Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática

https://doi.org/10.34179/revisem.v10i2.21783

FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS E ONDAS SONORAS: UM ESTUDO DE POSSIBILIDADES A PARTIR DE UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR

Trigonometric functions and sound waves: a study of possibilities from an interdisciplinary approach

Rosane Rossato Binotto
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS
rosane.binotto@uffs.edu.br

Janaina Estela Pinheiro
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS
janainaestelap@gmail.com

Vitor José Petry
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS
vitor.petry@uffs.edu.br

Resumo

Neste artigo, apresentam-se resultados de pesquisa realizada com professores de Matemática e Física do Ensino Médio. O objetivo deste trabalho é identificar potencialidades e possibilidades do uso de objetos virtuais de aprendizagem (OVA) para o ensino de funções trigonométricas a partir de uma abordagem interdisciplinar, por meio de um exercício de imaginação pedagógica (IP). Trata-se de pesquisa de natureza qualitativa propositiva, baseada na IP, na perspectiva proposta por Skovsmose (2015), e os dados produzidos foram organizados por meio de categorias que emergiram a partir da análise. Como resultados da pesquisa, destaca-se o uso do material didático, pelos professores, como uma possibilidade para abordar conceitos de Matemática e Física, de forma mais dinâmica, e, com relação aos estudantes, menciona-se a oportunidade de interagir com objetos de estudo, também de forma dinâmica, favorecendo a visualização matemática e a compreensão conceitual. Além disso, os dados obtidos evidenciam que a interdisciplinaridade entre a Matemática e a Física, a partir de exemplos práticos, pode contribuir para a motivação dos estudantes e, consequentemente, conduzir à aprendizagem dos conceitos estudados.
Palavras-chave: Objetos Virtuais de Aprendizagem; Imaginação Pedagógica; Tecnologias Digitais; Trigonometria; Educação Básica.

Abstract

This article presents the results of a survey carried out with high school mathematics and physics teachers. The aim of this work is to identify the potential and possibilities of using virtual learning objects (OVA) to teach trigonometric functions from an interdisciplinary approach, through an exercise in pedagogical imagination (PI). This is propositional qualitative research, based on PI from the perspective proposed by Skovsmose (2015), and the data produced was organized into

categories that emerged from the analysis. As a result of the research, the use of didactic material by teachers stands out as a possibility for approaching mathematics and physics concepts in a more dynamic way, and, with regard to students, the opportunity to interact with objects of study, also in a dynamic way, favoring mathematical visualization and conceptual understanding. In addition, the data obtained shows that interdisciplinarity between mathematics and physics, based on practical examples, can contribute to student motivation and, consequently, lead to the learning of the concepts studied.
Keywords: Virtual Learning Objects; Pedagogical Imagination; Digital Technologies; Trigonometry; Basic Education.

INTRODUÇÃO

Estratégias e recursos didáticos que auxiliam nos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática são temas de estudo e reflexão pelos professores que atuam na Educação Básica e de pesquisadores da área da Educação Matemática. O uso de tecnologias digitais (TD) para a construção de objetos virtuais de aprendizagem (OVA), por exemplo, tem-se mostrado promissor para abordar objetos do conhecimento de forma atrativa e dinâmica, com vistas à aprendizagem dos estudantes. De acordo com Audino e Nascimento (2010), um OVA é um recurso didático digital que pode ser utilizado e reutilizado, e que oferece suporte para os processos de ensino e de aprendizagem.

O trabalho interdisciplinar também pode ser considerado um recurso metodológico útil nesses processos, pois fortalece a capacidade dos estudantes de interligar conceitos de diferentes disciplinas com diversas situações reais. Yared (2008, p. 165) considera a interdisciplinaridade como o "movimento (inter) entre as disciplinas, sem o qual a disciplinaridade se torna vazia [...], que leva o aluno a ser protagonista da própria história". Assim, a interdisciplinaridade, como um suporte pedagógico, considera o que é comum em duas ou mais áreas distintas do conhecimento, como é o caso da Matemática e da Física, por exemplo, nos conceitos de funções trigonométricas e de ondas sonoras. Nesse sentido, há de se considerar que as funções trigonométricas possuem propriedades que ajudam a explicar os fenômenos relativos às ondas, como a periodicidade e a amplitude.

