Instituto Federal de Brasília
Campus Estrutural
Especialização em Matemática, Educação e Tecnologias

NATHÁLIA DOS SANTOS PEREIRA

O USO DE REALIDADE AUMENTADA POR MEIO DO GEOGEBRA PARA O ENSINO DE PROJEÇÕES ORTOGONAIS

Brasília
2025

NATHÁLIA DOS SANTOS PEREIRA

O USO DE REALIDADE AUMENTADA POR MEIO DO GEOGEBRA PARA O ENSINO DE PROJEÇÕES ORTOGONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Especialização em Matemática, Educação e Tecnologias para obtenção de nota parcial no Instituto Federal de Brasília.

Orientador(a): Prof. Mestre Bruno Marx de Aquino Braga

Brasília
2025

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

NATHÁLIA DOS SANTOS PEREIRA

O USO DE REALIDADE AUMENTADA POR MEIO DO GEOGEBRA PARA O ENSINO DE PROJEÇÕES ORTOGONAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília Campus Estrutural como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Matemática, Educação e Tecnologias.

Aprovado em 14 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Assinaturas digitais

_____

Prof. Mestre Bruno Marx de Aquino Braga – orientador

_____

Profa. Doutora Ana Maria Libório de Oliveira – membro

_____

Prof. Mestre Alcyone Cesar Pereira Silva - membro

Brasília

2025

Documento assinado eletronicamente por:

- **Bruno Marx de Aquino Braga**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/02/2025 16:23:39.
- **Ana Maria Liborio de Oliveira**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/02/2025 16:25:37.
- **Alcyone Cesar Pereira Silva**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/02/2025 18:30:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 599036
Código de Autenticação: e354d8d2b5

O USO DE REALIDADE AUMENTADA POR MEIO DO GEOGEBRA PARA O ENSINO DE PROJEÇÕES ORTOGONAIS

Nathália dos Santos Pereira[1]
Bruno Marx de Aquino Braga[2]

RESUMO

As dificuldades de aprendizagem em geometria espacial na percepção por objetos tridimensionais levam ao docente à busca por novas estratégias de ensino. Representações em livros didáticos ou quadro branco são insuficientes para a devida compreensão e visualização espacial, considerando que as representações se dão de forma planificada, o que prejudica a interpretação geométrica. Visando nisso, este trabalho apresenta uma proposta de sequência didática através da função de realidade aumentada fornecida pelo aplicativo GeoGebra para desenvolver o interesse e o conhecimento de discentes de matemática do ensino médio, apresentando todo um novo conceito do uso de tecnologias em sala de aula.

Palavras-chave: ensino; geometria espacial; realidade aumentada; geogebra.

1 INTRODUÇÃO

A Geometria, no contexto do Ensino de Matemática, tem sido objeto de estudo devido à sua relevância na formação do discente. De acordo com Lorenzato (1995), o conhecimento em Geometria é essencial para uma leitura interpretativa completa do mundo, uma comunicação eficaz de ideias e uma compreensão correta da Matemática.

Por se tratar de um conhecimento historicamente relevante para a civilização, o ensino e aprendizagem da Geometria tem um papel importante na formação dos alunos, já que é um campo no qual se "[...] desenvolve um tipo especial de pensamento que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada, o mundo em que vive" (Brasil, 1998, p. 51). Na concepção de Lorenzato (1995, p. 06), "[...] aqueles que procuram um facilitador de processos mentais, encontrarão na Geometria o que precisam: prestigiando o processo de construção do conhecimento, a Geometria valoriza o descobrir, o conjecturar e o experimentar".

1 Pós-graduanda em Matemática, Educação e Tecnologias no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB) — Campus Estrutural. Licenciada em Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB) — Campus Estrutural. E-mail: nathalia.dosp@gmail.com.

2 Docente EBTT no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB) — Campus Estrutural. Mestre em Matemática pelo PROFMAT. E-mail:bruno.braga@ifb.edu.br.

Já no âmbito avaliativo, a maior avaliação em grande escala do Brasil, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) comumente utiliza questões de Geometria Plana e Espacial para na mensuração de habilidades acerca do raciocínio geométrico dos concluintes do ensino básico, no que concerne à temática, sua matriz apresenta como competências e habilidades:

Competência de área 2 - Utilizar o conhecimento geométrico para realizar a leitura e a representação da realidade e agir sobre ela.

H6 - Interpretar a localização e a movimentação de pessoas/objetos no espaço tridimensional e sua representação no espaço bidimensional.

H7 - Identificar características de figuras planas ou espaciais.

H8 - Resolver situação-problema que envolva conhecimentos geométricos de espaço e forma.

H9 - Utilizar conhecimentos geométricos de espaço e forma na seleção de argumentos propostos como solução de problemas do cotidiano. (Brasil, 2009, p.5).

Verifica-se que as habilidades exigem a associação do pensamento geométrico à realidade e reforça a questão da construção de modelos para a solução de problemas, o que pode não necessitar de fórmulas ou expressões matemáticas prontas.

As diferentes representações na geometria espacial representa um grande desafio para o professor, que via de regra possui como material auxiliar o livro didático, os quais estão limitados a representação dos sólidos no plano bidimensional, e a efetividade da sua assimilação e percepção da terceira dimensão pelo aluno, depende de suas habilidades visuais. Não é incomum, também, nos livros a apresentação dos conceitos matemáticos de forma acabada, dando destaque ao uso das fórmulas (Oliveira, 2021).

Isto posto, percebe-se que o uso exclusivo de livros e desenhos no plano bidimensional são insuficientes para garantir que ocorra a aprendizagem da geometria espacial.

