto de aprendizagem, além de ter origem em fatores distintos, é necessário que seja identificada e

sua intensidade mensurada, continuamente, para que a comunidade escolar possa atuar e implementar medidas para a mitigação de seus efeitos. Um dos agentes intervenientes importantes nesse processo é o docente, através da prática educativa, provendo “os indivíduos dos conhecimentos e experiências culturais que os tornam aptos a atuar no meio social e a transformá-los em função das necessidades econômicas, sociais e políticas da coletividade” (LIBÂNEO, 2013, p. 15). Nesse sentido, o docente pode e deve atuar na oferta de subsídios para a reversão ou minimização da AM, pelo uso de abordagens e materiais de ensino que contemplem as múltiplas inteligências ou mesmo enfrentar certas barreiras comuns aos indivíduos que apresentam AM. Contudo, é importante que o docente possua recursos disponíveis e de fácil acesso e aplicação para identificar e mensurar esse fenômeno no contexto de sala de aula.

No sentido de avaliar e mensurar a AM, há instrumentos disponíveis na base científica. São questionários que permitem uma análise da compreensão do grau de realização de tarefas matemáticas, apoiadas por escalas psicométricas e atitudinais, desenvolvidas no âmbito de investigações na área da Psicologia. Na perspectiva de aplicação dessas escalas, o estudante é visto como um paciente, que deve ser acompanhado por um profissional com o propósito de identificar seu grau de AM e prover intervenções, no domínio da Psicologia, como expressar sentimentos (RUFF; BOES, 2014), o incentivo ao uso de escrita criativa (PARK; RAMIREZ; BEILOCK, 2014), a realização de exercícios de relaxamento e respiração (BRUNYÉ *et al.*, 2013; RUFF; BOES, 2014), o uso da prática de *mindfulness* e *mindset* (BEILOCK *et al.*, 2017; LUTTENBERGER *et al.*, 2018); ou, o provimento de recomendações abrangentes para os docentes, como a exposição continuada à matemática (RAMIREZ *et al.*, 2018; GANLEY *et al.*, 2021), o estímulo à monitoria entre colegas da mesma faixa etária (MOLINER; ALEGRE, 2020), e, o uso de atividades lúdicas que envolvam matemática (XIE; DERAKHSHAN, 2018; PASSOLUNGHI *et al.*, 2020).

No que concerne às escalas avaliativas da Ansiedade Matemática, um número expressivo tem sido desenvolvido nas oito últimas décadas. Dentre as quais, pode-se citar as seguintes: *Test Anxiety Scale for Children* - TASC (SARASON *et al.*, 1958), *Attitude Toward Math Scale* (AIKEN JR; DREGER, 1961), *Mathematics Anxiety Rating Scale* - MARS (RICHARDSON; SUINN, 1972), *Inventory of Attitudes Towards Mathematics* (SANDMAN, 1980), *Scale of Attitudes Towards Statistics and Mathematics* (AUZMENDI, 1991), *Math Attitude and Anxiety Questionnaire* - MAQ (THOMAS; DOWKER, 2000), *Attitudes Towards Mathematics* (ALEMANY ARREBOLA; LARA, 2010). Apesar da importância dessas

escalas, apresentam limitações quanto às dimensões avaliadas, analisando sobretudo aspectos cognitivo, emocional e comportamental, e quanto às metodologias de aplicação, requisitando profissionais capazes de interpretar dados psicométricos, o que reduz sua efetividade como instrumentos de implementação continuada e em larga escala, considerando a heterogeneidade e o quantitativo de estudantes nos diversos níveis de ensino. No Brasil, a cargo de exemplo e vivência, as Secretarias de Educação não dispõem, em sua maioria, de psicólogos educacionais suficientes para atender uma demanda de análise dessa categoria e acompanhamento contínuo para possíveis intervenções.

Se, por um lado, tem-se modelos descritores da AM que estão circunscritos às áreas específicas, é observável que limitam o fenômeno a seus domínios de interesse e estudo, provendo uma visão parcial para o entendimento da AM. Por outro lado, as escalas desenvolvidas com o propósito de avaliar indivíduos, identificando, por assim dizer, seu perfil ou grau de AM, tendem a estar restritas ao domínio da Psicologia, sendo, em uma descrição abrangente, escalas psicométricas ou que avaliam o desempenho em atividades matemáticas; ou, métodos que avaliam as funções cognitivas numa perspectiva da neurociência, ambos tipos de instrumentos restritos ao domínio de profissionais que, normalmente, encontram-se em ambiente externo ao da sala de aula, cuja aplicação demanda tempo e disponibilidade dos profissionais especializados e estudantes. Essa configuração metodológica de aplicação desses instrumentos, então, pode ser um entrave para uma avaliação contínua e global de indivíduos num contexto acadêmico, requisitando esforço e investimento considerável para a implementação.

Diante dessas lacunas, que vão da escassez de modelos mais abrangentes para uma descrição da AM, que considerem além do aspecto puramente psicofisiológico e de execução da tarefa, e de instrumentos que abordem outras dimensões da AM, trazendo uma informação que possa ser captada continuamente pelo docente e que permita intervenções, de acordo com o grau dos efeitos da AM e principais causas, diversas linhas teóricas da disciplina Ergonomia, também conhecida por Fatores Humanos (HFE), parecem apropriadas para fornecer uma representação mais tangível, que integre os constructos já esparsamente referidos na literatura sobre o tema. A Ergonomia pode ser definida como a disciplina científica que trata da compreensão das relações entre os seres humanos e os elementos de um sistema (ILO, 2024). Um sistema, na acepção ergonômica, consiste nas tarefas a serem realizadas pelo indivíduo, ferramentas e tecnologias empregadas, organização da tarefa e ambiente, que deve ser aprimorado com a intenção de melhorar as condições para a

realização das tarefas requisitadas (ILO, 2024). Nessa perspectiva, partindo da metodologia da análise ergonômica, tem-se por propósito identificar problemas causadores de cargas físicas ou mentais, e prover soluções que possam apoiar o indivíduo, considerando sua individualidade, na realização da tarefa.

A teoria ergonômica foi desenvolvida no âmbito da “atividade de trabalho”, que é a realização de atividades centradas na produtividade transposta para a economia, na sociedade capitalista, numa relação empresa-indivíduo (GUÈRIN *et al.*, 2001). Essas atividades podem ser traduzidas para o ambiente educacional, afinal, a educação é um fenômeno social (LIBÂNEO, 2013), assim como o trabalho, e o sistema educacional requisita dos estudantes a realização de atividades análogas às atividades de trabalho nas empresas, com a instituição de métricas indicadoras de sucesso e fracasso, a partir da produtividade, i.e., o nível de absorção do conhecimento ou a capacidade de resolução de atividades avaliativas. Esse sistema é gerador de cargas, sobretudo, mentais, em indivíduos, conforme ocorre em trabalhadores dentro das organizações. Além disso, o sistema educacional, direciona essa massa de estudantes para carreiras profissionais, de acordo com o impacto da AM, por exemplo, alunos com dificuldades recorrentes e crescentes em Matemática tendem a não procurar áreas que envolvam muitos cálculos numéricos, como Engenharias ou Exatas (HEMBREE, 1990; SUÁREZ-PELLICIONI; NÚÑEZ-PEÑA; COLOMÉ, 2016).

Para identificar e mitigar problemas ergonômicos associados às atividades de trabalho, a Ergonomia emprega instrumentos ergonômicos, cujo propósito é avaliar o impacto, causado pelas cargas de trabalho (LAURELL; NORIEGA, 1989), que a execução de uma atividade ocasiona num indivíduo. No contexto das empresas, o uso dos instrumentos ergonômicos visa propiciar ao supervisor do trabalho um meio fácil, simplificado, de baixo custo, para a análise das cargas presentes durante a execução de uma operação, permitindo uma ação corretiva que possa mitigar problemas à saúde física e mental do indivíduo. Esses instrumentos não substituem uma avaliação médica ou psicológica, porém permitem trazer indicativos de problemas, numa avaliação contínua, que não prejudique o direcionamento total do trabalho. Num paralelo, o professor em sala de aula, análogo ao supervisor numa empresa, ao requisitar avaliações ou apresentar conteúdos, com o propósito de alcançar o aprendizado, também gera uma carga, no caso mental, resultado de um conjunto de elementos (sistema), que envolve o tipo de tarefa, materiais didáticos específicos, ferramentas e tecnologias à disposição do aluno, organização e ambiente, sendo variável conforme essas condições são alteradas.

Em consonância, esta pesquisa teve por propósito conectar duas áreas de conhecimento, Ergonomia e a Teoria de Ansiedade Matemática, com o intuito de prover um entendimento e possíveis soluções para apoiar a comunidade acadêmica e educacional no que tange o fenômeno Ansiedade Matemática (AM). Assim, realiza uma analogia e adaptação da teoria ergonômica para evidenciar os constructos presentes no fenômeno AM, também, sugere a aplicação de ferramentas ergonômicas como meio de avaliar contínua e simplificadamente o fenômeno, considerando o contexto de sala de aula, pelo docente e, de forma mais abrangente, o sistema educacional. No Referencial Teórico-Metodológico são descritos os procedimentos metodológicos e as teorias seminais que, posteriormente, são integradas analiticamente.

Referencial Teórico-Metodológico

Para a realização desta pesquisa, partiu-se de uma estratégia em cinco blocos: (1) revisões bibliográficas sobre o tema Ansiedade Matemática; (2) revisões bibliográficas sobre o tema Ergonomia/Fatores Humanos; (3) descrição dos elementos delineadores da AM utilizando as estruturas conceituais da Ergonomia, considerando o trabalho seminal de Guérin *et al.* (2001); (4) apresentação de instrumentos ergonômicos e suas potencialidades para apoiar a identificação de lacunas nos instrumentos já estabelecidos para AM; e, (5) desfecho e considerações para trabalhos futuros.