Levando-se em consideração os OVA e a interdisciplinaridade entre Matemática e Física, como recursos metodológicos para o ensino da Matemática, apresenta-se este artigo, que é um recorte da pesquisa desenvolvida por Pinheiro (2023), na sua dissertação de Mestrado junto ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT), da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), sob a orientação dos

demais autores. Nesta pesquisa validou-se, com professores que lecionam Matemática e Física na Educação Básica, uma sequência didática contendo 18 OVA criados no GeoGebra e dispostos em formato de livro dinâmico no GeoGebra on-line, para estudar conceitos de trigonometria, funções trigonométricas e aplicações na Física. Optou-se pelo GeoGebra por ser um software de geometria dinâmica gratuito e interativo, que integra álgebra e geometria. A sua plataforma on-line permite criar e compartilhar atividades didáticas em formato de livro dinâmico, bem como possibilita o acompanhamento em tempo real, pelo professor, do progresso do estudante na realização das atividades. Neste artigo, consideram-se três dos OVA produzidos, que possuem foco no ensino da função seno e na interdisciplinaridade com a Física.

Para tanto, propõe-se a seguinte questão norteadora: "Como o uso de objetos virtuais de aprendizagem (OVA) pode contribuir para o ensino de funções trigonométricas, a partir de uma abordagem interdisciplinar na Educação Básica?". Elencou-se, como objetivo geral, identificar potencialidades e possibilidades do uso de (OVA) para o ensino de funções trigonométricas, a partir de uma abordagem interdisciplinar, por meio de um exercício de imaginação pedagógica.

Na perspectiva dada por Skovsmose (2015), a imaginação pedagógica (IP) significa idealizar possíveis alternativas para alguma situação observada ou imaginada ou, ainda, pesquisar "o que não é, mas poderia ser" (*ibid.*, p. 74). No estudo que se apresenta, o exercício de IP foi realizado com sete professores de Matemática e Física da Educação Básica, egressos de um curso de licenciatura em Matemática, de um curso de mestrado profissional em Matemática e demais contatos profissionais, dos quais seis lecionavam em escolas públicas e um em escola privada, do município de Chapecó, SC e/ou do seu entorno. Estar trabalhando ou já ter trabalhado os conteúdos em tela, no Ensino Médio, era condição para participar da pesquisa.

Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa em que os professores participantes responderam a dois questionários, nomeados por Questionário 1 e Questionário 2, disponibilizados de modo on-line no Google *Forms*, além da interação e manipulação dos OVA disponibilizados no GeoGebra on-line, e de respostas a questões exploratórias, em que expuseram suas percepções sobre potencialidades e possibilidades do uso do material didático nas aulas de Matemática e/ou Física desse nível escolar. Os

dados produzidos foram organizados em categorias de análise, de acordo com o proposto por Bardin (2016). Essas categorias foram construídas após a análise prévia do material de pesquisa obtido.

Na sequência do artigo, discorre-se sobre o marco teórico do trabalho, que aborda TD no ensino, OVA e interdisciplinaridade.

MARCO TEÓRICO

Segundo Kenski (2003), as TD podem contribuir para novas formas de aprendizagem, visto que "a interação proporcionada por softwares especiais e pela Internet, por exemplo, permite a articulação das redes pessoais de conhecimentos com objetos técnicos, instituições, pessoas e múltiplas realidades [...], para a construção de espaços de inteligência pessoal e coletiva" (*ibid.*, p. 5). A partir dessa interação, proporcionada pelas TD, deve-se observar, ainda, que professores e estudantes se beneficiam com uma comunicação e troca de experiências mais acentuada e ágil. Dessa forma, consideram-se cruciais, "as relações e as mediações entre professores, alunos, informações e tecnologias, para que possam discernir, em meio à profusão de ofertas de informações, o que é realmente importante para um aprendizado" (Kenski, 2013, p. 89).

