

GESTOS E TOQUES EM TELA COMO REVELADORES DO RACIOCÍNIO DE ESTUDANTES NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

GESTURES AND SCREEN TOUCHES AS REVEALING ELEMENTS OF STUDENTS' REASONING IN PROBLEM SOLVING

GESTOS Y TOQUES EN PANTALLA COMO REVELADORES DEL RAZONAMIENTO DE ESTUDIANTES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Renan Oliveira Altoé*

Rony Cláudio de Oliveira Freitas**

RESUMO

As reflexões aqui feitas caminham na direção de que as abstrações matemáticas evoluem em grande parte das nossas atividades corporais e de que compreender e pensar são atividades perceptivo-motoras. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar análises de movimentos epistêmicos realizados por estudantes no processo resolução de problemas de estruturas multiplicativas, revelados por meio de gestos e toques em tela. Produzidos com quatro estudantes de um 4º ano do Ensino Fundamental de uma Escola Municipal de Educação Básica de Tempo Integral (EMEBTI) do município de Vargem Alta – ES, os dados seguiram uma abordagem de natureza qualitativa, analisados em uma dinâmica interpretativa. Os movimentos epistêmicos, revelados durante as interações sociais na História “Uma Visita à Fábrica Chocobom”, foram reconstruídos e analisados por meio da Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD). As análises interpretativas mostraram que os movimentos gestuais e de toques em tela figuraram na resolução de situações matemáticas, relevando ações de *coletar*, contribuindo para organizar o pensamento, representar entidades matemáticas, aferir quantidades, explicar, delimitar, sinalizar e evidenciar uma perspectiva visual de uma entidade matemática e comunicar uma informação dimensional, colocando a centralidade do corpo no processo de produção de conhecimento.

Palavras-chave: Cognição Corporificada. Movimentos Epistêmicos. Estruturas Multiplicativas. Dispositivos Móveis. Educação Básica.

ABSTRACT

The reflections made here move in the direction that mathematical abstractions evolve largely from our bodily activities, and that understanding and thinking are perceptual-motor activities. In this sense, this article aims to present analyses of epistemic movements made by students in the process of solving multiplicative structure problems, revealed through gestures and touches on the screen. Produced with four students from the 4th year of elementary school at a Municipal School of Full-Time Basic Education (EMEBTI) in the municipality of Vargem Alta - ES, the data followed a qualitative approach, analyzed

* Doutor em Educação em Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes). Professor de Matemática na Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo (SEDU), Vitória, Espírito Santo, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Jones dos Santos Neves, 1142, Agostinho Simonato, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil, CEP: 29311-743. E-mail: renan.o.altoe@gmail.com.

** Doutor em Educação pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Professor Titular no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Vitória, Espírito Santo, Brasil. Endereço para correspondência: Rua dos Laranjais, 300, Nova Itaparica, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil, CEP: 29104-222. E-mail: freitasrco@gmail.com.

in an interpretative dynamic. The epistemic movements revealed during the social interactions in the story “A Visit to the Chocobom Factory” were reconstructed and analyzed using the Multimodal Schematic Representation of Data Analysis (REMAD). The interpretative analyses showed that gestures and touchscreen interactions played a role in solving mathematical problems, revealing actions such as collecting, helping to organize thinking, representing mathematical entities, measuring quantities, explaining, delimiting, signaling, and highlighting a visual perspective of a mathematical entity, as well as communicating dimensional information, placing the body at the center of the knowledge production process.

Keywords: Embodied Cognition. Epistemic Movements. Multiplicative Structures. Mobile devices. Basic Education.

RESUMEN

Las reflexiones aquí realizadas van en la dirección de que las abstracciones matemáticas evolucionan en gran medida a partir de nuestras actividades corporales, y que la comprensión y el pensamiento son actividades perceptivo-motrices. Con esto en mente, este artículo pretende presentar análisis de movimientos epistémicos realizados por alumnos en el proceso de resolución de problemas de estructura multiplicativa, revelados a través de gestos y toques en la pantalla. Realizado con cuatro alumnos del 4º año de la enseñanza primaria de una Escuela Municipal de Enseñanza Básica Completa (EMEBTI) del municipio de Vargem Alta - ES, los datos siguieron un abordaje cualitativo, analizados en una dinámica interpretativa. Los movimientos epistémicos revelados durante las interacciones sociales en el cuento «Una Visita a la Fábrica de Chocobom» fueron reconstruidos y analizados utilizando la Representación Esquemática Multimodal de Análisis de Datos (REMAD). Los análisis interpretativos mostraron que los movimientos gestuales y los toques en la pantalla participaron en la resolución de situaciones matemáticas, revelando acciones como recolectar, contribuir a la organización del pensamiento, representar entidades matemáticas, medir cantidades, explicar, delimitar, señalar y evidenciar una perspectiva visual de una entidad matemática, así como comunicar información dimensional, colocando al cuerpo en el centro del proceso de producción del conocimiento.

Palabras clave: Cognición Incorporada. Movimientos Epistémicos. Estructuras Multiplicativas. Dispositivos Móviles. Educación Básica.

1 INTRODUÇÃO

Se por um lado temos consciência de que nossas interações sociais nos possibilitam aprender por meio de inúmeras formas de comunicação, por outro também concordamos que pouco nos atentamos aos movimentos gestuais (sujeito-sujeito) e de toques em tela (sujeito-dispositivo) que realizamos em nossas práticas sociais. *Com que atenção observamos os movimentos gestuais que fazemos ao interagir com nossos pares? Com que atenção tocamos a tela de um dispositivo móvel, utilizando nossos dedos das mãos, para acessar informações?* Buscar respostas para essas questões requer, inquestionavelmente, que compreendamos que o corpo possui papel fundamental no processo de comunicação e produção de conhecimentos.

Adentrando ao campo da prática educativa, nossas intenções não são de contrapor investigações ou perspectivas que reforcem a importância do ouvir e do falar na aprendizagem,

mas caminharmos no sentido da valorização do corpo em suas mais variadas formas, considerando, agora, os movimentos das mãos (gestos e toques em tela) como ferramentas de reconhecimento da importância do gesticular e tocar nas interações de aprendizagem. Caminhar nessa vertente é defender que nossas experiências no mundo físico são corporais, uma vez que nossas ações de ver, ouvir ou tocar sinalizam que o corpo e o cérebro participam na interação com o meio ambiente (Damásio, 2012). Isso confirma nosso entendimento de que a produção de conhecimento não é exclusiva das capacidades neurais de nossos cérebros, mas da natureza de nossos corpos e das experiências trazidas por eles, ressaltando que as comunicações mútuas entre cérebro e corpo são alicerces na criação de representações e movimentos na descrição de uma situação (Damásio, 2012).

Nessa linha de ação, compactuamos que as investigações sobre o corpo, em especial, sobre o movimentos gestuais e de toques em tela são terrenos férteis que nos possibilitam aprender mais sobre o corpo, em particular, das capacidades coletivas e como ele se envolve no ensino e aprendizagem da matemática em um mundo tecnológico (Freitas; Sinclair, 2014). Centramo-nos nesse campo de investigação por acreditarmos, assim como Freitas e Sinclair (2014), que o uso crescente de tecnologias com toques em tela está mudando a forma como interagimos com a matemática, pois a presença dessas ferramentas tecnológicas nos possibilita tocar vários objetos matemáticos na tela, tais como funções, números e objetos geométricos, como também é possível, pelo movimento gestual, reproduzir esses toques virtuais, relevar ideias, comunicar informações e produzir conhecimento corporificado.

As Tecnologias Digitais Móveis — como tablets, celulares e notebooks — têm ampliado seu espaço no ambiente educacional, transformando não apenas as formas de acesso à informação, mas também as possibilidades de interação entre sujeitos e o conhecimento. A mobilidade, flexibilidade e facilidade desses dispositivos proporcionam novas estratégias de mediação didática, capazes de motivar os estudantes e oferecer caminhos mais significativos para a aprendizagem. Esses recursos tecnológicos apresentam diferentes formas de interação, possibilitando-nos refletir sobre sua apropriação na aprendizagem matemática.

Portanto, este artigo tem como objetivo apresentar análises de movimentos epistêmicos realizados por estudantes no processo resolução de problemas de estruturas multiplicativas¹, revelados por meio de gestos e toques em tela. Seguindo uma abordagem qualitativa, em uma dinâmica de pesquisa de interpretativa, os dados foram produzidos com quatro estudantes de

¹ O estudo das Estruturas Multiplicativas mostra que há diferentes tipos de multiplicação ou divisão, ou melhor, várias classes de problemas cuja solução pede uma multiplicação ou uma divisão (Vergnaud, 2014).

um 4º ano do Ensino Fundamental de uma Escola Municipal de Educação Básica de Tempo Integral (EMEBTI) do município de Vargem Alta – ES, no contexto de uma pesquisa² de Doutorado Profissional em Educação em Ciências e Matemática do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes). As interpretações dos movimentos epistêmicos são oriundas do desenvolvimento, em sala de aula, da história “Uma Visita à Fábrica Chocobom”, cujas interações sociais foram reconstruídas por meio da Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD), constituída de um esquema organizacional e temporal das interações entre os estudantes e o pesquisador, enquanto resolviam os problemas matemáticos propostos pela narrativa.