No primeiro bloco, foram realizadas as revisões sobre o tema Ansiedade Matemática em duas etapas. Na primeira etapa, foi implementada uma revisão exploratória sobre AM com o propósito de compreender seus principais conceitos. Dessa revisão, foi possível estruturar um arcabouço teórico com definições e constructos. Como notou-se é um tema com fundamentos dispersos em diversas áreas, as quais tratam sob perspectivas distintas, mas complementares. Resultou dessa revisão a elaboração de uma definição integrada e abrangente para AM, a partir de dimensões/constructos definidos pelos autores com base na mineração das informações presentes nos trabalhos revisados: (a) experiência subjetiva, que representa as sensações e emoções vivenciadas pelo sujeito ao se deparar com a Matemática; (b) sujeito, representa o indivíduo, aluno; (c) objeto, representa a Matemática ou conteúdos que envolvam cálculo; (d) estímulo, situação que requisitem manipulação numérica; (e) reação frente ao estímulo, efeitos que a necessidade de manipulação numérica ocasiona no sujeito; e, (f) agentes interferentes, indivíduos que provém suporte para superação de

barreiras ou incitam a ocorrência da AM. Também, foram identificadas as causas da AM, categorizadas por fatores, que serão apresentados, simplificadamente, na seção sobre Ansiedade Matemática, que resultaram de análise e síntese realizada, também, pelos autores, fundamentados pela revisão de literatura. A revisão realizada na primeira etapa do bloco 1, interessa a este trabalho, na medida em que propicia um entendimento real e abrangente sobre o fenômeno, verifica suas possíveis lacunas conceituais e a integração de conteúdos dispersos na literatura.

Na segunda etapa do primeiro bloco, foi realizada uma revisão estruturada seguida de análise bibliométrica sobre AM, usando como base o repositório *Scopus*. Dessa revisão, foi possível entender os principais assuntos tratados sobre o tema ao longo dos anos, quais estão em evidência ou em declínio e áreas cruzadas. A análise bibliométrica convém a este trabalho como reforço às lacunas e à identificação dos instrumentos de avaliação de AM, já desenvolvidos e empregados, limitações e desafios. Essa revisão e análise fez emergir uma visão dos *gaps* existentes, tanto em modelos conceituais para a explicação da AM e de seus instrumentos avaliativos, motivando a presente análise/síntese conceitual da AM, numa perspectiva da Ergonomia e de seus instrumentos.

No segundo bloco desta investigação, partiu-se para revisões no domínio da Ergonomia/Fatores Humanos (HFE), também em duas etapas principais. Na primeira etapa, foram estudados autores seminais de HFE, i.e., conteúdos de autores referência, tais como Laurel e Noriega (1989), Guérin *et al.* (2001), Kroemer e Grandjean (2005), Iida e Buarque (2016), Falzon (2018), com a intenção de captar a estrutura conceitual geral, terminologia da metodologia de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e cargas de trabalho. Na segunda etapa do segundo bloco, foi realizado um aprofundamento na subárea de HFE, Ergonomia Cognitiva, com especial atenção ao conceito de carga mental e instrumentos para sua avaliação ou diagnóstico, usando como base trabalhos de revisão sobre tais instrumentos, como Casner e Gore (2010) e Gobbi e Santos (2015).

No terceiro bloco, foi feita a análise, propriamente, integrando o modelo conceitual e terminologia da teoria de HFE, considerando, especialmente, o trabalho seminal de Guérin *et al.* (2001), com adaptações justificadas, ao conceito e constructos da AM, com a intenção de estruturar um modelo descritivo da AM como fenômeno multifatorial. Essa integração conceitual almejou suprir as lacunas teóricas dos modelos descritores da AM disponíveis na literatura. No quarto bloco, foram apresentados e descritos, brevemente, os instrumentos ergonômicos já validados no âmbito de estudos em HFE, no que concerne ao domínio da

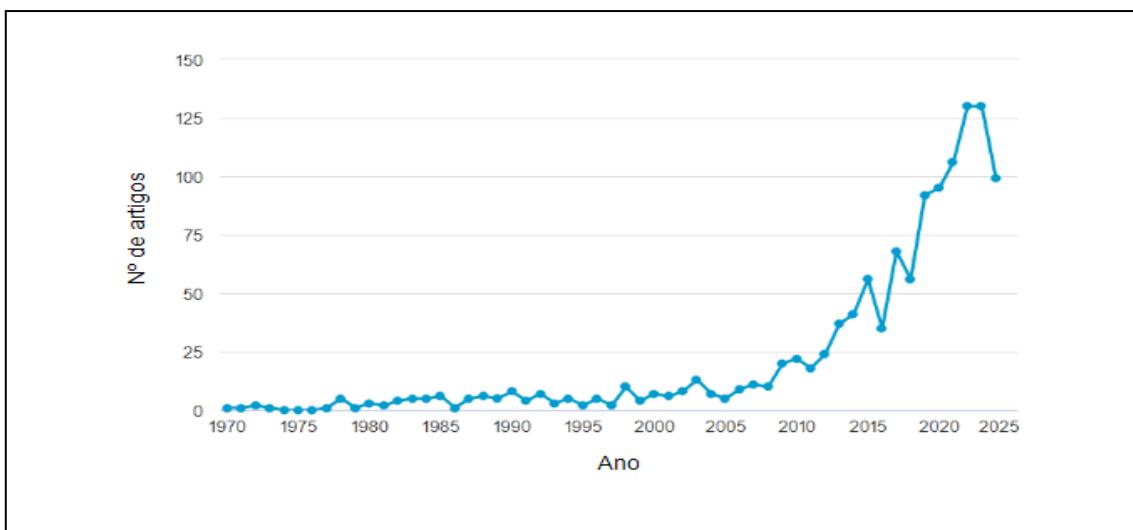
Ergonomia Cognitiva para avaliação de carga mental. Esses instrumentos foram avaliados quanto à aplicabilidade para identificar a Ansiedade Matemática em indivíduos, considerando evidências, ou efeitos, originados em causas que não puramente atitudes, emoções e crenças, já que o efeito AM resulta de outros fatores além desses, não invalidando a importância de instrumentos criados para a avaliação da AM, mas complementando-os. Por fim, foi realizado o desfecho do trabalho, considerações finais, e proposição de trabalho futuros.

Ansiedade Matemática

O fenômeno Ansiedade Matemática vem sendo investigado desde a década de 50, referido inicialmente no trabalho clássico, e bastante referido, de Dreger e Aiken Jr. (1957), como ansiedade ao número. Os autores obtiveram evidências da existência da AM como um fenômeno distinto e não, necessariamente, influenciado pela ansiedade em geral do indivíduo, nem implicando em déficit de inteligência. Essas evidências corroboram os resultados de uma investigação sistemática na vasta literatura sobre algumas das consequências pessoais e educacionais da AM, feita por Hembree (1990) e discutidas em Ashcraft (2002), a partir de outros trabalhos. Ashcraft (2002) refere as seguintes evidências, obtidas em experimentos: (a) AM é um fenômeno pouco relacionado à inteligência geral do indivíduo; (b) indivíduos com AM possuem atitudes negativas e baixa autoconfiança quanto às suas habilidades numéricas; (c) há evidências que indicam ser a AM um fenômeno não diretamente relacionado à ansiedade em geral; e, (d) indivíduos com AM tendem a se expor menos à Matemática, implicando em baixas competências e habilidades numéricas, como consequência.

Um estudo bibliométrico, feito do âmbito desta pesquisa, na base de dados *Scopus*, em 22/07/2024, mostra um progresso nas publicações sobre Ansiedade Matemática, com início no ano de 1970 até meados de 2024, demonstrando a relevância e evolução na quantidade de estudos sobre o tema, com especial crescimento a partir de 2010, e com um número de 99 artigos publicados no ano de 2024, até a data da busca, como mostra o Gráfico 1.

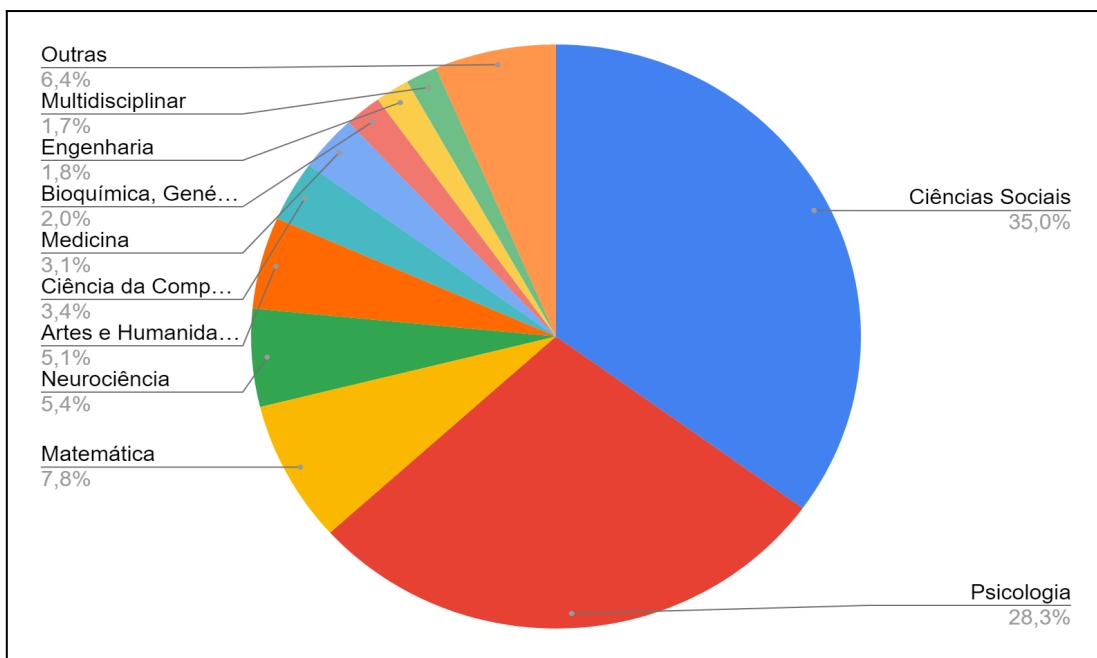
Gráfico 1 - Evolução na quantidade de publicações de artigos sobre AM