Assim, as TD têm potencial para criar ambientes que facilitem a aprendizagem, em especial nas aulas de Matemática. Conforme destaca Scheffer (2012, p. 31), "a incorporação de novos recursos tecnológicos na sala de aula de matemática resulta na criação de ambientes de aprendizagem que levam o estudante ao desenvolvimento de novos conceitos e à consolidação da aprendizagem". Nesse sentido, para Valente, Almeida e Kuin (2017), a inserção das TD no currículo "pode contribuir para que essas tecnologias abram espaços para novas práticas e não simplesmente proporcionem uma roupagem nova àquilo que poderia ser melhorado no que diz respeito ao desenvolvimento do processo de ensino e de aprendizagem" (p. 369). E, conforme Guarda e Petry (2020), compete ao professor propor estratégias, métodos e recursos didáticos, amparados nas TD, que auxiliem o estudante na compreensão, na representação dos objetos de estudo e na aprendizagem. Assim, práticas inovadoras utilizando TD devem motivar o estudante para o estudo, a fim de torná-lo ativo nos processos de ensino e aprendizagem, tendo o professor como mediador.

Para esse estudo, escolheu-se o GeoGebra, um software de geometria dinâmica, de fácil e livre acesso, que propicia a ação interativa e concomitante entre os recursos da álgebra e da geometria. O GeoGebra também possui uma plataforma on-line que possibilita criar, compartilhar e disponibilizar atividades que englobam textos, vídeos, imagens, OVA, questões objetivas e discursivas, no formato de um livro dinâmico. A partir do livro dinâmico, é possível criar e disponibilizar sequências didáticas, por meio do recurso "GeoGebra Tarefa" em uma sala virtual. Essa sala pode ser acessada pelo estudante mediante um *link* ou um código, permitindo que o professor acompanhe a sua interação com as atividades propostas em tempo real ou após a sua finalização.

Além dos recursos já descritos, que tornam o GeoGebra um software com diversas potencialidades para o ensino, de acordo com Borba, Scucuglia e Gadanidis (2020, p. 31), esse software também possibilita "[...] utilizar, manipular, combinar, visualizar e construir virtualmente objetos geométricos, permitindo traçar novos caminhos de investigação". Considerando essas potencialidades do software, os OVA descritos neste trabalho foram construídos no GeoGebra e disponibilizados aos professores em formato de livro on-line em uma sala virtual do GeoGebra. Ainda, nesse contexto, o GeoGebra pode contribuir com as aulas de Matemática pela característica de ser um software dinâmico, interativo e de fácil acesso, que propicia explorar e relacionar a geometria e a álgebra, concomitantemente, proporcionando a visualização e a compreensão da Matemática, além de poder ser utilizado de forma on-line. Assim, o uso do GeoGebra nas aulas pode enriquecer tanto o processo de ensino quanto o processo de aprendizagem, auxiliando todos os indivíduos envolvidos.

Além disso, conforme Borges e Scheffer (2018, p. 64), os objetos de aprendizagem para o ensino "permitem a contextualização, no sentido de estabelecer relações entre os conteúdos, suas aplicações práticas e a inter-relação com várias disciplinas". Assim, aplicações práticas da Matemática, por meio de OVA, exercem papel importante no processo de ensino, pois proporcionam aos professores apresentar a seus educandos uma Matemática mais próxima do cotidiano deles.

Diante do exposto, neste artigo, aborda-se a possibilidade do desenvolvimento de atividades interdisciplinares, envolvendo conceitos da Matemática e da Física. Na concepção de Yared (2008, p. 161), a "interdisciplinaridade significa, em sentido geral, a relação entre as disciplinas". Para Kleemann e Petry (2020), o principal objetivo da

interdisciplinaridade é aproximar as "divisões" entre os componentes curriculares, possibilitando que os resultados sejam benéficos as áreas envolvidas e em especial ao estudante. Assim, a interdisciplinaridade pode auxiliar o estudante a desenvolver habilidades e competências a partir da relação entre os vários conceitos estudados nas diferentes disciplinas, proporcionado articulá-los de maneira contextualizada. Espera-se que essas ações de articulação com aplicações do cotidiano colaborem para a aprendizagem dos estudantes, conforme defendido por Fazenda (2015, p. 12): "na interdisciplinaridade escolar as noções, finalidades, habilidades e técnicas visam favorecer, sobretudo, o processo de aprendizagem respeitando os saberes dos alunos e sua integração".