Buscamos, com nossos achados, ampliar as discussões sobre a participação do corpo — em especial dos movimentos gestuais e de toques em tela — nas investigações em Educação Matemática, mostrando que gesticular e tocar na tela podem revelar processos de pensamentos na aprendizagem de matemática. Isso permite compreender como os estudantes mobilizam seus corpos para expressar e produzir conhecimento, além de evidenciar que as diferentes formas de interação social — sejam elas entre sujeito-sujeito ou sujeito-dispositivo — podem provocar novas reflexões sobre como o corpo interage com seus pares e com a tecnologia ao aprender matemática.

2 GESTOS E TOQUES EM TELA: REFLEXÕES EMERGENTES

Concentrando-nos no contexto da matemática escolar, ainda nos questionamos — mesmo que já tenha sido uma preocupação histórica — sobre como olhos, ouvidos e, agora, os dedos podem contribuir na produção de conhecimento. De acordo com Freitas e Sinclair (2014), os sentidos (que tem relação com os órgãos sensoriais) devem ser considerados provisórios, uma vez que novas associações corporais podem ser formadas. Freitas e Sinclair (2014) têm alertado que as novas mídias (*iPad*, Tablet, entre outras) implicam novas modalidades sensoriais e novas configurações do uso desses órgãos na interação com conceitos matemáticos, cujo tocar ou gesticular “[...] está emergindo como bastante central na literatura sobre a corporificação na educação matemática” (Freitas; Sinclair, 2014, p. 148, tradução nossa). Assim, nossas reflexões alertam para a necessidade de olharmos cuidadosamente para o corpo como característica fundamental no processo de aprendizagem (Boaler *et al.*, 2016; Berteletti;

² Aprovada pelo Conselho de Ética e Pesquisa (CEP): CAAE nº 68528023.3.0000.5072 e Parecer de nº 6.127.066.

Booth, 2015), ao entendermos que o pensamento não ocorre apenas na cabeça, mas na e através da linguagem, do corpo e dos instrumentos (Radford, 2009).

A esta altura, defendemos que o cérebro e o restante do corpo constituem um organismo indissociável e ambos são responsáveis pelas operações fisiológicas que denominamos como mente (Damásio, 2012), bem como está envolvido no pensamento (Alibali; Nathan, 2012). Segundo o respeitado neurocientista, “[...] a mente teve primeiro de se ocupar do corpo, ou nunca teria existido” (Damásio, 2012, p. 20), apontando que a existência primeira do corpo é a base para nos constituirmos seres cognoscentes. Esses elementos científicos denunciam, por exemplo, que o cérebro e corpo não estão em patamares diferentes na interação com o ambiente, nem mesmo o primeiro é apenas “[...] fonte de abstrações que transmite conhecimento para o corpo, receptor passivo e mero executor físico” (Boaler *et al.*, 2016, p. 7). Em outras palavras, o corpo não é um reproduutor de comandos do cérebro, mas participa de um conjunto estrutural e funcional regulador.

Quando aprofundamos nossas reflexões relacionadas à participação do corpo no processo de aprendizagem, somos levados a considerar, assim como Krause (2016), que a aprendizagem matemática se desenvolve por meio das interações que são estabelecidas entre estudantes e professores, cujos comportamentos individuais e coletivos se manifestam por meio de diferentes modos de comunicar, conhecer e relacionar, mostrando que “[...] nossos corpos executam uma surpreendente variedade de ações” (Tversky, 2019, p. 19, tradução nossa). Ainda, compreendermos que o corpo é “coadjuvante do mundo virtual”, é “parte do mundo físico” e é “fonte de evidência de aprender e comunicar processos inconscientes” (Gerofsky, 2014), tornando-se o caminho para ampliarmos nossos olhares sobre como a aprendizagem se desenvolve.

Adentrarmos nesse campo de estudo é defendermos a relevância das vias visuais na aprendizagem, uma área de conhecimento chamada “Cognição Corporificada” ou “*Embodied Cognition*” e que tem ganhado destaque em pesquisas que articulam Educação Matemática e Neurociência. Esses esforços têm contribuído no avanço de nossas práticas pedagógicas, nos possibilitando construir “[...] uma compreensão mais elaborada das formas de como nosso cérebro trabalha quando estudamos matemática” (Boaler *et al.*, 2016, p. 3, tradução nossa). Edwards (2011) afirma que a corporificação prevê que conceitos e procedimentos matemáticos, aprendidos pelas crianças com manipuladores práticos, teriam uma significação diferente quando apenas aprendidos com símbolos e representações bidimensionais.

Segundo Nemirovsky (2003), existem três conjecturas sobre a relação entre corpo e compreensão da matemática: 1) As abstrações matemáticas evoluem em grande parte das nossas atividades corporais; 2) Compreender e pensar são atividades perceptivo-motoras, ou seja, são distribuídos corporalmente por diferentes áreas de percepção e ação motora; e 3) Aquilo que pensamos emerge nas próprias atividades com as quais interagimos. Assim, essas conjecturas nos levam a entender que “[...] o processo de pensamento parece ser profundamente influenciado por nossas experiências perceptomotores” (Krause, 2016, p. 43, tradução nossa).

No campo dos movimentos gestuais, Robutti, Edwards e Ferrara (2012) afirmam que versar olhares para os gestos pode contribuir para entendermos a continuidade dos processos de pensamento, examinando não somente que tipo de gesto está no contexto da interação, como uma espécie de taxonomia, mas compreender o seu poder semiótico na produção de conhecimento. Desse modo, “os gestos que as crianças produzem ao explicar uma tarefa refletem seus conhecimentos” (Goldin-Meadow, 2006, p. 37), e podem até “[...] desempenhar um papel na mudança de pensamento” (Goldin-Meadow, 2006, p. 34). Ao assumirmos que os gestos podem mudar nossa maneira de pensar e, consequentemente, nossas ideias, Dreyfus *et al.* (2014, p. 145, tradução nossa) afirmam que os gestos também podem “[...] apoiar o aprendiz a estabelecer mais firmemente o conhecimento que ainda é frágil”. É importante mencionar que “gestos são não convencionalizados, mas são movimentos idiosincráticos e espontâneos” (Krause, 2016, p. 57, tradução nossa) e isso nos leva a considerar que eles podem assumir a função representacional das nossas ações (Tran; Smith; Buschkuehl, 2017) ou comunicativa (Arzarello *et al.*, 2009).

Não distante, reconhecemos que os movimentos de toques em tela são ações humanas, corporificadas, culturais, multimodais e revelam o pensamento dos estudantes enquanto realizam tarefas matemáticas (Bairral, 2014). Por intermédio delas, novas configurações cognitivas podem ser acessadas, pois as “[...] as manipulações que fazemos na tela de um dispositivo móvel constituem uma forma de transparecer e materializar o pensamento no ato comunicativo, para favorecer uma interação” (Bairral, 2021, p. 64). Nossas intenções com os toques em tela evidenciam, cada vez mais, a preocupação que temos em identificar estratégias de raciocínios dos estudantes que podem se correlacionar com os diferentes modos de tocar na tela. Como aponta Bairral (2017, p. 3), as “[...] interfaces com toques em tela estão trazendo novas configurações ao cérebro. Portanto, nosso corpo deve ser visto como a mente que comprehende o nosso pensar, o nosso sentir e o nosso agir”.

Nossas reflexões mostram que os gestos e toques em tela participam do processo de aprendizagem, mas precisamos destacar que nossas investigações estão centradas apenas nos movimentos das mãos que comunicam ou produzem conhecimentos. Assim, quando os estudantes interagem com tarefas matemáticas ou com seus pares, independentemente do ambiente de aprendizagem, conhecimentos são construídos, externados ou utilizados por meio de ações que descrevem operacionalmente os processos de abstração. De acordo com Hershkowitz, Schwarz e Dreyfus (2001, p. 203, tradução nossa), essas ações são chamadas de Ações Epistêmicas e “[...] são ações mentais por meio das quais o conhecimento é utilizado ou construído”, destacando, ainda, que cenários com ricas interações sociais são excelentes para a observação de ações epistêmicas.