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Em suma, os estudos identificados no Gráfico 1, apresentam-se, em maior número, nas áreas de Ciências Sociais, Psicologia, Matemática e Neurociência, conforme mostra o Gráfico 2, em agrupamentos temáticos como, questões cognitivas no processo de aprendizagem (por exemplo, memória de trabalho, atenção), fatores e efeitos psicológicos (e.g., motivação, emoções, confiança), e contexto educacional (e.g, aplicação de instrumentos avaliativos, diferenças entre gêneros) (LUNA; ILIJA, 2023). Esses eixos temáticos revelam um desenvolvimento instrumental com intenção de aferir sintomas de caráter psicofisiológico, com implementação em contextos de sala de aula, em experimentos controlados.

Gráfico 2 - Áreas que publicam sobre o tema AM conforme dados da *Scopus*



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A Ansiedade Matemática, em termos gerais, pode ser definida como uma síndrome de reações emocionais negativas e fisiológicas desagradáveis à Aritmética e Matemática (DREGER; AIKEN JR., 1957; RICHARDSON; SUINN, 1972; HEMBREE, 1990). Essa síndrome, ou fenômeno, é estimulada por atitudes da sociedade, como afirmações depreciativas da disciplina, que a colocam reservada àqueles com aptidão inata, o que, muitas vezes, corrobora a estereótipos de gênero e étnicos (ASHCRAFT, 2002; ASHCRAFT *et al.* 2007; SORVO *et al.* 2017). Pais e professores, como integrantes da sociedade, também, podem atuar reforçando tais estereótipos, porém, sua influência é maior, considerando que esses podem, de acordo com mensagens desfavoráveis ou estratégias utilizadas no suporte ao filho/aluno, transferir ou gerar uma aversão à matemática (TOBIAS, 1987; HEMBREE, 1990; MEECE *et al.* 1990; SUÁREZ-PELLICIONI *et al.* 2016; ECCIUS-WELLMANN; LARA-BARRAGÁN, 2016), e, também, pela influência de conteúdos, métodos, condições físicas, psíquicas e socioculturais, aspectos intrínsecos do processo de ensino e aprendizagem (LIBÂNEO, 2013).

Conforme avança, ou progride, a AM no indivíduo, determinados sintomas tornam evidente a condição, reações que vão de bloqueios mentais, com impacto na memória de trabalho, a manifestações fisiológicas, como alterações da frequência cardíaca, contração muscular (e.g., pescoço, ombros e mandíbula), respiração irregular, distúrbios gastrointestinais e suor em regiões específicas do corpo. Normalmente, e de acordo com o

nível da condição, o indivíduo apresenta tais sintomas em resposta a gatilhos quando requisitado a resolver operações numéricas (FAUST, 1992; ASHCRAFT; FAUST, 1994), seja em sala de aula ou em situações do cotidiano (RICHARDSON; SUINN, 1972), sobretudo quando reforçado pela penalização do erro (ECCIUS-WELLMANN; LARA-BARRAGÁN, 2016). Assim, como num ciclo vicioso, uma baixa confiança e motivação para lidar com assuntos envolvendo matemática (RICHARDSON; SUINN, 1972; ASHCRAFT; FAUST, 1994), aliada a novos reforços negativos, implicam em mais AM e evitação de cursos ou carreiras que demandem, regularmente, o uso de habilidades matemáticas (LEGG; LOCKER JR, 2009).

Posto isso, foi feita uma análise/síntese pelos autores desta investigação, partindo de revisão bibliográfica realizada no primeiro bloco (descrito no procedimento metodológico), sendo identificados fatores ocasionadores da AM, que foram categorizados em cinco tipos: (1) Fator Pessoal; (2) Fator Método; (3) Fator Meio Ambiente; (4) Fator Medida; e, (5) Fator Material. No Quadro 1 está uma síntese dos fatores identificados, de acordo com a categoria.

Quadro 1 - Fatores ocasionadores da AM organizados e categorizados pelos autores

Fatores	Descrição	Autores
Pessoal	Contribuição e impacto da família no processo de ensino e aprendizagem	Tobias (1987); Hembree (1990); Meece <i>et al.</i> (1990)
	Ações de professores em sala de aula, percepção e formação desses	Tobias (1987); Hembree (1990); Meece <i>et al.</i> (1990); Ruff e Boes (2014)
	Impacto do suporte e percepção dos pares dentro e fora de sala de aula	Ruff e Boes (2014)
	Aspectos intrínsecos psicológicos do indivíduo	Hadfield e Mcneil (1994); Geist (2010)
	Aspectos biológicos do indivíduo (e.g., genética)	Ramirez <i>et al.</i> (2018); Haase <i>et al</i> (2019)
Método	Estratégias utilizadas pelos docentes para promover o ensino e a aprendizagem	Dreger e Aiken Jr. (1957); Hembree (1990); Ruff e Boes (2014)
	Forma como são abordados e abstraídos os conteúdos de matemática, assim como o uso de contextualização e analogia	Datta e Scarpfin (1983)
	Modo como os alunos são envolvidos no processo de ensino e aprendizagem	Tobias (1987); Hembree (1990); Meece <i>et al.</i> (1990)
Meio Ambiente	Conceitos e premissas culturais e limitantes sociais e ambientais	Datta e Scarpfin (1983); Ashcraft (2002); Geist (2010); Ramirez <i>et al.</i> (2018)

	Contexto de sala de aula e experiências relacionais	Dreger e Aiken Jr. (1957); Hembree (1990); Hadfield e Mcneil (1994)
Medida	Aplicação de atividades ou desafios em nível desigual ao adequado para uma determinada turma e indivíduo, considerando suas especificidades	Dreger e Aiken Jr. (1957); Hembree (1990)
	Uso de formas avaliativas que geram medo e repulsa, ou formas de encarar os erros matemáticos dos alunos como algo negativo	Moura-Silva <i>et al.</i> (2020); Curilla e Carmo (2023); Guerra e Matos (2024)
Material	Capacidade dos materiais didáticos apresentarem os temas a serem estudados	Dreger e Aiken Jr. (1957); Hembree (1990)

Fonte: Organizado e desenvolvido pelos autores (2024)

A descoberta da multifatorialidade causal da AM, faz supor que instrumentos avaliativos para o fenômeno devem trazer elementos que indiquem quais as principais causas raízes, considerando as especificidades e variabilidades individuais. Apesar disso, os instrumentos para a avaliação da AM, tem centrado na identificação de aspectos psicológicos do indivíduo em sua interação com o objeto de fobia, dificultando, parcialmente, uma busca por mitigação dos efeitos num contexto de sistema social educacional, considerando seus *fatores internos e externos*, aqui, usando a terminologia de Libâneo (2013).

Os autores Haase *et al.* (2019) e Zamora-Lobato *et al.* (2019) compilam instrumentos para avaliar a AM. De acordo com esses trabalhos, o primeiro instrumento surgiu em 1958, *Test Anxiety Scale for Children* (TASC) (SARASON *et al.*, 1958), sendo mais abrangente para medir o grau de ansiedade em crianças em nível escolar, seguido pelo instrumento desenvolvido por Aiken Jr. e Dreger (1961), *Attitude Toward Math Scale*, embora Ashcraft (2002), referência seminal sobre o tema, indique o instrumento *Mathematics Anxiety Rating Scale* (MARS), de Richardson e Suinn (1972), como o primeiro instrumento para avaliação sistemática da Ansiedade Matemática. De um modo geral, os instrumentos para avaliar a AM, têm consistido em averiguar os constructos comportamental e cognitivo dos indivíduos, centrados nos efeitos, não abrangendo outras dimensões, i.e. causas da Ansiedade Matemática, conforme evidências trazidas por diversos autores, de acordo com constatações do presente estudo.

Uma apresentação sobre o tema Ergonomia e suas nuances é feita na seção subsequente, para que se torne claro ao leitor como essa disciplina pode propiciar um amparo às lacunas da Teoria de Ansiedade Matemática, permitindo um referencial de embasamento.

Logo depois, uma explanação do modelo conceitual da Ergonomia é feita em paralelo à analogia e adaptação para o caso da Ansiedade Matemática.

Ergonomia, Ergonomia Cognitiva e Carga Mental de Trabalho

A Ergonomia/Fatores Humanos (HFE), é a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os humanos e os elementos de um sistema, mais especificamente, investiga sistematicamente as relações das pessoas no trabalho, com o propósito de melhorar a situação e as condições de trabalho, assim como as tarefas realizadas (ILO, 2024). Um sistema, no senso da HFE, é composto por humanos, as tarefas que devem ser realizadas por esses, as ferramentas e tecnologias empregadas, a organização do trabalho e o ambiente de trabalho (ILO, 2024).