Reflexões acerca de métodos e recursos didáticos para o ensino se fazem necessárias, com a finalidade de propiciar ao professor a escolha do melhor caminho o objetivo de proporcionar aos estudantes a assimilação dos objetos de conhecimento. Por essa razão, realizou-se uma análise de possibilidades, utilizando-se da concepção de IP, proposta por Skovsmose (2015, p. 79), que objetiva "desenvolver uma compreensão mais profunda da situação imaginada. [...] É por meio desse processo que a situação imaginada se torna fundamentada". Para Lima (2021, p. 124), "a partir de uma situação imaginada, pode-se analisar as possibilidades de levá-la à situação corrente. O que, de fato, pode ser feito? O que pode ser organizado? Que ferramentas existem à disposição? Há algum entrave que impossibilita a implementação de algo?".

Nesse contexto, Lima (2021) considera ainda que a IP é um processo que permite refletir sobre possibilidades para uma situação de sala de aula, questionando-se o que poderia ser diferente e pensando em alternativas para essa situação. Desse modo, ao pesquisar possibilidades é possível ampliar o horizonte do professor, visto que, a partir delas, se pensa em situações que podem ocorrer e que são possíveis alternativas para esses eventos. Isso corrobora as considerações de Skovsmose (2015, p. 69-70), de que a pesquisa de possibilidades "inclui não somente um estudo de 'o que é' ou 'o que é construído', mas também um estudo de 'o que não é' e 'o que poderia ser construído'".

CAMINHO METODOLÓGICO

Neste trabalho, realizou-se uma pesquisa de natureza qualitativa, uma vez que se almejou "[...] atingir aspectos do humano sem passar pelos crivos da mensuração, sem

partir de métodos previamente definidos e, portanto, sem ficar preso a quantificadores e aos cálculos decorrentes" (Bicudo, 2020, p. 113). De acordo com Bogdan e Biklen (1997, p. 209), pesquisas qualitativas "devem revelar maior preocupação pelo processo e significado, e não pelas suas causas e efeitos". Assim, a pesquisa qualitativa busca apresentar noções com relação a percepções de diferenças e semelhanças de aspectos comparáveis e experiências, que é o caso da pesquisa em tela em que se procurou conhecer as percepções dos sujeitos participantes acerca do uso do material proposto para o ensino de conceitos da Matemática e da Física.

Contribuíram para a pesquisa[1], sete professores com formação em Matemática e/ou Física, nomeados por P1 a P7, a fim de não os identificar. A participação se deu por adesão, a partir de convite feito por e-mail, como já mencionado, para egressos da licenciatura, de um mestrado em Matemática e demais contatos profissionais, sendo a condição para participar da pesquisa, estar trabalhando ou já ter trabalhado os conteúdos em tela no Ensino Médio. A participação na pesquisa consistiu em responder a conjuntos de questões, nomeados por Questionário 1 e Questionário 2, disponibilizados de modo on-line no Google *Forms*, e interagir com material didático disponibilizado no GeoGebra on-line. O Questionário 1, respondido antes da interação com o material didático, teve por intuito obter características profissionais dos participantes e realizar diagnóstico acerca do uso das TD em suas aulas.

Na etapa da interação com o material didático disponibilizado em uma sala virtual do GeoGebra, os professores puderam manipular os OVA, explorar conceitos matemáticos, elencar possibilidades e potencialidades para o uso nas aulas e realizar um relato das suas percepções acerca dos objetos acessados, em um campo específico no próprio material. Após a interação com o material, cada professor respondeu ao Questionário 2, que teve como propósito conhecer as percepções destes em relação às potencialidades observadas durante a exploração do material, além de avaliar a viabilidade e os benefícios do seu uso nas aulas de Matemática. A interação dos pesquisadores com os participantes da pesquisa ocorreu totalmente de forma remota e assíncrona, sendo que foi estabelecido um prazo para

[1] Esse estudo integra um projeto de pesquisa aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal da Fronteira Sul com os seguintes dados: CAAE: 64092222.1.0000.5564; número do Parecer de Aprovação: 5.760.815 e Data da Aprovação: 17/11/2022.

os professores interagirem com o material e responderem aos questionários, cada um em seu espaço e no seu tempo.

