

Uma análise do uso da tecnologia de Realidade Aumentada na aprendizagem de Matemática no Ensino Fundamental

An analysis of the use of Augmented Reality technology in the learning of Mathematics in Elementary Education

Anderson Luis Alves Silva¹ Edmar Wellington Oliveira²

Resumo: A Matemática do ensino fundamental é uma disciplina habitualmente encarada pelos estudantes como de difícil compreensão. Apesar dessa percepção ser mais ou menos intensa, a depender do conteúdo sendo ministrado, ela é bastante presente no ensino do conteúdo de sólidos geométricos (poliedros). Nesse cenário, o uso de tecnologias se apresenta como uma importante estratégia para fomentar o aprendizado, sanando ou diminuindo as dificuldades enfrentadas pelos alunos. Dentre essas tecnologias, a Realidade Aumentada (RA) tem recebido grande destaque. De fato, a RA, disponível em dispositivos móveis através de aplicativos, tem auxiliado alunos na visualização e interpretação de formas geométricas espaciais; consequentemente, contribuindo com o aprendizado desse conteúdo. O objetivo deste trabalho consiste em analisar como alunos (especificamente do 6º ano do ensino fundamental) percebem o uso da RA no processo de aprendizagem de poliedros. Propôs-se, portanto, a realização de um estudo de caso, em um ambiente real de ensino, com alunos fazendo uso de um aplicativo de RA no decorrer do processo de aprendizagem do conteúdo de poliedros - possibilitando aos mesmos compararem a experiência de uso deste aplicativo com os recursos usualmente utilizados pelos educadores, como livros didáticos e quadro negro.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Poliedros. Matemática.

Abstract: Students usually see Elementary school mathematics as difficult to understand. Although this perception is more or less intense, depending on the content being taught, it is very present in the teaching of geometric solids (polyhedra) content. In this scenario, the use of technologies is presented as an important strategy to promote learning, reducing the difficulties faced by students. Among these technologies, Augmented Reality (AR) has received great attention. In fact, AR, available on mobile devices through applications, has helped students to visualize and interpret spatial geometric shapes - consequently, contributing to the learning of this content. The objective of this work is to analyze how students (specifically in the 6th year of elementary school) perceive the use of AR in the process of learning polyhedra. Therefore, it was proposed to carry out a case study, in a real teaching environment, with students using an AR application during the process of learning the content of polyhedra - allowing them to compare the experience of using this application with the resources used by educators, such as textbooks and blackboard.

Keywords: Augmented Reality. Polyhedra. Mathematics.

1 Licenciado em Licenciatura em Computação (Universidade Federal de Juiz de Fora), E-mail: anderson.silva@estudante.ufjf.br.

2 Docente do Departamento de Ciência da Computação (Universidade Federal de Juiz de Fora), E-mail: oliveira.edmar@ufjf.br.

1. Introdução

A inovação tecnológica tem transformado todos os setores da sociedade, em maior ou menor grau. Consequentemente, com toda uma avalanche de novidades, os indivíduos vivem uma busca incessante pelo conhecimento - em especial, aquele relacionado ao funcionamento dessas inovações, procurando entendê-las de forma a utilizá-las com maior eficiência no cotidiano.

Dentro desse contexto, no âmbito da educação, observa-se que as inovações tecnológicas têm transformado a maneira de ensinar e aprender. De fato, o processo de ensino e aprendizagem já não mais consiste em uma prática centralizada apenas nas relações presenciais entre professores e alunos. Recursos tecnológicos têm sido cada vez mais agregados ao processo - possibilitando, por exemplo, a realização de um aprendizado mais personalizado (mediante análise das características individuais dos alunos) ou a aplicação de estratégias capazes de fomentar nos alunos aspectos como criatividade, comunicação e colaboração.

Essas inovações têm, por conseguinte, oportunizado um ambiente instrucional significativamente mais rico que o tradicional - apto a preparar o aluno para enfrentar os desafios de uma sociedade cada vez mais conectada, dinâmica e exigente, e que valoriza a inovação e a capacidade de resolução de problemas. É neste cenário que insere-se a “Educação 4.0” - conceito de ensino que visa aprimorar as habilidades e as competências dos estudantes através da utilização de tecnologias digitais. Assim, torna-se necessário não somente compreender a maneira como os alunos aprendem a partir dessas tecnologias (Führ, 2018), como também evidenciar a relevância das escolas e educadores em acompanhar essas discussões, incorporando e explorando temas relevantes nesse contexto (Gavassa et al., 2018).

O desafio de se fomentar uma maior significação nos processos instrucionais é ainda mais expressivo no contexto da educação matemática - quer seja devido à sua complexidade, quer seja pela abstração de muitos de seus conceitos, quase sempre ensinados através de uma metodologia que desassocia-os da; dificultando, portanto, o entendimento por parte dos estudantes e comprometendo o aprendizado. O baixo desempenho no aprendizado da matemática presenciado nos últimos anos corrobora o desafio em questão. De fato, um estudo publicado em 2018 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), realizado através do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), aponta que 70% dos estudantes possuem insuficiência no aprendizado relacionado à matemática básica (INEP, 2018) - que se propaga nos anos seguintes do processo instrucional.

É neste contexto que tornam-se necessárias discussões que visem adequar a metodologia de ensino a uma realidade na qual os conceitos da matemática possam ser ensinados articulando teoria e prática - assim, criando um ambiente que fomente a interpretação, o questionamento, a curiosidade e a criatividade. Logo, estimulando o aluno para uma conduta mais ativa na construção do próprio conhecimento. Nesse cenário, o emprego de tecnologias tem sido considerado como importante estratégia para aproximar os conceitos da matemática do cotidiano, explorando seus aspectos práticos - logo, permitindo a criação de ambientes mais propícios ao aprendizado. E dentre essas tecnologias, a Realidade Aumentada (RA) tem recebido amplo destaque - principalmente dada sua conveniência para uso em dispositivos móveis e a grande popularidade deste. Neste contexto, o presente artigo se propõe a compreender como a tecnologia de RA é capaz de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem da matemática. Em particular, busca-se verificar como os alunos percebem o uso da RA no processo de aprendizagem da matemática - especificamente no que se refere ao tema de sólidos geométricos (poliedros).