> Portanto, faz-se necessária uma busca por meios que favoreçam o ensino deste conteúdo no sentido de, não somente apresentar sólidos geométricos de maneira facilmente compreensível, mas fortalecer o elo entre representação gráfica e algébrica, proporcionando ao aluno uma experiência significativa, em que ele tenha facilidade para operar de forma dinâmica e autônoma entre as duas representações, e possa construir os conceitos com base em sua própria experiência. (Brasil, 2017, não paginado).

A visualização em geometria espacial é a base para a construção do pensamento geométrico, por estar diretamente relacionada com a capacidade do aluno de analisar o que está sendo observado. (Oliveira, 2021). Oliveira (2021, p. 15) comenta que, “[...] no contexto da geometria, se o aluno não consegue construir uma imagem mental do que está sendo representado visualmente, dificilmente ele conseguirá atingir um nível de compreensão satisfatório do conteúdo que está sendo abordado”.

Para apresentar propostas inovadoras para o ensino, Citelli (2021, p. 71) reforça que é necessário “[...] considerar a presença das novas tecnologias da informação e da comunicação no âmbito da educação formal como aportar a ela infraestrutura adequada”. Dessa forma, o uso da realidade aumentada (RA) em sala

de aula pode contribuir para fazer com que o aluno interaja com o conteúdo exposto, vivenciando uma experiência de imersão, visto que tal recurso apresenta o diferencial de ser visualmente atrativo, por apresentar um modelo tridimensional que focaria a atenção do aluno ao conteúdo.

A RA "[...] é uma tecnologia multissensorial baseada em recursos multimídia, que possibilita a criação de ambientes artificiais. Tem a capacidade de ampliar as limitações físicas naturais dos usuários, enriquecendo a manipulação das informações" (Tori; Hounsell; Kirner, 2018, p. 02). Kirner e Siscoutto (2007) ressaltam que essa tecnologia compõe então um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, coexistindo no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades: combina objetos reais e virtuais no ambiente real; executa interativamente em tempo real; alinha objetos reais e virtuais entre si.

Diante da possibilidade de aplicação de tecnologias da informação e da comunicação na educação matemática, para facilitar a visualização e o entendimento de figuras, neste trabalho foi produzida uma sequência didática sobre projeções ortogonais baseada em recursos tecnológicos e direcionada a estudantes do ensino médio, visto que este é um conteúdo recorrente no ENEM, a fim de possibilitar ao estudante um maior conhecimento e aprendizagem.

2 DESENVOLVIMENTO

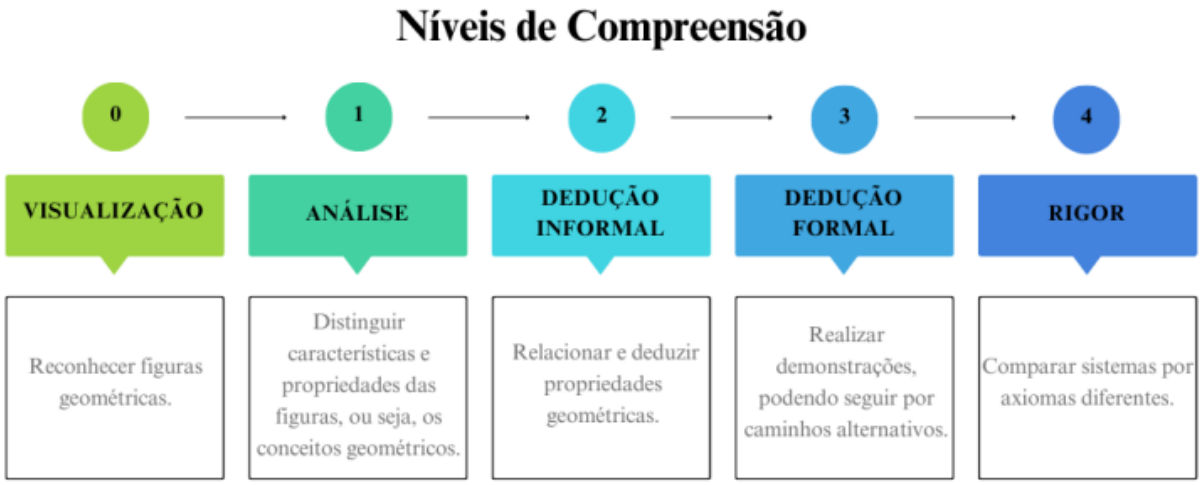
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma teoria destacada no estudo de um modelo que visa entender o desenvolvimento do pensamento geométrico é a apresentada pelo casal neerlandês Pierre van Hiele e sua esposa Dina van Hiele-Geldof. "Numa sala de aula, as crianças pensam em diferentes níveis, diferem umas das outras e também do professor, usam frequentemente palavras e objetos de formas diferentes das empregadas pelos seus professores e pelo livro". (Kaleff *et al*., 1994, não paginado).

O modelo de van Hiele "[...] se coloca como guia para aprendizagem e para avaliação das habilidades dos alunos em geometria". (Kaleff *et al*., 1994, não paginado). Através dele, é possível identificar o nível de compreensão dos discentes, visando encontrar uma alternativa de ensino que beneficie toda a turma. O mesmo apresenta-se como "sequencial e hierárquico, subdividido em cinco níveis que descrevem o desenvolvimento da compreensão dos alunos em Geometria". (Braga; Dorneles, 2011, p. 274).

Os níveis de compreensão são compostos por visualização, análise, dedução informal, dedução formal e rigor. "Cada nível envolve a compreensão e utilização de conceitos geométricos de uma maneira diferente, o que se reflete na forma de interpretá-los, defini-los, classificá-los e fazer demonstrações". (Santos; Mazzini, 2021, p. 06). A Figura 1 ilustra os níveis descritos.

Figura 1: Níveis de compreensão do Modelo de van Hiele.



Fonte: Elaborado pela autora.