Sendo uma disciplina complexa, a HFE pode ser dividida em três subáreas de estudo: (a) Ergonomia Física; (b) Ergonomia Cognitiva; e, (c) Ergonomia Organizacional. A Ergonomia Física investiga as relações entre a atividade física, no senso de atuação no ser humano como decorrência do trabalho, e a anatomia, antropometria e configurações posturais e características fisiológicas e biomecânicas, com o propósito de identificar problemas e distúrbios musculoesqueléticos advindos do trabalho. A Ergonomia Cognitiva, trata sobre a carga mental originada da realização de atividades do trabalho, seja pela interação humano-computador, elementos geradores de estresse, considerando a percepção, raciocínio e resposta motora do indivíduo. A Ergonomia Organizacional concerne ao estudo da estrutura dos sistemas sociotécnicos e como podem afetar a saúde do indivíduo, considerando aspectos como políticas, processos, nível de cooperação, relação com demais colegas e paradigmas pré-existentes no ambiente de trabalho.

Diante da investigação ergonômica, nos seus três principais domínios, a Ergonomia dispõe da metodologia de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) cujo propósito, em termos gerais, a partir de uma demanda (problema), tarefa designada a um indivíduo e atividade realizada por um indivíduo no trabalho, identificar pontos críticos e deletérios para os quais soluções práticas devem ser elaboradas. Para a realização de uma AET, podem ser utilizados instrumentos ergonômicos, i.e., formulários, questionários, que permitem a captação de dados, de maneira simplificada, de indivíduos, para que um panorama das condições de trabalho seja elaborado. Assim, o ergonomista pode construir um painel dos problemas enfrentados por um indivíduo, considerando suas especificidades físicas, mentais e

contextuais, i.e., das cargas decorrentes das condições de trabalho, com o propósito de mitigá-los.

As cargas de trabalho, conforme Laurell e Noriega (1989), são divididas em seis grupos: (1) físicas; (2) químicas; (3) biológicas; (4) mecânicas; (5) fisiológicas; e (6) psíquicas. As cargas físicas são tangíveis e observáveis, se manifestando de forma concreta no ambiente de trabalho e atividades realizadas, como barulho e calor; as carga químicas, se referem à exposição à substâncias que podem ser prejudiciais à saúde; as cargas biológicas, se relacionam ao contato com agentes biológicos que podem causar doenças; as cargas mecânicas, são o tipo de esforço físico empregado e o impacto das forças aplicadas ao corpo humano durante as atividades laborais, podendo causar, por exemplo, lesões/feridas; as cargas fisiológicas, estão relacionadas em como o corpo responde ao esforço físico, mental e ao ambiente de trabalho; e, as cargas psíquicas, referem-se ao impacto mental e emocional que atividades ou condições de trabalho podem ter sobre o indivíduo. Às cargas psíquicas pode-se adicionar, ainda, a carga cognitiva (WISNER, 1994), que se refere às exigências de processamento mental relacionados ao conhecimento, percepção e apreensão de conteúdo. Na terminologia de Wisner (1994), as cargas psíquicas e cognitivas geram o que se chama de carga mental.

Conforme a área da Ergonomia que se pretende analisar e, portanto, o tipo de carga a ser avaliado, diferentes instrumentos ergonômicos podem ser aplicados. Na Ergonomia Cognitiva, área que interessa a este trabalho, pois é evidente o fenômeno da Ansiedade Matemática como ocasionador de carga mental no indivíduo, há instrumentos validados, tais como NASA TLX, SWAT, DRAWS (GOBBI; SANTOS, 2015). Esses estudos indicam que os instrumentos ergonômicos podem ser úteis para apoiar uma AET, no domínio da Ergonomia Cognitiva, com a finalidade de prover/sugerir melhorias significativas no âmbito da realização da atividade geradora da carga. Dentre os instrumentos ergonômicos para avaliação da carga mental, os que utilizam medidas subjetivas estão entre os mais utilizados, pois mensuram o nível de impacto mental de uma atividade no desempenho de um trabalhador sob a perspectiva do próprio indivíduo avaliado. Algumas dessas medidas subjetivas são multidimensionais, permitindo avaliar a carga mental do trabalho considerando mais de uma dimensão causal (GOBBI; SANTOS, 2015). No Quadro 2, são apresentados alguns instrumentos para análise da carga mental validados e utilizados na Ergonomia, com as respectivas dimensões mensuradas.

Quadro 2 - Instrumentos ergonômicos empregados na análise da carga mental

Instrumentos	Dimensões avaliadas	Definições
NASA TLX (CASNER; GORE, 2010)	Mental	Demandas de atividade mental/perceptual exigida na realização do trabalho
	Física	Volume de esforço físico necessário para a tarefa
	Temporal	Relação entre o tempo necessário e o tempo disponível para realizar a tarefa
	Desempenho	Nível de satisfação com a performance/rendimento durante a realização do trabalho
	Frustação	Sentimentos e/ou sensações desagradáveis experimentadas pelo trabalhador durante a realização do trabalho
	Esforço	Demandas de esforço físico/mental requisitada para atingir o nível de desempenho solicitado pelo trabalho
DRAWS (<i>Defence Research Agency Workload Scales</i>) (DE MAIO; HART, 1999)	Entrada	Carga de trabalho relacionada à percepção das coisas
	Central (processamento)	Carga de trabalho relacionada com a interpretação da informação e tomada de decisão para a ação
	Saída	Carga de trabalho associada à manifestação da ação (resposta)
	Tempo	Pressão para agir rapidamente
SWAT (<i>Subjective Workload Assessment Technique</i>) (REID; POTTER; BRESSLER, 1989)	Carga Temporal	Tempo necessário para a realização da tarefa
	Carga de Esforço Mental	Nível de exigência mental requerida para a realização da tarefa
	Carga de Estresse Psicológico	Nível de estresse ocasionado pela realização do trabalho

Fonte: organizado e estruturado pelos autores (2024)

Como pode ser observado nos instrumentos do Quadro 2, por mensurarem mais de uma dimensão, apresentam potencialidade para apoiar a identificação/avaliação das causas da AM no contexto de sala de aula. Para embasar uma proposta para o uso desses instrumentos, uma teorização do fenômeno Ansiedade Matemática sob a perspectiva da teoria da Análise Ergonômica é apresentada nos resultados e discussões.

Resultados e Discussões

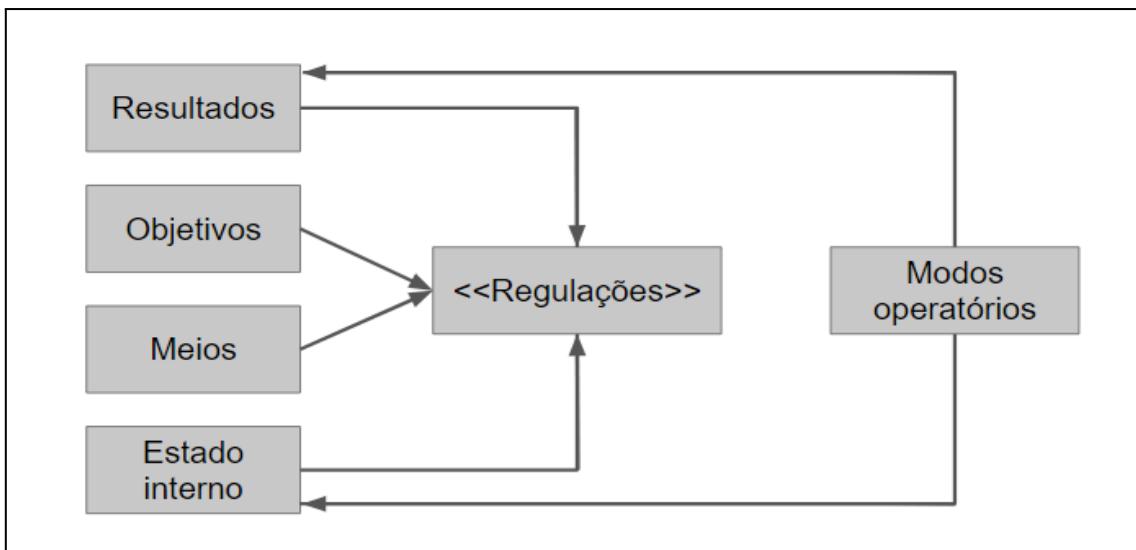
Ansiedade Matemática como efeito da situação de trabalho no sentido amplo

A disciplina de HFE investiga as cargas incidentes no ambiente de trabalho e suas implicações para a realização da atividade de trabalho e saúde do trabalhador. Antes de trazer este conceito para o domínio da AM, torna-se importante uma explicação sobre o que é trabalho e atividade de trabalho, e como o conceito desses termos pode conduzir a uma analogia para o tema tratado no artigo. A Ergonomia tem por interesse de estudo o trabalho (GUÉRIN *et al.*, 2001). O trabalho no sentido do estudo ergonômico tem caráter social e é uma atividade imposta por um sistema de remuneração financeira, caracterizando-o como uma peça no sistema econômico capitalista. De acordo com condições determinadas pela empresa, o trabalhador recebe uma prescrição do que deve ser realizado, com resultados antecipados. Essa prescrição, denominada tarefa, é exterior ao trabalhador, determina e restringe, estabelecendo um vínculo entre empresa e trabalhador.

O que de fato é realizado pelo trabalhador, é a atividade de trabalho, que é concebida sob condições reais e proporciona os resultados efetivos, de acordo com os meios e modos operatórios dos empregados. O foco da AET é analisar a relação indivíduo/tarefa, i.e. as estratégias usadas pelo indivíduo para alcançar um resultado esperado, a despeito da distância entre condições determinadas pela empresa e condições reais de trabalho, na realização da atividade de trabalho. Os modos operatórios do trabalhador resultam, por conseguinte, dos objetivos exigidos pelo contratante, que devem ser obtidos da operação, e dos meios à disposição do trabalhador para o alcance desses objetivos.