Para além desta seção introdutória, este trabalho está organizado conforme descrito a seguir. A seção 2 fundamenta a abordagem, destacando aspectos relevantes do ensino da matemática. A seção 3 descreve o estudo de caso realizado no âmbito da pesquisa. A seção 4 discute os resultados obtidos por meio do estudo de caso. Finalmente, a seção 5 é dedicada à apresentação das considerações finais, as limitações da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

2. Ensino de Matemática

A Matemática é um tema muito presente no cotidiano das pessoas. Entretanto, nem todos a recebem com o mesmo entusiasmo. No âmbito escolar, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) evidenciam que a Matemática desperta sensações, no mínimo, conflitantes - ao mesmo tempo em que é percebida pelos alunos como uma área

de conhecimento importante, possui considerável potencial de promover algum sentimento de descontentamento em razão de resultados insatisfatórios no processo de aprendizagem (Masola, 2014; Masola; Allevato, 2016; Masola, Vieira; Allevato, 2016).

De acordo com o Ministério da Educação (MEC) (Brasil, 1998), o ensino da Matemática é marcado pelos altos índices de retenção, pela formalização precoce de conceitos, pela excessiva preocupação com o treinamento de habilidades, e também pela mecanização de processos sem a devida compreensão pelos alunos. Portanto, a adoção dessa abordagem de ensino tem sido responsável pelo distanciamento na relação entre a Matemática e a realidade.

Ao se refletir o ensino de Matemática, visando um processo de aprendizagem significativo, alguns questionamentos são recorrentes. De fato, indagações sobre as dificuldades encontradas pelos alunos no processo de aprendizado ou mesmo sobre a metodologia mais adequada para se alcançar os objetivos são comuns.

Observa-se, pois, cada vez mais, a necessidade de se buscar metodologias e processos que visem tornar o processo de ensino e aprendizagem dinâmicos. Essa perspectiva contrapõe-se às abordagens pedagógicas em uso ao longo do tempo - quase sempre estruturadas em aulas expositivas nas quais os educadores apresentam os conceitos de forma sequencial, com alunos buscando acompanhá-los passivamente.

É preciso reconhecer, contudo, conforme evidenciado por Joabson (2019), um constante esforço dos educadores no sentido de adotar tecnologias educacionais em prol de uma aprendizagem mais significativa. Embora elementos como giz, quadro e livros ainda se façam presentes, recursos tecnológicos são cada vez mais utilizados. Por certo, o avanço tecnológico tem oportunizado ferramentas capazes de fomentar a comunicação e a interação entre indivíduos, além de potencializar a construção do conhecimento. Verifica-se, portanto, o advento de novas perspectivas para o campo da educação, que exploram o potencial de tecnologias emergentes para aprimorar os processos de ensino e aprendizagem.

O desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) criou novas oportunidades nos processos instrucionais. Os recentes avanços tecnológicos permitiram, por exemplo, o desenvolvimento do ensino à distância e do aprendizado através de dispositivos móveis. As mudanças promovidas pelas TIC têm contribuído para o enriquecimento progressivo do ambiente e contexto educacional, convidando o educador a ampliar e modificar sua prática pedagógica para facilitar o processo de aprendizagem.

Pesquisas nos campos da didática Matemática e tecnologias digitais suscitam a análise acerca das possibilidades e potencialidades desse binário na estruturação dos processos educativos dentro e fora da escola (Borba, 1999). Rodrigues (2020) afirma que o uso de tecnologia como recurso metodológico no ambiente escolar - em especial, no ensino da Matemática - oportuniza a educador explorar os conceitos de maneira atrativa e interessante aos alunos, possibilitando uma atuação mais ativa por parte dos mesmos nos processos de aprendizagem. A introdução das inovações tecnológicas no âmbito escolar, entretanto, impõe a necessidade de se rever a prática docente e identificar formas eficazes para sua utilização (Oliveira, 2018), tanto por instituições, educadores e alunos. Um dos inúmeros recursos tecnológicos que podem ser considerados visando a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, especificamente da Matemática, é a Realizada Aumentada.

De forma resumida, a RA pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais - por exemplo, imagens dinâmicas ou sons espaciais -, geradas por computador em tempo real, devidamente posicionadas no espaço 3D, e percebidas através de dispositivos tecnológicos (Kirner, 2011). É um recurso que possibilita manter o indivíduo no ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário através de algum dispositivo - diferente da Realidade Virtual (RV), que transporta o ambiente real para o virtual. Pode-se afirmar que um dos principais propósitos da RA é adicionar informações e significado a um objeto real de maneira a aprofundar o entendimento de um indivíduo sobre o mesmo e/ou o contexto em que está inserido.

A figura 1 ilustra a tecnologia RA.

Figura 1: Figura da interface do aplicativo



Fonte: Google Imagens

Conforme a figura 1, a tecnologia RA permite a inserção de objetos virtuais no ambiente físico do usuário, em tempo real, por meio de dispositivos tecnológicos que façam uso do ambiente real como interface. A inserção desses objetos ocorre através da captura, pela câmera do dispositivo, da imagem de um marcador - processada por um software específico instalado no próprio dispositivo. Como resultado, tem-se um modelo tridimensional (imagem, vídeo, sons, etc.) associado ao marcador utilizado.

O uso da tecnologia de Realidade Aumentada como estratégia de ensino e aprendizagem - especificamente nas aulas de Matemática - apresenta-se como um diferencial para o aprendizado, na medida em que proporciona aos alunos a vivência de experiências teórico-práticas. Ainda, permite a criação de um ambiente desafiador e aberto à indagação - capaz, portanto, de suscitar a curiosidade, a concentração, a criatividade e o interesse dos alunos. No entanto, enquanto recurso tecnológico, a RA deve ser usada como um catalisador para uma mudança de paradigma na educação que busque promover o aprendizado e evidenciar aos educadores que ensinar não se resume a transferir informações, mas um processo de formação do conhecimento do aluno como produto de seu próprio envolvimento.

