



Detetives das Equações: Uma Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em Rede

Miriam Garcia Müller- PPGIE/UFRGS - miriam.muller@canoasedu.rs.gov.br-
<https://orcid.org/0000-0002-9885-4578>

Crediné Silva de Menezes – PPGIE/UFRGS- credine@gmail.com-
<https://orcid.org/0000-0002-2709-7135>

Marcus Basso -PPGIE/UFRGS -mbasso@ufrgs.br-orcid.org/0000-0002-2312-9056

Resumo. Este artigo analisa a implementação de uma Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em Rede (APAR), estruturada no ambiente Padlet, e suas contribuições para a aprendizagem de equações do 1º grau por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental. A proposta, denominada *Detetives das Equações*, fundamentou-se na análise de resoluções contendo erros intencionais, com o objetivo de promover a explicitação de raciocínios, a revisão cooperativa entre pares e a reflexão metacognitiva. A investigação foi conduzida segundo a metodologia do Experimento de Ensino e os dados foram analisados por meio da Análise de Conteúdo, a partir de um modelo analítico que articula estruturas da Epistemologia Genética às características do pensamento algébrico. Os resultados evidenciam indícios de reorganização conceitual e de mobilização de esquemas operatórios associados a níveis mais estruturados de pensamento algébrico, sustentando a tese de que as APAR podem favorecer a metacognição e o desenvolvimento de estratégias de resolução mais conscientes no ensino de Álgebra.

Palavras-chave: Arquitetura Pedagógica; Equações do 1º Grau; Padlet; Pensamento Algébrico; Epistemologia Genética;

Equation Detectives: A Pedagogical Architecture with Padlet for Teaching First-Degree Equations

Abstract. This article analyzes the implementation of a Pedagogical Architecture for Networked Learning (PARNL), structured within the Padlet environment, and its contributions to the learning of first-degree equations by eighth-grade students in lower secondary education. The proposal, entitled *Equation Detectives*, was grounded in the analysis of problem solutions containing intentional errors, with the aim of fostering the explicit articulation of reasoning, cooperative peer review, and metacognitive reflection. The investigation was conducted using the Teaching Experiment methodology, and the data were analyzed through Content Analysis, based on an analytical model that articulates the structures of Genetic Epistemology with the characteristics of algebraic thinking. The results reveal evidence of conceptual reorganization and the mobilization of operative schemes associated with more structured levels of algebraic thinking, supporting the claim that Pedagogical Architectures can promote metacognition and the development of more reflective problem-solving strategies in Algebra education.

Keywords: Pedagogical Architecture; First-Degree Equations; Padlet; Algebraic Thinking; Genetic Epistemology.

1. Introdução

A Matemática ocupa um lugar de destaque nos currículos escolares, sendo frequentemente associada à lógica, à formalização e à abstração. Contudo, essa ênfase

nem sempre se traduz em experiências de aprendizagens contextualizadas, especialmente em contextos atravessados por desigualdades sociais e pedagógicas. Dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) de 2023 revelam que apenas 16% dos estudantes do 9º ano da rede pública brasileira alcançam níveis de proficiência em Matemática, o que evidencia a necessidade de repensar práticas pedagógicas que, historicamente, têm se mostrado pouco sensíveis às formas de pensar, aprender e significar mobilizadas pelos próprios estudantes.

Frente a esse cenário, torna-se imperativo desenvolver estratégias de ensino que considerem as estruturas cognitivas em transformação, valorizem as hipóteses elaboradas pelos sujeitos e promovam a problematização do erro como elemento constitutivo do conhecimento (Müller; Menezes; Basso, 2024). Na perspectiva construtivista, o erro deixa de ser compreendido como falha e passa a ser interpretado como expressão de esquemas em processo de reorganização (Piaget, 1973; La Taille, 1997). De modo convergente, Freire (2018) concebe a aprendizagem como um processo dialógico, no qual a escuta, a reflexão crítica e a ação transformadora constituem fundamentos centrais da construção do conhecimento.

Nesse contexto, as Arquiteturas Pedagógicas para Aprendizagem em Rede (APAR), compreendidas como estruturas intencionais que organizam tempos, espaços, recursos e interações no processo educativo (Carvalho; Nevado; Menezes, 2005; Müller; Menezes, 2025), apresentam-se como uma possibilidade promissora para a articulação entre fundamentos epistemológicos, princípios pedagógicos e tecnologias digitais. Ancoradas em uma perspectiva ecológica da aprendizagem (Lévy, 1998; Aragón, 2016), as APAR favorecem a constituição de ambientes investigativos mediados por tecnologias, nos quais a cooperação, a autoria e a metacognição assumem papel central.