O Modelo também propõe as fases de aprendizagem voltadas para o docente que consiste em informação, orientação direta, explicitação, orientação livre e integração, “[...] os Van Hiele afirmam que o progresso ao longo dos níveis depende mais da instrução recebida do que da maturidade do aluno”. (Santos; Mazzini, 2021, p. 09). As fases de aprendizagem são importantes para que cada nível de compreensão seja bem sucedido.

Figura 2: Fases de aprendizagem do Modelo de van Hiele.



Fonte: Elaborado pela autora.

Dessa forma, através do modelo Van Hiele, é possível identificar o patamar da turma e utilizá-lo “[...] para orientar a formação assim como para avaliar as habilidades dos alunos”. (Santos; Mazzini, 2021, p. 06).

Ainda no âmbito de estratégias de ensino que respeitem as fases de aprendizagem mencionadas anteriormente, estudos recentes apontam a eficiência na promoção de ações junto aos alunos visando a aprendizagem participativa. Na análise de um trabalho de Caroline Borsoi sobre o GeoGebra 3d no ensino médio, Silva (2023, p. 28), comenta que “[...] ao considerar as dificuldades que os alunos apresentam em compreender representações de objetos geométricos tridimensionais em um ensino focado em mecanização de fórmulas de áreas e volumes, propõe uma abordagem baseada na exploração”. A autora:

> [...] se posicionando a favor de situações de experimentação e manipulação de objetos geométricos, destaca a importância do estudo da Geometria para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, a fim de proporcionar a eles a mobilização de habilidades de análise e interpretação na construção de representações de objetos geométricos, por meio de materiais, buscando desenvolver habilidades básicas para a leitura do mundo por meio da Geometria Espacial. (Silva, 2023, p. 28).

Conforme Carvalho (2005), os alunos do Ensino Médio, geralmente apresentam dificuldades em correlacionar a Geometria Plana e a Geometria Espacial, bem como em compreender aspectos específicos que as aproximam ou diferenciam. O autor argumenta que:

> Como habitantes de um mundo tridimensional, temos grande facilidade para lidar com mundo bidimensional da Geometria Plana. Quando passamos para o mundo tridimensional da Geometria Espacial passamos a enfrentar limitações de diversa ordem. Em primeiro lugar, pelo menos com a tecnologia atual, não dispomos de uma forma prática para representar com fidelidade objetos tridimensionais. Em geral, recorremos a projeções bidimensionais de tais objetos. Mas estas projeções distorcem ângulos, modificam comprimento de segmentos e não permitem distinguir pontos que estejam sobre a mesma linha de projeção. (Carvalho, 2005 p. 1).

Para Silva (2023, p. 29) “[...] a exploração da visualização, manipulação e investigação de propriedades e relações podem ser abordadas por meio da utilização de diversos recursos tecnológicos, inclusive aplicativos que permitam explorar as figuras e movimentá-las”. Assim, uma forma de exploração de figuras espaciais e suas propriedades pode ser por meio da exploração da visualização e “manipulação”, o que deve ser possível na exploração das tecnologias e de aplicativos dinâmicos. (Silva, 2023).

Os recursos digitais estão cada vez mais presentes no cotidiano, seja para transmissão de informações, comunicação, educação ou entretenimento. Para França (2015, p. 13), “todos os recursos tecnológicos (telefone, fibra ótica, televisão, webcam, internet, etc.) utilizados de forma integrada, com um objetivo em comum são chamadas TIC, ou seja, Tecnologia da Informação e Comunicação”. Recursos estes que também podem ser voltados para a educação como fuga ao ensino

tradicional, trazendo ferramentas de mais familiaridade para o público-alvo do presente. “As tecnologias de informação e comunicação aparecem como um elemento de inovação, na aprendizagem, por propiciar inúmeras condições de ensino, quando comparamos o meio digital com o meio físico”. (Santos, 2015, p. 14).

Diante da possibilidade de aplicação da TIC na educação matemática, em específico, no conteúdo de geometria, para facilitar a visualização e o entendimento de figuras, neste trabalho foi produzida uma sequência didática baseada em recursos tecnológicos.

Um dos recursos é o da Realidade Aumentada (RA). Hautsch (2009, não paginado) define a Realidade Aumentada como “[...] uma tecnologia que permite que o mundo virtual seja misturado ao real, possibilitando maior interação e abrindo uma nova dimensão na maneira como nós executamos tarefas, ou mesmo as que nós incumbimos às máquinas”. A RA associada à geometria trabalha com a manipulação e perspectiva de figuras geométricas.

O outro é a utilização da plataforma GeoGebra, criado por Markus Hohenwarter, e fez parte do projeto de sua tese de mestrado pela Universidade de Salzburg, na Áustria. “O software foi publicado na internet a partir do ano de 2002, e tinha como objetivo reunir a geometria interativa, álgebra e cálculo em um único programa, de forma integrada e fácil de usar, que permitisse ensinar e aprender matemática”. (Hohenwarter; Jarvis; Lavicza, 2009, não paginado).

Relativamente à plataforma GeoGebra, Caetano a define como:

> Um software de matemática dinâmica para todos os níveis de ensino que reúne Geometria, Álgebra, Planilha de Cálculo, Gráficos, Probabilidade, Estatística e Cálculos Simbólicos em um único pacote fácil de se usar. O GeoGebra possui uma comunidade de milhões de usuários em praticamente todos os países, se tornou um líder na área de softwares de matemática dinâmica, apoiando o ensino e a aprendizagem em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática. (Caetano, 2011, p. 33).