No âmbito educacional, a RA oportuniza a construção de ambientes interativos capazes de fomentar o aprendizado de conceitos de difícil compreensão em função da falta de significados. Do ponto de vista da Matemática, especificamente, a RA tem o potencial de apoiar, por exemplo, a visualização e a análise de formas geométricas espaciais e planas. Proporciona-se, desta forma, um ambiente mais expressivo para os alunos, propiciando aos mesmos o estabelecimento de relações dos conceitos da Matemática com elementos do cotidiano. De fato, a RA permite ao usuário manipular objetos virtuais tridimensionais e introduzi-los em ambientes reais - portanto, gerando experiências significativas aos alunos.

3. Estudo de caso

Nesta seção, apresentamos a metodologia de pesquisa adotada para o presente trabalho. Inicialmente, detalhamos a escolha da metodologia de estudo de caso. Em seguida, o estudo é detalhado, descrevendo-se seu protocolo, definição do caso e suas unidades de análise, as etapas realizadas e o instrumento de coleta de dados adotado. Por fim, apresenta-se o aplicativo utilizado na realização do estudo.

De acordo com Yin (2015), um estudo de caso consiste em uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em seu contexto natural. Essa metodologia de pesquisa é uma das inúmeras formas de se realizar um estudo. Para o autor, são três as condições básicas para definir a metodologia a ser empregada, a saber: (i) tipo de questão de pesquisa proposto, (ii) grau de controle do pesquisador, e (iii) grau de enfoque sobre eventos contemporâneos em oposição aos eventos que são puramente históricos. O estudo de caso, dadas essas três condições, apresenta-se como método preferencial em situações nas quais (i) faz-se necessário responder questionamentos do tipo “como” ou “por que”, (ii) o pesquisador tem pouco/nenhum controle acerca do(s) evento(s) pesquisado(s), e (iii) o foco do estudo é um fenômeno contemporâneo.

Entende-se que a presente pesquisa apresenta as condições para um estudo de caso. Primeiramente, por estar interessada em compreender como os estudantes percebem a utilização da tecnologia de RA no aprendizado de matemática. Ademais, dadas as características do evento de interesse, o pesquisador não possui qualquer controle

sobre ele. De fato, são considerados cenários reais de ensino/aprendizagem com o uso da RA como recurso instrucional. Neste sentido, considerando o ambiente de sala de aula, de responsabilidade do professor, o pesquisador dispõe de nenhuma ou pouca possibilidade de interferência. Por fim, nota-se que o foco desta pesquisa é um evento contemporâneo (atual; portanto, não histórico), investigado empiricamente dentro de seu contexto real.

Definido o método de pesquisa a ser empregado, foi necessário estabelecer o seu projeto. Particularmente, interessa a essa pesquisa o estudo de caso único - que se apresenta apropriado, dentre os cenários mencionados por Yin (2015), quando se tem um caso comum, com o objetivo de captar as condições e circunstâncias de uma situação cotidiana - ainda que dentro de condições contextuais específicas. Além da definição do quantitativo de casos único ou não, é indispensável a definição da(s) unidade(s) de análise. Essa definição, segundo Yin (2015), depende do(s) objetivo(s) que o pesquisador pretende alcançar através do estudo de caso, e ainda da questão de pesquisa definida. Dependendo da necessidade, uma unidade de análise pode se referir a indivíduos, eventos, entidades etc. O estudo, portanto, pode ser definido de modo a contemplar uma única unidade de análise ou múltiplas unidades.

3.1 Definição do caso e unidades de análise

Esta pesquisa se enquadra como um estudo de caso único, com múltiplas unidades de análise. Isso significa que foi proposto realizar um único estudo de caso, dentro de um contexto específico, com a análise de múltiplas unidades definidas para o mesmo. A escolha pela estruturação em questão mostra-se adequada pelo fato do estudo ser aplicado em uma instituição de ensino específica, dentro de um contexto - características, metodologia de ensino, etc. - particular. Além disso, como objetivo, pretende-se analisar como os alunos do 6º ano do ensino fundamental percebem o uso da RA no processo de aprendizagem do de poliedros. A opção pela análise com múltiplas unidades possibilita uma visão mais ampla do fenômeno estudado, ao mesmo tempo em que permite averiguar eventuais especificidades entre as unidades.

O estudo de caso foi realizado na Escola Municipal Paula Assis, localizada na zona rural da cidade de Resende Costa, no estado de Minas Gerais. A escola oferece os ensinos infantil, fundamental e médio, e conta com aproximadamente 300 alunos - provenientes tanto da zona rural quanto urbana - divididos em 17 turmas. A escolha dessa escola justifica-se por uma conjuntura favorável ao pesquisador, incluindo sua localidade e a proximidade do pesquisador com seus administradores. No tocante às unidades de análise, foram consideradas as 2 (duas) turmas reservadas ao 6º ano do Ensino Fundamental. Particularmente, a escolha pelo 6º ano justifica-se por ser nesta fase do Ensino Fundamental em que o conteúdo de sólidos geométricos (poliedros) é ministrado. O estudo foi realizado entre os dias 16 e 24 de maio de 2023, seguindo o cronograma das aulas da disciplina.

3.2 Protocolo de coleta de dados

Para Yin (2015), o protocolo de coleta de dados é um instrumento importante para a confiabilidade do estudo de caso e se destina a orientar o pesquisador quando da coleta dos dados. De maneira geral, esse protocolo deve compreender uma visão geral do estudo de caso, além da definição das informações a serem coletadas e dos procedimentos e fontes de evidência para a coleta. Para este estudo em particular, o protocolo considerou as seguintes etapas:

- Etapa 1: realização de aulas presenciais, com estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, sobre o conteúdo de sólidos geométricos - com os professores empregando suas metodologias de ensino habituais. Neste caso, sem o uso de qualquer recurso tecnológico direcionado ao ensino do conteúdo. A etapa foi realizada em 2 turmas, individualmente - cada qual com uma professora específica -, mas seguindo um mesmo plano de aula.
- Etapa 2: realização de aula presencial - com os mesmos estudantes da etapa anterior -, ainda acerca do conteúdo de sólidos geométricos, mas com uso do aplicativo móvel Sólidos RA. Essa etapa foi realizada nas 2 turmas etapa 1 - mas individualmente e com as professoras seguindo o mesmo plano de aula.

