

A CONSTRUÇÃO DE UM ITEM DE MÚLTIPLA ESCOLHA E A ANÁLISE DE DESEMPENHO NA APRENDIZAGEM DO TEOREMA DE PITÁGORAS: uma proposta de intervenção didática no 9º ano

THE CONSTRUCTION OF A MULTIPLE-CHOICE ITEM AND PERFORMANCE ANALYSIS IN PYTHAGOREAN THEOREM LEARNING: a didactic intervention proposal for 9th Grade

Henrique Ferreira do Nascimento
hfn1@discente.ifpe.edu.br

Emersson Rodrigues de Souza
emersson.souza@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de intervenção didática voltada para a aprendizagem do Teorema de Pitágoras com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública em Pesqueira/PE. O objetivo foi analisar como a construção de itens de múltipla escolha, fundamentada na Teoria de Resposta ao Item (TRI) e na análise de distratores, contribui para a identificação de erros conceituais e a melhoria do desempenho acadêmico. A metodologia seguiu uma abordagem quali-quantitativa, configurando-se como um estudo de caso aplicado. Os resultados da primeira aplicação revelaram um índice de acerto de 54,5%, com erros frequentes associados à soma direta dos catetos e dificuldades em cálculos de raiz quadrada. Após a intervenção pedagógica e devolutiva individualizada, a segunda aplicação demonstrou uma evolução significativa, atingindo 72,7% de acertos. Conclui-se que o uso de instrumentos avaliativos bem estruturados, aliados à análise qualitativa do erro, é uma ferramenta eficaz para a mediação cognitiva e a consolidação de conceitos geométricos.

Palavras-chave: Teorema de Pitágoras; Análise de Erros; Intervenção Didática; Avaliação Formativa.

ABSTRACT

This study presents a didactic intervention proposal aimed at learning the Pythagorean Theorem with 9th-grade students from a public school in Pesqueira/PE. The objective was to analyze how the construction of multiple-choice items, grounded in Item Response Theory (IRT) and distractor analysis, contributes to identifying conceptual errors and improving academic performance. The methodology followed a qualitative-quantitative approach, characterizing itself as an applied case study. The results of the first application revealed a 54.5% success rate, with frequent errors associated with the direct sum of the legs (catheti) and difficulties in square root calculations. Following the

pedagogical intervention and individualized feedback, the second application demonstrated significant evolution, reaching a 72.7% success rate. It is concluded that the use of well-structured assessment instruments, combined with qualitative error analysis, serves as an effective tool for cognitive mediation and the consolidation of geometric concepts.

Keywords: Pythagorean Theorem; Error Analysis; Didactic Intervention; Formative Assessment.

1 INTRODUÇÃO

A Matemática constitui-se historicamente como um dos principais instrumentos para o desenvolvimento do pensamento lógico. No contexto escolar, essa disciplina assume um papel fundamental na formação dos estudantes, desenvolvendo o raciocínio crítico e habilidades essenciais para a vida cotidiana. Dentre os conteúdos do Ensino Fundamental, o Teorema de Pitágoras destaca-se por sua aplicabilidade e por ser um marco no estudo da geometria.

Entretanto, observa-se que muitos alunos apresentam dificuldades em compreender e aplicar esse teorema, o que reflete a necessidade de metodologias que favoreçam a aprendizagem significativa. Nesse sentido, o uso de itens de múltipla escolha baseados na TRI pode se configurar como uma ferramenta pedagógica relevante, permitindo ao professor identificar não apenas se o aluno errou, mas porque ele errou.

A elaboração criteriosa de questões de múltipla escolha, quando alinhada a uma proposta de intervenção didática, possibilita não apenas medir resultados, mas também promover reflexões sobre o ensino de conteúdos matemáticos. Assim ao investigar a aprendizagem do Teorema de Pitágoras por meio dessa abordagem, busca-se compreender de que forma os estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental assimilam esse conceito, e como intervenções podem contribuir para a melhoria do desempenho.

Nesse contexto, este estudo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: em que medida a construção de um item de múltipla escolha e a análise detalhada das respostas dos alunos podem contribuir para a melhoria da aprendizagem do Teorema de Pitágoras em estudantes do 9º ano? Para tal, este trabalho tem como objetivo analisar a contribuição dessa abordagem para a melhoria da aprendizagem, a partir de uma proposta de intervenção didática. Além disso, pretende discutir a importância de instrumentos avaliativos bem elaborados no processo do ensino da matemática e sua relevância na formação escolar do educando.

O artigo está estruturado em cinco seções. A segunda seção apresenta o Referencial Teórico, com as bases conceituais sobre a aprendizagem do Teorema de Pitágoras e a importância da construção de instrumentos de avaliação com foco em análise de erros. A terceira seção descreve a Metodologia, detalhando os procedimentos de pesquisa, o público-alvo, a construção dos instrumentos, a aplicação da intervenção didática e os critérios de análise. A quarta seção expõe a Análise e Discussão dos Resultados, com a apresentação dos dados coletados, a interpretação das respostas dos alunos e a comparação entre as aplicações. Por fim, a quinta seção traz as Considerações Finais, resumindo os principais achados e sugerindo novas pesquisas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Ensino e a Aprendizagem de Geometria e do Teorema de Pitágoras

A Geometria, dentro do currículo da Educação Básica, é um campo essencial para o desenvolvimento do pensamento espacial, da capacidade de abstração e da resolução de problemas. Contudo, pesquisas apontam que muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender conceitos geométricos, especialmente os relacionados ao Teorema de Pitágoras, frequentemente reduzido à mera memorização de uma fórmula.

De acordo com Coelho (2010), o Teorema de Pitágoras representa um marco na história da matemática e uma das mais relevantes descobertas da geometria, com ampla aplicabilidade em situações reais e em diferentes áreas do conhecimento. Entretanto, a abordagem tradicional, baseada na exposição e na repetição de exercícios, tende a desestimular o raciocínio e limitar a compreensão conceitual do teorema, que exige visualização, argumentação e conexão entre grandezas.