Os modos operatórios permitem que o operador obtenha os resultados, que, em situação de danos ao estado interno (i.e., sinais de alerta que o organismo produz, como cansaço, fadiga, dor de cabeça ou coluna), sejam ajustados (regulados) para que o resultado seja obtido sem o comprometimento da saúde do trabalhador. Claro que, nesse caso ideal o operador, o trabalhador, na situação de trabalho, teria flexibilidade suficiente para ajustar os modos operatórios sem o comprometimento dos objetivos do trabalho, nem o seu estado interno (pode-se referir aqui, numa linguagem mais abrangente, sem riscos à saúde). A Figura 1 apresenta o esquema visual da descrição da situação de trabalho, na abordagem de Guérin *et al.* (2001).

Figura 1 - Modelo de descrição da situação de trabalho



Fonte: Guèrin *et al.* (2001)

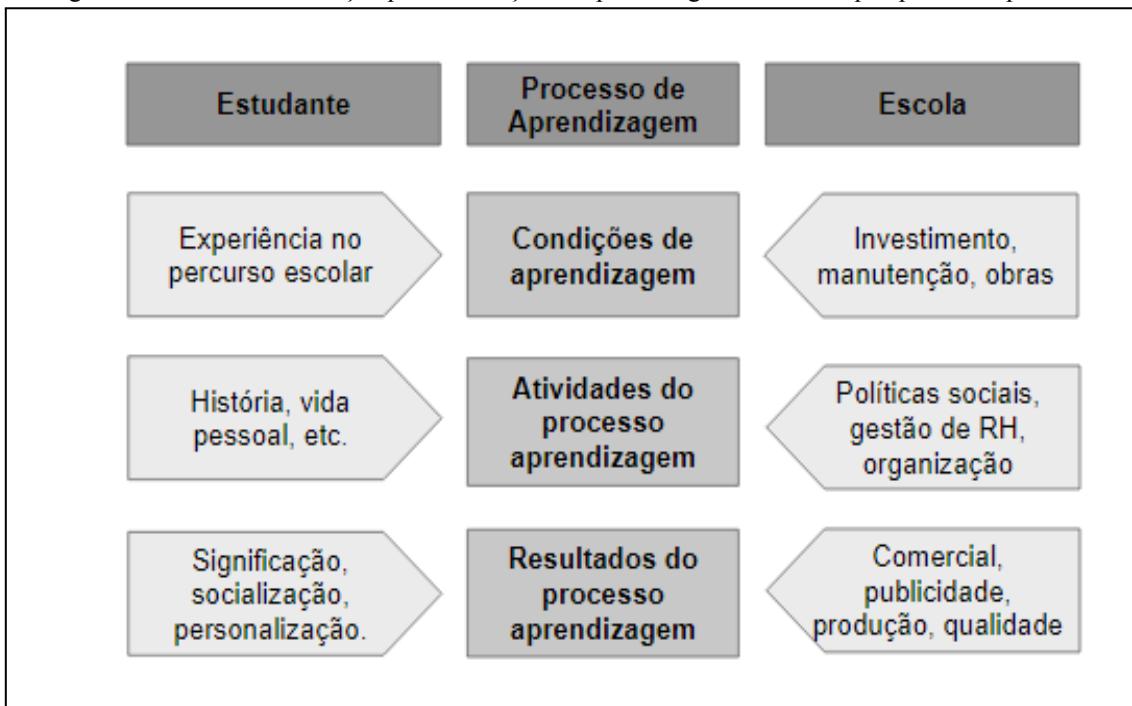
Na escola, de acordo com Oliveira e Pires (2017), o estudante é instruído para se tornar uma força de trabalho e se inserir no sistema movido pelo capital, i.e., é treinado para se tornar um futuro operário, subordinado (LUZ; BARROSO; HOLANDA, 2020), orientado e coagido a adquirir conhecimentos, competências e habilidades, mercadorias que possam ser úteis às carreiras mais bem remuneradas. O “fazer parte” da comunidade escolar, na condição de estudante, torna-se um elemento segregador, já que os indivíduos, conforme sua origem social (LIBÂNEO, 2013), têm maior ou menor propensão de dar continuidade aos estudos, sendo, notavelmente, prejudicados os de classes socioeconômicas mais baixas. O progresso nesse sistema de ensino conduz a uma especialização do aluno, visando a entrega de mão de obra para o trabalho intelectual, perfil de trabalho que proporciona salários mais altos e menor grau de substituibilidade que o trabalho manual, para aumentar o desempenho e lucratividade empresarial (OLIVEIRA; PIRES, 2017).

Nessa perspectiva, a escola serve ao capital e as instruções recebidas no processo de ensino e aprendizagem estão relacionadas ao trabalho. Em termos indiretos, o sistema educacional direciona estudantes com o propósito de que esses possam ser conduzidos para uma remuneração, de acordo com a carreira selecionada, gerando uma pressão socialmente autorizada para a apreensão rápida desses conhecimentos, habilidades e competências. O estudante não realiza uma atividade de trabalho, contudo realiza atividades prescritas pelo sistema educacional, cujo grau de dificuldade é ampliado ao longo das séries (uma preparação pré-formatada de ensino que não foca em individualidades) pelas quais os alunos transitam, independente das especificidades de aprendizagem pessoal, com a finalidade de

alcançar resultados antecipados, sob condições determinadas. Os modos operatórios do estudante nesse processo, também resultam dos objetivos fixados pela escola (e.g., datas de provas, finalização de semestre), meios disponíveis (e.g., metodologias de ensino, suporte em sala de aula, material didático, relações positivas em sala de aula), para a obtenção de um resultado. Esse resultado, numa condição ideal, seria alcançado com as regulações, ajustes, que minimizariam os impactos ao estado interno.

Na abordagem capitalista do ensino, adaptou-se o modelo de situação do trabalho cunhado por Guèrin *et al.* (2001), para um modelo de descrição da situação de aprendizagem na perspectiva capitalista. Nesse modelo, há três componentes indissociáveis, o estudante e a escola conectados pelo processo de aprendizagem, conforme Figura 2.

Figura 2 - Modelo de descrição para a situação de aprendizagem escolar na perspectiva capitalista



Fonte: Adaptado de Guèrin *et al.* (2001)

O estudante em sua jornada escolar adquire experiências no percurso da educação formal e informal, tais experiências ocorrem, por exemplo, tanto devido a participação em escolas distintas (e.g., caso haja transferência), quanto dentro de um mesmo sistema escolar, configurado pelas ideologias próprias que cada uma apresenta, como é o caso de Escolas/Institutos de Educação Profissional de Ensino Médio, cujo propósito e direcionamento é formar o aluno para que ingresse antecipadamente no mercado de trabalho. Interferem na perspectiva do estudante, sua própria individualidade, constituída por

personalidade, história pessoal e familiar e outros aspectos intrínsecos; e aspectos que envolvem a forma que o indivíduo atribui significado ao processo de aprendizagem, relações interpessoais com pares, professores e familiares.

A escola provê, ou deve prover, os meios para que a aprendizagem ocorra, fazendo investimentos estruturais (e.g., salas de aulas adequadas, conforto térmico e mobiliário), formativos (e.g., formação continuada dos docentes, criação de programas focados nos docentes), escolha sistemática de material escolar. A escola implementa suas políticas sociais, modo de gerenciamento dos recursos humanos (RH) e mantém uma organização estrutural da gestão. A estratégia política da escola implica em ações internas e externas para a sua própria promoção, como publicidade externa e divulgação de suas ações; porém, também internas, no modo como apresenta os indicadores de sucesso ou fracasso nas turmas (e.g., divulgação de alunos com melhor desempenho como forma de estímulo, em tese, ao desempenho dos demais).

Dentro da ambivalência do modelo de aprendizagem escolar na perspectiva capitalista, as configurações da escola geram o processo de aprendizagem, sob determinadas condições, evocando atividades dos estudantes, os quais as desenvolvem de acordo às suas características individuais, que, espera-se, conduzam a uma aprendizagem efetiva, i.e., resultados antecipados. Tais resultados podem ser apresentados em termos de notas satisfatórias e alcance de metas em avaliações e exames educacionais em nível nacional. Contudo, há particularidades que fazem com que os resultados antecipados (i.e., esperados tanto pela escola quanto pelos estudantes e pais) distingam dos resultados efetivos, tais como a diversidade e variabilidade dos estudantes e da escola. Essas particularidades podem atenuar ou intensificar o fenômeno Ansiedade Matemática.

No que se refere aos indivíduos, os estudantes, a variabilidade é inerente, ou seja, o “trabalhador médio” (GUÈRIN *et al.*, 2001), assim como o “aluno médio”, não existe, tanto pelo conceito de variação interindividual, quanto intra-individual. A variação interindividual, indica que, apesar dos alunos ocuparem espaços similares, com carteiras padronizadas, modos de ensino (já que o docente ensina para um coletivo, muitas vezes não conseguindo abranger a individualidade de cada um), material, provas avaliando um mesmo grupo de conteúdos, no mesmo nível e datas; dois alunos apresentarão duas situações de aprendizagem específicas, implicando em esforços, raciocínios e fadiga distintos, a despeito do resultado apresentar similaridades.

As variações intra-individuais indicam que um mesmo indivíduo apresenta variações no seu próprio estado de ser, seja no curto ou longo prazo. No curto prazo, alterações no ritmo biológico (tais como os períodos menstruais ou ritmos circadianos), ocorrência de eventos que produzem fadiga ou reduzem o nível de atenção ou interesse, como deslocamentos longos ao ambiente de estudo, problemas familiares, descanso insuficiente, devido aos trabalhos realizados em paralelo ao estudo. No longo prazo, variações relativas à idade, surgimento da puberdade, limitações físicas e mentais, questões de ordem do funcionamento dos órgãos vitais, muitas das quais são deterioradas devido a condições anteriores, incluindo formação escolar preliminar. Quando há de uma formação adequada, de maneira contínua, os conhecimentos, competências e habilidades dos estudantes podem se desenvolver; por outro lado, caso haja uma interrupção formativa, seja devido à falta de estratégias adequadas à individualidade por parte dos docentes, ou por não perceber as nuances de desenvolvimento cognitivo, então, as competências e habilidades dos estudantes que possuem, ou propensos, à AM, ficam restritas ocasionando dificuldades em situações diversas que envolvam a Matemática.