A partir de releituras de Krause (2016), Hershkowitz, Schwarz e Dreyfus (2001) e Dreyfus (2014), e considerando que uma ação epistêmica emerge ou é relevada por meios de gestos ou de toques em tela, Freitas e Bairral (2023) definem movimentos epistêmicos como aqueles que muitas vezes são acompanhados de expressões verbais, participam da reorganização do conhecimento, tendo por função ilustrar ou esclarecer para o próprio executor os objetos matemáticos e suas propriedades, em vez de simplesmente comunicar alguma informação. Essas formas de registro gestual e de toques em tela evidenciam os “[...] movimentos epistêmicos como processos que engendram o objeto matemático em estudo, seja na interação sujeito-dispositivo digital, seja na sujeito-sujeito [...]” (Freitas; Bairral, 2023, p. 19). Direcionarmos nossa atenção para os movimentos epistêmicos é defendermos que nossas ações mentais podem ser externadas, buscando compreender o que os movimentos relevam ou fazem no processo de aprendizagem.

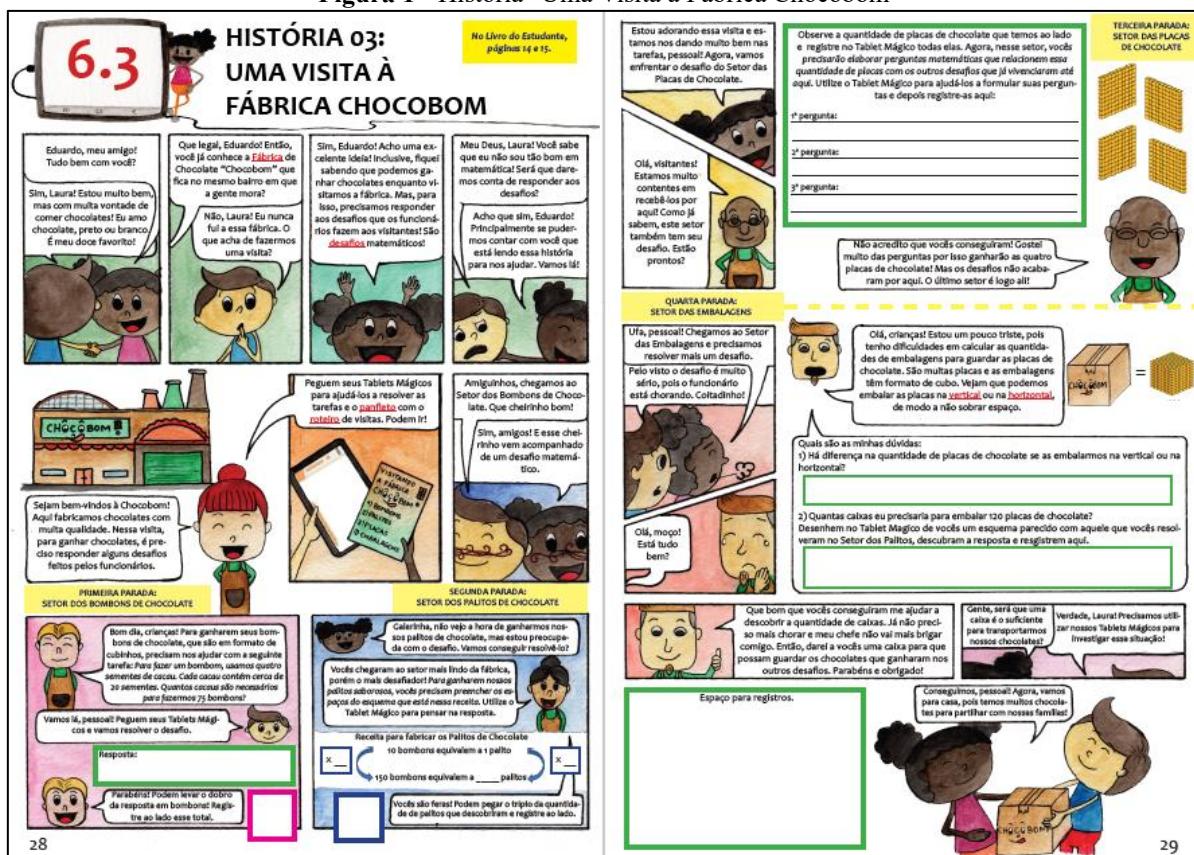
Portanto, nossas interpretações sobre o mundo dos gestos e toques em tela caminham na defesa de uma perspectiva sobre uma função representacional (maneiras pelas quais os gestos ou toques em tela podem representar entidades matemáticas) e epistêmica (formas características em que os gestos ou toques em tela ajudam a agir epistemicamente), compreendendo essa modalidade como geradora de conhecimento (Krause, 2016), reafirmando nosso compromisso de ampliar os debates sobre a corporificação matemática.

3 A PRODUÇÃO DOS DADOS: DETALHES METODOLÓGICOS

A produção dos dados ocorreu por meio do desenvolvimento, em sala de aula, da História “Uma Visita à Fábrica Chocobom” (Figura 1), produzida a partir de pressupostos

metodoógicos da Resolução de Problemas em conexão com elementos didáticos da utilização de Dispositivos Móveis do tipo Tablet. A leitura da narrativa revela os protagonistas Laura e Eduardo em uma visita as quatro importantes partes de uma fábrica de chocolates, nas quais são convidados a resolverem situações matemáticas em torno do conceito de multiplicação como proporção simples, seja na resolução ou na formulação de problemas. Na primeira parada da fábrica, os personagens ganham bombons de chocolate após resolverem uma situação apresentada pelo funcionário do local; na segunda, ganham palitos de chocolate; na terceira, placas de chocolate; e na quarta e última parada, embalagens para guardarem os chocolates.

Figura 1 - História "Uma Visita à Fábrica Chocobom"



Fonte: Altoé e Freitas (2024, p. 28-29)

Para realizarem as atividades da história, cada estudante recebeu um tablet com o aplicativo Multibase 5.0F instalado, recurso digital necessário no processo de resolução das situações matemáticas em torno da multiplicação. Desenvolvido por Freitas (2004), o Multibase foi inspirado no Material Dourado idealizado por Maria Montessori no início do século XX e tem se mostrado eficiente na construção de formas de pensar e fazer matemática, quando utilizado por crianças dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. É um material virtual que

possibilita, por meio da manipulação de suas peças em um ambiente digital, o desenvolvimento de atividades ou processos que podem facilitar o ensino e a aprendizagem de conceitos de números, bases numéricas e operações matemáticas (Freitas, 2019).

Embora a produção dos dados tenha sido realizada com 23 estudantes, nossas interpretações gestuais e de toques em tela contemplaram apenas as produções de quatro desses estudantes (duas duplas), devidamente selecionados por meio de um formulário e de uma atividade diagnóstica, com base nos seguintes Critérios de Análise (CA): i) Interação na dupla (CA1); ii) Demonstração de interesse e entusiasmo (CA2); e iii) Assiduidade do estudante nas aulas de matemática (CA3). As duplas selecionadas foram aquelas que obtiveram maior pontuação final na classificação decrescente, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Codificação das duplas selecionadas

Codificação da Dupla	Participantes	Pontuação Final
D-B(E03-10/E04-09)	E03-10 ³	18 pontos
	E04-09	
D-G(E13-09/E14-09)	E13-09	17 pontos
	E14-09	

Fonte: Elaborado pelos Autores

A escolha por uma amostra reduzida na interpretação dos movimentos das mãos está fundamentada na própria complexidade dos modos em que os dados, nesse tipo de pesquisa, são coletados e analisados: 1) O discurso é uma modalidade importante em nossas análises interpretativas, uma vez que estamos considerando gestos e toques em tela que acompanham ou não a fala, requerendo que a produção dos dados ocorra em ambiente com a menor quantidade possível de ruídos; 2) A análise de gestos ou toques em tela é um processo detalhista e rigoroso, de modo que uma grande quantidade de dados demandaria um esforço sobre-humano nas interpretações; e 3) A produção de uma grande quantidade de dados dependeria de uma diversidade de equipamentos, que no momento estavam indisponíveis e eram custosos.

Durante o processo de registro dos dados, optamos por realizar gravações em audio e vídeo, considerando três importantes perspectivas: 1) Superior (gravação de cima para baixo, abarcando o espaço de registro em cima da mesa do estudante, muito importante para capturar movimentos gestuais e de toques em tela); 2) Frontal (gravação de frente, abarcando o espaço gestual dos estudantes para expressar ideias, muito importante para capturar movimentos

³ Optamos por identificar cada estudante pela vogal “E”, acrescida de numeração indo-árabe crescente (01, 02, 03, 04, ...) e da respectiva idade do participante. Portanto, o estudante “E03-10” é o terceiro registrado na classificação crescente, tendo, por sua vez, 10 anos de idade.

gestuais); e 3) Tela (gravação da tela do tablet a partir do aplicativo *AZ Screen Recorder*, muito importante para registar os movimentos realizados no aplicativo Multibase 5.0F). Para além, utilizamos registros escritos dos estudantes e do pesquisador, este a partir da observação participante, como importantes ferramentas para aprofundar e interpretar os dados produzidos.