Atualmente, a versão móvel do software GeoGebra possibilita “[...] a visualização de modelos tridimensionais em RA, assim como permite a criação, visualização e interação com figuras geométricas e gráficos de funções tridimensionais em RA”. (Trappmair, Hohenwarter, 2019, não paginado). No aplicativo “[...] a abordagem da geometria espacial se destaca pela possibilidade de o aluno poder criar e interagir dinamicamente com sólidos geométricos tridimensionais, projetando-os em seu próprio ambiente por meio da RA, podendo inclusive utilizar grandezas em escalas correspondentes com o ambiente real”. (Trappmair, Hohenwarter, 2019, não paginado).

Assim, torna-se possível executar as construções geométricas através do GeoGebra e explorá-las por meio de RA, facilitando “[...] a exploração de conjecturas e a investigação de relações que precedem o uso do raciocínio formal”. (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2009, p. 83).

Aliada às estratégias de ensino, focando em atrair a atenção dos discentes, está a sequência didática em que, por meio de uma construção sequencial de atividades que faz o uso de metodologias, é possível trabalhar com um determinado tema.

Zabala (1998, p. 18) define uma SD (sequência didática) como:

> [...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos.

No Livro “A Prática Educativa: Como Ensinar” (Zabala, 1998), o autor discorre sobre pontos importantes que o docente deve se atentar ao elaborar as atividades. São eles os conhecimentos prévios que os alunos dispõem sobre o que será abordado, a significância dos conteúdos para que não sejam vistos somente como necessários para conseguir bons resultados na avaliação, observar se as atividades são motivadoras, estão de acordo com o nível de desenvolvimento dos alunos e se concernem com seus conhecimentos anteriores.

É importante frisar que é perceptível:

> [...] a similaridade entre esta estratégia e o conhecido plano de aula, na medida em que algumas etapas são procedimentos comuns em ambos. No entanto, com relação à primeira, pode-se dizer ser mais elaborada, mais detalhada, envolvendo atividades sequenciais e articuladas, além de não se restringir a um único dia. (Sucupira, 2017, p. 27).

Há diferença entre o plano de aula e a SD, visto que dependendo da extensão da mesma e do objetivo que se planeja alcançar, a sua duração necessita da utilização de uma aula ou mais. Assim, a SD compreende o plano de aula.

A ideia da SD é que os discentes exerçam o aprendizado de forma dinâmica, inseridos em uma situação ficcional da realidade ou fugindo da padronização de atividades artificiais, que são características do ensino tradicional. A participação torna-se essencial para o desenvolvimento e sucesso da sequência planejada pelo docente.

2.2 METODOLOGIA

Para o presente trabalho, foram utilizadas estratégias de metodologias de desenvolvimento (*development research*) as quais diversas modalidades vêm se constituindo como referencial metodológico para pesquisas envolvendo TIC.

> As metodologias de desenvolvimento propõem uma nova abordagem do trabalho científico e uma nova articulação entre teoria e prática, entre a construção de conhecimento mais ou menos generalizável e a melhoria da intervenção prática e da construção de uma determinada solução para um problema. (Lencastre, 2009, p. 90).

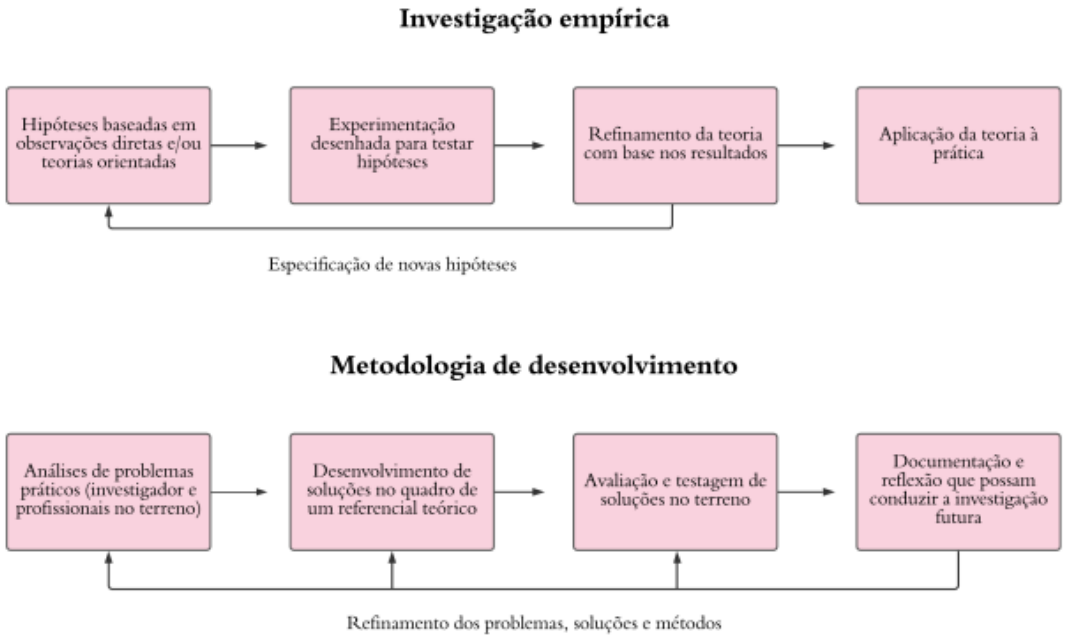
A criação da SD constante no objetivo do trabalho aliada ao uso de um aplicativo com RA é orientada por um problema e em como serão mobilizados os instrumentos práticos para desenhar soluções.

Para Akekr (1999) as diferenças entre as metodologias de desenvolvimento e as abordagens empíricas tradicionais situam-se mais ao nível das finalidades da pesquisa (nível filosófico e epistemológico) do que ao nível dos métodos propriamente ditos. De acordo com Richey e Nelson (1995) essa abordagem utiliza

ferramentas e técnicas similares às das investigações tradicionais, sendo elas qualitativas e quantitativas, nota-se então que as diferenças são estabelecidas no aspecto da abordagem dos problemas propostos e na concepção do projeto que possui contributos tanto científicos, quanto práticos.