A proposta pedagógica analisada neste artigo foi desenvolvida com estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental da rede pública e materializa-se na atividade intitulada *Detetives das Equações*. Essa atividade integrou uma Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em Rede concebida para favorecer a cooperação entre pares, a explicitação de raciocínios e a construção conceitual no ensino de Álgebra, particularmente no estudo de equações do 1º grau.

Com o suporte computacional do Padlet (<https://padlet.com>), a APAR configurou-se como um espaço virtual multimodal, permitindo a publicação de textos, imagens, áudios e vídeos. Essa diversidade de linguagens ampliou as possibilidades de expressão e registro dos estudantes, ao mesmo tempo em que promoveu a reflexão coletiva sobre os próprios processos de pensamento. A atividade foi estruturada a partir da análise de resoluções de equações do 1º grau previamente elaboradas, algumas delas contendo erros conceituais e procedimentais, com o propósito de instigar a revisão crítica, a argumentação e a reorganização de estratégias de resolução.

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar a implementação de uma APAR, estruturada no ambiente Padlet, e suas contribuições para a aprendizagem de equações do 1º grau por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental. Para tanto, investiga-se de que modo os registros produzidos pelos estudantes no âmbito da atividade *Detetives das Equações* evidenciam processos de explicitação de raciocínios, revisão cooperativa e reorganização conceitual, à luz de um modelo analítico que articula as estruturas da Epistemologia Genética (Piaget, 2002) às características do pensamento algébrico discutidas por Radford (2006), Kaput (2008) e Almeida (2016).

Assim, o estudo orienta-se pela seguinte questão de pesquisa: *em que medida e de que forma uma Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em Rede, mediada pelo Padlet, pode favorecer a mobilização de esquemas operatórios e o desenvolvimento do pensamento algébrico na aprendizagem de equações do 1º grau?*

2. Tecnologias, Arquiteturas Pedagógicas e Mediação da Aprendizagem

O uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) no campo educacional tem impulsionado a constituição de ambientes de aprendizagem que articulam sujeitos, saberes e mídias, oferecendo suporte à mediação pedagógica e à construção do conhecimento (Müller, Menezes, 2025; Menezes, Aragon, Castro-Jr, 2021). Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são compreendidos como plataformas online voltadas à organização de conteúdos e à facilitação das interações entre os participantes do processo educativo. Embora tradicionalmente associados ao ensino remoto e Educação a Distância, tais ambientes têm se integrado de forma progressiva ao cotidiano escolar presencial, exigindo propostas metodológicas que mobilizem intencionalmente os recursos digitais em consonância com objetivos formativos.

Entre as tecnologias digitais que possibilitam a comunicação social, além do uso de diferentes mídias, o *Padlet* tem se destacado como um recurso digital que permite a construção de murais virtuais acessíveis por navegador ou aplicativo, nos quais os usuários podem adicionar textos, imagens, vídeos, áudios, documentos e links. Segundo Linck e Pereira (2023, p. 47), o *Padlet* “facilita a interação e a troca de ideias entre alunos e educadores”, oferecendo possibilidades de personalização, publicação simultânea e comentários em tempo real, favorecendo o aprofundamento conceitual, a organização hipertextual e a produção de registros reflexivos sobre os conteúdos trabalhados.

Ainda que descrito como um ambiente colaborativo (Silva e Lima, 2018), o *Padlet* pode ser incorporado a propostas pedagógicas que valorizam a cooperação como princípio estruturante. Essa distinção é fundamental quando se considera as APAR como um arranjo intencional que organiza tempos, espaços, recursos e interações para favorecer a construção do conhecimento. Conforme definido por Carvalho, Nevado e Menezes (2005), as APAR articulam pressupostos epistemológicos, concepções pedagógicas e recursos tecnológicos em configurações didáticas planejadas, operando como suportes estruturantes da ação educativa. As APAR propõem a criação de ambientes em que interações entre educadores, estudantes e artefatos sejam articulados por meio de estratégias pedagógicas que sustentem a aprendizagem em redes dinâmicas e interdependentes.

Nesse cenário, as TDICs não são tomadas como elementos suplementares ou ilustrativos, mas como mediadoras cognitivas, cuja inserção exige intencionalidade pedagógica e coerência com o projeto formativo. Como apontam Notare e Basso (2012, 2016), o valor das tecnologias reside na sua capacidade de reorganizar esquemas mentais e de ampliar os modos de produção e representação do conhecimento. Assim, ao ser mobilizado dentro de uma APAR orientada pela problematização e pela cooperação, o *Padlet* adquire novas funções didáticas, permitindo a construção de saberes, o exercício da escuta e a explicitação dos modos de pensar dos estudantes.

3. Pensamento Algébrico, Epistemologia Genética e o Papel do Erro na Aprendizagem de Equações do 1º Grau

Na perspectiva da Epistemologia Genética, o conhecimento não é uma cópia da realidade, mas uma construção progressiva realizada pelo sujeito em interação com o meio, por meio dos mecanismos de assimilação, acomodação e equilíbrio.