4 COMO OS DADOS FORAM ANALISADOS?

De acordo com Krause (2016), a pesquisa interpretativa assume que as pessoas desenvolvem seu mundo social por meio de ações interpretativas mútuas, sendo que a análise das interações sociais ajuda a reconstruir os processos de interpretação entre os participantes. Na abordagem interpretativa, as ações e pensamentos das pessoas no ambiente são fatores importantes que geram os resultados visíveis para o mundo exterior (Jungwirth, 2003).

De natureza qualitativa, em uma abordagem interpretativa, estamos interessados na produção de significados duradouro, em que as interpretações postas sejam compreendidas independentemente da subjetividade do leitor (Jungwirth, 2003). Nessa perspectiva, o primeiro passo é selecionar o trecho de análise com o qual iniciar a interpretação extensiva, ou seja, reconstruir o discurso no sistema de linguagem (Jungwirth, 2003). Em nossa pesquisa, elencamos gestos e toques em tela, inscrição (registro) e discurso (fala) como elementos do sistema de linguagem.

Nossas interpretações giram em torno dos gestos e toques em tela que relevam ações do pensamento, ou seja, relevantes e constituintes dos modos de pensar. Dreyfus *et al.* (2014, p. 129, tradução nossa) afirma que “[...] quando o objetivo é analisar os gestos, apenas trechos com gestos são relevantes”. O principal critério para a escolha desses trechos é o potencial dos gestos ou toques em tela para o surgimento de novas construções, pois estamos interessados no papel que eles têm no processo de construção do conhecimento (Dreyfus *et al.*, 2014). A partir de uma adaptação do modelo utilizado por Krause (2016) e releituras de Bikner-Ahsbahs (2006), apresentamos três ações epistêmicas (Quadro 2) importantes de serem observadas.

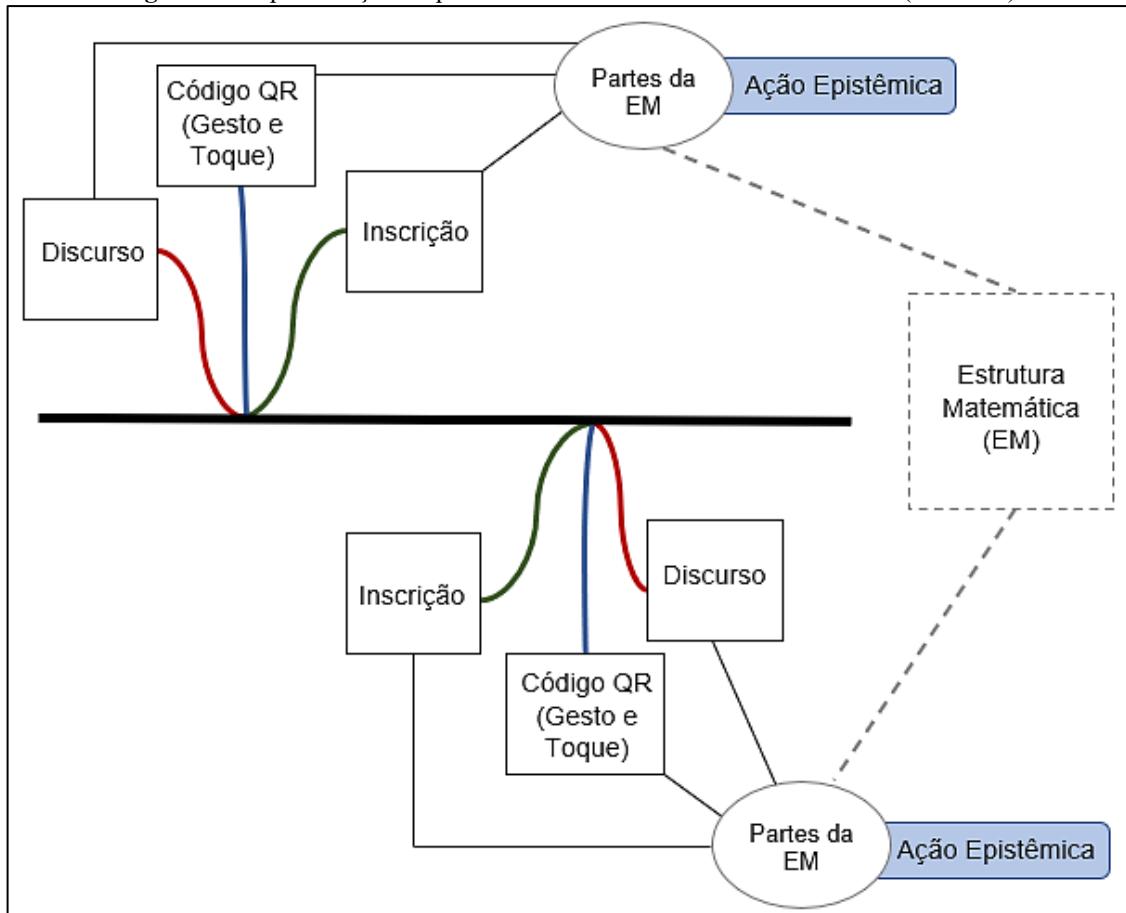
Quadro 2 - Ações Epistêmicas

Coletar	Ação observada quando o estudante consegue identificar possibilidades e organizar entidades matemáticas que podem ser úteis para atender a uma necessidade.
Conectar	Ação observada quando o estudante consegue identificar relações entre entidades matemáticas e estabelecer vínculos entre elas.
Reconhecer Estruturas	Ação observada quando o estudante reconhece generalidades e padrões, construindo novas entidades matemáticas ou mesmo reconstruindo-as em novos contextos.

Fonte: Elaborado pelos Autores

Essa microanálise, complexa por natureza, requer uma organização e dinâmica de interpretação que elucide os gestos e toques em tela realizados na interação, as inscrições (registros) que os estudantes fazem enquanto realizam as tarefas matemática e os discursos (falas) proferidas na comunicação, quando houver, que se conectam e influenciam a compreensão dos conceitos, tarefas e modos de pensar matematicamente. Assim, pensando numa dinâmica que possa decodificar, descrever, visualizar, sincronizar e representar essas diferentes modalidades, Krause (2016) propõe uma abordagem analítica para análise dos quadros em que os gestos ou toques em tela ocorrem na interação, considerando as conexões entre gesto, inscrição (registro) e discurso (fala), que permite uma reconstrução mais detalhada da comunicação e análise de processo epistêmico. A partir da releitura e adaptação da “Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD)” de Krause (2016), propomos, na Figura 2, nosso modelo de análise reconstrutiva da interação social.

Figura 2 - Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD)



Fonte: Elaborado pelos Autores

De acordo com Krause (2016, p. 78, tradução nossa), esse modelo de análise é “[...]

como um modelo mental que pode ser explicado para obter uma compreensão mais aprofundada da interação social que constitui o processo epistêmico [...]. Ele evidencia que o discurso (ações) não é mais formado apenas por expressões verbais, mas por outras modalidades (em azul: gestos; em verde: inscrição; em vermelho: discurso) que agregam formas de pensar. Nesse modelo, cada ação (discurso) é seguida de uma reação (discurso), que pode ou não acorrer na interação social e que está conectada às demais modalidades. Nesse processo, Krause (2016) afirma que o objeto imediato (retângulo pontilhado cinza) não é formado apenas pelo enunciado verbal, mas se relaciona com os gestos e toques em tela e registros, formando-se, também, a partir de outros objetos imediatos (elipse cinza). Em nossa pesquisa, o objeto imediato é considerado a Estrutura Matemática (EM), que se forma a partir de partes de outras estruturas matemáticas. De acordo com a autora, essa abordagem permite compreender como os gestos e toques em tela participam da formação dessas estruturas, sendo formado e constituído por diferentes modalidades.

Para melhor compreensão dos gestos realizados, respeitando ao critério do dinamismo e sincronia com a fala, propomos, na representação esquemática adaptada de Krause (2016), a inserção de Códigos QR, que hospedam os vídeos e áudios (estes último, quando houver) relativos ao trecho gestual e de toque em tela em análise.

Portanto, nossa análise de casos relevantes é movida por gestos ou toques em tela, cuja interpretação está voltada para a identificação das ações epistêmicas dos modos de pensar em situações matemáticas, revelando, também, sua participação na formação de estruturas matemáticas.