- Etapa 3: aplicação de questionário aos alunos participantes das etapas 1 e 2, visando a comparação, por parte dos alunos, entre a metodologia de ensino habitual dos educadores (sem uso de recursos tecnológicos) e a metodologia com o uso do aplicativo Sólidos RA para a visualização dos poliedros. O questionário foi aplicado em ambas as turmas, após a realização da etapa 2 em cada uma.

Para ensinar o conceito de poliedros, ambas as professoras do 6º ano adotam diversas estratégias visando fomentar a participação dos alunos e facilitar o processo de aprendizagem. Além de fazerem uso do quadro e do livro didático, as professoras buscam estabelecer comparações entre as formas dos poliedros com alguns objetos reais, presentes no ambiente externo à sala de aula - como a caixa d'água localizada no exterior da escola, relacionando-a ao cilindro.

Outra abordagem utilizada consiste na reprodução, pelos alunos, de algumas formas geométricas (por exemplo, prismas e pirâmides) utilizando papelão - permitindo, portanto, que os estudantes visualizem e reconheçam as principais características dessas figuras. Elas também adotam uma abordagem utilizando palito de dente e jujubas, incentivando os alunos a construírem poliedros encaixando os palitos nas jujubas.

Na etapa 1, ambas as professoras - cada qual em sua turma - dedicaram duas aulas para abordar o estudo de poliedros. Na primeira aula, elas iniciaram o conteúdo demonstrando os poliedros através do livro didático e do quadro negro. A explicação abordou diversos poliedros e corpos redondos: cubos, paralelepípedos, prismas com diferentes modelos de base (triangular, quadrangular e hexagonal), pirâmides, cones, cilindros e esferas. As professoras também ensinaram aos alunos a como localizar e contar as faces, arestas e vértices dos poliedros, fornecendo as bases fundamentais para a compreensão dos conceitos. Na segunda aula, os alunos tiveram que realizar uma atividade prática, com o apoio da professora e do livro. A atividade compreendia a construção dos poliedros aprendidos na aula anterior utilizando papelão, palitos de dente e jujubas. Durante a atividade, os alunos foram incentivados a interagir com os seus colegas, e com a professora, discutindo a atividade e os conceitos relacionados ao tema.

Na etapa 2, ambas as professoras ministraram uma aula utilizando o aplicativo Sólidos RA. Antes, os alunos foram orientados a levar dispositivos móveis (celulares ou *tablets*) para a aula. No início da aula, os alunos receberam as orientações sobre como realizar o download do aplicativo e sua instalação nos dispositivos. O plano de aula estabelecia a disponibilização aos alunos, organizados em duplas, de *QR Codes* impressos correspondentes aos poliedros estudados na primeira etapa. Os *QR Codes* foram separados em conjuntos, com 3 poliedros diferentes, e distribuídos aos alunos - cada dupla, portanto, recebendo 1 conjunto distinto. Para a atividade proposta, cada dupla deveria utilizar o dispositivo móvel para capturar os *QR Codes* e visualizar os poliedros tridimensionalmente, por todos os ângulos.

Após observarem as formas de todos os poliedros, os alunos deveriam transcrever para o caderno a classificação de cada um, além da contagem de arestas, vértices e faces. Dessa maneira, exercitando os conceitos estudados. Ao final desta segunda etapa, as professoras aplicaram um questionário (etapa 3) aos alunos, respondidos individualmente.

A figura 2 apresenta imagens reais da realização da etapa 2.

Figura 2: Figura da interface do aplicativo



Fonte: Amorim (2022)

3.2 Coleta de dados

Quanto à coleta de dados, realizada na 3ª etapa do estudo de caso, optou-se pelo uso de questionários individuais e impressos. O questionário continha 12 questões - abrangendo diversos aspectos: (i) identificação do aluno; (ii) sua posição pessoal acerca da Matemática e, em especial, (iii) sobre o conteúdo de poliedros; (iii) seu conhecimento prévio acerca deste tema; (iv) sua opinião sobre o estudo de poliedros por meio das explicações da professora, com o uso do livro didático e do quadro; e (v) sua opinião pessoal acerca do estudo deste tema com o suporte do aplicativo Sólidos RA. O questionário contou com perguntas de múltipla escolha e perguntas discursivas. Os alunos responderam o questionário individualmente, supervisionados por suas respectivas professoras. O objetivo do questionário, basicamente, foi - através de análise comparativa - verificar a opinião dos alunos sobre o processo de aprendizagem de poliedros através do uso de um recurso tecnológico e através da metodologia/recursos “tradicionais” adotados pelas professoras.

3.3 Aplicativo sólidos RA

Para a realização deste estudo de caso, optou-se pela utilização do aplicativo Sólidos RA - voltado ao ensino de geometria com realidade aumentada. Sobretudo, o aplicativo possibilita a visualização e manipulação de sólidos geométricos através da leitura de *QR Codes* por um smartphone ou *tablet* Android. O Sólidos RA disponibiliza inúmeras funcionalidades, incluindo uma coleção com 42 sólidos geométricos para o usuário visualizar e interagir. O aplicativo provê diferentes formas de visualização dos sólidos, exibindo ou não as arestas e vértices, ou tornando as faces transparentes ou opacas. Além disso, possibilita ao usuário rotacionar e escalonar os objetos. A figura 3 apresenta um exemplo de uso do aplicativo.

Figura 3 – Exemplo de utilização do aplicativo Sólidos RA



Fonte: Amorim (2022)

A escolha pelo Sólidos RA ocorreu por ser um aplicativo de interface simples, disponibilizado gratuitamente para dispositivos Android, e com mínimos requisitos de hardware - podendo ser instalado em qualquer dispositivo com Android 7 ou superior. Ademais, é um aplicativo nacional, (Amorim, 2022), frequentemente atualizado pelo desenvolvedor. O download do aplicativo pode ser realizado na loja de aplicativos da Google - Google Play Store.