Essa construção envolve processos de abstração reflexionante, mediante os quais o sujeito coordena mentalmente suas ações, reconstruindo e reorganizando suas estruturas cognitivas a partir dos processos de reflexionamento e reflexão. Trata-se de uma forma de construção do conhecimento que não se apoia nas características observáveis dos objetos, como na abstração empírica, mas nas operações realizadas pelo próprio sujeito (Piaget, 2002).

No contexto do ensino de Álgebra, o desenvolvimento do pensamento algébrico é entendido como a manifestação de capacidades que permitem ao estudante operar com o desconhecido, simbolizar relações, generalizar padrões e modelar situações (Almeida, 2016). Tais capacidades podem ser correlacionadas às estruturas cognitivas descritas por Piaget, como conservação, reversibilidade, compensações multiplicativas, proporcionalidade, equilíbrio e operações do grupo INRC (Identidade, Negação, Reciprocidade e Correlatividade). Essas transformações podem ser combinadas para produzir resultados equivalentes à aplicação isolada de qualquer uma delas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe, por exemplo, que os estudantes do 7º ano sejam capazes de "resolver e elaborar problemas que possam ser representados por equações polinomiais de 1º grau. A realização dessa competência implica não apenas a aplicação de algoritmos, mas a internalização de operações formais que sustentam a construção do pensamento algébrico.

Para articular essas dimensões, elaborou-se um modelo analítico que relaciona os objetos de conhecimento da BNCC às estruturas operatórias da Epistemologia Genética e às competências algébricas descritas por autores como, Kaput (2008), Radford (2006) e Almeida (2016). A seguir, apresenta-se o Quadro 1 com a síntese da relação proposta:

Quadro 1. Epistemologia Genética e pensamento algébrico em relação ao objeto de Conhecimento Equações 1º Grau

Objeto de conhecimento	Habilidade segundo a BNCC (EF07MA18)	Estruturas cognitivas da Epistemologia Genética	Competências algébricas mobilizadas
Equações polinomiais do 1º grau	Resolver e elaborar problemas que possam ser representados por equações redutíveis à forma $ax + b = c$, usando propriedades da igualdade.	Simbolismo, Generalizações, Relações de igualdade, Conservação, Compensações multiplicativas, Proporções, INRC, Noções de equilíbrio, Coordenação de sistemas duplos.	Estabelecer relações, modelar, construir significado, generalizar, operar com o desconhecido.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na BNCC (2017), Piaget (1973, 2002), Kaput (2008) e Radford (2006).

A proposta da APAR desenvolvida se ancora nessa matriz analítica ao promover situações em que os estudantes são desafiados a identificar, interpretar e revisar erros em resoluções de equações do 1º grau. Tais atividades favorecem a mobilização de estruturas operatórias como a conservação (preservação da igualdade), o simbolismo (uso de representações), a coordenação de duplos sistemas de referência (interpretação de relações variáveis), entre outras.

Além disso, ao estimular a investigação de diferentes estratégias e a construção de estratégias de resolução em duplas, a atividade cria condições para que os estudantes avancem do pensamento empírico para formas mais sistemáticas e abstratas de raciocínio. A mediação distribuída, nesse processo, não se limita à correção, mas visa provocar desequilíbrios cognitivos para reorganizações conceituais.

A análise dos erros, nesse sentido, assume um papel epistemológico e formativo. Conforme La Taille (1997), o erro, ao ser problematizado em ambiente de cooperação, pode favorecer a descentração, a tomada de consciência e a elaboração de novas estratégias cognitivas. Essa perspectiva está em consonância com a pedagogia freiriana, que compreende o conhecimento como processo dialógico, crítico e emancipador (Freire, 2014).

Assim, o ensino de equações do 1º grau, quando apoiados pelo uso de APAR, busca favorecer o desenvolvimento do pensamento algébrico articulado a competências cognitivas superiores. Esse processo torna-se relevante quando os erros são compreendidos não como fracassos, mas como indícios de reorganizações em curso, constituindo-se em oportunidades para o avanço do conhecimento matemático.

4. Metodologia e APAR Desenvolvida

A atividade pedagógica descrita adota o Experimento de Ensino (Steffe & Thompson, 2000) como abordagem metodológica. Essa estratégia visa promover, observar e interpretar transformações no raciocínio dos estudantes, a partir da implementação de situações didáticas que mobilizem processos de construção do conhecimento.

Para a análise dos dados, foi utilizada a Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), articulada às estruturas da Epistemologia Genética (Piaget, 2002) e às características do pensamento algébrico, conforme discutido por Kaput (2008), Radford (2006) e Almeida (2016). A interpretação dos dados empíricos foi realizada a partir de um modelo analítico composto por quatro níveis de pensamento algébrico, desenvolvido no âmbito desta investigação.