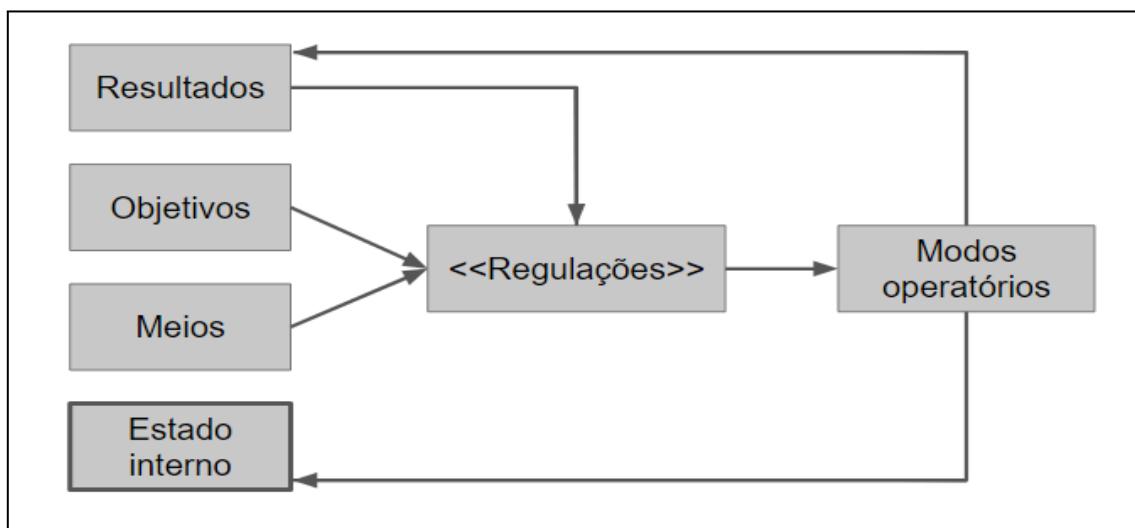
A escola define os objetivos em termos de aprendizagem esperada, estabelecendo os meios para que isso possa ocorrer. Nesse sentido, também, gera variabilidade que requisita o estudante em maior ou menor grau. Pode-se referir dois tipos de variabilidade, ocasionadas pela escola no processo de ensino e aprendizagem, normal e incidental. A variação normal é parcialmente previsível, como é o caso de eventos em que os estudantes são mais requisitados e/ou pressionados para a execução de atividades, como a semana de provas, recuperações, período de desfecho do ano letivo, podendo trazer fadiga por excesso de provas em um curto período.

Já a variação incidental é imprevisível e pode ser ocasionada por implementação de conteúdos mais complexos que resultam em dúvidas em maior número de alunos, perfis de turmas distintas (e.g., turmas mais calmas ou barulhentas, turmas com grupos previamente fechados que tendem a isolar novatos, quantitativo elevado de alunos que impedem o suporte adequado do docente). Por fim, a escola estabelece constrangimentos temporais (e.g., datas de provas, tempo para apresentar um conteúdo, tempo de duração de provas) e um nível de rendimento mínimo aceitável para aprovação do aluno, a partir de avaliação cumulativa, i.e., nível de produtividade. Esses constrangimentos envolvem normas da escola, limitações temporais, que estipulam horário de chegada, tempo de refeições, entre outros, e o grau em que os estudantes são requisitados a colaborar ou não entre si, para estimular o aprendizado.

Para alcançar os objetivos pré-definidos pela escola, que disponibiliza os meios, o estudante, tendo como pressuposto seu próprio estado (i.e., condição biológica, física, cognitiva etc.), elabora o modo operatório para atuar no processo de aprendizagem próprio. Em conformidade com Guérin *et al.* (2001), na elaboração do modo operatório, de acordo com as restrições e variabilidades da empresa, da situação de trabalho, podem incorrer fatores de risco, cargas, à saúde do trabalhador, nem sempre perceptíveis no curto prazo, mas podendo ser identificados por ações que representam “sinais de alerta”. De maneira análoga, os fatores de risco, especialmente cargas mentais, incidem nos estudantes na escola, gerando como efeito o fenômeno AM, gradual e, muitas vezes, silencioso, podendo perdurar e progredir ao longo de toda uma carreira acadêmica e profissional.

Trazendo para a teoria da AET, a Ansiedade Matemática representa a alteração no estado interno do estudante, decorrente de fatores que representam constrangimentos no modo operatório, comum a uma situação de aprendizagem sujeita a constrangimentos (i.e., restrições), na qual não é possível modificar os meios e os objetivos escolares previamente definidos, esquematizada na Figura 3.

Figura 3 - Desempenho obtido à custa de danos ao estado interno



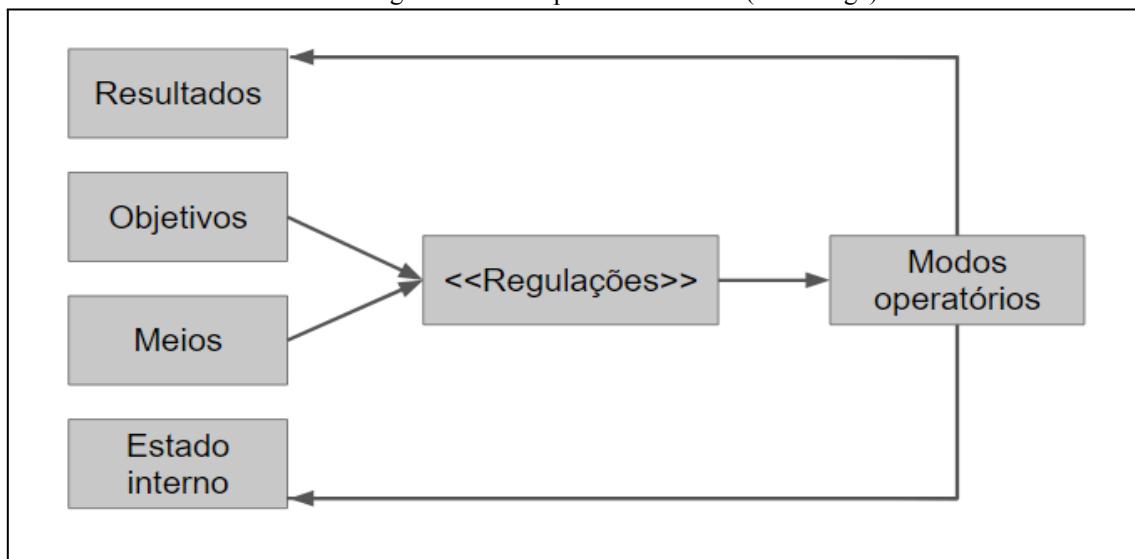
Fonte: Guérin *et al.* (2001)

É importante referir que nesse caso, Figura 3, que o resultado é obtido, a despeito das restrições impostas, porém causando danos à saúde do estudante. Um exemplo, seria o estudante que é aprovado no ano letivo para a série seguinte, tendo que utilizar de amparos externos (como aulas de reforço escolar) ou investindo um número elevado de horas

extraclasse para recuperar as deficiências em Matemática, contribuindo para experimentar uma carga mental excessiva, diante de uma coação impactante, à possibilidade de reprovação. Nesse caso, embora a aprovação aconteça, provavelmente, a causa da AM não é mitigada.

Há, ainda, um caso mais deletério ao trabalhador, no qual o desempenho esperado não ocorre, independente das regulações, ajustes, realizadas pelo indivíduo. O estudante diante dos meios e objetivos fixados pela escola, exatamente devido ao grau de constrangimento estabelecido, não consegue alcançar os resultados esperados, nem à custa do esforço interno, quaisquer que sejam os modos operatórios empreendidos. Nesse caso, um exemplo, seria a reprovação de ano ou nova inferior à média, independente do esforço empreendido. Configura-se como uma situação de aprendizagem na qual há sobrecarga mental, possivelmente instigando e/ou sustentando o fenômeno AM. A Figura 4 mostra a situação de sobrecarga.