Nesse contexto, a Resolução de Problemas surge como estratégia didática central. Para Cardozo, Meneghelli e Possamai (2018), a resolução de problemas constitui-se como um caminho para a aprendizagem significativa, pois permite que o aluno utilize seus próprios conhecimentos e estratégias, reconstruindo conceitos e compreendendo relações matemáticas. Assim, o professor deixa de ser um transmissor de conteúdos e assume o papel de mediador cognitivo, que orienta o estudante na construção ativa do conhecimento.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) destaca a importância de trabalhar a geometria de forma contextualizada, priorizando a investigação, a modelagem e a aplicação prática, o que inclui o uso do Teorema de Pitágoras em problemas do cotidiano. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de competências matemáticas como comunicação, argumentação, raciocínio lógico e pensamento crítico, essenciais à formação integral do educando.

2.2 Avaliação na Educação: Funções e Perspectivas

A avaliação escolar, historicamente, foi utilizada como instrumento de mensuração e classificação, priorizando o resultado final em detrimento do processo de aprendizagem. No entanto, as concepções contemporâneas de avaliação enfatizam seu papel formativo e diagnóstico, possibilitando ao professor compreender as dificuldades dos alunos e replanejar sua prática pedagógica.

Segundo Luckesi (2018), avaliar é “um ato amoroso e ético de intervenção na aprendizagem”, cuja finalidade deve ser promover o crescimento do estudante e não simplesmente medir o desempenho. A avaliação formativa, portanto, integra o processo de ensino, fornecendo feedback contínuo e possibilitando ajustes no percurso pedagógico.

Em se tratando do ensino de Matemática, as avaliações devem ir além da verificação de acertos e erros, incorporando a análise dos procedimentos utilizados pelos alunos na resolução das atividades. Essa perspectiva é reforçada por Moreira (2021), ao afirmar que a interpretação dos erros pode revelar concepções alternativas e estratégias de pensamento, permitindo ao professor compreender as formas de raciocínio do estudante.

Nesse sentido, o uso de instrumentos avaliativos estruturados em múltipla escolha, quando bem elaborados, pode ser uma ferramenta diagnóstica potente. Segundo o Guia de Elaboração de Itens do Enade (INEP, 2023), um bom item deve ser claro, objetivo, conter distratores plausíveis e estar alinhado a uma matriz de referência. Além de avaliar, ele pode oferecer ao docente elementos para identificar padrões de resposta e dificuldades conceituais dos alunos

2.3 Construção de Itens de Múltipla Escolha e Análise de Desempenho

A elaboração de itens de múltipla escolha exige rigor técnico e pedagógico. Conforme o Guia de Elaboração de Itens de Matemática CAED (2008), o ponto de partida deve ser uma matriz de referência, que define as competências e habilidades a serem avaliadas. Cada item precisa estar vinculado a um descritor específico, possuir um enunciado contextualizado, alternativas homogêneas e apenas uma resposta correta, acompanhada de distratores que revelem erros conceituais possíveis. Para este trabalho, utilizamos Matriz de Referência do SAEB 8ª série/9º ano do Ensino Fundamental, especificamente o descritor 10 (D10): “Utilizar relações métricas do triângulo retângulo para resolver problemas significativos”, ou seja,

Os itens relativos a este descritor avaliam a habilidade relacionada à aplicação do Teorema de Pitágoras para calcular medidas desconhecidas dos lados de um triângulo retângulo e de outras figuras geométricas, identificando os elementos do triângulo retângulo, associando a cada um a sua medida (CAED, 2008, p. 83).

Esses distratores têm função essencial no diagnóstico pedagógico, pois indicam os caminhos cognitivos percorridos pelos estudantes. Por exemplo, um distrator que resulta de erro de cálculo difere daquele derivado de uma interpretação geométrica equivocada. Assim, a análise das respostas não se limita a calcular percentuais de acerto, mas busca compreender as razões do erro, promovendo um retorno qualitativo ao processo de ensino.

A Figura 1 a seguir apresenta o modelo e os elementos que compõem um item de múltipla escolha nos moldes da Teoria de Resposta ao Item (TRI).

Figura 1: modelo e elementos de um item de múltipla escolha



Fonte: (CAED, 2008, p. 19)

Conforme CAED (2008) o enunciado estimula o estudante na busca de recursos cognitivos para a solução do problema apresentado. No entanto, é importante destacar que, este estímulo pode conter um texto, imagem, figura ou outros recursos que recebem o nome de suporte, ou tão somente, apresentar uma situação-problema, um questionamento ou questão contextualizada.

Já o comando, pode ser apresentado sob a forma de complementação ou de interrogação. Ele deve explicitar com clareza a tarefa a ser realizada. As alternativas de resposta, por sua vez, para o nível do ensino fundamental anos finais, apresentam quatro opções, mas apenas uma é a correta, e é chamada de gabarito. As demais alternativas são denominadas distratores e devem ser plausíveis, referindo-se a raciocínios possíveis.

O Guia do Participante – Entenda a Sua Nota no Enem, Inep (2012), complementa essa visão ao explicar a Teoria de Resposta ao Item (TRI), metodologia que avalia não apenas a quantidade de acertos, mas também a coerência das respostas do participante em relação à dificuldade dos itens. Essa teoria permite que cada questão forneça informações diferenciadas sobre a proficiência do estudante e sua posição em uma escala de desempenho.

Conforme o documento Procedimentos de Análise do ENEM, Inep (2021), a TRI aprimora a qualidade das avaliações, pois considera o comportamento das respostas e os parâmetros dos itens (discriminação, dificuldade e acerto casual). Assim, dois estudantes com o mesmo número de acertos podem apresentar notas diferentes, dependendo de quais itens acertaram.

No contexto escolar, a utilização de princípios inspirados na TRI permite uma análise mais refinada do desempenho dos alunos, mesmo em avaliações de menor escala. Ao identificar os distratores mais escolhidos, o professor pode planejar intervenções didáticas direcionadas às dificuldades específicas, transformando a avaliação em ferramenta de aprendizagem.

Nesse sentido, a construção de um item de múltipla escolha sobre o Teorema de Pitágoras deve considerar:

- a) a clareza conceitual e o alinhamento ao descritor;

- b) a inclusão de distratores baseados em erros comuns (por exemplo, confusão entre cateto e hipotenusa ou aplicação incorreta da fórmula);
- c) e a análise posterior dos resultados para compreender o raciocínio dos alunos e aprimorar o processo de ensino-aprendizagem.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com 11 estudantes de uma turma de 9º ano do ensino fundamental de uma escola municipal de Pesqueira/PE, durante o segundo semestre de 2025. Os estudantes foram codificados de A1 a A11 para manter o anonimato.

A atividade foi desenvolvida com estudantes com faixa etária entre 14 e 15 anos, pertencentes ao Ensino Fundamental. Nesse contexto, foi trabalhado o conteúdo referente ao **Teorema de Pitágoras**, um importante conceito da geometria que estabelece a relação entre os lados de um triângulo retângulo. Durante o desenvolvimento das atividades, buscou-se promover a compreensão desse teorema por meio de estratégias didáticas que possibilitassem aos estudantes identificar e aplicar a relação entre o quadrado da hipotenusa e a soma dos quadrados dos catetos, favorecendo assim o desenvolvimento do raciocínio lógico e da resolução de problemas matemáticos.

O planejamento da intervenção pedagógica foi elaborado a partir da análise dos erros apresentados pelos estudantes na primeira aplicação da atividade diagnóstica. A identificação dessas dificuldades permitiu compreender quais conceitos relacionados ao Teorema de Pitágoras ainda não estavam consolidados, especialmente no que se refere à identificação dos elementos do triângulo retângulo e à aplicação correta da relação entre os catetos e a hipotenusa. Com base nessa análise, foram organizadas estratégias didáticas em etapas, priorizando a retomada dos conceitos fundamentais, a resolução de situações-problema e a discussão coletiva das estratégias utilizadas pelos estudantes. Dessa forma, a intervenção foi planejada de modo a atender às necessidades de aprendizagem identificadas, favorecendo a construção gradual do conhecimento e contribuindo para a superação das dificuldades observadas inicialmente.

Esta pesquisa seguirá os passos a seguir.

- **Aplicação 1 (Diagnóstica):** Um item contendo um triângulo retângulo cujas medidas dos catetos mediam 3 cm e 4 cm e medida da hipotenusa desconhecida;
- **Intervenção:** Realização de entrevistas e devolutivas, utilizando o “erro” como trampolim para a correção do conceito;
- **Aplicação 2 (Pós-Intervenção):** Reaplicação através de um item contendo um triângulo retângulo cujas medidas dos catetos agora medem 9 cm e 12 cm e medida da hipotenusa desconhecida para verificar a consolidação do aprendizado.

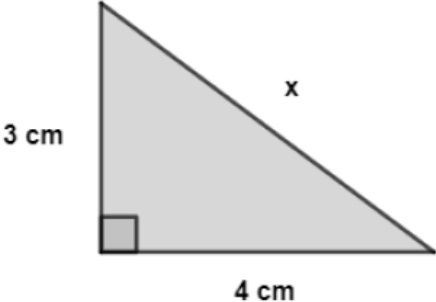
Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa e quantitativa. Segundo Gil (2023), trata-se de uma pesquisa aplicada com caráter exploratório e descritivo, utilizando o delineamento de estudo de caso para investigar a aprendizagem do Teorema de Pitágoras.

Foram elaborados dois instrumentos de avaliação (Aplicação 1 e Aplicação 2). No caso da Aplicação 1 (Figura 2), seu intuito foi de captar o que os estudantes sabiam do Teorema de Pitágoras identificando erros e acertos iniciais, para a devida análise por meio das alternativas, de modo que, ao possuir esses resultados pudéssemos realizar uma intervenção, explicando e corrigindo alguns equívocos que os estudantes cometeram.

Figura 2: Instrumento de avaliação (Aplicação 1)

APLICAÇÃO 1

1º) A figura a seguir mostra um triângulo retângulo com as medidas de seus lados indicadas em centímetros.



Qual é a medida do comprimento da hipotenusa deste triângulo?

A) $\sqrt{7} \text{ cm}$
 B) $\sqrt{14} \text{ cm}$
 C) 5 cm
 D) 7 cm

Fonte: os autores.

A Figura 2 consistiu em um item de múltipla escolha elaborado pelos autores de acordo com os princípios da Teoria de Resposta ao Item (TRI), presentes no Guia de Elaboração de Itens de Matemática CAED (2008), com base no descritor 10 (D10): “Utilizar relações métricas do triângulo retângulo para resolver problemas significativos.”

O item apresenta a figura de um triângulo retângulo com lados medindo 3 cm e 4 cm para que o estudante determinasse a medida do comprimento da hipotenusa. As alternativas foram as seguintes:

- A) $\sqrt{7} \text{ cm}$
- B) $\sqrt{14} \text{ cm}$
- C) 5 cm
- D) 7 cm

A alternativa correta (gabarito) é a letra “C”, obtida pela aplicação correta do Teorema de Pitágoras:

$$\begin{aligned} x^2 &= 3^2 + 4^2 \\ x^2 &= 9 + 16 \\ x^2 &= 25 \\ x &= \sqrt{25} \\ x &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Os distratores foram elaborados com base em erros conceituais recorrentes no ensino do Teorema de Pitágoras.

A alternativa “D” representa o erro de somar diretamente dos catetos:

$$x = 3 + 4$$

$$x = 7 \text{ cm}$$

Já a alternativa “A”, o estudante aplica a diferença entre o quadrado dos catetos:

$$x^2 = 4^2 - 3^2$$

$$x^2 = 16 - 9$$

$$x^2 = 7$$

$$x = \sqrt{7} \text{ cm}$$

Por fim, a alternativa “B”, o estudante aplica o Teorema de Pitágoras corretamente, porém efetua incorretamente a potenciação:

$$x^2 = 3^2 + 4^2$$

$$x^2 = 6 + 8$$

$$x^2 = 14$$

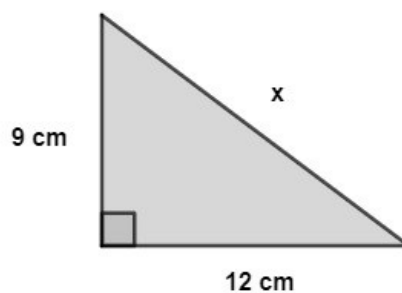
$$x = \sqrt{14} \text{ cm}$$

Já a Aplicação 2 (Figura 3), manteve a estrutura da Aplicação 1, variando as medidas para 9 cm e 12 cm, visando verificar se haverá melhora no desempenho dos estudantes logo após a intervenção a partir dos dados obtidos da Aplicação 1.

Figura 3: Instrumento de Avaliação (Aplicação 2)

APLICAÇÃO 2

1º) A figura a seguir mostra um triângulo retângulo com as medidas de seus lados indicadas em centímetros.



Qual é a medida do comprimento da hipotenusa deste triângulo?

A) $\sqrt{42} \text{ cm}$

B) $\sqrt{63} \text{ cm}$

C) 15 cm

D) 21 cm

Fonte: os autores (2025).

Na Figura 3 o triângulo retângulo possui catetos medindo 9 cm e 12 cm, e é solicitado o cálculo da hipotenusa. As alternativas foram:

- A) $\sqrt{42}$ cm
- B) $\sqrt{63}$ cm
- C) 15 cm
- D) 21 cm

A resposta correta foi a letra “C” (15 cm), obtida pela aplicação direta do Teorema de Pitágoras:

$$\begin{aligned}x^2 &= 9^2 + 12^2 \\x^2 &= 81 + 144 \\x^2 &= 225 \\x &= \sqrt{225} \\x &= 15 \text{ cm.}\end{aligned}$$

A Aplicação 2 (Figura 3) manteve a estrutura conceitual e metodológica da Aplicação 1, diferenciando-se apenas pelas medidas dos catetos, que passaram a ser 9 cm e 12 cm, com o objetivo de verificar a consolidação da aprendizagem após a intervenção pedagógica. A alternativa correta (gabarito) foi novamente obtida pela aplicação adequada do Teorema de Pitágoras, conforme o procedimento a seguir:

$$\begin{aligned}x^2 &= 9^2 + 12^2 \\x^2 &= 81 + 144 \\x^2 &= 225 \\x &= \sqrt{225} \\x &= 15 \text{ cm}\end{aligned}$$

Assim como na primeira aplicação, os distratores da Aplicação 2 foram elaborados com base em erros conceituais recorrentes identificados na literatura e observados na etapa diagnóstica, tais como a soma direta dos catetos, a não extração da raiz quadrada do resultado final e a substituição incorreta dos valores na fórmula. Dessa forma, a escolha das alternativas incorretas permitiu analisar se os estudantes superaram os equívocos inicialmente apresentados ou se ainda mantinham concepções inadequadas sobre o Teorema de Pitágoras, possibilitando uma análise comparativa do desempenho antes e após a intervenção didática.

Em relação a coleta de dados, foi realizada em 5 etapas descritas a seguir:

1ª Etapa: Aplicou-se o instrumento de avaliação (Aplicação 1) para todos os estudantes de forma individual, sem consulta, em tempo determinado de no máximo 100 minutos (2 aulas).

2ª Etapa: Entrevistou-se individualmente os estudantes após a Aplicação 1 para compreender o raciocínio adotado, as estratégias de cálculo e as concepções sobre o Teorema de Pitágoras.

3ª Etapa: Cada estudante recebeu uma cópia de sua atividade e do gabarito comentado, com explicações sobre possíveis erros, bem como o procedimento correto de resolução. Neste ponto o professor aplicador foi ao quadro ministrar explicações específicas sobre a Aplicação 1.

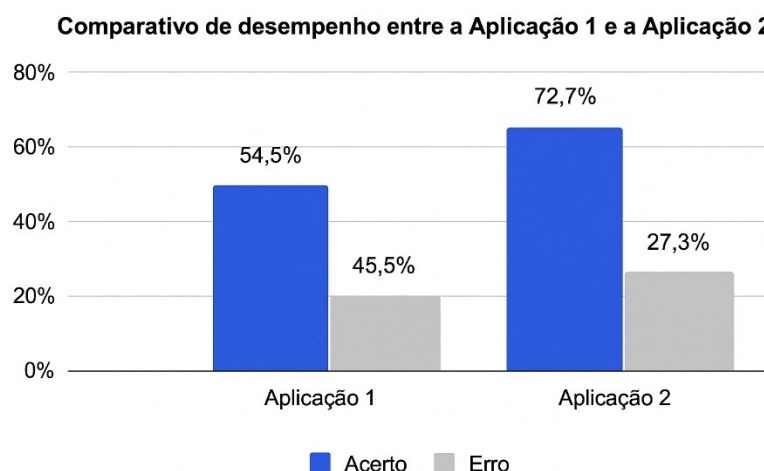
4ª Etapa – Foi realizada a Aplicação 2, nas mesmas condições da 1ª etapa, para verificar se houve evolução no desempenho dos estudantes após a intervenção.

5ª Etapa – Foram comparados os resultados da Aplicação 1 e da Aplicação 2, verificando a evolução do desempenho dos estudantes.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Gráfico 1 apresenta o comparativo entre o desempenho dos estudantes da Aplicação 1 para a Aplicação 2.

Gráfico 1: Comparativo de desempenho entre Aplicação 1 e 2



Fonte: os autores (2025).

Na primeira aplicação da atividade, 6 estudantes (54,5%) obtiveram êxito na resolução, enquanto 5 estudantes (45,5%) apresentaram erros. Já na segunda aplicação, o número de acertos aumentou para 8 estudantes (72,7%), enquanto os erros diminuíram para 3 estudantes (27,3%).

Ao comparar os resultados, observa-se que parte dos estudantes que inicialmente apresentaram dificuldades conseguiu superar os erros na segunda aplicação, indicando avanço na compreensão do conteúdo trabalhado ao longo das cinco etapas. Além disso, a maioria dos estudantes que já havia acertado na primeira atividade manteve o desempenho positivo na segunda aplicação. Esse comparativo evidencia uma evolução no processo de aprendizagem, sugerindo que as estratégias pedagógicas desenvolvidas contribuíram para a melhoria do desempenho dos estudantes.

Quadro 1: situação geral das 2 aplicações

Situação dos estudantes	Estudantes	Quantidade
Acertaram nas duas atividades	A1, A2, A7, A11	4
Erraram na primeira e acertaram na segunda	A3, A4, A5	3
Acertaram na primeira e erraram na segunda	A10	1
Erraram nas duas atividades	A6	1

Fonte: os autores.

Ao comparar o desempenho dos estudantes nas duas aplicações da atividade, de acordo com o Quadro 1, observa-se que quatro estudantes (A1, A2, A7 e A11) acertaram nas duas ocasiões, indicando uma consolidação do conhecimento trabalhado. Além disso, três estudantes (A3, A4 e A5) apresentaram avanço significativo, pois erraram na primeira aplicação e acertaram na segunda, evidenciando um processo de aprendizagem ao longo das etapas desenvolvidas. Por outro lado, um estudante (A10) acertou na primeira atividade, mas apresentou erro na segunda, o que pode indicar alguma dificuldade pontual ou interpretação equivocada da questão.

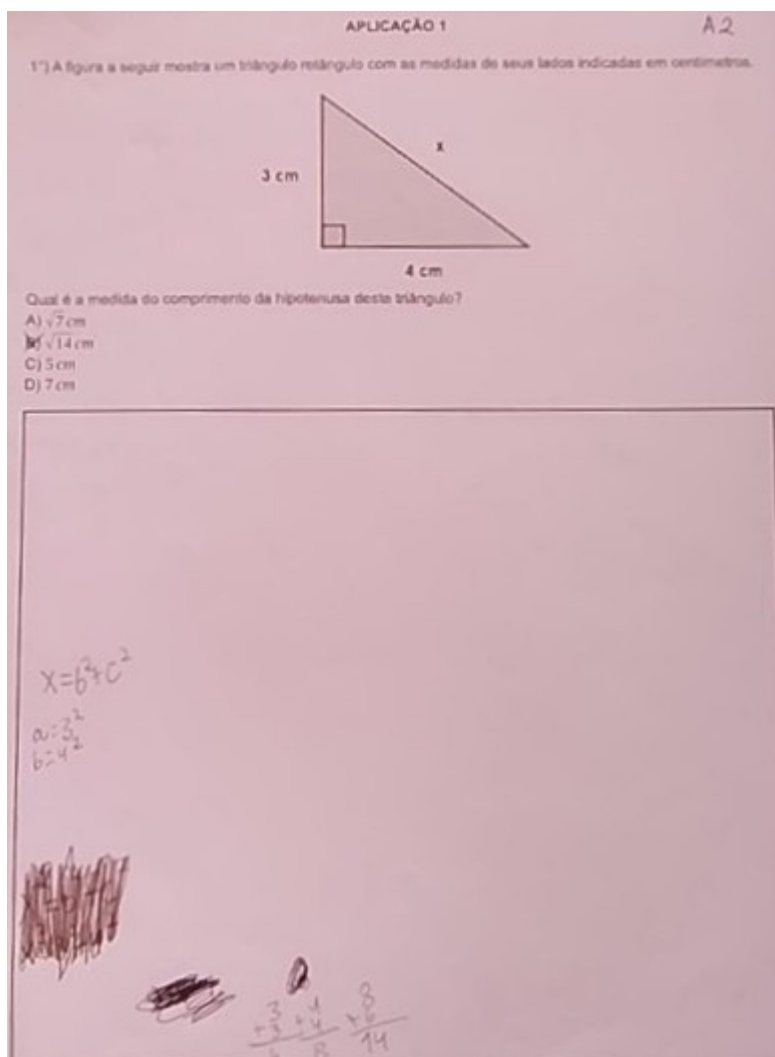
Por fim, um estudante (A6) manteve dificuldades nas duas aplicações. De modo geral, o comparativo revela um saldo positivo, uma vez que houve aumento no número de acertos na segunda aplicação, demonstrando melhora no desempenho da turma após a realização das cinco etapas propostas. Contudo, olhando para a primeira aplicação identificamos que a Alternativa “A” foi apontada como a resolução correta por nenhum estudante (0 %), confirmando que a soma dos números ofertados no item podem ser somados sem qualquer menção de interpretação do problema.

Já a alternativa “B”, que foi apontada por 3 estudantes (27,3%), Indicou dificuldades em operações aritméticas de potenciação ou radiciação, pois o estudante aplica a fórmula, mas hesita na resolução da raiz quadrada, observe a Figura 4.

Os estudantes que assinalaram a alternativa “B” ($\sqrt{14} \text{ cm}$) evidenciam um equívoco procedimental e conceitual na aplicação do Teorema de Pitágoras. Em vez de reconhecer que a hipotenusa deve ser obtida pela relação $x^2 = 3^2 + 4^2$ (soma dos quadrados dos catetos), as anotações indicam a tendência de operar diretamente com os números do enunciado (por exemplo, realizando diferença entre 4 e 3, ou combinações aritméticas sem justificativa geométrica), chegando ao valor 1 e, em seguida, usando o símbolo de raiz quadrada de modo mecânico (“colocar raiz” para validar o resultado).

Esse padrão sugere que parte da turma não internalizou (i) a distinção entre medidas e quadrados das medidas, (ii) o papel da hipotenusa como lado oposto ao ângulo reto e (iii) o significado da raiz quadrada como etapa final para retornar de x^2 para x . Assim, a escolha do distrator “B” não representa apenas “erro de cálculo”, mas um indicativo de que o estudante ainda opera por associação superficial de regras (usar uma “fórmula” ou um “símbolo”) sem coordenação com a estrutura geométrica do problema, o que orienta intervenções focadas em identificação dos elementos do triângulo retângulo, sequenciamento correto das etapas e validação do resultado por estimativa (a hipotenusa deve ser maior que 4 cm). Observe a Figura 4.

Figura 4: Exercício de Estudante que marcou alternativa “B”



Fonte: registro do estudante.

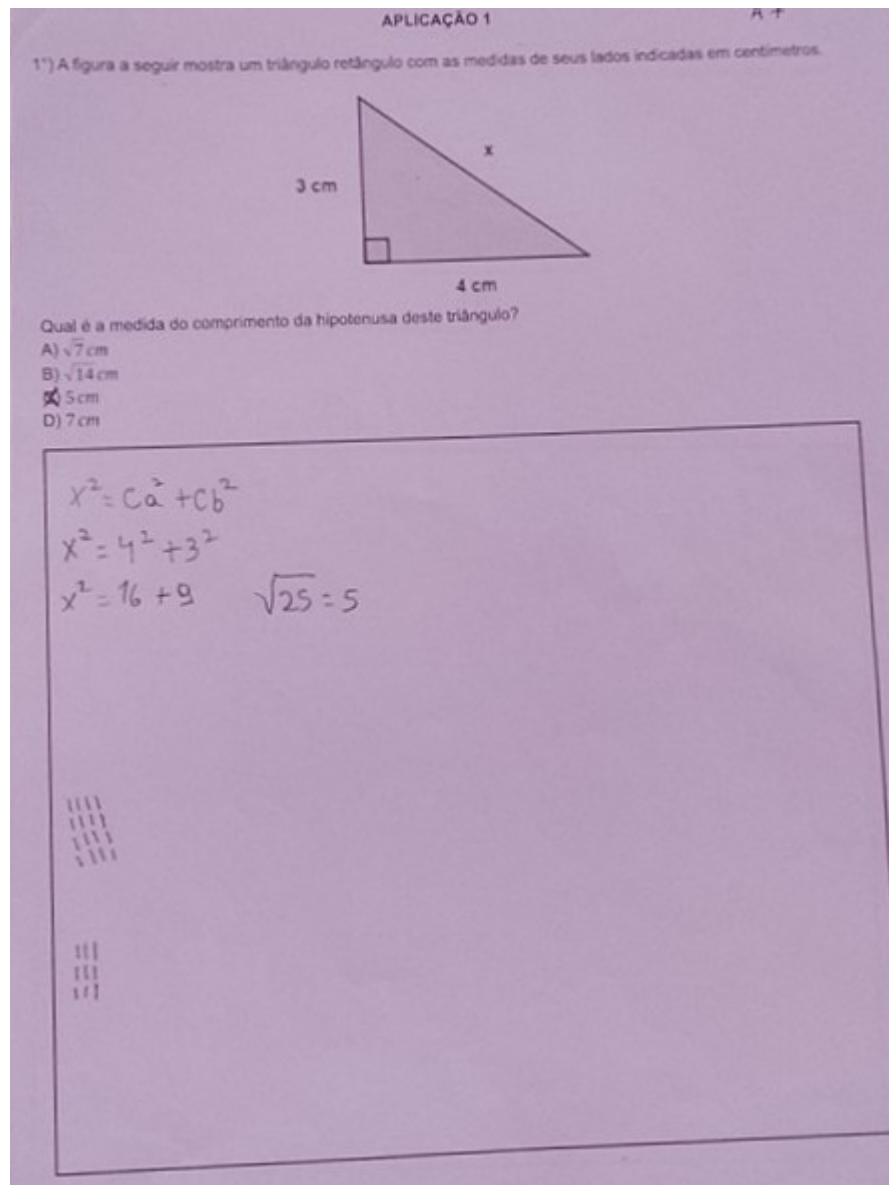
Para a alternativa “C”, considerada a resposta correta, seis estudantes assinaram essa opção, correspondendo a 54,5% da turma. Esse resultado indica que pouco mais da metade dos participantes demonstrou domínio adequado da aplicação do Teorema de Pitágoras na situação proposta.

A Figura 5 apresenta o registro de um dos estudantes que resolveu corretamente o problema, evidenciando a organização sequencial do raciocínio matemático. Observa-se que o aluno identificou corretamente os catetos (3 cm e 4 cm), aplicou a relação $x^2 = a^2 + b^2$, realizou a potenciação adequada ($4^2 = 16$ e $3^2 = 9$), efetuou a soma (25) e, por fim, extraiu corretamente a raiz quadrada, obtendo $x = 5$ cm.

Esse tipo de resolução revela não apenas domínio procedimental, mas também compreensão conceitual da relação entre os elementos do triângulo retângulo, indicando que o estudante reconheceu a hipotenusa como lado oposto ao ângulo reto e compreendeu o significado da raiz quadrada como etapa final do processo.

Todavia, o percentual de 54,5% também evidencia que 45,5% da turma ainda apresentava dificuldades, o que justificou a necessidade da intervenção didática subsequente, reafirmando o caráter diagnóstico da primeira aplicação.

Figura 5: Exercício de Estudante que marcou alternativa “C”



Fonte: registro do estudante.

A alternativa D apresentada como resposta por 2 estudantes (18,2%) confirmou a tendência de alunos somarem diretamente os valores dos catetos (3 + 4), ignorando a relação quadrática do teorema de Pitágoras.

Por fim, a alternativa “D”, apresentada como resposta por 2 estudantes (18,2%), confirmou a tendência de parte da turma em somar diretamente os valores dos catetos (3 + 4), ignorando a relação quadrática estabelecida pelo Teorema de Pitágoras. Esse comportamento evidencia uma compreensão superficial do problema, na qual o estudante reconhece os números fornecidos no enunciado, mas não identifica corretamente a natureza da relação matemática envolvida.

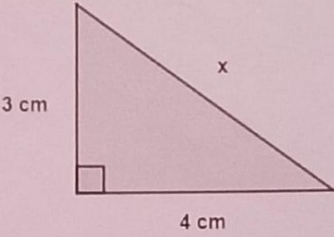
A Figura 6 apresenta o registro de um dos estudantes da Aplicação 1 que assinalou a alternativa “D”. Observa-se que o procedimento adotado desconsidera a elevação dos catetos ao quadrado e a posterior extração da raiz quadrada, limitando-se a uma soma aritmética simples. Tal estratégia indica a ausência de articulação entre o conceito geométrico e a estrutura algébrica do teorema, revelando dificuldades na distinção entre operações lineares e relações quadráticas.

Figura 6: Exercício de Estudante que marcou alternativa “D”

A 4

APLICAÇÃO 1

1º) A figura a seguir mostra um triângulo retângulo com as medidas de seus lados indicadas em centímetros.



Qual é a medida do comprimento da hipotenusa deste triângulo?

A) $\sqrt{7} \text{ cm}$
 B) $\sqrt{14} \text{ cm}$
 C) 5 cm
 D) 7 cm

Handwritten work:

$$x^2 = b^2 + c^2$$

$$x^2 = 3^2 + 4^2$$

$$x^2 = 9 + 16$$

$$x^2 = 25$$

$$x = 5$$

Below the calculations is a small sketch of the triangle with legs 3 cm and 4 cm, and hypotenuse x.

To the right of the calculations, the text "NÃO SABO" is written and underlined.

Fonte: Fonte: registro do estudante.

Esse tipo de erro é significativo do ponto de vista diagnóstico, pois demonstra que o estudante pode ter memorizado a existência de uma “fórmula”, mas ainda não compreendeu sua lógica estrutural. A intervenção pedagógica, nesse contexto,

mostrou-se necessária para retomar o significado da hipotenusa como o lado oposto ao ângulo reto e reforçar a importância da potenciação como elemento central da relação pitagórica.

Em relação a aplicação 2 proceda nos mesmos moldes de análise da aplicação 1 e escreva aqui.

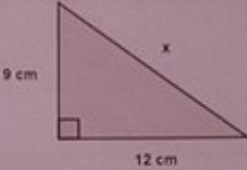
Na Aplicação 2, observou-se um desempenho significativamente superior em relação à primeira aplicação. Do total de 11 estudantes, **8 acertaram o item – alternativa “C” (72,7%)**, enquanto **3 apresentaram respostas incorretas (27,3%)**. Esse resultado indica avanço na consolidação do Teorema de Pitágoras, especialmente na identificação da necessidade de elevar os catetos ao quadrado antes da soma e posterior extração da raiz.

A Figura 7 apresentada ilustra a resolução de um dos estudantes que obteve êxito na questão. Observa-se que o procedimento foi corretamente estruturado: o aluno registrou inicialmente a relação $x^2 = 9^2 + 12^2$, realizou os cálculos $81 + 144 = 225$ e, em seguida, extraiu a raiz quadrada, identificando corretamente que $x = 15$. Embora o registro contenha pequenas imprecisões na notação intermediária, o encadeamento lógico demonstra compreensão da estrutura quadrática do teorema.

Figura 7: Exercício de Estudante que marcou alternativa “C”

APLICAÇÃO 2

1*) A figura a seguir mostra um triângulo retângulo com as medidas de seus lados indicadas em centímetros.



Qual é a medida do comprimento da hipotenusa deste triângulo?

A) $\sqrt{42}$ cm
 B) $\sqrt{63}$ cm
 C) 15 cm
 D) 21 cm

Handwritten solution:

$$\begin{aligned}
 x^2 &= a^2 + b^2 \\
 x^2 &= 9^2 + 12^2 \\
 x^2 &= 81 + 144 \\
 x^2 &= 225 \\
 x &= \sqrt{225} \\
 x &= 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Additional handwritten notes on the right side of the work area:

$$\begin{array}{r}
 12 \\
 \times 12 \\
 \hline
 24 \\
 120 \\
 \hline
 144
 \end{array}$$

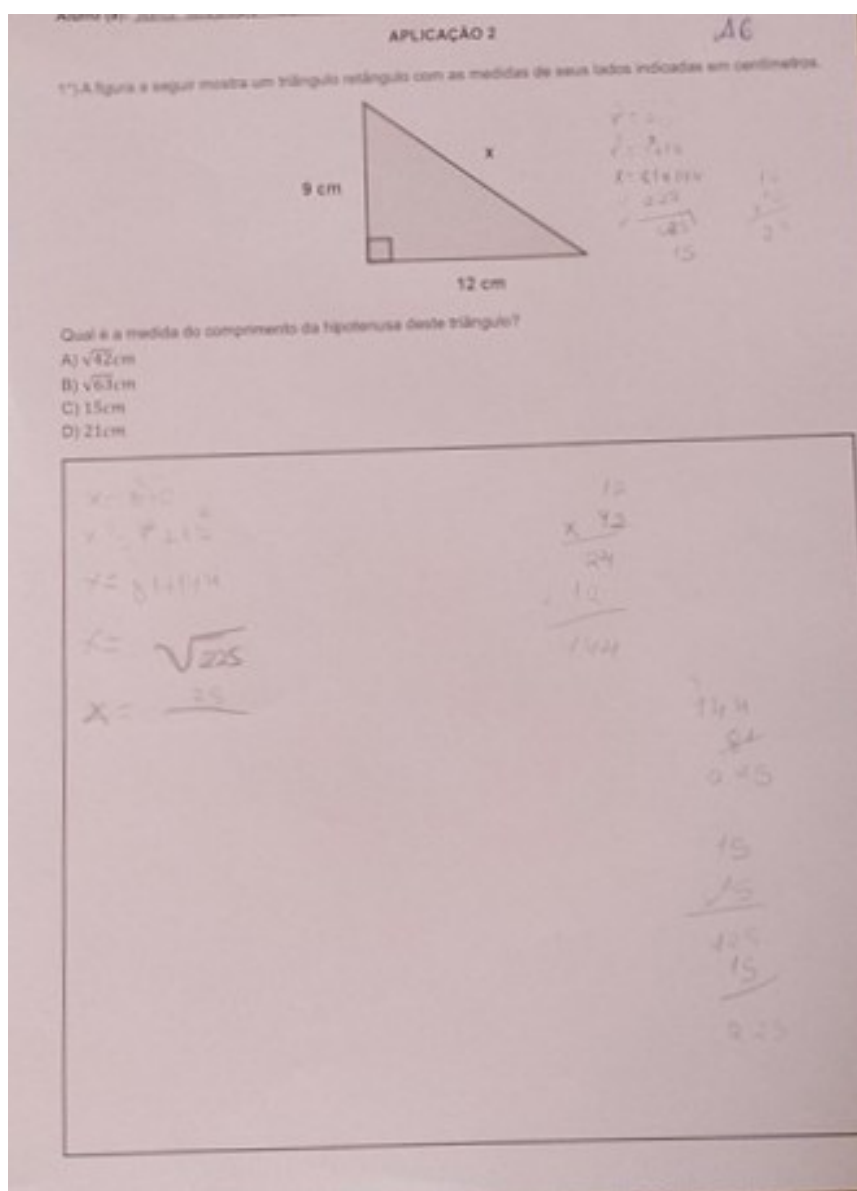
Fonte: registro do estudante.

Esse tipo de resolução revela apropriação conceitual mais estável quando comparada aos erros recorrentes da Aplicação 1, nos quais predominavam somas diretas dos valores dos catetos ou confusões com operações lineares. Aqui, o estudante demonstra reconhecer a hipotenusa como resultado da soma dos quadrados dos catetos, evidenciando internalização do modelo algébrico.

Quanto aos três estudantes que erraram (27,3%), não encontrando nenhuma das alternativas para as suas respostas, a análise qualitativa indica persistência de dificuldades já identificadas anteriormente, especialmente relacionadas à interpretação da estrutura da fórmula ou à manipulação algébrica da raiz quadrada. Ainda assim, o percentual majoritário de acertos sugere que as intervenções pedagógicas realizadas entre as aplicações contribuíram para a redução dos equívocos conceituais.

Segue abaixo o exemplo de um dos estudantes que errou a questão, conforme a Figura 8.

Figura 8: Exercício de Estudante que errou a questão e não marcou nenhuma alternativa



Fonte: registro do estudante.

Após a intervenção didática, que incluiu a discussão coletiva dos erros e o uso do erro como elemento formativo Luckesi (2018), observou-se uma melhora substancial. O percentual de acertos subiu para 72,7% na Aplicação 2. Esse avanço indica que a intervenção didática e o feedback individualizado contribuíram para consolidar a aprendizagem do Teorema de Pitágoras e corrigir erros conceituais recorrentes, como a soma direta dos catetos ou o cálculo incorreto da raiz quadrada.

A redução dos erros demonstra que a análise detalhada dos distratores e o feedback individualizado permitiram aos alunos corrigir a confusão entre operação aritmética simples e a relação métrica pitagórica.

Conforme o Guia de Elaboração e Revisão de Itens do Enade Inep (2023), a distribuição das respostas entre as alternativas permite inferir o nível de compreensão dos estudantes e a eficiência dos distratores.

Essa análise qualitativa foi conduzida à luz dos princípios de investigação sobre o erro como elemento formativo, conforme Moreira (2021), que defende o erro como parte integrante do processo de aprendizagem matemática.

Os registros escritos e orais foram analisados mediante técnica de análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), permitindo identificar categorias de raciocínio e padrões de dificuldade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou responder em que medida a construção de itens de múltipla escolha e a análise das respostas contribuem para a aprendizagem do Teorema de Pitágoras. Os achados confirmam que a avaliação, quando deixa de ser apenas classificatória e assume um caráter diagnóstico e formativo, torna-se um potente instrumento de ensino.

A análise dos distratores foi fundamental para identificar que o erro não era casual, mas fundamentado em concepções equivocadas de geometria básica. A principal limitação deste estudo reside no tamanho reduzido da amostra (11 alunos), o que impede generalizações amplas, mas válida a eficácia da metodologia para o contexto investigado.

A pesquisa demonstrou que a elaboração criteriosa de itens de múltipla escolha é capaz de revelar a "geografia do erro" do estudante. A análise de distratores permitiu uma intervenção cirúrgica nas dificuldades da turma. Conclui-se que o Teorema de Pitágoras, quando ensinado através da análise crítica dos resultados avaliativos, deixa de ser uma fórmula decorada e passa a ser uma ferramenta de compreensão espacial.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a aplicação desta abordagem em outros conteúdos da geometria plana e o uso de tecnologias digitais para a análise imediata dos distratores em sala de aula.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Guia de Elaboração e Revisão de Itens – Banco Nacional de Itens (BNI-ENADE)**. Brasília: INEP, 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Procedimentos de Análise – Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)**. Brasília: INEP, 2021.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Guia do Participante – Entenda a Sua Nota no Enem**. Brasília: INEP, 2012.

CAED. **Guia de Elaboração de Itens: Matemática**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

CARDOZO, R.; MENEGHELLI, A.; POSSAMAI, V. Resolução de Problemas e a Aprendizagem Matemática Significativa. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, v. 7, n. 13, p. 73–87, 2018.

COELHO, R. **História da Matemática**: uma introdução ao Teorema de Pitágoras. São Paulo: Contexto, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**: estudos e proposições. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

MOREIRA, P. L. Erro como Indicador de Aprendizagem em Matemática. **Boletim de Educação Matemática**, v. 35, n. 68, p. 1–15, 2021.