O Experimento de Ensino foi implementado em abril e maio de 2025 com estudantes do 8º ano do EF da EMEF Rondônia, em Canoas (RS). Do total de 28 estudantes, quatro diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e dois com Deficiência Intelectual (DI). O foco da análise recai sobre o funcionamento cognitivo manifestado na interação, e não no diagnóstico individual.

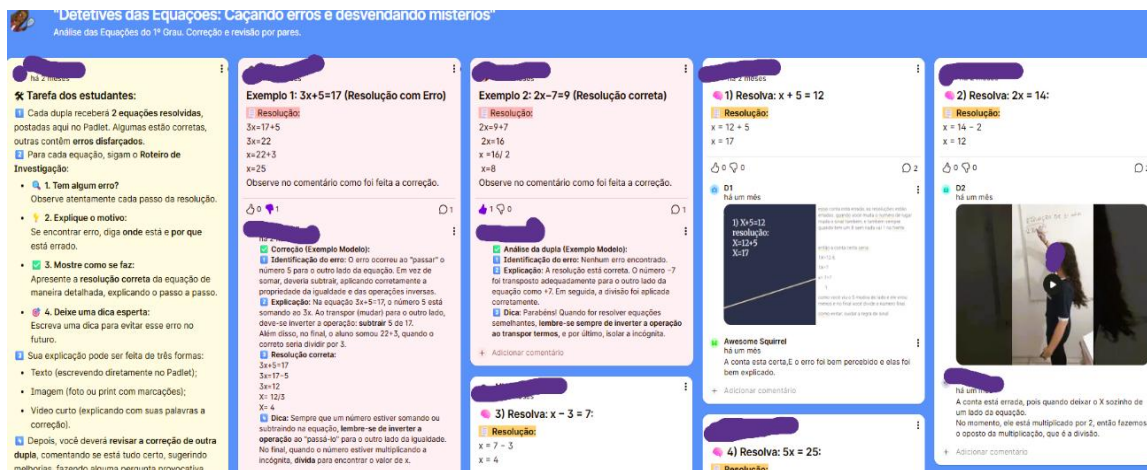
O experimento foi conduzido por meio de uma APAR implementada em um ambiente virtual *Padlet*. A atividade foi intitulada “Detetives das Equações: Caçando erros e desvendando mistérios” e teve como foco a análise de erros em resoluções de equações do 1º grau, apoiando o desenvolvimento, o pensamento algébrico e a metacognição em uma dinâmica cooperativa.

4.1. A APAR "Detetives das Equações"

A APAR Detetives das Equações foi implementada no Padlet como um mural virtual dinâmico, planejado para favorecer a expressão multimodal, a reflexão crítica e a interação cooperativa entre os estudantes. Conforme apresentado na Figura 1, o ambiente foi organizado com quatro componentes principais: (1) um mural de instruções contendo a explicação da tarefa e os objetivos da proposta; (2) dois exemplos de resoluções modelo — um com erro propositado e outro com resolução correta — acompanhados de análises nos comentários; (3) trinta postagens contendo equações

resolvidas para análise pelas duplas; e (4) um espaço destinado à revisão por pares, possibilitando a mediação distribuída e o aprimoramento das explicações.

Figura 1 – Visão geral do mural Padlet.

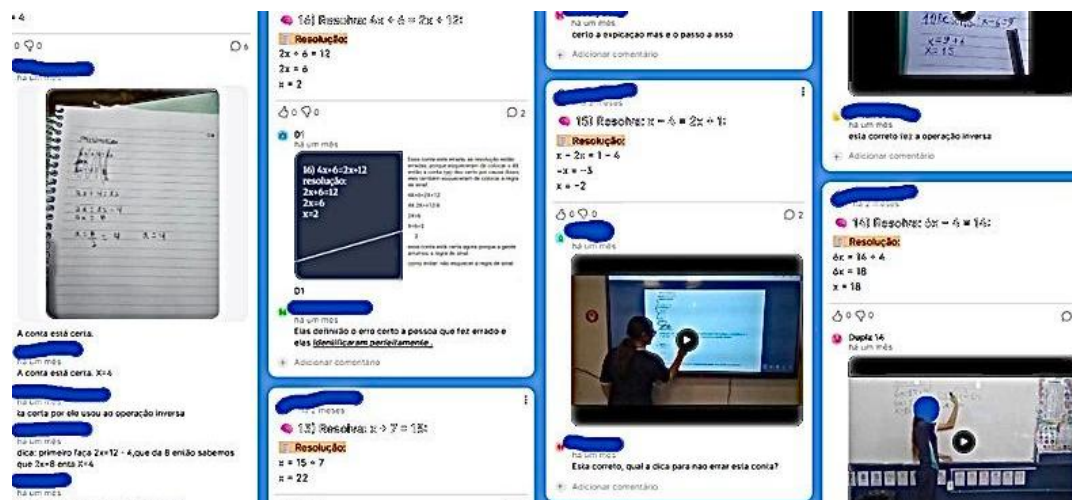


A Figura 1 apresenta uma visão geral do mural Padlet, evidenciando sua organização visual e a intencionalidade pedagógica da APAR, aspectos que favoreceram a autonomia e o engajamento dos estudantes ao longo da atividade.