Na figura 3 encontra-se a comparação entre a metodologia empírica tradicional com a de desenvolvimento.

Figura 3: Comparação entre investigação empírica e metodologia de desenvolvimento.



Fonte: Coutinho e Chaves (2001) adaptado pela autora.

Logo, a escolha da *development research* justifica-se neste trabalho, pois a mesma tem por finalidade “dar contribuições para a melhoria dos processos educativos, medindo o impacto desses contributos”. (Lencastre, 2009, p. 91). A partir da construção de um objeto (no caso, a SD aliada a alguma metodologia ativa de aprendizagem e ao aplicativo com RA GeoGebra), será necessário:

> [...] recolher informação de forma participativa que fundamente as escolhas que se vão realizando no processo de desenvolvimento desse objeto e de criar as condições para um feedback permanente que, numa lógica em espiral próxima da investigação-ação, vá melhorando esse produto e esse processo educativo. (Lencastre, 2009, p. 91).

A modalidade de metodologia de desenvolvimento escolhida para o presente trabalho é o modelo ADDIE (*analysys, design, development and evaluation*) que traduzido para o português significa análise, design, desenvolvimento, implementação e avaliação. “Didaticamente, esse modelo é separado em duas etapas: a de concepção (análise, design e desenvolvimento) e a de execução

(implementação e avaliação)". (Nunes; Muhlbeier; Costa, 2020, p. 20). Filatro (2008, p. 28) descreve o modelo ADDIE com as seguintes características:

1. Análise: Identificar os problemas de assimilação do conteúdo de projeções ortogonais em geometria espacial no ensino médio para investigar a melhor abordagem a ser tomada.
2. Design: A partir de fontes bibliográficas, analisar o melhor método para a criação da SD.
3. Desenvolvimento: Utilizar o aplicativo com a SD.
4. Implementação: Aplicar a SD às turmas de ensino médio.
5. Avaliação: Documentar e refletir sobre a aplicação da SD, como o aplicativo auxiliou nesse processo, as impressões dos alunos e quais foram os resultados obtidos acompanhados de embasamento teórico para realizar uma análise estatística e corroborar as conclusões.

O trabalho visa identificar e analisar, por meio de uma revisão bibliográfica e documentos oficiais, os problemas e as dificuldades de aprendizagem no ensino, especificamente, em geometria espacial.

A confecção de uma SD tem como finalidade fazer com que o discente utilizando o aplicativo GeoGebra identifique figuras espaciais em RA, manuseie e solucione as atividades propostas, possibilitando um estudo criativo, interativo, um forte engajamento e interesse no conteúdo.

Aderir ao uso de RA no ensino garante muitas vantagens tanto ao aluno, quanto ao professor, dado que facilita a memorização do conteúdo, melhora o entendimento do assunto, engaja os estudantes, melhora a participação do aluno em sala de aula, enriquece conteúdos com elementos audiovisuais e agrega conteúdo digital ao mundo real. (Rodino, 2017). Por utilizar esse recurso, o aplicativo GeoGebra possui funcionalidades para manipulação de objetos geométricos bidimensionais (construções de figuras planas) e tridimensionais (manuseio e visualização).

A SD possui fundamentação em uma metodologia do tipo investigação-ação ao aproximar o professor durante o processo investigativo e facilitar a observação das dificuldades e desafios encontrados pelos estudantes no uso do aplicativo, favorecendo então a assimilação dos conteúdos. A investigação-ação tem como objetivo proporcionar melhorias às práticas nos diversos campos da ação obtendo melhores resultados e facilitar o aperfeiçoamento das pessoas e dos grupos com que se trabalha. (Elliott, 2008).

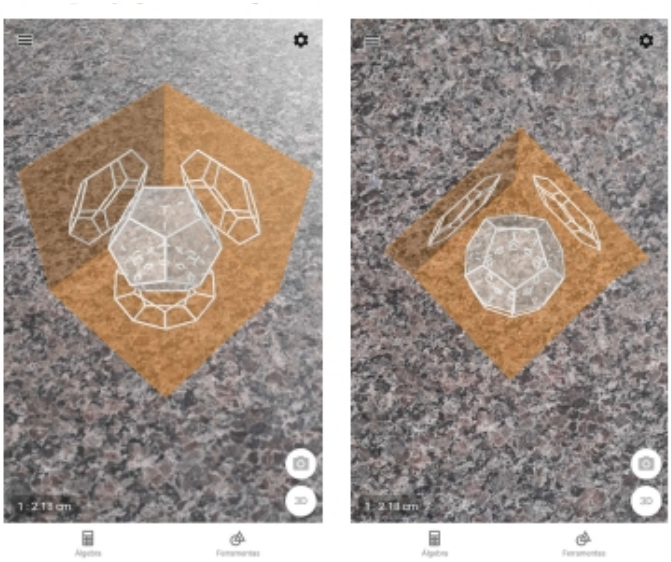
Dessa forma, a aplicação da SD consiste no uso do aplicativo GeoGebra, para realizar atividades com os discentes mediante estratégias por uma metodologia ativa de maneira a despertar a curiosidade e interação.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de SD[3] do presente trabalho foi aplicada em turmas de 2° ano Ensino Médio e objetiva a aprendizagem de projeções ortogonais de figuras espaciais, através do recurso em RA disponível pelo aplicativo GeoGebra, como apresentado na Figura 4.

3 Disponível em: <https://www.geogebra.org/m/fftrhkqv>.

Figura 4: Exemplo de projeções ortogonais de um dodecaedro em RA.