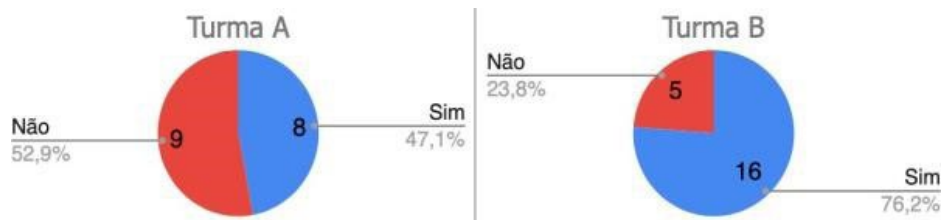
4. Resultados

Os resultados serão apresentados para cada unidade de análise considerada no estudo de caso. As unidades serão identificadas como Turma A e Turma B. Para a primeira, a amostra foi composta de 21 alunos, com idade entre 11 e 12 anos, sendo 9 meninos e 12 meninas. Por sua vez, a Turma B compreendia 18 alunos, com idade entre 11 e 12 anos, sendo 9 meninos e 9 meninas. Os resultados do questionário são apresentados a seguir.

As perguntas 1 e 2 do questionário visavam identificar as amostras, conforme apresentado anteriormente. Na pergunta 3, foi perguntado, se os alunos já haviam ou não sido reprovados em Matemática. O propósito foi averiguar se os alunos estavam nivelados em termos de conhecimento. Em ambas as turmas - praticamente todos os alunos não possuem reprovações em Matemática.

Na pergunta 4, os estudantes foram indagados se gostam ou não de (estudar) Matemática. O propósito foi obter informações sobre o interesse dos alunos quanto à disciplina como um todo, e que eventualmente pudessem ter relação com os demais resultados do estudo. A figura 4 apresenta os resultados obtidos, evidenciando uma discrepância entre as duas turmas. Enquanto a Turma A ficou dividida, a maioria dos alunos da Turma B respondeu gostar de estudar Matemática. Embora não tenha sido colocado como opção de resposta, 1 dos alunos da Turma A respondeu gostar “mais ou menos”.

Figura 5 – Gostar de estudar Matemática



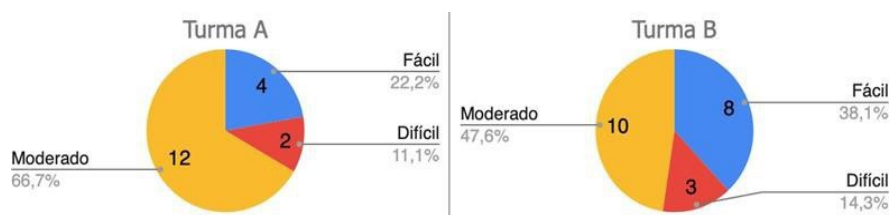
Quando solicitados a justificar a resposta, os alunos da Turma A responderam: “Porque é uma coisa que vai precisar sempre para vida”; “Porque é interessante”; “Porque tem que pensar muito” e; “Porque é muito difícil”.

Para os alunos da Turma B, alguns exemplos de respostas foram: “Porque gosto de usar meu raciocínio”; “Porque acho importante e interessante”; “Importante para meu futuro”; “Acho difícil e tenho preguiça de fazer” e; “Acho chato”.

Na questão 5, os alunos foram indagados se já haviam visto o conteúdo/tema poliedros antes de estudá-lo com a professora em sala. Em ambas as turmas, houve um equilíbrio nas respostas, com parte dos alunos afirmando ter visto esse conteúdo previamente, e outra parte respondendo tê-lo visto apenas quando apresentado pela professora em sala. O propósito desta pergunta foi evidenciar se os alunos possuíam alguma noção prévia sobre o tema ou se este era uma novidade.

Na pergunta 6, foi perguntado aos alunos como eles classificariam o conteúdo de poliedros - se fácil, difícil ou moderado. No geral, também é possível observar um equilíbrio entre as turmas. Para a maioria dos alunos, o conteúdo se apresenta como moderado em termos de complexidade. A figura 6 apresenta os resultados. Contudo, para a Turma B, a relação entre moderado e fácil foi mais próxima - se comparada à Turma A.

Figura 6 – Nível de complexidade do tema poliedros



Na pergunta 7, os alunos foram indagados se sentiram dificuldade em estudar o conteúdo de poliedros utilizando o livro e com a professora explicando-o através do quadro. Em ambas as turmas, conforme ressaltado na figura 7, a maioria dos alunos respondeu não ter tido dificuldade em estudar o conteúdo através da metodologia da professora, utilizando recursos tradicionais.

Figura 7– Dificuldade em estudar poliedros com professora, livro e quadro



Quando solicitados a explicar a resposta, os alunos da Turma A responderam: “Sim, não entendi bem a matéria” e “Não, porque a professora explica muito bem a matéria”.

Para a Turma B, alguns exemplos de respostas foram: “Sim, porque foi a primeira vez que vi a matéria” e “Não, porque a professora explica muito bem”.

Na pergunta 8, foi solicitado que os alunos expressassem suas opiniões sobre o uso do aplicativo Sólidos RA como recurso para o estudo do conteúdo de poliedros.

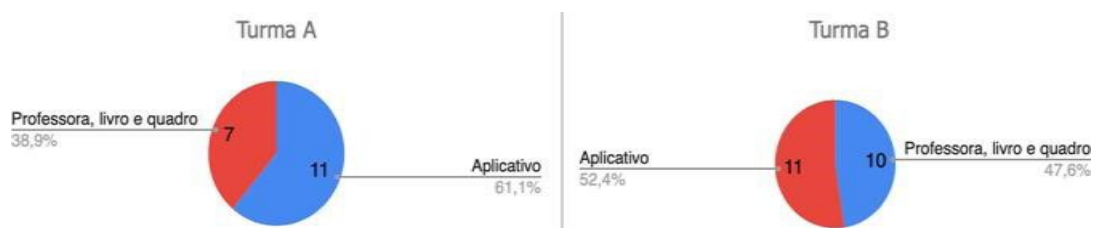
Para a Turma A, algumas respostas foram: “Acho interessante” e “Achei bom, pois estava faltando alguma coisa”.