Os objetivos educacionais da APAR: (1) desenvolver a capacidade de análise crítica e explicação fundamentada, (2) estimular o pensamento algébrico e a metacognição e (3) favorecer a construção do conhecimento por meio da cooperação entre pares.

A proposta foi organizada em duas etapas distintas e complementares. No primeiro momento, denominado *Análise e Correção Crítica*, cada dupla de estudantes acessou duas resoluções previamente postadas pela mediação docente, devendo: (1) identificar a presença ou ausência de erro(s), (2) justificar conceitualmente por que determinado procedimento ou conceito estava equivocado, (3) apresentar a resolução correta com as etapas necessárias e (4) sugerir uma dica prática para evitar erros semelhantes. Conforme ilustrado na Figura 2, as respostas podiam ser postadas em diferentes formatos — texto, imagem (como fotografias de cadernos ou quadros), áudio ou vídeo — valorizando múltiplos modos de expressão e favorecendo o envolvimento de distintos perfis de aprendizagem.

Figura 2 – Exemplo de postagem com equação resolvida com erro.



O segundo momento, intitulado **Revisão por pares**, convidava cada dupla a revisar a correção realizada por outro par, promovendo o diálogo, o aprimoramento argumentativo e a escuta. Essa etapa da atividade visava ampliar os repertórios explicativos e contribuir para a consolidação do conhecimento por meio da interação com diferentes estratégias e compreensões. O recurso de comentários no *Padlet* foi utilizado como espaço de mediação entre pares, reforçando o papel dos estudantes na validação e aprofundamento dos conhecimentos.

Como consolidação, as produções das duplas foram sistematizadas em um documento coletivo no *Google Docs*, configurando a construção de um **Manual de Erros e Correções**. Esse produto pedagógico funciona como um repositório formativo, elaborado com base na experiência investigativa dos estudantes, que poderá ser consultado em atividades futuras de revisão e aprofundamento.

Os dados gerados, compostos por textos, imagens, vídeos e áudios, foram analisados à luz da Epistemologia Genética e do pensamento algébrico, com foco na identificação de indícios de abstração reflexionante e na classificação dos níveis de pensamento algébrico mobilizados pelos estudantes, conforme o modelo analítico desenvolvido para esta investigação.

5. Análise dos Resultados: Análise do Erro como Catalisador do Pensamento Algébrico

A APAR *Detetives das Equações*, fundamentada nas teorias piagetiana e freireana, posicionou o erro não como fracasso, mas como um indício de desequilíbrio cognitivo e uma oportunidade dialógica de reconstrução do conhecimento (Piaget, 1973/2002; Freire, 2018). Esta seção analisa qualitativamente as produções de 14 duplas de estudantes, buscando compreender como a problematização intencional do erro, em um ambiente multimodal e cooperativo, mobilizou estruturas cognitivas e promoveu a evolução do pensamento algébrico.

5.1 Dimensões analíticas e significados dos códigos adotados

A unidade de análise adotada foi a dupla, em coerência com a natureza dialógica da atividade e com a perspectiva freireana de construção coletiva do saber. O corpus empírico foi constituído por produções multimodais — textos, áudios e vídeos — postadas no *Padlet* da atividade.

A organização e interpretação dos resultados fundamentaram-se em um modelo analítico que articula princípios da Epistemologia Genética às categorias do pensamento algébrico, constituindo uma base teórico-metodológica para identificar os níveis de evolução cognitiva e as formas de raciocínio mobilizadas pelos participantes.

a) Estratégias de resolução (E1–E7): Refletem a sofisticação cognitiva das ações dos estudantes ao lidar com o erro e a resolução de equações:

- **E1 – Tentativa aleatória:** aplicação de operações desconectadas, sem relação lógica entre as etapas.
- **E2 – Cálculo numérico direto:** execução de cálculos aritméticos ou regras decoradas, sem compreensão simbólica.
- **E3 – Representação concreta/visual:** uso de esquemas, desenhos ou analogias concretas como apoio cognitivo.
- **E4 – Exploração de padrões:** identificação de regularidades e relações numéricas com generalização incipiente.