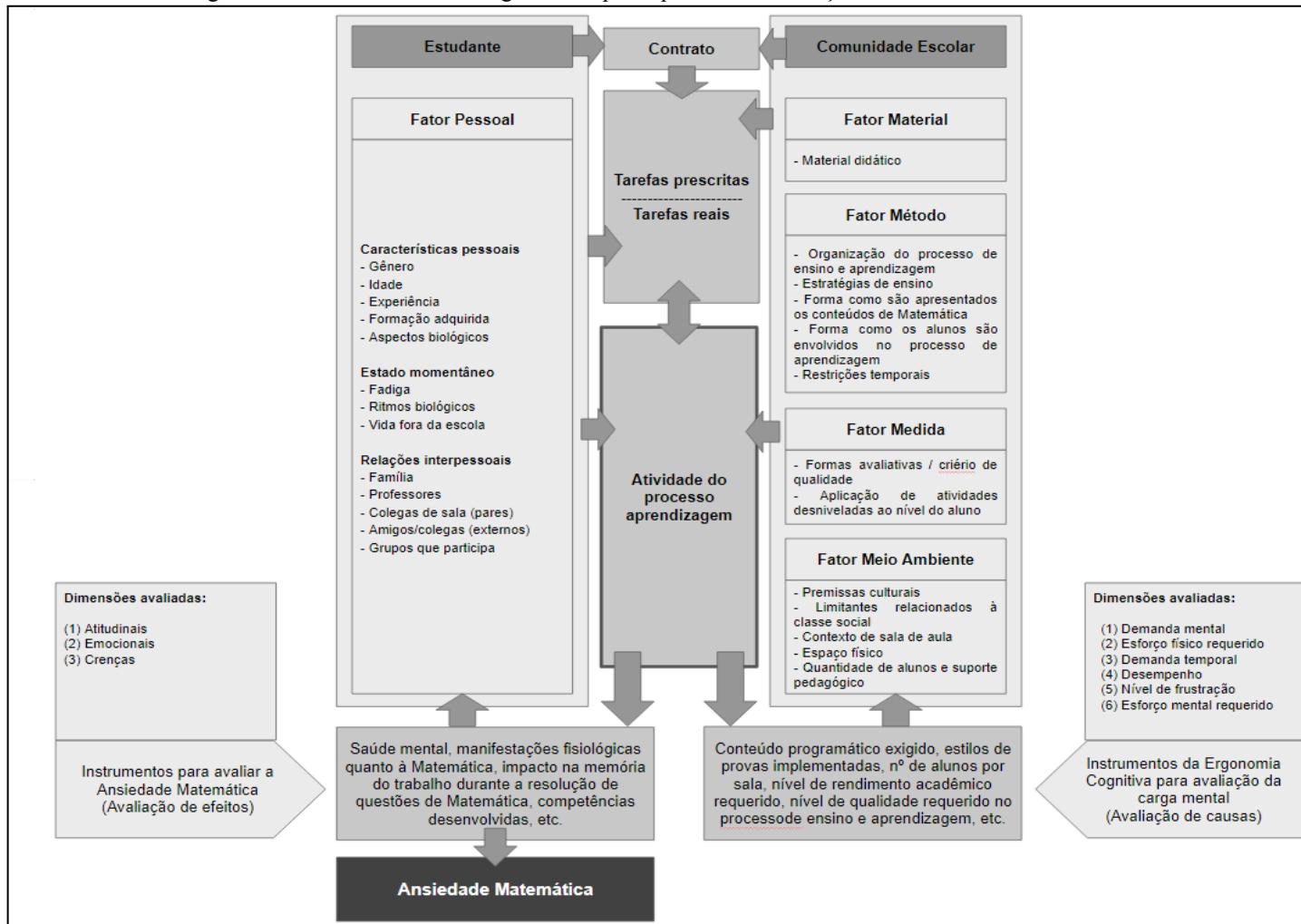
Figura 4 - Desempenho não obtido (sobrecarga)



Fonte: Guèrin *et al.* (2001)

Como síntese da análise teórica, pode-se estabelecer um modelo geral que descreve os elementos causais da Ansiedade Matemática sob o amparo da teoria da Análise Ergonômica, esquematizado na Figura 5.

Figura 5 - Modelo de Análise Ergonômica para apoiar a identificação das causas da Ansiedade Matemática



Fonte: autoria própria com base adaptada do modelo de Guérin *et al.* (2001)

O modelo, na Figura 5, indica que as atividades do processo de aprendizagem conectam estudantes e comunidade escolar, estipuladas por via de um contrato formal, normalmente realizado entre estudantes, familiares e a escola. Esse contrato indica direitos e deveres, contudo é pressuposto que o estudante progride nesse sistema e aprenda o que, normalmente, será um requisito para alcançar determinadas carreiras ou participar em camadas socioeconômicas.

Aos estudantes, há a prescrição de tarefas a serem executadas como rotina do processo de aprendizagem, pelo docente (em certa medida), e pelo sistema educacional (em maior medida), isso significa dizer que uma dada aula em termos de conteúdo, competências e habilidades a serem formadas, graus e delimitações temporais para progressão nas séries estudantis, são definidas no nível nacional; também, estratégias de cobrança de rendimento (tais como número e modelo de provas), rotina e delimitação temporal das aulas, pausas para descanso, nível de rigidez disciplinar (refere-se aqui ao quantitativos de normas e instruções que regem o ambiente escolar), por exemplo, são definidas pela direção e/ou coordenações escolar.

A tarefa real é o que o estudante consegue assimilar do que é prescrito e executar, gerando atividades do processo de aprendizagem. Praticamente, são as instruções que o estudante consegue cumprir diante de suas particularidades e entendimentos. As atividades do processo de aprendizagem, então, acontecem como algo demandado, exigido, pela escola, muitas vezes, papel do docente, realizado pelo aluno considerando suas capacidades. O aluno regula suas ações, alterando os modos operatórios com a intenção de evitar a sobrecarga, quando possível. Diante disso, quanto maior a rigidez no processo de ensino (i.e., mais provas, maior a quantidade de conteúdos, maior o desnível, menor o tempo disponível), menores são as regulações/ajustes possíveis de empreender pelo estudante.

As regulações/ajustes do estudante, de acordo com a margem de manobra proporcionada pelas restrições do processo de aprendizagem, ou seja, menos ou mais opressivo, permitem que o aluno preserve ou não sua saúde, estando condicionadas aos fatores de influência. Os fatores de influência, já listados no Quadro 1, são apresentados no Modelo de Análise Ergonômica para apoiar a identificação das causas da Ansiedade Matemática (Figura 5), que podem contribuir para um aumento ou redução da Ansiedade Matemática em um dado estudante ou grupo. Por um lado, tem-se o Fator Pessoal, advindo de características pessoais, estado momentâneo e relações interpessoais concernentes ao

estudante. Por outro, tem-se os Fatores Material, Método, Medida e Meio Ambiente, concernentes à comunidade escolar.

Nesse sentido, os instrumentos para avaliação da Ansiedade Matemática, oferecem um suporte para identificar a AM a partir de seus efeitos, utilizando questões que investigam atitudes, emoções e crenças do estudante; enquanto os instrumentos para avaliação da carga de trabalho, providos pela área de Ergonomia, apoiam na identificação da demanda mental, física, temporal, nível de desempenho e frustração quando da realização de uma tarefa. No entanto, como premissa da investigação de um problema, num contexto de Análise Ergonômica, o enfoque é na identificação das causas, considerando os diferentes fatores intervenientes, numa abordagem multicausal, não unicamente centrada nos fatores intrínsecos ao indivíduo. Dessa forma, acredita-se, que os instrumentos e a abordagem ergonômica possam servir de suporte ou atuar complementarmente aos instrumentos para identificação da Ansiedade Matemática, numa perspectiva de, a partir da identificação da AM (demanda para uma Análise Ergonômica), esquadrinhar as causas, levando-se em consideração a multifatoriedade causal do fenômeno, com o propósito de gerar soluções ou mitigar os efeitos deletérios à saúde do estudante a começar das causas raiz ou origens do problema.

Considerações Finais

Esta investigação buscou integrar o conceito e dimensões da Ansiedade Matemática à teoria de Ergonomia, especificamente, adaptando o Modelo de Análise Ergonômica para apoiar a identificação das causas da Ansiedade Matemática como uma analogia ao processo de trabalho. Não é um caminho usual para as áreas de Ensino e Educação a utilização de instrumentos e teorias da Ergonomia, com a intenção de resolver ou mitigar problemas ou trazer luz para questões consolidadas naquelas áreas. Acredita-se, contudo, que a Ergonomia, a partir de seus diversos instrumentos e entendimentos, pode ser útil nesse sentido. Um dos pontos chave dessa análise/síntese foi cruzar as teorias, o que culminou na estruturação do Modelo de Análise Ergonômica para apoiar a identificação das causas da Ansiedade Matemática. Esse modelo traz um entendimento que amplia o foco do fenômeno Ansiedade Matemática, que é, atualmente, no indivíduo (i.e., o estudante), e na mitigação dos efeitos identificados com os instrumentos específicos para o caso da AM, já vastamente referidos e aplicados na literatura. Essa mitigação é, sobretudo, centrada nos fatores pessoais, com a sugestão de acompanhamento psicológico, desenvolvimento de escrita criativa, aplicação de

técnicas de confronto com a matemática, respiração etc. Do ponto de vista do presente estudo, esse saber é fundamental e crucial para amparar os indivíduos que enfrentam (ou não conseguem enfrentar sozinhos) a AM e seus efeitos. Por outro lado, o saber ergonômico, que é, essencialmente, de análise e intervenção das causas do problema, soma-se ao conhecimento primeiro, a busca pelas causas raízes, considerando que a AM é multifatorial, o que permite a geração de soluções complementares e, quiçá, ainda mais efetivas quando sanadas no âmbito da relação estudante-comunidade escolar.

Recebido em: editora

Aprovado em: editora

Referências Bibliográficas

AIKEN JR., L. R.; DREGER, R. M. The effect of attitudes on performance in mathematics. **Journal of Educational Psychology**, 52(1), p. 19-24, 1961.

ALEMANY ARREBOLA, I; LARA, A. I. Las actitudes hacia las matemáticas en el alumnado de la ESO: un instrumento para su medición. **Publicaciones**, n. 40, p. 49-71, 2010.

ASHCRAFT, M. H.; FAUST, M. W. Mathematics anxiety and mental arithmetic performance: An exploratory investigation. **Cognition and Emotion**, London, v. 8, p. 97-125, 1994.

ASHCRAFT, M. H. Math Anxiety: Personal, Educational and Cognitive Consequences. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, p. 181-185, 2002.

ASHCRAFT, M. H.; KRAUSE, J. A.; HOPKO, D. R. Is math anxiety a mathematical learning disability? In: BERCH, D. B.; MAZZOCCO, M. M. M. (eds.). **Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities**. Baltimore: Paul H. Brookes Publishing Co., 2007, p. 329-348.