Para a Turma B, algumas das respostas obtidas foram: “Muito interessante e legal”; “Muito bom, com o aplicativo dá para ver as formas com precisão, e é mais fácil de entender” e “Legal, porque consigo visualizar em 3D, ficando mais fácil de contar as vértices e arestas”.

Na pergunta 9, foi perguntado aos alunos se eles sentiram alguma dificuldade em usar o aplicativo Sólidos RA para estudar poliedros. Em ambas as turmas, 100% dos alunos responderam não ter tido quaisquer dificuldades - indicando, portanto, ao menos para esse grupo de estudantes, que o aplicativo se apresenta como sendo de fácil manuseio, com interface simples e intuitiva. O objetivo dessa pergunta foi saber se, de algum modo, a interface do aplicativo causou alguma dificuldade no processo de aprendizagem.

Na pergunta 10, perguntou-se aos alunos qual estratégia, na opinião deles, foi mais interessante para estudar poliedros: se por meio das explicações da professora em conjunto com o livro didático e o uso do quadro, ou se mediante uso do aplicativo Sólidos RA. O propósito da pergunta foi averiguar se o aplicativo se apresentou como algo cativante e intrigante para os alunos - dada sua condição de novidade -, quando comparado aos recursos usualmente utilizados pela professora. A figura 8 apresenta os resultados.

Figura 8 – Recurso mais interessante para o estudo de poliedros



Para a maioria dos alunos, em ambas as turmas, o aplicativo foi considerado a estratégia mais interessante. Entretanto, observou-se, principalmente na Turma B, um resultado dividido - com uma parcela considerável dos alunos considerando a tríplex “professora, livro e quadro” como mais interessante para o aprendizado do conteúdo de poliedros. A pergunta solicitava que os alunos explicassem suas respostas.

Logo, algumas respostas da Turma A foram: “Estudar usando livro é mais fácil”; “Estudar usando livro, porque no aplicativo não explica”; “Estudar utilizando aplicativo, porque ajuda muito” e; “Estudar utilizando aplicativo, porque é mais fácil para entender as formas geométricas”.

Para a Turma B, algumas respostas apresentadas foram: “Com o aplicativo você não aprende igual com a professora explicando”; “Utilizando o livro tem mais escritas e mais explicativo”; “Tenho mais experiência com a professora, mas o aplicativo ajudou muito”; “Com o aplicativo é um pouco mais tecnológico”; “Com o aplicativo fica mais fácil de contar as arestas” e “O aplicativo ajuda mais”.

Na pergunta 11, foi perguntado aos alunos qual estratégia - na opinião deles - mais os ajudaram a entender o conteúdo de poliedros: se através das explicações da professora, em conjunto com o livro didático e o uso do quadro, ou se através do uso do aplicativo Sólidos RA. Os resultados obtidos são conforme apresentados na figura 9.

Em ambas as turmas, a maioria dos alunos disse ter entendido melhor o conteúdo de poliedros através das explicações da professora, com suporte do livro e do quadro negro. O objetivo dessa pergunta foi o de verificar se o aplicativo foi capaz de auxiliar mais os alunos a entender o conteúdo, quando comparado aos recursos usualmente utilizados pela professora.

Figura 9 – Recurso com melhor suporte para o entendimento de poliedros

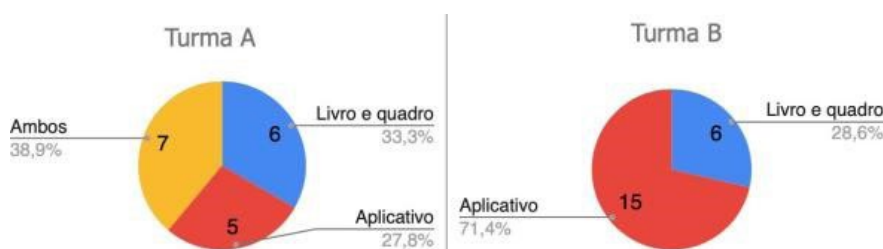


Novamente, foi solicitado que os alunos explicassem suas respostas. Algumas das respostas obtidas da Turma A foram: “A professora, pois ela explica muito bem”, “A professora, pois ela explica e tira dúvidas e o aplicativo não”; “A professora, porque ela explicando você entende melhor”; “O aplicativo, pois com ele tem mais sentido” e; “O aplicativo, pois ele é melhor”.

Para a Turma B, algumas das respostas foram: “Com a professora presto mais atenção”; “Estudar com os livros e a professora fica melhor para aprender”; “Explicando no quadro é melhor”; “Com aplicativo dá para identificar melhor as faces, arestas e vértice mais facilmente”; “Com aplicativo é mais legal” e “Com o aplicativo aparenta ser mais realístico”.

Na pergunta 12, perguntou-se aos alunos qual, na opinião deles, foi o recurso que ajudou na visualização dos poliedros: se o aplicativo Sólidos RA, ou se o livro e o quadro, em conjunto. O objetivo dessa pergunta foi verificar se o aplicativo era capaz de prover uma melhor visualização dos poliedros quando comparados aos “recursos tradicionais” usados em sala pela professora. A figura 10 apresenta os resultados. É possível notar uma discrepância entre as turmas. De fato, na Turma A, a maioria dos alunos respondeu ter visualizado melhor os poliedros através do livro e do quadro. A maioria dos alunos da Turma B, por outro lado, respondeu ter visualizado melhor por meio do aplicativo. É importante destacar que, embora a pergunta não tenha previsto a resposta “ambos”, 7 alunos da Turma A a indicaram.

Figura 10 – Melhor recurso para visualização de poliedros



Também para essa pergunta, foi solicitado que os alunos esclarecessem suas respostas. Algumas das respostas obtidas na Turma A foram: “Aplicativo, pois dá para ver como se fosse na vida real”; “Aplicativo, pois consegue visualizar em 3D”; “Aplicativo, pois é mais fácil de entender as figuras” e; “Livros, porque a professora mostrou as formas mais detalhadas”.

Algumas das respostas obtidas da Turma B foram: “Prefiro livro e quadro negro, por causa das explicações”; “O livro por prestar mais atenção na professora”; “Prefiro o aplicativo porque fica melhor de visualizar as planificações, arestas e as faces”; “O aplicativo, pois, pude ver os poliedros em 3D”; “Porque o aplicativo é mais detalhado” e: “Os dois me ajudaram muito”.