5 ANÁLISE DOS DADOS: INTERPRETAÇÕES GESTUAIS E DE TOQUES EM TELA

A aplicação da História “Uma Visita à Fábrica Chocobom” desvelou quadros potencialmente reveladores da participação de movimentos epistêmicos no processo de aprendizagem de multiplicação, extraídos de um total de 7h 56min 8s, sendo 53min 27s (Gravação Frontal), 3h 30min 24s (Gravação Superior) e 3h 32min 17s (Gravação de Tela). Uma vez que a “Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados” (REMAD) é a reconstrução da interação social de um determinado quadro, a sua leitura deve ocorrer da esquerda para a direita, seguindo o fluxo dos discursos apresentados. A simbologia “P” indica o discurso do pesquisador na interação social. O Quadro 3 apresenta os trechos selecionados das gravações, considerando movimentos epistêmicos significativos no processo de resolução

das situações matemáticas da história.

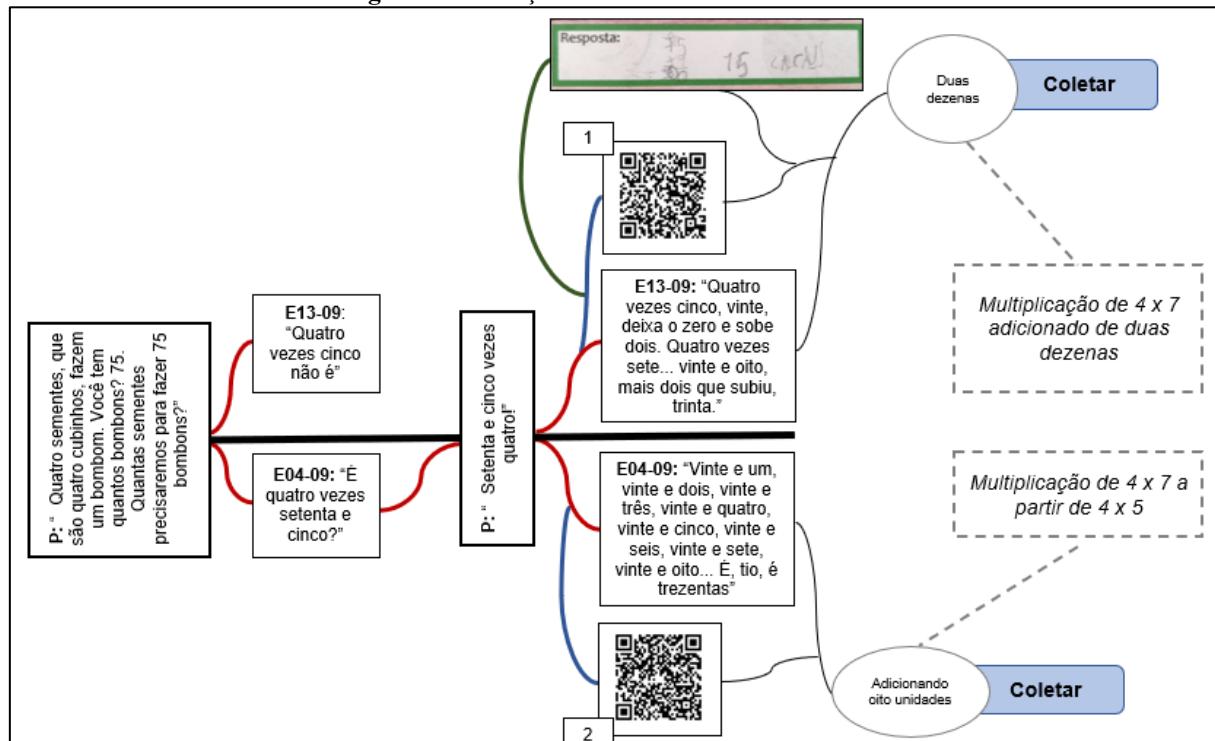
Quadro 31 - Trechos de Análise da História 3

Trecho	Tempo			Gravação	Participante	Movimento
	Início	Final	Total			
TH3-A	6min 09s	6min 23s	14s	Frontal	(E13-09)	Gesto
	6min 24s	6min 30s	6s	Frontal	(E04-09)	Gesto
TH3-B	7min 50s	9min 12s	1min 22s	Superior	(E04-09)	Toque
TH3-C	26min 30s	26min 54s	24s	Superior	(E03-10)	Toque
TH3-D	39min 29s	39min 46s	17s	Superior	(E04-09) (P)	Gesto
	39min 46s	40min 4s	18s	Superior	(E04-09) (P)	Gesto

Fonte: Elaborado pelos Autores.

O primeiro trecho “TH3 – A” apresenta uma interação social referente à investigação sobre a quantidade de sementes que seriam necessárias na fabricação de 75 bombons. A “REMAD: TH3 – A” (Figura 3), a seguir, apresenta o diálogo, os registros escritos e os detalhes audiovisuais das movimentações gestuais compatíveis com as ideias matemáticas expressadas.

Figura 3 - Interação Social na REMAD: TH3 – A



Fonte: Elaborado pelos Autores

A proposta apresentada desafiou os estudantes a resolverem uma problemática em torno do raciocínio proporcional, iniciado pelo discurso do pesquisador: “*Quatro sementes, que são quatro cubinhos, fazem um bombom. Você tem quantos bombons? 75. Quantas sementes precisaremos para fazer 75 bombons?*”. Considerando essas informações, E04-09 indagou se a resposta seria a multiplicação: 4×75 , sendo rebatido pelo pesquisador com a exclamação: “*Setenta e cinco vezes quatro!*”. Compreendendo que a resposta do estudante E04-09 estava correta, E13-09 começou a resolver a multiplicação, externando seu raciocínio matemático por meio da fala e de movimentos gestuais.

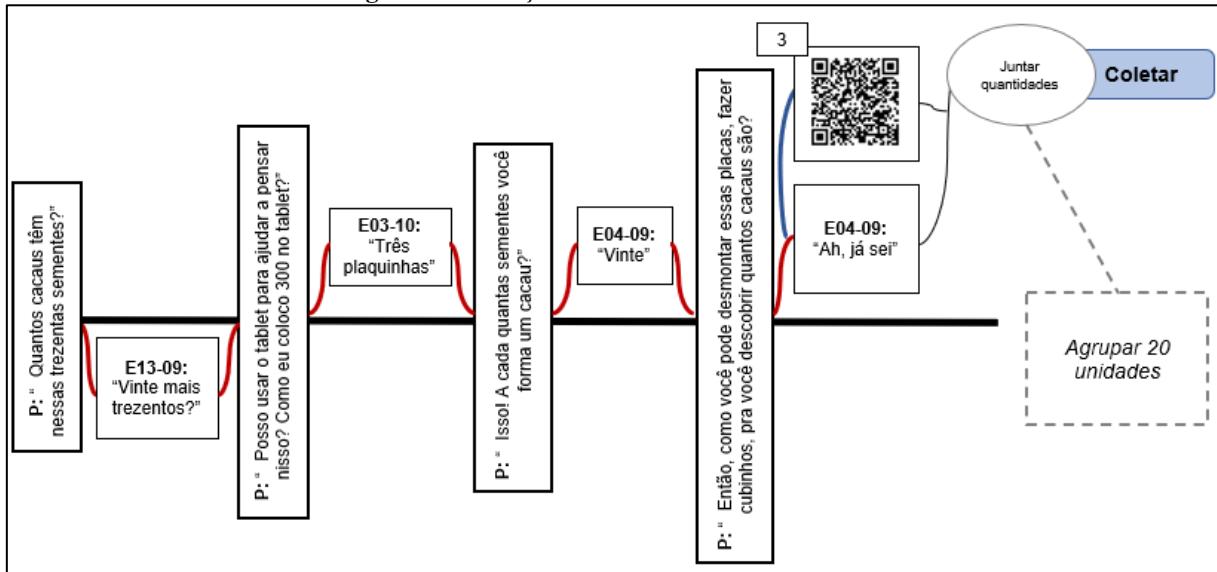
A interação social, apresentada pela “REMAD: TH3 – A”, mostra que E13-09 estava resolvendo a multiplicação sinalizada pelo seu colega, externando, em voz alta, detalhes das operações que realizou no algoritmo da multiplicação. Em certo momento, como denuncia o vídeo do Código QR 1, E13-09 utilizou “dois dedos da mão esquerda levantados” para *coletar* duas dezenas, forma desagrupada da multiplicação: 5×4 , utilizando esse gesto para ajudar a processar ideias (Tran; Smith; Buschkuehl, 2017). A sua necessidade era concluir a multiplicação: 75×4 a partir da última operação: $(7 \times 4) + 2$ dezenas, o que nos leva a concluir que sua ação gestual contribuiu para que ele pudesse, segundo Krause (2016), organizar entidades matemáticas úteis para atender a sua necessidade, coletando informações (nesse caso, duas dezenas). Essa análise, longe de ser estática e talvez a única, mostra que esse movimento é epistêmico, pois Dreyfus *et al.* (2014) denotam que eles aparecem acompanhados de expressões verbais, têm o papel de reorganizar o conhecimento dos estudantes, ilustrando ou esclarecendo para o próprio executor os objetos matemáticos e suas propriedades. Assim, “dois dedos da mão esquerda levantados” ilustraram para E13-09 que se tratava de duas quantidades (objeto matemático), sendo duas dezenas (propriedade das duas quantidades).

Ainda em nossas análises, concentrando-nos no estudante E04-09, identificamos que sua mão esquerda lhe serviu como ferramenta para contagem. Ao “levantar oito dedos da mão esquerda, um a um”, E04-09 realizou a multiplicação: 7×4 a partir de 5×4 , conforme podemos identificar em seu discurso na “REMAD: TH3 – A” e no Código QR 2. Isso mostra que os gestos realizados por ele contribuíram no estabelecimento da representação não verbal de objetos matemáticos e configuraram uma referência visual na interação social (Krause, 2016), além de assumirem a função epistêmica de *coletar*, uma vez que as oito unidades coletadas serviram de base para chegar à multiplicação esperada. Mais uma vez, estamos diante de uma forma de interação capaz de transparecer e materializar o pensamento no ato comunicativo

(Bairral, 2017, 2021), ficando evidente a utilização das mãos como fins comunicativos e representacionais (Gerofsky, 2014).

A próxima análise é referente ao trecho “TH3 – B”, com participação gestual do estudante E04-09, em que é possível identificar movimentos com os dedos das mãos direita e esquerda, ora utilizando “o dedo médio da mão esquerda”, ora “o dedo médio da mão direita” ora “o dedo indicador da mão direta”, para resolver uma situação matemática sobre da quantidade de cacau necessários na fabricação de 75 bombons, conforme “REMAD: TH3 – B”, na Figura 4.

Figura 4 - Interação Social na REMAD: TH3 – B



Fonte: Elaborado pelos Autores

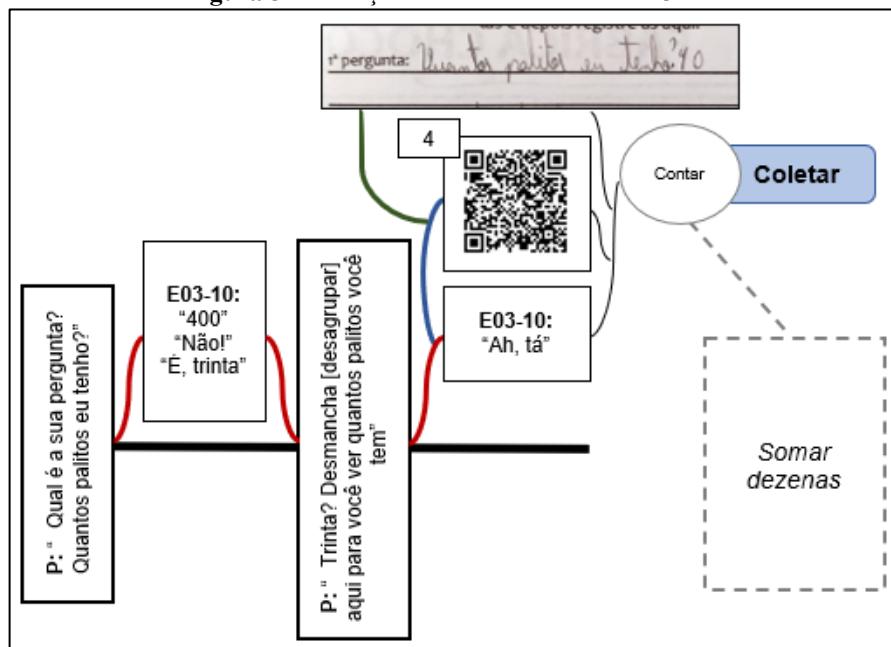
A discussão apresentada na “REMAD: TH3 – B” mostra que o pesquisador e os estudantes estavam em busca de determinar o total de cacau, partindo do pressuposto de que um cacau tem vinte sementes. Nessa ocasião, provisoriamente, os cubinhos foram considerados sementes (na história, eles são bombons) de modo que fosse possível compreender melhor as relações e associações propostas. A partir do discurso do pesquisador: “*Posso usar o tablet para ajudar a pensar nisso? Como eu coloco 300 no tablet?*”, E03-10 respondeu que seriam três placas, o que levou seu colega E04-09 a carregar, para a tela do tablet, essa mesma quantidade. Para isso, como vemos no Código QR 3, E04-09 utilizou “o dedo médio da mão esquerda” para arrastar e *coletar* as três placas com as quais continuaria a resolução da situação matemática. Assim, E04-09 arrastava as peças necessárias para atender a sua necessidade que, em seguida, seria descobrir a quantidade de cacau.

Nesse mesmo caminhar, o pesquisador questionou: “*Então, como você pode desmontar essas placas, fazer cubinhos, pra você descobrir quantos cacau sãos?*”. Rapidamente, E04-09 sinalizou que havia entendido o processo resolutivo, iniciando seus trabalhos no Multibase 5.0F, desagrupando as três placas que estavam disponíveis na tela. Os dados audiovisuais do Código QR 3 denunciam que ele compreendeu corretamente a associação: “um cacau tem 20 sementes”, mostrando que os agrupamentos que realizou com vários movimentos dos dedos na tela chegariam à solução para o problema. Ao utilizar “o dedo indicador da mão direita” para arrastar cada uma das barras e agrupá-las de duas a duas, E04-09 deixou transparecer que esse movimento não apenas permitiu *coletar* as entidades matemáticas que ele necessitava para determinar a solução, mas que esse mesmo movimento estava inserido em um campo organizacional e representacional do seu pensamento, que pode ser interpretado como: “Cada duas dezenas forma vinte unidades. Então, duas barras são um cacau. E o total de grupos de duas barras é o total de cacau procurado”.

Essas interações do estudante com a tecnologia mostram que a utilização de dispositivos móveis pode dinamizar o ensino e promover novas explorações conceituais e procedimentais, sendo que os movimentos das mãos podem compor o fluxo de imagens, interação e pensamento (Bairral, 2017). Além disso, a utilização dos dedos na tela revela que o conhecimento corporificado é um componente integral do pensamento e da aprendizagem matemática (Alibali; Nathan, 2012), denunciando que o pensamento não ocorre apenas na cabeça, mas na e através da linguagem, do corpo e dos instrumentos (Radford, 2009).

Em análises anteriores, interpretamos a utilização dos dedos para realizar contagem, conferindo uma função de instrumento de aferição. No entanto, a “REMAD: TH3 – C” (Figura 5), veiculada a seguir, evidencia que a utilização do “dedo indicador da mão direita para arrastar” também podem servir a mesma função, conforme movimentos de toque realizado por E03-10.

Figura 5 - Interação Social na REMAD: TH3 – C



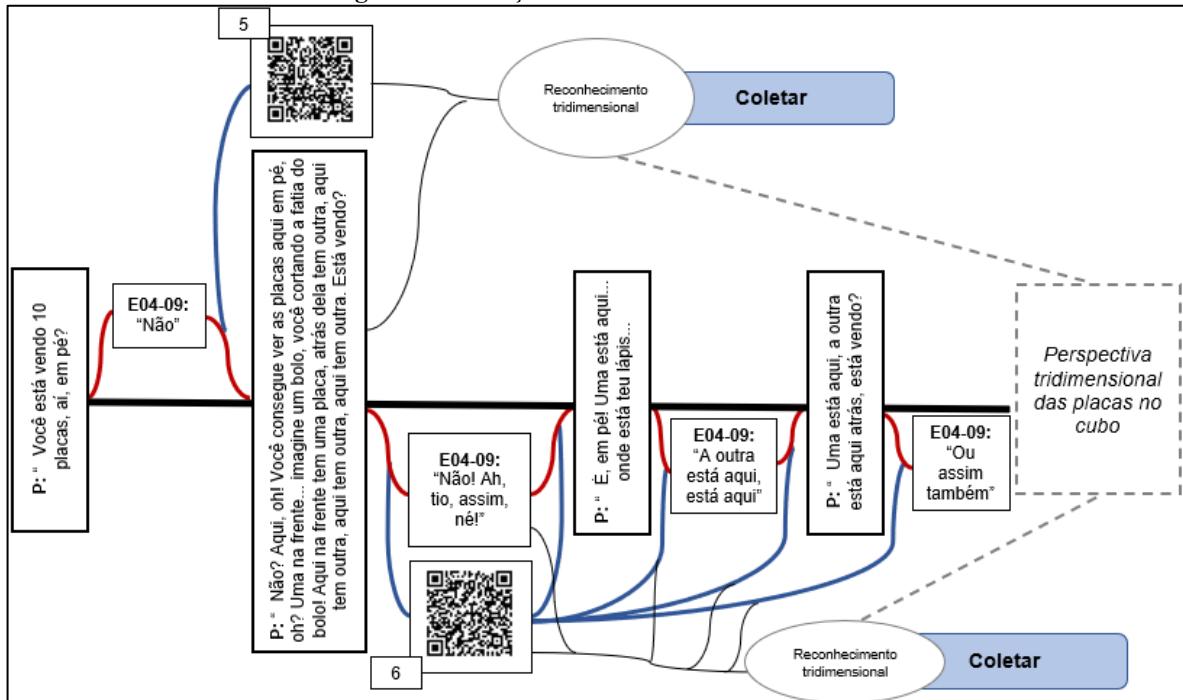
Fonte: Elaborado pelos Autores

O diálogo apresentado mostra que o pesquisador e o estudante estavam interessados em descobrir a quantidade de palitos (dezenas) que haviam em quatro placas de chocolate. É nítida a confusão realizada por E03-10, respondendo incorretamente à pergunta: “*Qual é a sua pergunta? Quantos palitos eu tenho?*”. A partir do momento que propusemos a utilização do Multibase 5.0F e o desagrupamento das placas, E03-10 passou a entender o que deveria fazer, iniciando o processo de organização das placas em barras e, em seguida, com “o dedo indicador da mão direita”, em movimento de arrastar, passou a contar as peças, como mostra o Código QR 4. Ao contar as peças com esse tipo de toque, E03-10 evidencia a ação epistêmica de *coletar* as barras, uma a uma, numa relação biunívoca, para atender à sua necessidade de somar as dezenas correspondentes a quatro placas. Segundo Bikner-Ahsbahs (2006), a fase de coletar consiste em reunir ações e as partes do conhecimento sobre os quais a construção de novos conhecimentos pode ocorrer. Nesse sentido, podemos interpretar que o “o dedo indicador da mão direita”, em movimento de arrastar, foi um movimento gerador da contagem (ação) de barras (dezenas) que são as partes do conhecimento sobre os quais a soma de dezenas estava sendo construída. Conforme registro escrito do estudante, sua resposta é condizente com a pergunta formulada por ele, ou seja, 40 palitos.

Concentrando-nos no último trecho “TH3 – D” dessa história, o pesquisador e o estudante E04-09 utilizaram diferentes tipos de movimentos gestuais para responderem a seguinte pergunta: “Há diferença na quantidade de placas de chocolates se as embalarmos na

vertical ou na horizontal?”. Para isso, foi necessário analisar o cubo para verificar se havia 10 placas posicionadas na vertical ou na horizontal. A “REMAD: TH3 – D” (Figura 6), abaixo, evidencia um pouco desse diálogo e os gestos realizados por eles.

Figura 6 - Interação Social na REMAD: TH3 – D



Fonte: Elaborado pelos Autores

O diálogo comunicado na “REMAD: TH3 – D” apresenta expressões verbais típicas de alguém que estava utilizando algo ou as mãos para explicar uma determinada situação. Isso se confirma na leitura dos Códigos QR 5 e 6 e pela grande quantidade de movimentos gestuais que o pesquisador e E04-09 realizavam para ensinar e aprender matemática. No Código QR 5, os recursos audiovisuais revelam o pesquisador utilizando um movimento de “vai e vem com a mão aberta, pra cima e para baixo” para explicar para E04-09 que o cubo era formado de placas posicionadas verticalmente. Ainda, para melhor compressão, utilizou o “dedo indicador da mão esquerda, em um movimento de contorno” na região frontal do cubo, demarcando a região ocupada por uma placa. Em seguida, utilizando “o dedo indicador da mão esquerda, em um movimento de arrastar”, mas sem tocar na tela, o pesquisador direcionava a sequência de placas que estava mostrando ao estudante E04-09. Essas interações mostram que os gestos podem refletir o pensamento corporificado dos falantes sobre conceitos e procedimentos matemáticos, desempenhando um papel crucial na comunicação do conhecimento (Alibali; Nathan, 2012).

Essa seção de movimentos gestuais e o discurso apresentado revelam que o ensino e a aprendizagem são potencializados por meio do corpo, ou seja, nessa interação, os gestos apareceram como componentes básicos das atividades semióticas que se vê na sala de aula (Arzarello *et al.*, 2009), assumindo, por exemplo, função representacional das nossas ações (Tran; Smith; Buschkuehl, 2017) ou comunicativa (Arzarello *et al.*, 2009). Nessa perspectiva, na medida em que o pesquisador e o estudante E04-09 realizavam os movimentos com as mãos, entidades (algumas matemáticas e outras, não) eram coletadas (ação epistêmica de *coletar*) para atender a necessidade de identificar uma perspectiva tridimensional do cubo e das placas, a saber: i) localização no espaço (tri-dimensão); ii) visualização geométrica (profundidade, largura, altura); iii) verticalidade e horizontalidade; e iv) superfície. A reunião dessas entidades possibilitou compreensões mais profundas sobre a tridimensionalidade do cubo, resultando no êxito da questão matemática colocada.

Prosseguindo em nossas análises, os movimentos realizados por E04-09, no Código QR 6, descontinam a importância do corpo na construção de diferentes representações, pois “quando os alunos aprendem por meio de abordagens visuais, eles passam a ter acesso a compreensões novas e profundas [...]” (Boaler *et al.*, (2016, p. 2, tradução nossa). Ao realizar o movimento de “vai e vem com o dedo indicador da mão direita” e de “corte com a mão aberta”, E04-09 mostrava para o pesquisador que estava conseguindo visualizar as placas, mas pela perspectiva lateral e superior do cubo. Independentemente da natureza do gesto, é perceptível que a relação entre esses movimentos e o discurso não é apenas complementar, mas caminha junto na produção e consolidação de conhecimentos em torno da aprendizagem, pois os gestos que utilizam ações no espaço para criar significado, que representam algo para além de si próprios, que podem assemelhar-se ao que representam, ajudam-nos a compreender o que outro comunica e como o faz, afetando o pensamento tanto de quem os criou como de quem os viu (Tversky, 2019). Segundo Freitas e Bairral (2023), esses movimentos são muitas vezes acompanhados de expressões verbais, tem potencial de ilustrar ou esclarecer para o próprio estudante os objetos matemáticos e suas propriedades, podendo, simultaneamente, comunicar uma informação, e isso fortalece o argumento de que esses movimentos desempenham um papel na produção de conhecimento.

Sendo assim, a valorização do corpo como coadjuvante na produção de conhecimento matemático é um caminho propícios para compreendermos como os estudantes pensam e expressam suas ideias, transparecendo e materializando as interações em torno da aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES

Nossa intenção, neste momento, não é mais de reproduzirmos afirmações teóricas que foram cruciais para organizar o processo investigativo, mas não podemos deixar de denotar a importância do papel do corpo, em especial, dos movimentos gestuais e de toques em tela no processo de produção de conhecimento. Leituras precedentes mostraram que elevar o grau de importância dos dispositivos móveis com toques em tela, estabelecendo conexão com a tendência atual do envolvimento do corpo e do cérebro, em sua indissociabilidade, na aprendizagem e na constituição da mente humana, é um caminho promissor para compreendermos como os estudantes produzem conhecimentos matemáticos nas interações sociais que se estabelecem em sala de aula.

As interpretações que veiculamos mostraram que os gestos e toques em tela participavam conjuntamente do processo de produção de conhecimentos, sendo utilizados para diferentes fins na aprendizagem matemática. Resolvendo situações matemáticas de multiplicação, em um contexto de proporcionalidade, os movimentos das mãos serviram para que os estudantes pudessem pensar matematicamente, elevando o grau de compreensão e aprofundamento de estruturas matemáticas. Utilizando gestos e toques em tela para organizar o pensamento, para representar entidades matemáticas, para aferir quantidades, por meio da contagem, para explicar, delimitar, sinalizar e evidenciar uma perspectiva visual de uma entidade matemática, comunicando uma informação dimensional, o corpo, em especial, os movimentos dos dedos mostraram que a produção de conhecimento não é exclusiva de nossas capacidades neurais, mas se desenvolve e é amparada, também, nas ações do corpo.

A partir dos movimentos detectados, identificamos ações epistêmicas de *coletar*, mostrando que as ações mentais podem ser observadas e que as movimentações das mãos constituem uma forma de transparecer e materializar o pensamento na interação social. Nossos achados são consolidantes para defendermos que nossas práticas pedagógicas necessitam versar olhares para os movimentos das mãos, sejam eles gestuais ou de toques em tela, no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que são capazes de revelar elementos fundamentais da compreensão do pensamento matemático dos estudantes, contribuindo para a tomada de decisões pedagógicas.

REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, R. O.; FREITAS, R. C. de O. **Histórias para Multiplicar e Dividir: ensinando e aprendendo com tablet - Livro do Professor.** 1. ed. Vitória: Edifes Acadêmico, 2024.
- ALIBALI, M. W.; NATHAN, M. J. Embodiment in Mathematics Teaching and Learning: Evidence from Learners' and Teachers' Gestures. **Journal of the Learning Sciences**, v. 21, n. 2, p. 247-286, 2012. Disponível em: <https://alibalilab.wiscweb.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/371/2018/02/AlibaliNathan2012.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- ARZARELLO, F. et al. Gestures as semiotic resources in the mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, v. 70, p. 97–109, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-008-9163-z>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- BAIRRALL, M. Educação e matemática em dispositivos móveis: construindo uma agenda de pesquisas educacionais focadas no aprendizado em tablets. In: **COLÓQUIO DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO E MÍDIA**, 4. 2014. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269114106_Educacao_e_matematica_em_dispositivos_moveis_construindo_uma_agenda_de_pesquisas_educacionais_focadas_no_aprendizado_em_tablets. Acesso em: 22 jan. 2025.
- BAIRRALL, M. A. As manipulações em tela compondo a dimensão corporificada da cognição matemática. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática (JIEEM)**, vol. 10, nº 2, São Paulo, 2017, p. 99-106. Disponível em: <https://jieem.pgsscogna.com.br/jieem/article/view/5509>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- BAIRRALL, M. **Tecnologias móveis, neurocognição e aprendizagem matemática.** 1. ed. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2021. – (Série Educação Matemática; 16).
- BERTELETTI, I.; BOOTH, J. R. Perceiving fingers in single-digit arithmetic problems. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, SWI, v. 6, n. 226, 2015. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00226/full>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- BIKNER-AHSBAHS, A. Semiotic sequence analysis - constructing epistemic types empirically. In: NOVOTNÁ et al. (Eds). **Proceedings of the 30th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, vol. 2, p. 161-168, Prague: PME, 2006. Disponível em: <https://www.igpme.org/publications/current-proceedings/>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- BOALER, J. et al. Seeing as understanding: the importance of visual mathematics for our brain and learning. **Journal of Applied & Computational Mathematics**, Bruxelas, v. 5, n. 5, 2016. Disponível em: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/seeing-as-understanding-the-importance-of-visual-mathematics-for-our-brain-and-learning-2168-9679-1000325.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- DAMÁSIO, A. **O erro de descartes:** emoção, razão e o cérebro humano. São Paulo: Companhia das Letras, 2012. 264 p.
- DREYFUS, T. et al. The Epistemic Role of Gestures: a Case Study on Networking of APC and AiC. In: BIKNER-AHSBAHS, A.; PREDIGER, S. (Eds.). **Networking of Theories as a**

Research Practice in Mathematics Education. New York: [s.n], 2014. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05389-9_9. Acesso em: 22 jan. 2025.

EDWARDS, L. D. Embodied cognitivas science and mathematics. In: UBUZ, B. (Ed). **Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, vol. 2, p. 297-304, Ankara, Turkey: PME, 2011. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05389-9_9. Acesso em: 22 jan. 2025.

FREITAS, E. de; SINCLAIR, N. **Mathematics and the body:** material entanglements in the classroom. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

FREITAS, R. C. de O. Imagens, movimentos e dedos das mãos: experiências aritméticas com o aplicativo Multibase em tablets. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM), 13., 2019. **Anais eletrônicos do XIII Encontro Nacional de Educação Matemática.** Cuiabá: UNEMAT, 2019, [15] p. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/sbembrasil/index.php/anais/enem>. Acesso em: 22 jan. 2025.

FREITAS, R. C. de O. **Um ambiente para operações virtuais com o material dourado.** 2004. 189 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

FREITAS, R. C. O.; BAIRRAL, M. O pensamento matemático mediante gestos e toques em tela no aplicativo Multibase em tablets, **Bolema**, v. 37, n. 75, p. 49-69, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/53JywrVBwd5vFpRK7kXDbbh/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

GEROFSKY, S. Making sense of the multiple meanings of ‘embodied mathematics learning’. In: OESTERLE, S. et al. (Eds). **Proceedings of the 38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, vol. 3, p. 145-152, Vancouver, Canada: PME, 2014. Disponível em: <https://www.pmena.org/pmenaproceedings/PMENA%2036%20PME%2038%202014%20Proceedings%20Vol%201.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

GOLDIN-MEADOW, S. Talking and thinking with our hands. **Current Directions in Psychological Science**. n. 15, v. 1, p. 34-39, 2006. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20183069>. Acesso em: 22 jan. 2025.

HERSHKOWITZ, R.; SCHWARZ, B. B.; DREYFUS, T. Abstraction in Context: Epistemic Actions. **Journal for Research in Mathematics Education**, vol. 32, n. 2, p. 195-222, 2001. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/749673>. Acesso em: 22 jan. 2025.

JUNGWIRTH, H. Interpretative Forschung in der Mathematikdidaktik – ein Überblick für Irrgäste, Teilzieher und Standvögel. **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, v. 35, n. 5, p. 189–200, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02655743>. Acesso em: 22 jan. 2025.

KRAUSE, C. M. **The Mathematics in our hands:** how gestures contribute to constructing mathematical knowledge. Wiesbaden: Springer Spektrum, 2016.

NEMIROVSKY, R. Three conjectures concerning the relationship between body activity and understanding mathematics. In: DOUGHERTY, P. N. B.; ZILLIOX, J. (Eds.). **Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology Of Mathematics Education**, v. 1, p. 105–109), Hawaii: University of Hawaii, 2003. Disponível em: <https://www.igpme.org/publications/current-proceedings/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

RADFORD, L. Why do gestures matter? Sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings. **Educational Studies in Mathematics**, v. 70, p. 111–126, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-008-9127-3>. Acesso em: 22 jan. 2025.

ROBUTTI, O.; EDWARDS, L. D.; FERRARA, F. Enrica's explanation: multimodality and gesture. In: TSO, T. Y. (Ed.). **Proceedings of the 36st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, vol. 4, p. 27-33. Taiwan PME, 2012. Disponível em: <https://www.igpme.org/publications/current-proceedings/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

TRAN, C.; SMITH, B.; BUSCHKUEHL, M. Support of mathematical thinking through embodied cognition: nondigital and digital approaches. **Cognitive Research: Principles and Implications**, n. 2, p. 1-18, 2017. Disponível em: <https://cognitiveresearchjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41235-017-0053-8>. Acesso em: 22 jan. 2025.

TVERSKY, B. G. **Mind in motion**: how action shapes thought. New York: Basic Books, 2019.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade**: problemas do ensino de matemática na escola elementar. Tradução: Maria Lucia Faria Moro. ed. rev. Curitiba: Ed. da UFPR, 2014.

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e grande amigo, pelas orientações pautada na excelência durante todo o percurso formativo do Doutorado, do qual decorrem os dados deste artigo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro e institucional que tornou possível o desenvolvimento dessa pesquisa.

FINANCIAMENTO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES). Edital FAPES Nº 12/2021 - PROCAP 2022 - DOUTORADO - Termo de Concessão de Bolsa N. 074/2022. Bolsa concedida a Renan Oliveira Altoé.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Introdução: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Referencial teórico: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Análise de dados: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Discussão dos resultados: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Conclusão e considerações finais: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Referências: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Revisão do manuscrito: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

Aprovação da versão final publicada: Renan Oliveira Altoé e Rony Cláudio de Oliveira Freitas

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Os dados dos resultados da pesquisa constam no corpo deste artigo.

PREPRINT

Não publicado.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

As imagens foram autorizadas para utilização no referido artigo mediante assinatura de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termos de Assentimento Livre e Esclarecidos (TALE).

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Pesquisa aprovada pelo Conselho de Ética e Pesquisa (CEP): CAAE nº 68528023.3.0000.5072 e Parecer de nº 6.127.066.

COMO CITAR - ABNT

ALTOÉ, R. O.; FREITAS, R. C. de O. Gestos e toques em tela como reveladores do raciocínio de estudantes na resolução de problemas. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 13, e25081, jan./dez., 2025. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.19408>

COMO CITAR - APA

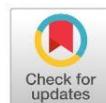
Altoé, R. O.; Freitas, R. C. de O. (2025). Gestos e toques em tela como reveladores do raciocínio de estudantes na resolução de problemas. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 13, e25081. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.19408>

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da Revista REAMEC. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.retratacao>



OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto ([Open Access](#)) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la - ou seja, quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.



LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](#). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto [iTThenticate](#) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](#) da [Crossref](#).



PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECEM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Dailson Evangelista Costa

AVALIADORES

Três pareceristas *ad hoc* avaliaram este manuscrito e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

HISTÓRICO

Submetido: 05 de março de 2025.

Aprovado: 15 de julho de 2025.

Publicado: 29 de dezembro de 2025.