- **E5 – Uso incipiente de letras/símbolos:** introdução da incógnita com compreensão parcial de sua função.
- **E6 – Aplicação de equações:** resolução correta por meio da linguagem algébrica, ainda que de forma mecânica.
- **E7 – Modelagem e generalização:** construção de expressões e generalizações conscientes com justificativa conceitual.

b) Tipos de erro (ER1–ER5): Indicadores das naturezas de desequilíbrio cognitivo e obstáculos conceituais observados nas produções:

- **ER1 – Operacional:** erros de cálculo ou de aplicação de operações básicas.
- **ER2 – Simbólico:** uso incorreto de notações algébricas, letras ou sinais de igualdade.
- **ER3 – Conceitual:** incompreensão de princípios fundamentais, como a ideia de igualdade ou incógnita.
- **ER4 – Representacional:** dificuldades em traduzir o raciocínio entre diferentes registros (linguístico, numérico, simbólico ou visual).
- **ER5 – Interpretativo:** interpretação equivocada do enunciado ou da lógica do problema.

c) Estruturas cognitivas mobilizadas: Inspiradas na teoria piagetiana, representam as operações mentais ativadas no processo de resolução como:

- **Reversibilidade:** entendimento de que uma operação pode ser desfeita por sua inversa.
- **Conservação:** reconhecimento da invariância da igualdade após transformações.
- **Compensação:** coordenação de transformações opostas para manter o equilíbrio.
- **Coordenação de esquemas:** integração de raciocínios parciais em um sistema coerente.
- **Abstração reflexionante:** reconstrução mental das ações e generalização das operações.

d) Características do pensamento algébrico

Esta dimensão descreve a manifestação do raciocínio, variando desde a resolução por tentativa e erro e dificuldade em operar com o desconhecido, até a capacidade de modelar, generalizar e justificar procedimentos com fluência.

O conceito de viscosidade genética (Inhelder, 1943), entendido como oscilações ou rigidez na reestruturação de esquemas cognitivos, foi utilizado como lente para analisar trajetórias onde tal resistência estava presente e como foi mediada pela atividade.

5.2 Espectro de Desempenho: Da Execução à Compreensão Conceitual

A análise revelou um amplo espectro de desempenhos. Para uma visão sintética, apresenta-se o Quadro 2 com organização dos principais resultados das duplas.

Quadro 2 – Síntese da Análise das Duplas na APAR "Detetives das Equações"

Dupla	Identificou o Erro?	Resolveu Corretamente?	Estratégia (E)	Tipo de Erro	Estrutura Cognitiva	Característica do Pensamento Algébrico
D1	Sim	Sim	E6	ER2	Relações de igualdade (mecânica)	Operar com o desconhecido via regras
D2	Parcialmente	Não	E4	ER3	Simbolismo incipiente	Estabelecer relações de forma incipiente
D3	Sim	Sim	E6	ER1	Compensação e equilíbrio	Modelar e operar com o desconhecido
D4	Sim	Sim	E7	ER2	Generalizações	Generalizar e construir significado
D5	Não	Não	E2	ER3	Pensamento concreto	Dificuldade em operar com o desconhecido
D6	Sim	Parcialmente	E5	ER2	Simbolismo e igualdade (parcial)	Estabelecer relações com limitações
D7	Sim	Sim	E6	ER1	Reversibilidade e equilíbrio	Operar com o desconhecido
D8	Sim	Sim	E7	---	Coordenação de sistemas	Generalizar e modelar
D9	Não	Não	E3	ER3	Dificuldade de generalização	Estabelecer relações de forma rígida
D10	Parcialmente	Não	E2	ER5	Dificuldade interpretativa	Dificuldade em modelar
D11	Parcialmente	Não	E1	ER3	Rigidez operatória	Dificuldade em operar com o desconhecido
D12	Parcialmente	Sim	E6	ER2	Conservação e generalizações	Construir significado com visuais
D13	Sim	Sim	E7	---	Abstração reflexionante	Generalizar e modelar
D14	Sim	Sim	E7		Generalização consolidada	Generalizar e operar com fluência

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os dados e principais resultados analisados qualitativamente, também foram sistematizados percentualmente:

- **Êxito Procedimental:** Aproximadamente 64% das duplas (9/14) identificaram o erro e apresentaram uma resolução correta ou parcialmente correta, demonstrando domínio da execução da tarefa.
- **A Lacuna Conceitual:** Apenas 36% das duplas (5/14) forneceram justificativas conceituais sólidas. A maioria (57%) apresentou justificativas limitadas, indicando um pensamento mecânico—a aplicação de regras memorizadas (ex.: "passar para o outro lado trocando o sinal") sem compreensão subjacente da reversibilidade ou da igualdade como relação. Este é o perfil das duplas que utilizavam a estratégia E6, mas com estruturas cognitivas não totalmente consolidadas.
- **Pensamento de Alto Nível:** Cerca de 29% das duplas (4/14) empregaram estratégias de modelagem e generalização (E7), associadas a estruturas cognitivas complexas como a coordenação de sistemas e a abstração reflexionante.

Alguns exemplos são as duplas D1 e D7 que ilustram o predomínio de estruturas operatórias concretas, aplicando regras decoradas sem compreender o equilíbrio entre os membros da equação. Já D3, D8 e D14 apresentaram coordenação de esquemas e abstração reflexionante, articulando justificativas lógicas e generalizações. O excerto de

S18 (D3) — “*primeiro juntamos as incógnitas formando $3x = 12$* ” — indica compreensão da compensação algébrica e da estrutura da igualdade como relação invariável, e não como operação de deslocamento.

5.3 Trajetórias Cognitivas: Superando a Rigidez através da Mediação

A observação das trajetórias revelou processos de reequilíbrio majorante, em que a cooperação e a multimodalidade atuaram como mediadores cognitivos. Duplas como D5 e D9 permaneceram em níveis de pensamento concreto (E2–E3), enquanto D3, D8 e D14 apresentaram progressões significativas em direção ao pensamento formal.

Casos de viscosidade genética foram evidentes em estudantes com TEA e DI. A estudante S13 (DI), por exemplo, usou o vídeo para explicitar seu raciocínio, afirmando: “*eu fiz o contrário pra ver se dava certo*”. Essa verbalização reflete a emergência da reversibilidade, sinalizando uma reorganização cognitiva. De forma semelhante, a dupla D2, composta por um estudante com TEA, apresentou avanços na compreensão de equivalência ao explicitar oralmente a lógica de suas operações. Esses achados corroboram a importância de ambientes multimodais e dialógicos na promoção da flexibilidade de esquemas cognitivos e na superação de rigidez operatória.

5.4 O "Manual de Erros": A Metacognição como Síntese da Aprendizagem

A elaboração coletiva do Manual de Erros e Correções constituiu a síntese metacognitiva do processo. Ao categorizar seus próprios erros e formular “dicas espertas”, os estudantes realizaram uma operação de abstração reflexionante, transformando experiências particulares em conhecimentos generalizáveis. Dicas como “sempre confira os sinais antes de passar o número” (D8) revelam a tomada de consciência sobre o próprio raciocínio.

A produção deste manual representa muito mais que um exercício de compilação; é a materialização do processo de tomada de consciência sobre os obstáculos inerentes à aprendizagem da álgebra. Ao transformar-se em autores de um guia de orientação para seus pares, os estudantes consolidaram suas próprias aprendizagens e avançaram em direção à abstração, demonstrando como a mediação pedagógica e a cooperação podem catalisar a superação de dificuldades mesmo em estudantes com marcadores de viscosidade genética. O manual serve, assim, como um resultado tangível da equilibração majorante promovida pela APAR. Nele, o erro, investigado e sistematizado, transformou-se efetivamente em ferramenta de aprendizagem para toda a turma.

5.5 Discussão Integradora

Os resultados demonstram que a APAR “Detetives das Equações” foi um ecossistema pedagógico acessível e eficaz para favorecer a equilibração. A análise confirma que a atividade foi acessível e promotora de sucesso procedural para a maioria, mas também evidencia que a construção de um pensamento algébrico robusto está intrinsecamente ligada à mobilização de estruturas operatórias complexas, alcançada de forma mais consistente por um grupo menor.

A progressão cognitiva esteve associada a três fatores-chave:

A mediação cooperativa, que estimulou a argumentação e o confronto de hipóteses; a multimodalidade expressiva, que ampliou as formas de representação do raciocínio; e, a reflexão metacognitiva, que consolidou a consciência sobre o erro e a reestruturação dos esquemas.

A proposta pedagógica não apenas ressignificou o erro como objeto epistemológico, mas também constituiu um espaço fértil para a (re)construção de esquemas mentais, articulando linguagem simbólica, cooperação e mediação pedagógica.

A análise das produções revela, portanto, que o desenvolvimento do pensamento algébrico é profundamente influenciado pela qualidade das interações, pela acessibilidade dos recursos disponibilizados e pela intencionalidade formativa da proposta. As dificuldades, ainda que persistentes em alguns casos, não se mostraram impermeáveis à ação pedagógica; ao contrário, tornaram-se visíveis, discutíveis e potencialmente transformáveis no contexto investigativo criado pela APAR.

6. Considerações Finais

Os resultados apresentados indicam que a APAR "Detetives das Equações" favoreceu o desenvolvimento de competências associadas ao pensamento algébrico, em consonância com estruturas cognitivas descritas pela Epistemologia Genética. A análise das respostas e interações entre os estudantes evidenciou a mobilização de esquemas operatórios relacionados à conservação, à compensação e à reversibilidade, articulados a processos de abstração reflexionante.

As tarefas propostas, organizadas em um ambiente digital com mediação cooperativa e foco na análise de erros, auxiliaram na explicitação de raciocínios e permitiram inferir avanços na compreensão das propriedades das equações do 1º grau. A construção do conhecimento ocorreu por meio da ação, da reflexão e da reorganização de estratégias, em uma abordagem coerente com princípios construtivistas.

A análise dos episódios selecionados sugere que o experimento contribuiu para que os estudantes transitassem de procedimentos empíricos para estratégias mais estruturadas e conscientes, indicando possíveis avanços nos estádios do desenvolvimento cognitivo. Os dados apresentados contribuem para o debate sobre o uso de APAR com apoio no ensino de Álgebra nos anos finais do EF.

Referências

ALMEIDA, Jadilson Ramos de. Níveis de desenvolvimento do pensamento algébrico: um modelo para os problemas de partilha de quantidade. 2016.

ARAGÓN, Rosane. Interação e mediação no contexto das arquiteturas pedagógicas para a aprendizagem em rede. *Revista de educação pública (Cuiabá)*. Vol. 25, n. 59/1 (maio/ago. 2016), p. 261-275., 2016.

BRASIL. (2017). MEC/INEP. Base Nacional Comum Curricular: Educar é a base. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Resultados do SAEB 2023. Brasília: INEP, 2025.

CARVALHO, Marie Jane S.; DE NEVADO, Rosane Aragon; DE MENEZES, Crediné Silva. Arquiteturas pedagógicas para educação à distância: concepções e suporte telemático. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. 2005. p. 351-360. FREIRE, Paulo. *Por uma Pedagogia da Pergunta*. Editora Paz e Terra. (2014).

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 56 ed. (2018).

INHELDER, Bärbel. *Le diagnostic du raisonnement chez les débiles mentaux*. 2. ed. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, 1963. (Versão eletrônica produzida pela Fundação Piaget).

KAPUT, J. J. What is algebra? What is algebraic reasoning? In JJ Kaput, DW Carraher, & ML Blanton (Eds.), *Algebra in the early grades*. 2008.

LA TAILLE, Ives. de. O Erro na Perspectiva Piagetiana. In: AQUINO, J.G. (org.). *Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas*. São Paulo: Summus, 1997.

LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência: O futuro do pensamento na Era da Informática*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1998.

LINCK, Uilson. & PEREIRA, Andréa. Padlet e Filosofia: Uma Nova Perspectiva de Aprendizagem. In: *WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE)*, 3, 2024, Rio de Janeiro/RJ. Anais [...].DOI: <https://doi.org/10.5753/wie.2024.241990>.

MENEZES, Crediné Silva de; CASTRO JUNIOR, Antonio N. de; ARAGÓN, Rosane. *Arquiteturas pedagógicas para aprendizagem em rede*. Série de livros texto da CEIE-SBC. Disponível em: <https://ieducacao.ceie-br.org/arquiteturas-pedagogicas/>. Acessado: em, v. 7, p. 21-08, 2020.

MÜLLER, Miriam Garcia; MENEZES, Crediné Silva de. Arquitetura pedagógica para aprendizagem em rede e abstração reflexionante no ensino de combinatória: o jogo da senha como objeto-de-pensar-com. *RENOTE*, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 396–406, 2025. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/149285>.

NOTARE, Márcia Rodrigues; BASSO, Marcus Vinicius de Azvedo. (2012). *Tecnologia na Educação Matemática: Trilhando o Caminho do Fazer ao Compreender*. *RENOTE*, Porto Alegre, v. 10, n. 3. DOI: 10.22456/1679-1916.36459. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/36459>.

PIAGET, Jean. *Seis Estudos de Psicologia*. 6º. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária. (1973). (Original publicado em 1964).

PIAGET, Jean. (2002). “Epistemologia Genética” (4a ed.). São Paulo: Martins Fontes.

RADFORD, Luis; PEIRCE, Charles Sanders. Algebraic thinking and the generalization of patterns: A semiotic perspective. In: *Proceedings of the 28th conference of the international group for the psychology of mathematics education, North American chapter*. 2006. p. 2-21.

DA SILVA, Patrícia Grasel; DE LIMA, Dione Sousa. Padlet Como Ambiente Virtual De Aprendizagem Na Formação De Profissionais Da Educação. *Revista novas tecnologias na educação*, v. 16, n. 1, 2018.

STEFFE, Leslie P.; THOMPSON, Patrick W.; VON GLASERSFELD, Ernst. Teaching experiment methodology underlying principles and essential elements. In: *Handbook of research design in mathematics and science education*. Routledge, 2012. p. 267-306.