AUZMENDI, E. **Evaluación de las actitudes hacia la estadística en estudiantes universitarios y factores que las determinan**. (Tesis Doctoral Inédita) - Universidad De Deusto, Bilbao, 1991.

BANDURA, A. **Social foundations of thought and action: A social cognitive theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986.

BEILOCK, S. L.; SCHAEFFER, M. W.; ROZEK, C. S. Understanding and addressing performance anxiety. In: ELLIOT, A. J; DWECK, C. S.; YEAGER, D. S. (Eds.). **Handbook of competence and motivation: Theory and application**. New York: Guilford Press, 2017, p. 155-172.

- BREWSTER, B. J. M.; MILLER, T. Missed opportunity in mathematics anxiety. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, v. 15, n. 3, p. em0600, 2020.
- BRUNYÉ, T. T. *et al.* Learning to relax: Evaluating four brief interventions for overcoming the negative emotions accompanying math anxiety. **Learning and Individual Differences**, n. 27, p. 1-7, 2013.
- CAREY, E.; HILL, F.; DEVINE, A.; SZÜCS, D.. The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 2016.
- CASNER, S. M.; GORE, B. F. **Measuring and evaluating workload:** A primer. NASA Tech. Memo, 216395, 2010.
- CURILLA, R. A. T.; CARMO, J. S. Efetividade de intervenções para redução da ansiedade matemática. **Rev. psicopedag.**, São Paulo, v. 40, n. 121, p. 46-65, abr. 2023.
- DATTA, D. K.; SCARPFIN, J. A. Types of math anxiety. **Math Notebook**, [S.l.], v.3, Center for Teaching and Learning Mathematics, p. 9–10, 1983.
- DE MAIO, J.; HART, S. G. Situation Awareness and Workload Measures for SAFOR. A-99V0037, **NASA Ames Research Center**, Moffett Field, California 94035-1000, 1999.
- DOWKER, A.; SARKAR, A.; LOOI, C. Y. Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. **Frontiers in Psychology**, v. 7, 2016.
- DREGER, R. M.; AIKEN JR., L. R. The identification of number anxiety in a college population. **Journal of Educational Psychology**, v. 48, p. 344-351, 1957.
- ECCIUS-WELLMANN, C. C.; LARA-BARRAGÁN, A. G. Hacia un perfil de ansiedad matemática en estudiantes de nivel superior. **Revista iberoamericana de educación superior**, v. 7, n. 18, p. 109-129, 2016.
- EYSENCK, M. W.; CALVO, M. G. Anxiety and performance: The processing efficiency theory. **Cognition & Emotion**, 6(6), p. 409-434, 1992.
- EYSENCK, M. W.; DERAKSHAN, N.; SANTOS, R.; CALVO, M. G. Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. **Emotion**, 7(2), p. 336-353, 2007.
- FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2018.
- FAUST, M. W. **Analysis of physiological reactivity in mathematics anxiety**. Doctoral dissertation - Doctor of Philosophy, Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio, 1992.
- GANLEY, C. M.; CONLON, R. A.; MCGRAW, A. L.; BARROSO, C.; GEER, E. A. The effect of brief anxiety interventions on reported anxiety and math test performance. **Journal of Numerical Cognition**, 7(1), p. 4-19, 2021.

GEIST, E. The Anti-Anxiety Curriculum: Combating Math Anxiety in the Classroom. **Journal of Instructional Psychology**, v. 37, n.1, p. 24-31, 2010.

GOBBI, Aline Girardi; SANTOS, Flávio Anthero Nunes Vianna. Técnicas de análise de carga mental aplicadas no Design de Interfaces Gráficas. **Human Factors in Design**, v. 4, n. 7, p. 046-069.

GUERRA, A. L. R.; MATOS, D. V. A utilização de jogos no combate a ansiedade matemática: perspectivas para a educação matemática a partir das neurociências. **Revista Paidéi@-Revista Científica de Educação a Distância**, v. 16, n. 29, p. 49-66, 2024.

GÜÉRIN, F.; KERGUELEN, A.; LAVILLE, A. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

HAASE, V. G.; GUIMARÃES, A. P. L.; WOOD, G. Mathematics and Emotions: The Case of Math Anxiety. In: FRITZ, A.; HAASE, V. G.; RÄSÄNEN, P. (ed.). **International Handbook of Mathematical Learning Difficulties**. Switzerland: Springer, p. 469-503, 2019.

HADFIELD, O. D.; MCNEIL, K. The relationship between Myers-Briggs personality type and mathematics anxiety among Preservice Elementary Teachers. **Journal of Instructional Psychology**, v. 21, n. 4, 1994.

HEMBREE, R. The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. **Journal for Research in Mathematics Education**, 21(1), p. 33-46, 1990.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Blucher, 2016.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Ergonomics**. Disponível em: <<https://www.ilo.org/ergonomics>>. Acesso em: 18 jun, 2024.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LAURELL, A. C.; NORIEGA, M. **Processo de produção e saúde: trabalho e desgaste operário**. São Paulo: Hucitec, 1989.

LEGG, A. M.; LOCKER JR, L. Math performance and its relationship to math anxiety and metacognition. **North American Journal of Psychology**, v. 11, n. 3, 2009.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez Editora, 2013.

LUNA, R.; ILIJA, M. Current Trends in Math Anxiety Research: a Bibliometric Approach. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 22(5), 2023.

LUTTENBERGER, S.; WIMMER, S.; PAECHTER, M. Spotlight on math anxiety. **Psychology Research and Behavior Management**, p. 311-322, 2018.

LUZ, G. F. C.; BARROSO, M. C. S.; HOLANDA, F. H. O. Formação de professores no ensino de ciências e matemática: os desvios correntes da profissão na crise estrutural do capital. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e152962502-e152962502, 2020.

MEECE, J. L.; WIGFIELD, A.; ECCLES, J. S. Predictors of math anxiety and its influence on young adolescents' course enrollment intentions and performance in mathematics. **Journal of Educational Psychology**, 82(1), p. 60-70, 1990.

MOLINER, L.; ALEGRE, F.. Effects of peer tutoring on middle school students' mathematics self-concepts. **PLoS ONE**, 15(4), e0231410, 2020.

MOURA-SILVA, M. G.; BENTO-TORRES, J.; GONCALVES, T. O. Bases Neurais da Ansiedade Matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. **Bolema**. Rio Claro, v.34, n. 66, p. 246-267, 2020.

OLIVEIRA, C. M. S.; PIRES, L. L. A. A educação na lógica capitalista e a construção do senso crítico matemático. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais**, v. 6, n. 1, p. 140-152, 2017.

PASSOLUNGHI, M. C.; DE VITTA, C.; PELIZONI, S. Math anxiety and math achievement: the effects of emotional and math strategy training. **Developmental Science**, 23(6), e12964, 2020.

PARK, D.; RAMIREZ, G.; BEILOCK, S. L. The role of expressive writing in math anxiety. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, Washington, v. 20, n. 2, p. 103-111, 2014.

RAMIREZ, G.; SHAW, S. T.; MALONEY, E A. Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework. **Educational Psychologist**, 53(3), p. 145-164, 2018.

REID, G. B.; POTTER, S. S.; BRESSLER, J. R. Subjective workload assessment technique (SWAT): a user's guide (No. AAMRL-TR-89-023). **WPAFB**, Ohio: Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, 1989.

RICHARDSON, F. C.; SUINN, R. M. The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric Data. **Journal of Counseling Psychology**, v. 19, n. 6, p.551-554, 1972.

RUFF, S. E.; BOES, S. R. The sum of all fears: the effects of math anxiety on math achievement in fifth grade students and the implications for school counselors. **Georgia School Counselors Association Journal**, v. 21, n. 1, 2014.

SANDMAN, R. S. The mathematics attitude inventory: Instrument and user's manual. **Journal for Research in Mathematics Education**, p. 148–149, 1980.

SARASON, S. B.; DAVIDSON, K.; LIGHTHALL, F.; WAITE, R. A Test Anxiety Scale for Children. **Child Development**, p. 105-113, 1958.

SORVO, Riikka; KOPONEN, Tuire; VIHOLAINEN, Helena; ARO, Tuika; RÄIKKÖNEN, Eija; PEURA, Pilvi; DOWKER, Ana; ARO, Mikko. Math anxiety and its relationship with basic arithmetic skills among primary school children. **Br J Educ Psychol**, v. 87, n. 3, p. 309-327, 2017.

SUÁREZ-PELLICIONI, M.; NÚÑEZ-PEÑA, M. I.; COLOMÉ, À. Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. **Cogn Affect Behav Neurosci**, 16(1), p. 3 – 22, 2016.

THOMAS, G.; DOWKER, A. **Mathematics anxiety and related factors in young children**. In: **Proceedings of the British Psychological Society Developmental Section Conference**. Bristol: British Psychological Society, 2000.

TOBIAS, S. Anxiety and cognitive processing of instruction. In: R. Schwarzer (Ed.). **Self-related cognitions in anxiety and motivation**, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986, p. 35-54.

XIE, F.; DERAKHSHAN, A. A conceptual review of positive teacher interpersonal communication behaviors in the instructional context. **Frontiers in psychology**, v. 12, p. 708490, 2021.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho:** Textos selecionados de ergonomia. São Paulo: Fundacentro, 1997.

ZAMORA-LOBATO, T.; GARCÍA-SANTILLÁN, A.; MOLCHANOVÁ, V. S. Factorial Analysis to Measure Anxiety towards Mathematics: An Empirical Study in High School. **European Journal of Contemporary Education**, 8(2), p. 394-408, 2019.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional