

Confiabilidade e Validade do Design Experiment em Investigações Qualitativas

Reliability and Validity of Design Experiment in Qualitative Research

Leonardo Martins^{*a}; Nielce Meneguelo Lobo da Costa^b

^aFaculdade Anhanguera de Linhares, ES, Brasil.

^bCentro Universitário Anhanguera de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, SP, Brasil

*Email: professor@leomartins.net

Resumo

As pesquisas qualitativas, mesmo amplamente utilizada ao redor do mundo, são alvos de questionamentos acerca da validade e confiabilidade dos resultados obtidos. Ao convergir para os detalhes, cabe ao pesquisador apresentar de forma clara, precisa e minuciosa aquilo que foi realizado. No campo de estudos qualitativo, em especial na Educação Matemática, o Design Experiment (DE) tem se destacado. Assim, o presente texto tem como objetivo apresentar o Design Experiment como metodologia da pesquisa qualitativa e exemplificar com uma pesquisa empreendida pelos autores. O DE é um método de pesquisa qualitativa intervencionista, o qual possibilita ao pesquisador a realização de redesigns, ou seja, mudanças no percurso metodológico enquanto a pesquisa está em desenvolvimento. A partir dos resultados da pesquisa exemplificada, foram evidenciados os redesigns realizados, apresentando os detalhes das modificações com as devidas justificativas. Em conclusão, se pode afirmar que metodologia qualitativa de DE, aplicada seguindo rigorosamente as fases que a compõem leva a resultados válidos e confiáveis.

Palavras-chave: Pesquisa Qualitativa. Fidedignidade da Metodologia. Design Experiment. Educação Matemática.

Abstract

Qualitative research, despite being widely used around the world, is the subject of questions about the validity and reliability of the results obtained. When converging on the details, it is up to the researcher to present in a clear, precise, and detailed way what was done. In the field of qualitative studies, especially in Mathematics Education, the Design Experiment (DE) has stood out. Thus, the present text aims to present the Design Experiment as a qualitative research methodology undertaken by the authors. The DE is an interventionist qualitative research method, in which it allows the researcher to carry out redesigns, or research, changes in the methodological path. From your research results, carrying out, demonstrating the research details, and consistently giving your results as justifications and methodologies, will ensure that the applied reliability and the reliable methodology of your results are demonstrably reliable. presented by the researcher.

Keywords: *Qualitative Research. Reliability of the Methodology. Design Experiment. Mathematics Education.*

1 Introdução

A pesquisa qualitativa é fruto de um novo paradigma de Ciência, sendo ainda alvo de inquirições acerca de sua confiabilidade e validade dos resultados obtidos, destacam pesquisadores, tais como Monteiro (2021) & Moreira (2003). Metodologias de pesquisas qualitativas convergem para os detalhes, sendo necessário descrever de forma precisa e minuciosa o que foi realizado, de modo a garantir a confiabilidade e como foram analisados os dados para aprofundar a validade.

A metodologia de Design Experiment (DE) é uma metodologia amplamente aplicada no campo educacional e possibilita ao investigador testar e refinar a proposta inicial de investigação. No campo dos estudos científicos da Educação Matemática o DE tem se destacado por se caracterizar pela riqueza de atributos a explorar na pesquisa. O DE é um método de pesquisa qualitativa intervencionista que possibilita redesigns, ou seja, mudanças no percurso metodológico

enquanto a pesquisa estiver em desenvolvimento. É iterativo pois, a partir de uma fase de prospecção se promovem as intervenções, fase em que outras conjecturas são geradas e testadas, tornando-se um ciclo de experimentações e reflexões.

Este texto tem por objetivo apresentar o DE como metodologia da pesquisa qualitativa empreendida pelos autores. Para tanto apresentamos um exemplo de pesquisa na metodologia DE feita de modo a compreender a mobilização de conhecimentos por um grupo de estudantes, ao participarem da aplicação de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) sobre conceitos Trigonométricos.

A pesquisa foi desenhada fundamentada nas orientações do DE, se desenvolvendo em três fases, a saber: Prospectiva; Reflexiva e Retrospectiva. A Fase Prospectiva envolveu, a Revisão de Literatura, a elaboração e aplicação da atividade diagnóstica e a organização de uma THA em trigonometria, contemplando: seleção dos conteúdos a abordar; planejamento com a elaboração das tarefas e levantamento dos materiais necessários para implementá-la. A Fase Reflexiva ocorreu em

campo com a aplicação da THA no ambiente natural da sala de aula, com os redesigns necessários. A Fase Retrospectiva consistiu na análise dos protocolos e na produção da síntese dos resultados obtidos, com constituição de uma pequena teoria apresentada nas conclusões. Cobb et al (2003) enfatizam que o Design Experiment absorve as contingências ocorridas ao longo das intervenções. Redesigns foram feitos modificando o design inicial, testando e revisando conjecturas ao longo de análises contínuas dos dados da pesquisa, realizando as descrições a cada redesign. Assim sendo, o método foi adequado para o desenvolvimento da pesquisa e para a coleta, análise e validação de resultados.

Na próxima seção apresentamos uma discussão teórica acerca da pesquisa qualitativa do tipo DE enfatizando suas fases e características.

2 Desenvolvimento

2.1 A pesquisa qualitativa do tipo Design Experiment

A pandemia ocasionada pela Covid-19 trouxe alguns questionamentos, por parte de algumas pessoas, imprensa e políticos, como por exemplo: como conseguiram mapear o DNA do vírus? seria possível os laboratórios terem desenvolvido um antídoto de maneira rápida? a vacina é eficaz? quais seriam seus efeitos colaterais? é necessário se vacinar? como foram desenvolvidas e testadas essas vacinas? e, inclusive, podemos confiar na vacina? é seguro

Na busca dar credibilidade e validar a vacina diante a tantos questionamento, os laboratórios abriram suas portas possibilitando à imprensa apresentar o passo a passo da criação, teste e produção dos imunizantes; apresentaram a maneira pelo qual foi possível testar em uma amostra definida estatisticamente, com cálculos precisos e certos; defenderam o quão foi importante terem outras pesquisas acerca de vírus correlatas e da precisão e replicabilidade dos seus métodos produtivos que garantem a confiança e segurança da vacina.

Trilham pelos caminhos das dúvidas, incertezas, acerca da validade e confiabilidade, as pesquisas metodologicamente tidas como qualitativas, mesmo assim, pesquisadores como Monteiro (2021), Cabeça (2021), Coelho & Teixeira (2021), debruçaram em demonstrar a confiabilidade, validade e a fidedignidade das pesquisas qualitativas.

Mesmo sendo utilizada por pesquisadores renomados em todos os continentes, essa metodologia é alvo de questionamentos relacionados a sua confiabilidade e validade dos resultados obtidos. Mesmo assim, é inquestionável a importância das pesquisas qualitativas na disseminação da ciência, principalmente ao considerarmos os estudos realizados com seres humanos, no qual essas podem girar em torno da perspectiva interpretativa.

Na pesquisa qualitativa o papel do pesquisador está dentro do ambiente de intervenção/pesquisa, devendo realizar os registros de suas observações sobre tudo o que acontece no espaço da pesquisa. Busca por casos específicos em grupos

ou indivíduos, examinando com minúcia a fim de desvendar o que há de singular no caso possibilitando a generalização para situações similares.

Moreira (2003) expõe características da abordagem qualitativa no qual proporcionam aprofundar no sentido real dessa metodologia e, por sua vez, extrair dela as diferentes potencialidades que podem ser observadas e aplicadas nos estudos científicos. Para Moreira (2003) a fidedignidade da pesquisa qualitativa converge para os detalhes, “[...] a necessidade de descrever com precisão e detalhes tudo o que foi feito” (Moreira, 2003, p.35). Evidencia-se a riqueza de atributos que a pesquisa qualitativa precisa explorar com o propósito de ser validada para ter credibilidade científica, sendo necessário enriquecer os textos com os fragmentos das entrevistas, partes das anotações e, dentre outros, registrando eventos.

Validar uma proposta metodológica qualitativa requer do pesquisador domínio dos procedimentos metodológicos, com descrição acerca dos procedimentos de coleta e tratamento dos dados coletados na investigação, convergindo para os detalhes.

Com seu devido rigor e guardada as devidas proporções, alguns tipos de pesquisa qualitativa são apresentados na Educação Matemática, evidenciando, principalmente, a abordagem de aspectos subjetivos de fenômenos sociais e de comportamento humano, explicitando em seus objetivos elementos temporal, local e cultural.

Nonato e Lobo da Costa (2021, p.407) destacam “O pesquisador deve, a partir da sua questão, do seu objetivo e das características contextuais, desenhar o caminho a percorrer para responder suas perguntas e transformar o fenômeno de investigação em objeto de pesquisa”. As pesquisadoras apresentam como características da pesquisa qualitativa: o contato direto e prolongado com o ambiente de pesquisa; os dados coletados são predominantemente na forma de palavras, figuras e, dentre outros, extratos de documentos; o interesse é na relação sociais; o pesquisador buscar considerar pontos de vista de diferentes participantes; mesmo tendendo a seguir por um processo indutivo as pesquisas qualitativas possuem rigor.

No campo das pesquisas em Educação Matemática o Design Experiment (DE) tem se destacado como um tipo de pesquisa qualitativa. Se caracteriza pela riqueza de atributos a serem explorados na pesquisa, garantindo credibilidade necessária para sua validação. O DE é um método intervencionista, no qual possibilita ao pesquisador realizar redesigns, ou seja, é possível o investigador mudar o percurso metodológico enquanto a pesquisa acontece. Ou seja, o DE consegue absorver as contingências ocorridas ao longo da execução do planejamento, cabendo ao pesquisador evidenciar e justificar as mudanças realizadas na fase retrospectiva.

Os autores apresentam cinco características que se aplicam aos diversos tipos de Design Experiments. A primeira destaca o objetivo que é “[...] desenvolver uma classe de teorias sobre

os processos e os meios que são projetados para apoiar a aprendizagem” (Cobb et al, 2003, p. 10), evidenciando a função do aporte teórico e que não é apenas realizar a investigação do processo de suporte as novas formas de aprendizagem. A segunda diz respeito à natureza intervencionista, destacando que, dada a complexidade do estudo de alguns fenômenos, acaba não sendo possível especificar tudo o que acontecerá. Outra característica, a terceira, são as fases prospectiva e reflexiva do Design.

Na prospecção ocorre a implementação do projeto, porém, absorve as contingências que possam ocorrer durante as intervenções, na fase de reflexão possibilita que outras conjecturas sejam geradas e testadas caso a idealizada seja refutada. Assim, o Design torna-se um ciclo entre intervenções e reflexões, o que nos remete ao quarto atributo, o Design é interativo. Por fim, é qualificado como experimentação, em que as teorias serão responsáveis pelas Tarefas do Design.

Sobre a preparação do Design Experiment, Cobb et al. (2003), expõem os aspectos da pesquisa que antecedem os procedimentos de intervenção, como a relação dos objetivos com o aporte teórico escolhido, esclarecer a teoria utilizada e sintetizar a revisão de literatura por meio de pesquisas anteriores. Serão projetados os instrumentos para desenvolver conjecturas sobre as interpretações e os entendimentos iniciais dos estudantes.

A realização de análises retrospectivas para Cobb et al (2003), tem como objetivo colocar o experimento em um contexto teórico mais amplo, deve ser explícita sobre os critérios e as evidências utilizadas, possibilitando que outros pesquisadores possam entender, monitorar e analisar. “Em suma, análises retrospectivas resultam em relatos situados de aprendizado que relacionam o aprendizado com os meios pelos quais ele pode ser apoiado e organizado” (Cobb et al., 2003).

Assim o Design é um método de pesquisa dinâmico, que possibilita mudanças no percurso metodológico enquanto a pesquisa esteja acontecendo, torna-se importante a internalização das cinco características e das quatro fases desse método por parte do pesquisador que utiliza essa metodologia.

Observando essas características da pesquisa qualitativa tipificada como DE, desenvolvi uma intervenção com um grupo específico de alunos do Ensino Médio, no qual teve por objetivo de compreender a mobilização de conhecimentos por um grupo de estudantes, ao participarem da aplicação de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) sobre conceitos Trigonométricos.

2.2 Metodologia

A pesquisa de doutoramento, no qual originou este extrato, é de cunho qualitativo, porque não há preocupação com a representatividade numérica, mas, com aprofundamento da percepção a respeito de um grupo social, bem como, reconhece a liberdade linguística já consagradas no meio acadêmico, sendo esse o “[...] modo de dizer que faz referências mais

a seus fundamentos epistemológicos do que propriamente a especificidades metodológicas” (Severino, 2013, p. 103).

A pesquisa qualitativa pode ser tipificada, no caso desta investigação a pesquisa é do tipo Design Experiment fundamentado em Paul Cobb, Jere Confrey, Andrea di Sessa, Richard Lehrer & Leona Schauble (Cobb et al, 2003).

A Fase Prospectiva desta investigação, como determina a metodologia do tipo Design Experiment, envolveu os procedimentos precedentes do encontro com os alunos, no caso a aplicação da THA. Foram eles: revisão de literatura, elaboração e aplicação da atividade diagnóstica e construção da THA (em seu primeiro design). Aqui abordaremos, em especial o primeiro encontro.

Esse encontro teve previsão de ocorrer em duas aulas de 50 minutos, o tema do encontro foi “A trigonometria, contexto histórico e Semelhança de Triângulos”. Teve por objetivo: “Reconhecer o desenvolvimento da trigonometria como parte da evolução histórica da humanidade e que ela continua presente no nosso cotidiano; compreender o Seqt como uma razão entre deslocamento horizontal e a altura vertical; entender a trigonometria em diversos contextos; mobilizar os conhecimentos dos alunos por meio de uma investigação sobre semelhança de triângulos e figuras”. Os materiais necessários utilizados foram: Protocolo impresso, texto impresso do artigo completo, recorte do texto individual para cada aluno, caneta, lápis e borracha. E o planejamento era inicialmente refrisar os aspectos sobre a participação voluntária de cada aluno; enfatizar que as gravações serão de uso apenas de pesquisa, assim como os protocolos de pesquisa; Iniciar com leitura sobre a História da Trigonometria; Essa leitura é organizada em dois momentos contemplando duas Atividades para os alunos; Em seguida os estudantes irão determinar as razões seno, cosseno e tangente de triângulos semelhantes em malha quadriculada; Finalizar com a proposta de fazer um triângulo a partir de um papel A4 com os comandos dados pelo professor; Discutir, com os alunos, suas percepções sobre o uso da Trigonometria no cotidiano; Entregar em cada etapa o protocolo de registro das Atividades dos estudantes.

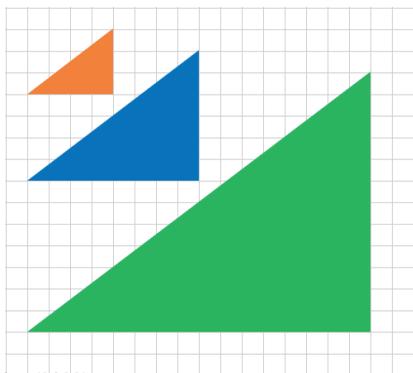
A proposta inicial era de os alunos receberem um recorte do artigo “A História da Trigonometria”. Após a leitura solicitar que respondam as questões: 1) observando o texto, como você descreve o seqt? 2) Ao se deslocar 10 metros na horizontal ocorre um deslocamento de 4 metros na vertical, bem como, apresente a razão entre o deslocamento vertical e o deslocamento horizontal.

O segundo momento desse encontro seria a leitura do recorte acerca da história da trigonometria, contida nos livros didáticos de Freitas, Longen e Blanco (2020), Cevada (2020) e Editora Moderna (2020). Após a leitura solicitar que os alunos respondam as questões 03, 04, 05 e 06: 03) Se o ponto O representa o centro da Terra, o que representa o segmento OT? 04) E o segmento OS? 05) Qual é a medida do ângulo formado pelos segmentos OT e ST? 06) Nos dois textos apresentados até o momento a trigonometria foi

utilizada na astronomia. Atualmente, como que você percebe o uso da trigonometria pela humanidade?

O terceiro momento desse encontro foi planejado para abordar a semelhança de triângulos. Nesse protocolo impresso os alunos receberiam impresso a Figura 1.

Figura 1 – Figura da 3ª etapa do 1º encontro – semelhança de triângulos



Fonte: Martins (2023).

Nesse último momento foi proposto para que os alunos respondessem aos seguintes questionamentos: 01) Ao comparar esses triângulos dois a dois, o que permanece inalterado? 02) E o que muda nessa comparação? 03) Quais são as medidas dos lados desses triângulos usando o lado do quadradinho como unidade de comprimento? Explique como obteve as medidas da hipotenusa. 04) Esses triângulos são semelhantes? Como poderia justificar sua resposta?

A segunda etapa do DE, fase reflexiva, ocorreu com a aplicação da proposta de intervenção aos alunos no ambiente natural da sala de aula. Nesta fase foram coletados os dados por meio dos protocolos das tarefas aplicadas na THA, dos diálogos captados por câmeras e gravadores e das anotações em caderno de notas do pesquisador, também professor da turma.

Nessa fase foram utilizados equipamentos para gravação de imagem e voz, os protocolos individuais de registros dos alunos e o caderno de notas do pesquisador, possibilitando o registro dos acontecimentos no momento da investigação, bem como, evidenciar as mudanças de planejamentos – redesigns.

A Fase Retrospectiva da pesquisa de doutoramento consistiu na análise dos protocolos dos alunos e na produção da síntese dos resultados obtidos.

Em síntese, as fases da pesquisa foram as seguintes: 1) Fase prospectiva - revisão de literatura, elaboração e aplicação da atividade diagnóstica e construção da THA; 2) Fase reflexiva - pesquisa em campo com a aplicação da THA e coleta de dados; 3) Fase retrospectiva - análise dos dados coletados na aplicação da THA.

O ambiente de realização desta pesquisa foi uma Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio, na Cidade de Linhares, no estado do Espírito Santo, Brasil. Nessa escola são ofertados os Anos Finais do Ensino Fundamental e o Ensino Médio, nas modalidades de Ensino Regular e Educação de Jovens e Adultos. A pesquisa foi autorizada pelo Comitê de

Ética com parecer nº 4.808.527.

Na próxima seção apresentamos os resultados e as discussões, nosso foco é demonstrar como utilizamos as três fases do DE em nosso estudo, dando detalhes as alterações ocorridas por meio do redesign.

2.3 Resultados e discussão

O primeiro encontro de aplicação da THA com os alunos teve como tema: A trigonometria: contexto histórico”, os objetivos do encontro foram: Reconhecer o desenvolvimento da trigonometria como parte da evolução histórica da humanidade e continua presente no cotidiano; compreender o Seqt como uma razão entre deslocamento horizontal e a altura vertical; entender a trigonometria em diversos contextos.

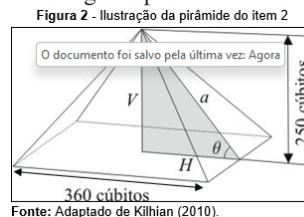
Foram necessárias duas aulas geminadas para conclusão da intervenção. Vinte e sete alunos estiveram presentes e realizaram voluntariamente as Tarefas propostas.

Essa intervenção foi composta por dois textos e oito questões, no qual o texto viabilizava a solução e/ou caminhos para alcançá-la. Bem como, esperávamos a mobilizassem conhecimentos prévios, como o Teorema de Pitágoras, para auxiliar na busca por soluções.

O redesign da intervenção substituímos a segunda questão por duas outras. Percebemos itens, inicialmente planejados, no qual fariam os alunos mobilizarem conhecimentos repetitivos e somente os descritos no texto, apresentamos assim uma questão de exploração e outra de investigação. Nas Figuras 2 e 3 apresentamos as duas questões inseridas no redesign.

Figura 2 – Questão inserida pelo redesign do primeiro encontro

2. A Figura 2, ilustrada ao lado, apresenta uma pirâmide cuja altura mede 250 cúbitos e o comprimento da sua base mede 360 cúbitos. Apresente a razão **seqt** na qual essa pirâmide foi construída.

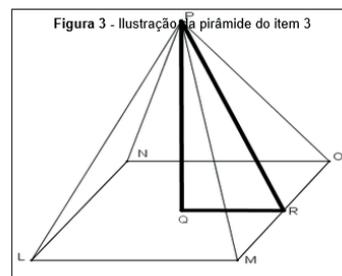


Fonte: Adaptado de Kilhian (2010).

Fonte: Martins (2023).

Figura 3 – Questão inserida pelo redesign do primeiro encontro

3. A Figura 3, ilustrada ao lado, apresenta uma pirâmide cuja altura (PQ) é desconhecida. Mas, seus lados. A apótema (PR) da fase lateral mede 100 metros, enquanto a apótema da base (QR) mede 60 metros. Com base nos dados apresentados, determine a razão **seqt** da construção dessa pirâmide.



Fonte: Adaptado de Kilhian (2010).

Fonte: dados da pesquisa.

Ainda na fase reflexiva, observamos a necessidade de solicitar aos estudantes: “Faça o esboço de um triângulo retângulo e destaque as suas principais características e nomenclatura”, sendo essa a oitava questão, adicionada ao primeiro encontro no redesign. Justificou-se essa escolha, após revisarmos os resultados da atividade diagnóstica,

e notamos a dificuldade dos estudantes em representar um triângulo retângulo, apresentando a nomenclatura e características o triângulo retângulo. Assim, inserimos essa questão para possibilitar aos alunos fizessem novos registros com base nas discussões do texto explorado. Outro redesign diz respeito a atividade que havíamos proposto nesse encontro sobre Semelhança de Triângulos. Percebemos, durante a realização da primeira intervenção, ser interessante realizar a atividade no próximo encontro, mantendo o foco dos alunos nas discussões histórica. Assim, ao término do encontro foram realizados dois momentos com os alunos, ficando definida a realização de um encontro para o terceiro momento.

Como parte da fase retrospectiva apresentamos os resultados do desenvolvimento do processo intervencionista. Acerca da segunda questão, inserida pelo redesign na fase retrospectiva, nossa hipótese foi que os estudantes deveriam compreender que o deslocamento horizontal era equivalente à metade do comprimento da base, ou seja, 160 cúbitos, assim, a resposta esperada era 0,72. Dos protocolos analisados apenas 03 (21%) foram assertivos em suas respostas (A03, A11 e A13), os demais 69% erraram ao determinar a medida do deslocamento como a medida total da base. A Figura 4 apresenta os registros desenvolvidos por A10.

Figura 4 – Registro do aluno A10 na Questão 02 do 1º encontro

2. A Figura 2, ilustrada ao lado, apresenta uma pirâmide cuja altura mede 250 cúbitos e o comprimento da sua base mede 360 cúbitos. Apresente a razão seqt na qual essa pirâmide foi construída.

$$\text{seqt} = \frac{180}{250} = 0,72$$

Resposta: $\text{seqt} = 0,72$

Fonte: Martins (2023).

Observamos que A10 compreendeu o problema, extraiu os dados do enunciado corretamente, obteve a razão adequada e o resultado correto. Entretanto, observamos que o registro da fração está incorreto, pois está ausente o traço da fração, entre o numerador e o denominador.

Em relação à mesma questão, o aluno (A03) questionou:

A03 : Ao todo isso aqui é o total da pirâmide (apontando para o comprimento total da base da pirâmide), porém isso aqui é um triângulo retângulo (apontando para o triângulo). Então é a razão entre o afastamento horizontal e a elevação vertical do triângulo retângulo ou da Pirâmide? Do triângulo retângulo, né!?

PP : Por que do triângulo retângulo?

A03 : Porque estou calculando só isso aqui (apontando para a parte do triângulo).

PP : O que é o deslocamento horizontal para você? Qual letra está representando aqui? Em vez de utilizar o ângulo do vértice está o comprimento de cada segmento está sendo representado por uma letra. Qual é o lado que representa o deslocamento horizontal?

A03 : O deslocamento horizontal é o H .

PP : E a altura?

A03 : É o V , entendi. Obrigado professor!

Pelos diálogos acima percebemos no início insegurança por parte do aluno A03 em desenvolver suas conjecturas. A interação com o professor auxiliou-o a refinar sua conjectura, reformulando-a, bem como avaliar o seu raciocínio e provar matematicamente sua validade após o refinamento. Isso foi possível observar em seu registro no protocolo de pesquisa.

Observando o desenvolvimento dos estudantes, consideramos esse problema como não rotineiro, dado os caminhos que as etapas que os alunos passaram e não fizeram a validação, por não terem compreendido na figura a informação do deslocamento horizontal.

Em seguida foi apresentada uma ilustração de uma pirâmide e o seguinte problema: “A Figura apresenta uma pirâmide cuja altura é desconhecida. Mas, seus lados. A apótema da fase lateral mede 100 metros, enquanto a apótema da base mede 60 metros. Com base nos dados apresentados, determine a razão seqt da construção dessa pirâmide”. Um aluno (A05) fez uma inferência, descrita a seguir:

A05 : Professor, fiz até aqui (apontando para o desenho). Mas, não estou entendendo.

PP : Você tem quantos lados do triângulo aqui? (apontando para a figura do segundo problema).

A05 : Dois

PP : Você tem os dados são dois e falta o dado de quantos lados?

A05 : Um

PP : E o que você pode utilizar para descobrir esse lado que está faltando?

A05 : Teorema de Pitágoras.

PP : O que você vai fazer agora?

A05 : Vou aplicar Pitágoras, tendo a hipotenusa e um dos catetos. Vou descobrir o valor dessa altura e depois eu calculo o Seqt .

No diálogo acima o aluno A05 teve dificuldade na fase inicial de investigação, formular questões. Com a interação com o professor, o aluno conseguiu apresentar justificações, validar seu raciocínio, refinar e validar por meios matemáticos.

Inicialmente, em nosso *Design* da THA, julgamos que os estudantes teriam dificuldades mais acentuadas neste problema do que no anterior, haja vista que exigiria deles utilizar o Teorema de Pitágoras para determinar a medida da altura vertical. Identificamos, em campo, a necessidade de fazer *redesign* durante a intervenção. Assim, percebendo que a maioria dos alunos tiveram a mesma dificuldade que A05, realizamos uma intervenção na tarefa discutindo no quadro, conforme o diálogo a seguir.

PP : Qual triângulo vocês observam no terceiro problema:

Alunos : Triângulo retângulo.

PP : Então, temos um triângulo retângulo. (PP foi para o quadro e fez o desenho do triângulo retângulo). Qual é a medida dessa diagonal aqui?

Alunos : 100

PP : Qual é a medida dessa parte aqui (se referindo ao seguimento (QR))?

Alunos : 60
 PP : Seqt é uma razão entre o deslocamento horizontal e a altura vertical, eu posso utilizar esse 100 (se referindo a hipotenusa) para calcular o Seqt?
 Alunos : não.
 PP : Como eu vou fazer para calcular o Seqt se eu não tenho a altura vertical?
 A10 : Calcula a altura do triângulo
 PP : Eu preciso descobrir um lado do triângulo, tendo dois outros lados
 A14 : Regra de Três.
 PP : Como eu vamos utilizar regra de três se não temos outros triângulos para fazermos a comparação!?
 A04 : A hipotenusa ao quadrado é igual à soma dos catetos ao quadrado.
 A03 : Eu não entendi, aí meu Deus, repete aí.
 PP : O que que nós utilizamos aí que A04 comentou?
 A03 : Ah sim, o Teorema de Pitágoras.
 PP : Muito bem alunos, agora vocês podem dar continuidade.

Percebemos, diante da discussão apresentada, que intervir para instigar os alunos quanto ao conhecimento prévio sobre o Teorema de Pitágoras foi essencial para continuar com interesse em realizar as tarefas proposta no encontro. Percebemos que A14 fez uma conjectura, na qual A10 fez a correção após o questionamento do professor, A03 demonstrou não ter conseguido acompanhar a discussão, porém tal conjectura foi refinada e validada matematicamente pela aluna SOL e compreendida por A03.

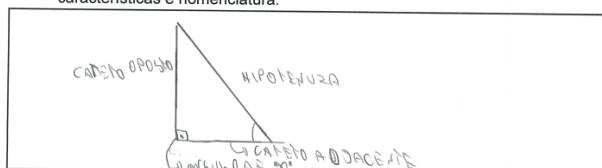
Observando a espontaneidade dos estudantes (SIMON, 1995) durante o desenvolvimento dessa tarefa, notou-se risos e comentários do tipo “nossa, eu errei o problema anterior por considerar toda a parte de baixo da pirâmide, ao invés de só a metade (A)”. No processo de Investigações Matemática de Ponte (2017), percebemos que os alunos reformularam suas hipóteses, desenvolveram novas conjecturas, com base no problema anterior e validaram suas respostas.

Dos registros referente às questões 06 e 07, inferimos a organização correta dos dados e justificação adequadas das suas conjectura e validação por maioria dos alunos. No primeiro momento souberam reconhecer o ângulo reto e no item 07 relacionaram a suas realidades com a trigonometria.

Percebemos, em relação ao reconhecimento da nomenclatura e caracterização do triângulo retângulo, um aumento no percentual dos alunos que conseguiram relacionar corretamente os termos, ângulos com a figura por eles representados e registrado na questão 08. Na Figura 5 temos a resposta de A13 ao problema.

Figura 5 – Registro do aluno A13 na oitava questão.

8. Faça o esboço de um triângulo retângulo e destaque as suas principais características e nomenclatura.

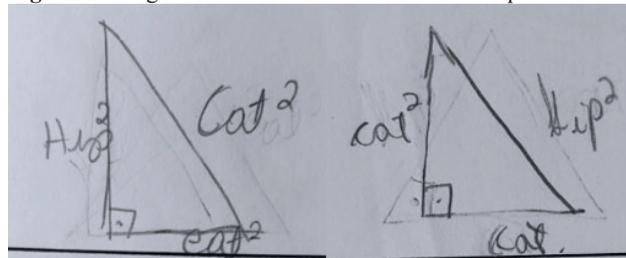


Fonte: Martins (2023).

A resposta de A13 é correta quanto a solução proposta,

o aluno desenvolveu suas conjecturas e as validou matematicamente em seus registros. Observamos que seis alunos refizeram seus registros, na Figura 6, temos o registro de A01 e A05, respectivamente, sendo possível observar as marcas dos registros anteriores.

Figura 6 – Registro dos alunos A01 e 05 na oitava questão



Fonte: Martins (2023).

Diante do registro, os alunos realizaram suas conjecturas iniciais, ao refinarem suas conjecturas trouxeram novo registro. Observamos ainda que ambos não conseguiram lograr êxito em suas respostas, identificando a nomenclatura com quadrado (referência ao Teorema de Pitágoras).

Conforme escrito no caderno de acompanhamento ao término o PP fez uma discussão com os alunos abordando sobre os conceitos abordados na intervenção, utilizando o projetor.

Realizando a avaliação do conhecimento dos alunos, percebemos o atingimento do objetivo do encontro, no qual os alunos demonstraram a compreensão do seqt como uma razão entre o deslocamento horizontal e a altura vertical, bem como reconheceram o desenvolvimento da trigonometria como parte da evolução histórica da humanidade e que ela continua presente no nosso cotidiano.

Esse encontro foi finalizado após a discussão final com os alunos, percebemos ser interessante abordar os conceitos de semelhança de triângulos em um outro encontro. Assim, apresentamos, na próxima seção, a discussão acerca do encontro sobre semelhanças de triângulos.

3 Conclusão

Neste estudo o objetivo foi apresentar o Design Experiment (DE) como metodologia da pesquisa qualitativa e exemplificar com uma pesquisa empreendida pelos autores. Para tanto, expusemos perspectivas da pesquisa qualitativa do tipo DE, apresentamos um recorte de uma intervenção ocorrida em uma pesquisa de doutoramento e demonstramos os caminhos do DE ao longo da intervenção ocorrida.

Expusemos a metodologia empregada em uma pesquisa de doutoramento em Educação Matemática realizada na Universidade Anhanguera de São Paulo, com aprovação em Comitê de Ética em Pesquisa. Para além dessa exposição metodológica, apresentamos as três fases do DE, fase prospectiva, reflexiva e retrospectiva. Fases essas evidenciadas nos resultados da pesquisa.

Na fase prospectiva desenvolvemos a revisão de literatura,

mesmo não sendo o objetivo deste texto, mas encontra-se na tese, elaboramos a tarefa de diagnóstica, bem como identificamos por meio dela os conhecimentos prévios dos alunos e, por meio desse, elaboramos uma THA em trigonometria.

Durante a aplicação da intervenção proposta pela THA em trigonometria, as contingências foram identificadas, registradas e ações foram tomadas no que diz respeito alterar a trajetória ou manter a trajetória, tais registros ficaram evidenciados na fase reflexiva do DE. A quantidade de encontros foi acrescida em um encontro, passando de 12 para 13 encontros, desses encontros cinco foram mantidos conforme hipotetizado.

A análise de dados, em desenvolvimento pelo pesquisador, corresponde a fase retrospectiva, nela os resultados da pesquisa são explorados, e relacionados à luz da teoria utilizada na pesquisa. Essa fase, também faz reflexões com os resultados obtidos na revisão de literatura, possibilitando comparar resultados da pesquisa com outros estudos que antecederam, explicitando as condições que ocorreram as pesquisas.

Desse modo, a confiabilidade e a validade dos dados coletadas em uma pesquisa qualitativa tipificada como Design Experiment, será expressa na riqueza dos detalhes, nas evidências dos registros realizados em cada uma das suas fases, no qual caberá ao pesquisador realizar o relacionamento entre as fases demonstrando assim o domínio pelo método e, conseqüentemente, a validade e confiabilidade de sua pesquisa.

Assim, esperamos, por meio deste texto apresentar o DE aos pesquisadores na área de Educação Matemática, enfatizando a eles a trajetória, no qual deverão seguir para validarem seus métodos e demonstrarem confiabilidade nos dados expostos em suas pesquisas. Assim, seguindo rigorosamente o DE, ela confirmará como um método fidedigno, válido e confiável em investigações qualitativas.

Agradecimento

Ao financiamento da CAPES pelo PROCAD-Amazônia (Processo: 88887.199847/2018).
À FAPEAM.

Referências

Abney, A.R. (2007). Elementary preservice teachers' working

model of children's mathematics. Tese de doutorado. *University Of Georgia*.

- Cabeça, S.M. (2021). Critérios de fiabilidade e validação da informação qualitativa no estudo das práticas culturais: exemplo de uma investigação no terreno. *Methodology*. p. 144.
- Cevada, J., Silva, D.R., Prado, G.G., & Colpani, J.G.B (2020). *Matemática nos dias de hoje: geometria e álgebra*. São Paulo: Editora SEI.
- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). 'Design Experiments in Educational Research'. *Educational Researcher*. vol. 32(1). p. 9-13.
- Coelho, P.M.P.C.S., Teixeira, A.R., & Cabeça, S.M. (2021). Em torno da questão da qualidade científica numa investigação qualitativa com pessoas idosas. *Methodology*. p. 145.
- Editora Moderna (2020). *Conexões: Matemática e suas tecnologias*. São Paulo: Moderna.
- Freitas, L.M., Logen, A., & Blanco, R.M. (2020). *Interação Matemática: a resolução de problemas por meio da geometria plana e da trigonometria*. São Paulo: Editora do Brasil.
- Martins, L., & Lobo Da Costa, N.M. (2021). O que revelam os resultados do PAEBES TRI sobre a aprendizagem de conceitos trigonométricos dos estudantes de uma escola de Linhares. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. 2(34), 24-34.
- Martins, L. (2023). *Trajétória Hipotética de Aprendizagem em Trigonometria: conhecimentos mobilizados por um grupo de estudantes*. [Tese de Doutorado]. Universidade Anhanguera de São Paulo.
- Moreira, M. (2003). Pesquisa em Ensino: Aspectos metodológicos. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*.
- Monteiro, C. L. (2021). Pesquisas Quanti e Qualitativas: metodologias adversárias ou possibilidades para o pesquisador? *Methodology*. p. 141.
- Nonato, K.J., & Lobo Da Costa, N.M. (2021). O design metodológico de uma pesquisa sobre integração de tecnologias digitais em currículos de graduação em matemática. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa (ALME)*, 2(34), 406-413.
- Ponte, J.P. (2017). *Investigações matemáticas e investigações na prática profissional*. São Paulo: Livraria da Física.
- Severino, A.J. (2013). *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Cortez.
- Simon, M.A. (1995). Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.