4.1 Análise dos resultados

Em números absolutos, considerando ambas as turmas, A e B - totalizando 39 alunos -, tem-se uma amostra praticamente sem reprovações em Matemática, e com interesse na disciplina. No que tange ao conteúdo de poliedros, em específico, trata-se de uma amostra em que a maioria dos estudantes - antes da realização do estudo de caso - desconhecia o tópico; tendo-o considerado de moderada complexidade ao estudá-lo em sala.

Foi possível averiguar que a amostra não indicou dificuldade em estudar essa temática por meio das explicações das professoras, com o suporte do livro didático e do quadro. É presumível que o resultado seja decorrente não somente da capacidade de aprendizado dos alunos, como também da didática empregada pelas professoras. Entretanto, ao se introduzir o aplicativo Sólidos RA como recurso para o aprendizado de poliedros, a maioria dos alunos o indicou como sendo uma metodologia - quando comparada à usualmente empregada pelas professoras - mais interessante. De certo modo, é possível que esse resultado seja decorrente do fator “novidade” - propiciado pelo aplicativo. É possível que a discrepância verificada entre as turmas A e B, seja decorrente de eventuais diferenças de didática entre as duas professoras.

Também foi observado que a grande maioria dos alunos considerou o quadro, o livro e a professora como melhores recursos para o entendimento/aprendizado dos poliedros, em detrimento do aplicativo Sólidos RA. Esse resultado tende a corroborar o impacto e a importância da didática do educador para o processo de aprendizagem. Para a amostra considerada, o aplicativo demonstrou não ser apropriado - ao menos isoladamente - para o entendimento dos poliedros.

Os resultados sugerem que, para os alunos, o educador é recurso indispensável para o aprendizado. É preciso realçar que a amostra compreendia indivíduos entre 11 e 12 anos - portanto, indivíduos sem a devida maturidade/experiência para um aprendizado mais autônomo. É presumível, portanto, que essa imaturidade dos alunos tenha influenciado o resultado - indicando preferência dos alunos pela professora, com uso de recursos habituais, em desfavor do aplicativo, enquanto inovação. Por ser um recurso inovador também para as duas professoras, é possível que o resultado seja consequência da falta de adaptação das mesmas em utilizá-lo.

De fato, a adequação da didática de modo a incluir o aplicativo pode não ter sido bem realizada, resultando em uma aula, na perspectiva dos alunos, menos esclarecedora. Corroborando com essa perspectiva o fato de a grande maioria dos alunos não ter tido dificuldades em estudar o tema com as professoras - através dos recursos habituais -, além de tê-lo considerado como sendo, no máximo, de moderada complexidade.

Ao se analisar as turmas, separadamente, foi possível notar uma discrepância entre elas. De fato, na Turma A, os alunos ficaram divididos sobre o “melhor” recurso para a visualização dos poliedros - com ligeira vantagem para os tradicionais (quadro e livro).

Na Turma B, entretanto, a grande maioria indicou o aplicativo como “melhor” recurso. Novamente, é possível que a didática das professoras tenha influenciado os resultados. Em números absolutos, considerando ambas as turmas, o aplicativo foi o recurso preferido por 20 dos 39 alunos; enquanto os recursos tradicionais foram preferidos por 12 dos 39 alunos. Frisa-se, contudo, que 7 alunos indicaram ambos - portanto, não indicando um recurso “melhor”.

A partir dos resultados, é possível concluir que o aplicativo tem potencial para apoiar o aprendizado do conteúdo de poliedros. Contudo, a didática do educador, ao menos para a amostra considerada, parece ter efeito sobre a percepção dos alunos quanto aos seus eventuais benefícios.

O aplicativo, portanto, se apresenta como um recurso interessante, capaz de auxiliar os alunos na visualização dos poliedros. Em termos de aprendizado, não se pode inferir que o aplicativo não provê algum suporte.

Embora os alunos tenham considerado os recursos tradicionais - educador, quadro e livro - como mais adequados em promover o entendimento do assunto, a didática do educador, quando da realização do estudo de caso, precisa ser considerada.

Assim, entende-se ser necessária a realização de estudos adicionais de maneira a analisar o real impacto da didática sobre a percepção dos alunos quanto ao uso do aplicativo. Entretanto, entende-se que o aplicativo possui potencial de fomentar o aprendizado.

De fato, ao indicar que o aplicativo é interessante e provê suporte à visualização dos poliedros, os alunos, ainda que inconscientemente, indicam que o aplicativo favorece o aprendizado.

5. Conclusões

A Matemática do Ensino Fundamental é uma disciplina normalmente encarada pelos alunos como de difícil compreensão. Essa percepção é mais ou menos intensa a depender do conteúdo sendo ministrado, da metodologia adotada pelo educador, e dos recursos à disposição. É neste ambiente que se tornam necessárias discussões que visem adequar a metodologia de ensino a uma realidade na qual os conceitos da Matemática possam ser ensinados mais próximos ao cotidiano. Como consequência, o emprego de tecnologias tem sido cada vez mais considerado como uma importante estratégia instrucional. E dentre essas tecnologias, a realidade aumentada tem se destacado - em particular, dada sua conveniência para uso em dispositivos móveis e a grande popularidade destes. Assim, o propósito deste trabalho foi verificar como alunos percebem a utilização da RA no processo de aprendizagem - especificamente no que se refere ao tema de sólidos geométricos (poliedros). Para este propósito, foi realizado um estudo de caso com alunos do 6º ano do ensino fundamental.