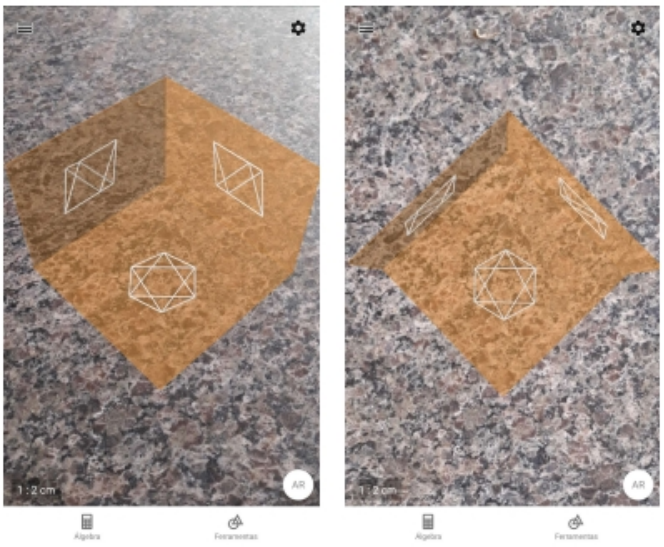


Fonte: Elaborado pela autora.

As atividades permitem a manipulação das figuras em RA ao manusear a tela do aplicativo ou a ferramenta “controle deslizante”, para a rotação manual ou automática das figuras. Além disso, os discentes são incentivados a analisar projeções ortogonais por meio de uma atividade de múltipla escolha, na qual devem verificar a figura espacial correspondente, bem como descrever, em uma atividade dissertativa, o raciocínio utilizado para justificar suas respostas.

Figura 5: Atividade para identificação de figuras espaciais por suas projeções ortogonais em RA.

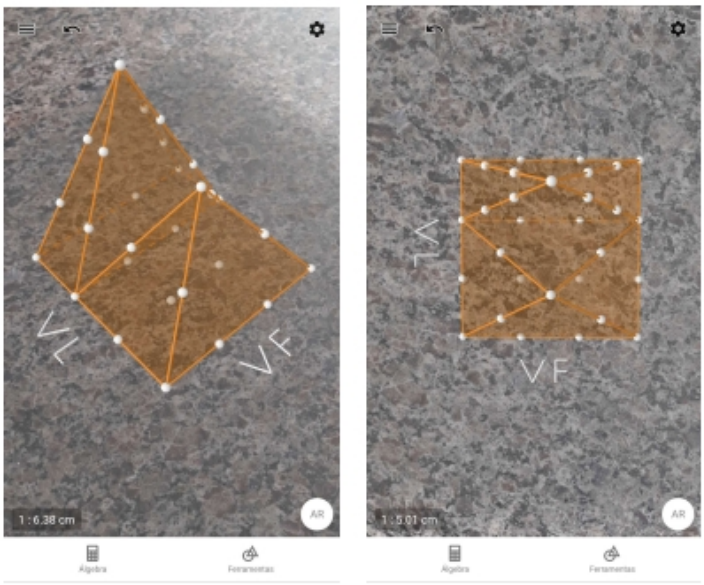
.



Fonte: Elaborado pela autora.

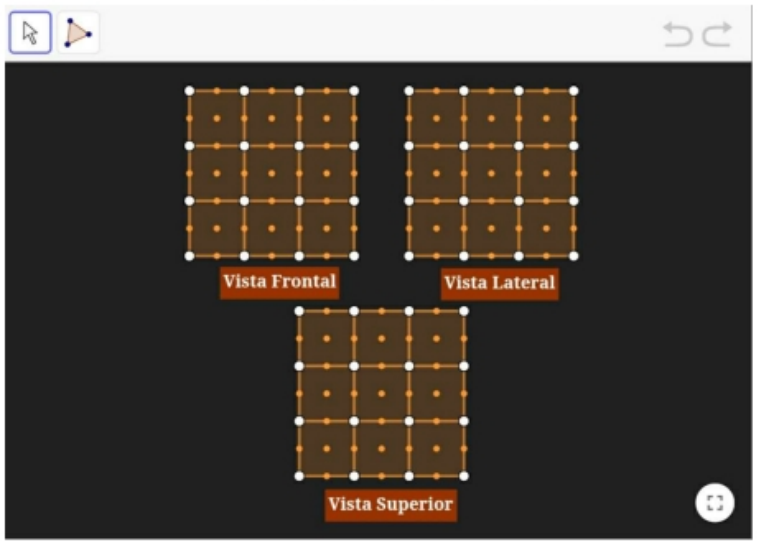
A SD também inclui atividades de construção, voltadas para a identificação e ilustração das projeções frontal, lateral e superior de figuras espaciais previamente fornecidas que, após observadas em RA, devem ser representadas em um quadriculado através do uso de ferramentas de construção de segmento ou polígono, consoante apresentado nas Figuras 6 e 7.

Figura 6: Atividade para construção de projeções ortogonais de figuras espaciais vistas em RA.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7: Quadriculado para construção de projeções ortogonais de figuras espaciais vistas em RA.

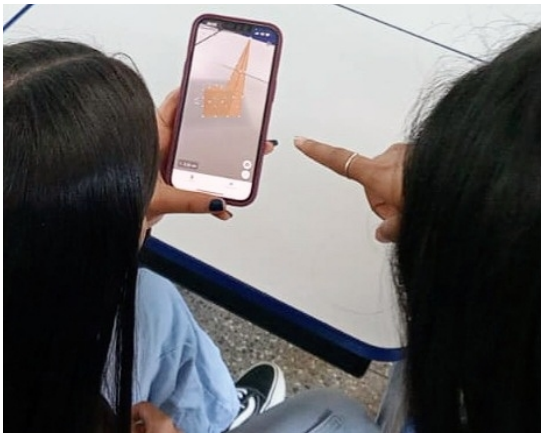


Fonte: Elaborado pela autora.

A aplicação da SD ocorreu em grupos, após uma aula de revisão acerca do conteúdo, por intermédio de dispositivos móveis conectados à internet, proporcionando uma aprendizagem colaborativa e permitindo que cada integrante do grupo compartilhe a sua perspectiva diante das questões, assim como possibilitando uma troca de conhecimentos para encontrar as soluções.

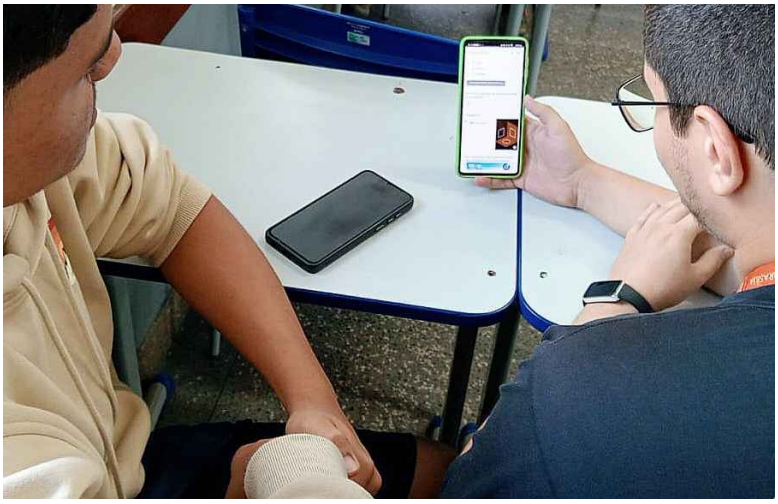
A plataforma GeoGebra oferece ao docente, na página web da SD, a função de criação de tarefa para o acompanhamento do andamento dos grupos nas atividades em tempo real. Para esse monitoramento, os grupos foram instruídos a acessar o site GeoGebra classroom, através de um código, para o início das atividades. Cada uma fornecia links de encaminhamento para a observação em RA no aplicativo GeoGebra.

Figura 8: Realização das atividades de construção da SD por um grupo de alunos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 9: Realização das atividades de múltipla escolha da SD por um grupo de alunos.



Fonte: Elaborado pela autora.

A experiência com a SD promoveu aos grupos um papel ativo, capacitando-os a conduzir o processo de aprendizagem, com supervisão e auxílio.

A avaliação, após a prática com RA, consistiu na análise de questionários individuais e objetivos dispondo de quatro alternativas, com base na teoria de Van Hiele para medir o nível de conhecimento dos alunos e aprendizagem, divididos em seis seções, sendo elas: dados gerais (seção 1), compreensão visual (seção 2), análise (seção 3), dedução informal (seção 4), dedução formal (seção 5) e rigor (seção 6). O quadro a seguir representa as alternativas que obtiveram maiores frequências de respostas nos questionários.

Quadro 1: Resultados obtidos com o questionário.

Seção	Questão	Alternativa selecionada com maior frequência	Porcentagem de respostas
1	Frequência no uso de tecnologias em sala de aula?	Diariamente.	56,6%
2	Ao observar um objeto geométrico em 3D, você consegue identificar o nome e a forma da figura?	Sim, com facilidade.	70%
2	Quando você vê um objeto em projeção bidimensional (ex.: em um papel), consegue imaginar como ele seria em 3D?	Sim, mas é difícil.	60%
3	Observando as características das figuras, você consegue descrever as propriedades de cada uma (ex.: número de faces, vértices e arestas)?	Sim, mas às vezes preciso de ajuda.	60%
3	Se você pudesse “girar” o objeto usando o aplicativo, como isso ajudaria a entender suas propriedades?	Ajudaria bastante.	96,6%
4	Ao manipular o objeto geométrico, você consegue encontrar relações entre ele e outros objetos (ex.: um prisma em relação a um cubo)?	Sim, mas com dificuldade.	50%
4	Após a experiência com a realidade aumentada, você consegue explicar o que diferencia uma projeção ortogonal de uma figura plana e uma figura tridimensional?	Sim, consigo explicar com clareza.	43,3%
5	Diante de um problema em que é necessário projetar uma figura tridimensional, você consegue deduzir a projeção correta para resolver a	Sim, mas com alguma dificuldade.	53,3%

	questão?		
5	Como o uso do aplicativo GeoGebra em RA contribuiu para o entendimento das deduções necessárias na resolução dos problemas geométricos?	Ajudou muito.	86,6%
6	Você consegue formular explicações rigorosas sobre as propriedades dos objetos geométricos estudados?	Sim, mas ainda tenho dúvidas.	46,6%
6	Com a experiência em realidade aumentada, você acredita que consegue utilizar o pensamento geométrico aprendido para resolver problemas em situações do cotidiano?	Sim, com segurança.	70%

Fonte: Elaborado pela autora.

Os grupos demonstraram facilidade nas atividades de múltipla escolha, especialmente ao identificar as figuras geométricas espaciais através de suas projeções, visto que são figuras amplamente conhecidas, como o cubo, cilindro, octaedro e icosaedro. Esse reconhecimento se mostrou evidente nas respostas dissertativas, que solicitavam a explicação da argumentação utilizada para selecionar as alternativas corretas.

Por outro lado, as atividades de construção, que envolviam a observação e a ilustração das projeções de figuras geométricas não conhecidas, mostraram-se mais desafiadoras. As principais dificuldades foram a reprodução correta de suas projeções no quadriculado.

A tabela evidencia que o uso da SD contribuiu significativamente para a compreensão dos alunos sobre o conteúdo. A visualização em RA facilitou a assimilação dos aspectos que deveriam ser observados. Embora houvessem algumas dificuldades, está explícito as potencialidades da SD como ferramenta pedagógica e, principalmente, para o desenvolvimento de uma percepção geométrica tridimensional.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso cotidiano de dispositivos móveis, aliado à familiaridade e à facilidade de manuseio pelo público-alvo, torna a aplicação desses recursos mais viável em sala de aula, atuando como materiais complementares e essenciais para o aprendizado. Quando utilizados como um meio de estudo criativo, contribuem para um maior engajamento com o conteúdo aplicado.

A RA, aliada ao GeoGebra, pode contribuir com disfunções de aprendizado, especialmente no ensino da geometria. Essa combinação permite que os docentes ajudem os discentes a desenvolver a visão geométrica, facilitando a interpretação de desenhos no plano como figuras tridimensionais.

A SD viabiliza a observação tridimensional, facilitando a compreensão e análise de vistas ortogonais de figuras espaciais. A identificação das figuras em projeções, com base em suas características e construções, proporcionaram aos discentes a refletirem sobre conceitos geométricos.

Os resultados obtidos evidenciaram a eficácia das atividades que, por sua vez, auxiliaram no desenvolvimento da visão espacial, aspecto fundamental para a compreensão de projeções ortogonais. Além disso, a SD demonstrou seu potencial na promoção da aprendizagem ativa com o estímulo para a participação, a aprendizagem colaborativa com a aquisição coletiva do conhecimento, bem como a aprendizagem significativa, favorecendo a assimilação, a construção e evolução do conhecimento.

REFERÊNCIAS

AKKER, J. v. d. **Principles and Methods of Development Research.** 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4255-7_1>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

BRAGA, E. R.; DORNELES, B. V. **Análise do desenvolvimento do pensamento geométrico no ensino fundamental.** 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/6014>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais - Matemática. Brasília: [s.n.], 1998.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília: [s.n.], 2017.

CATANEO, V. I. **O uso do softwareGeoGebra como ferramenta que pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem da Matemática no ensino fundamental series iniciais.** 2011. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/Vanessa-Isabel-Cataneo.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

CITELLI, A. Comunicação e educação: dinâmicas midiáticas e cenários escolares. Ilhéus, BA: Editus, 2021.

COUTINHO, C. P.; CHAVES, J. H. **Desafios à investigação em TIC na educação: as metodologias de desenvolvimento.** 2001. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4277>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

ELLIOTT, J. La investigación-acción en educación. Madri: Ediciones Morata, 2008.

FILATRO, A. Design Instrucional na Prática. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

FRANÇA. **UMA PROPOSTA DIDÁTICA DA REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DA GEOMETRIA ESPACIAL.** 2015. Disponível em: <https://sca.profmat-sbm.org.br/profmat_tcc.php?id1=2007&id2=81433>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

HAUTSCH. **Como funciona a Realidade Aumentada.** 2009. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/realidade-aumentada/2124-como-funciona-a-realidadeaumentada.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

HOHENWARTER, M.; JARVIS, D.; LAVICZA, Z. **Linking geometry, algebra, and mathematics teachers: GeoGebra software and the establishment of the International GeoGebra Institute.** 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307936818_Linking_geometry_algebra_and_mathematics_teachers_GeoGebra_software_and_the_establishment_of_the_International_GeoGebra_Institute>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

KALEFF, A. M. *et al.* **Desenvolvimento do Pensamento Geométrico – O Modelo de Van Hiele.** 1994. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10671>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações.** 2007. Disponível em: <https://de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf>. Acesso em: 18 de maio de 2024.

LENCASTRE, J. A. **Educação on-line:** um estudo sobre blended learning na formação pós-graduada a partir da experiência de desenho, desenvolvimento e implementação de um protótipo Web sobre a imagem. 2009. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9894>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

LORENZATO, S. A. Porque não ensinar Geometria? Blumenau: SBEM, 1995.

NUNES, S. d. C.; MUHLBEIER, A. R. K.; COSTA, C. C. **Uma Beyblade em realidade aumentada:** Suas potencialidades pedagógicas no ensino de geometria espacial. 2020. Disponível em: <https://poisson.com.br/2018/produto/serie-educar-volume-22-tecnologia/>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

OLIVEIRA, O. G. d. **O USO DO GEOGEBRA 3D COM REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**. 2021. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3581>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

PONTE, J. P. d.; BROCARDO, J.; OLIVEIRA, H. Investigações Matemáticas na Sala de Aula. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

RICHEY, R. C.; NELSON, W. A. **Developmental research.** 1995. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/263963635_Developmental_research>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

RODINO, M. **APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO.** 2017. Disponível em: <http://www.marcelorodino.com.br/?p=1404>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

SANTOS. **REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL:** UM DESAFIO PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. 2015. Disponível em: <https://sca.profmat-sbm.org.br/profmat_tcc.php?id1=1683&id2=79376>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

SANTOS, M. E. K. L. d.; MAZZINI, T. F. d. S. **Teoria de Van Hiele:** os níveis de pensamento geométricos de alunos concluintes do Ensino fundamental. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/27013/15089>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

SILVA, C. **GEOMETRIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DO MOBILE LEARNING.** 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/16742/1/DISSERTAÃĞÃČO_GeometriaEspacialEnsino%C2%A0.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

SUCUPIRA, I. S. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO ESTRATÉGIA FACILITADORA DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES.** Disponível em: <https://tede.unigranrio.edu.br/bitstream/tede/293/5/Iara%20da%20Silva%20Sucupira.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

TORI, R; HOUNSELL, M. S. H. **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada.** 2018. Disponível em: 17 de maio de 2024. <http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2018_livroRVA.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

TRAPPMAIR, A.; HOHENWARTER, M. **Driving augmented reality: geogebra's new ar features in teaching mathematics.** 2019. Disponível em: <https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00070752>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

ZABALA, A. A Prática Educativa: Como Ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.