A partir da realização de um estudo de caso, foi possível averiguar que o uso do aplicativo Sólidos RA se apresentou aos alunos como um recurso interessante ao estudo de poliedros, facilitando sua visualização e, inevitavelmente, auxiliando-os no processo de aprendizagem. Quando comparado aos recursos tradicionais - incluindo o educador, o livro e o quadro -, o aplicativo se mostrou, para a amostra considerada, menos expressivo em promover o entendimento do tema poliedros. De fato, a grande maioria dos alunos considerou ter tido melhor entendimento do conteúdo através das explicações das professoras, mediante o apoio do material didático e da utilização do quadro. Esse resultado, contudo, não indica que o aplicativo não possui potencial de auxiliar os alunos no processo de aprendizagem, mas somente que a percepção dos mesmos não se mostrou favorável. No entendimento do pesquisador, esse resultado pode ser decorrente da didática dos educadores - não apenas pela necessidade das professoras, a partir da carência de recursos, de buscar prover uma explicação mais esclarecedora ou dinâmica do conteúdo, como também de uma eventual adaptação inadequada na didática visando a introdução do aplicativo.

As ameaças à validade da pesquisa estão relacionadas: (i) à seleção do caso e unidades de análise, (ii) à análise realizada sobre os resultados foram obtidos e (iii) aos instrumentos de coleta de dados. Em relação ao primeiro item, a ameaça refere-se ao fato de o pesquisador conhecer a escola onde o estudo foi realizado, bem como as professoras envolvidas. Para minimizar essa ameaça, o pesquisador procurou não ter envolvimento direto com a realização do estudo. De fato, a relação ficou restrita à passagem de orientações sobre a realização do estudo, mas sem qualquer influência na atuação das professoras.

Quanto ao item “ii”, a ameaça refere-se à análise realizada pelo pesquisador - no intuito de elucidar os resultados obtidos. Embora tenha-se procurado realizar uma análise objetiva, ela foi efetuada sobre as respostas dos alunos - portanto, com certo grau de interpretação por parte do pesquisador. A estratégia adotada para minimizar a ameaça foi a adoção de perguntas objetivas no questionário de avaliação, de modo a evitar uma interpretação demasiada pelo pesquisador. Por fim, em relação ao item “iii”, a ameaça refere-se aos questionamentos definidos no questionário de avaliação. De fato, embora tenha-se buscado prover perguntas que esclarecessem o objeto da pesquisa, o questionário não foi exaustivo - o que justifica-se pelas circunstâncias do estudo, incluindo seu público (estudantes entre 11 e 12 anos) e sua realização em um ambiente real de ensino. Para minimizar essa ameaça, buscou-se definir perguntas focadas no objeto da pesquisa, que possibilitassem obter um retrato da amostra e da percepção desta quanto à utilização de um recurso inédito como instrumento para o estudo de poliedros.

Como trabalho futuro, considerando os resultados do estudo de caso, propõe-se a realização de novos estudos de modo a analisar o impacto da didática empregada por educadores na percepção dos alunos quanto ao uso do aplicativo Sólidos RA para o aprendizado do conteúdo de poliedros. A replicação do estudo também se apresenta como possível trabalho futuro, principalmente ao se considerar sua realização dentro de um contexto distinto ao adotado para esta pesquisa.

Referências

- AMORIM, L. P. **Contribuições do aplicativo Sólidos RA para o desenvolvimento da visualização geométrica na perspectiva da realidade aumentada.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal do Espírito Santo, 2022.
- AZUMA, Ronald. **A Survey of Augmented Reality.** 1997. Disponível em: http://www.ronaldazuma.com/papers/ARp_reseance.pdf. Acesso em: 07 mai. 2023.
- BORBA, Marcelo. Tecnologias informáticas na educação matemática e reorganização do pensamento. **Pesquisa em educação matemática: concepções & perspectivas.** São Paulo: Unesp, 1999.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino de primeira à quarta série.** Brasília: MEC/SEF, 1998.
- DE OLIVEIRA, Julio Lucas. Ensinar e aprender com as tecnologias digitais em rede: Possibilidades, desafios e tensões. **Revista Docência e Cibercultura**, [S.l.], . 2, n. 2, p. 161-184, jun. 2018.
- FÜHR, Regina Candida. A tecnopedagogia na esteira da educação 4.0: Aprender a aprender na cultura digital. **Educação no Século XXI.** Volume 31, 2018.
- GAVASSA, R. C. F. B. Educação maker: muito mais que papel e cola. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 33–48, 2020.
- INEP. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2018/documentos/saeb_documentos_de_referencia_versao_1.0.pdf. Acesso em: 07 mai. 2023.
- JOABSON, Aridelson. **Tecnologias digitais como recurso pedagógico: Práticas para o planejamento e avaliação no fazer docente.**
- UEPB, 2019. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/browse?ty=author&value=Oliveira%2C+Aridelson+Joabson+Almeida+de>. Acesso em: 15 mai. 2023.
- KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. *In:* RIBEIRO, Marcos Wagner S; ZORZAL, Ezequiel Roberto. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicação e Tendências.** Uberlândia: Editora SBC, 2011.
- KOCH, M. C. M.; RIBEIRO, M. J. S. Um professor entre o aluno e o saber matemático. *In:* XAVIER, Maria Luisa Merino; ZEN, Maria Isabel Habckost. **O ensino nas séries iniciais: das concepções teóricas às metodologias.** 2. ed. Porto Alegre: Mediação, 1998.
- LORENZATO, S. Porque não ensinar Geometria? **A Educação Matemática em Revista.** Blumenau, ano III, n. 4, 1995.
- MASOLA, Wilson de Jesus; ALLEVATO, Norma. **Matemática: o calcanhar de Aquiles de alunos ingressantes na Educação Superior.** 2014. 31f. Produto Educacional (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul. São Paulo.

MASOLA, Wilson de Jesus; ALLEVATO, Norma. Dificuldades de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, v. 2, n. 1, p. 64-74, jun./mar. 2016.

MASOLA, Wilson de Jesus; VIEIRA, Gilberto; ALLEVATO, Norma. Ingressantes na Educação superior e suas Dificuldades em Matemática: uma Análise das Pesquisas Publicadas nos Anais dos X e XI ENEMs. *In: ENCONTRO NACIONAL DE*

EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12, 2016, São Paulo. Anais do XII ENEM: **Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades**. São Paulo: SBEM/SBEM-SP, 2016, p. 1-13.

RODRIGUES, J. M.; GONÇALVES, F. T.; COUTINHO, C. Aplicativos educacionais como proposta para abordagem da temática ambiental. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 189–201, 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5a edição, Porto Alegre, Bookman, 2015.