Os dados produzidos foram submetidos à Análise de Conteúdo, de Bardin (2016), e categorizados em três categorias, definidas *a posteriori*, ou seja, após uma análise prévia do material produzido. Para essa autora, a Análise de Conteúdo consiste em um conjunto de técnicas para a análise das comunicações expressas em uma pesquisa, que aborda três fases: (1) a pré-análise, fase da escolha do material a ser analisado, a formulação de hipóteses e objetivos e, ainda, a elaboração de indicadores que fundamentaram a interpretação final; (2) a fase de exploração, que "consiste essencialmente de operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas" (Bardin, 2016, p. 131); e (3) a fase do tratamento dos resultados, inferência e interpretação, quando os dados brutos são tratados a fim de se tornarem significativos e válidos a ponto de auxiliarem na resposta ao problema de pesquisa. Essa fase só acontece depois de escolhido o material a ser analisado (delimitação do *corpus* da pesquisa), bem como as categorias de análise.

Embora a pesquisa tenha sido realizada considerando uma sequência didática contendo 18 OVA[2], com objetos construídos para explorar todas as funções trigonométricas, para a análise apresentada nesse trabalho foi delimitado o *corpus* da pesquisa aos dados relativos a três OVA, descritos na próxima seção, de acordo com as percepções dos autores do trabalho.

DESCRIÇÃO DOS OVA

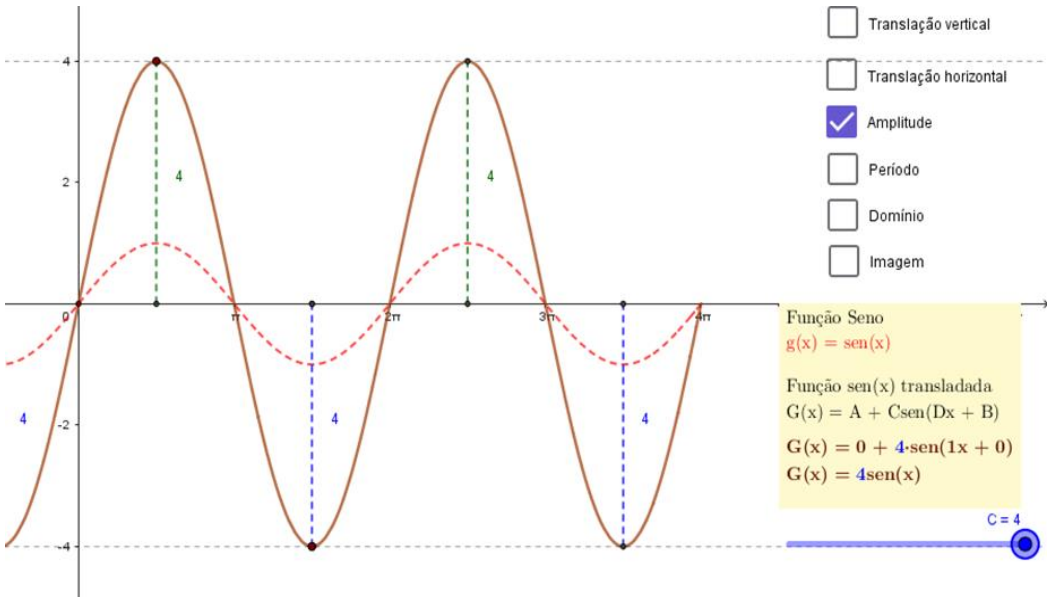
Optou-se por manter a nomenclatura original dos três OVA utilizados neste artigo, a saber – OVA 14, OVA 17 e OVA 18 – que, respectivamente, descrevem o gráfico da função seno para diferentes situações e propriedades (translações, ampliações, compressões, amplitude e período), relacionam seu gráfico com uma onda sonora e exploram o som que uma onda reproduz.

No OVA 14, mostrado na Figura 1, são apresentadas as variações da função $g(x) = sen(x)$, a partir de translações, ampliações e compressões, que resultam na função modificada $G(x) = A + C.sen(Dx + B)$, sendo A, B, C e D números reais. As

[2] A sequência didática completa está disponível em: https://www.geogebra.org/m/r7qguzks. Acesso em: 16 abr. 2025.

modificações podem ser feitas ao selecionar as opções “Translação vertical”, “Translação horizontal”, “Amplitude” e “Período”, no OVA, que mostram caixas de textos e controles deslizantes para os respectivos parâmetros A, B, C e D, e exploram, respectivamente, as translações vertical e horizontal, a amplitude e o período da função G.

Figura 1: OVA 14 – Representação gráfica da função seno.



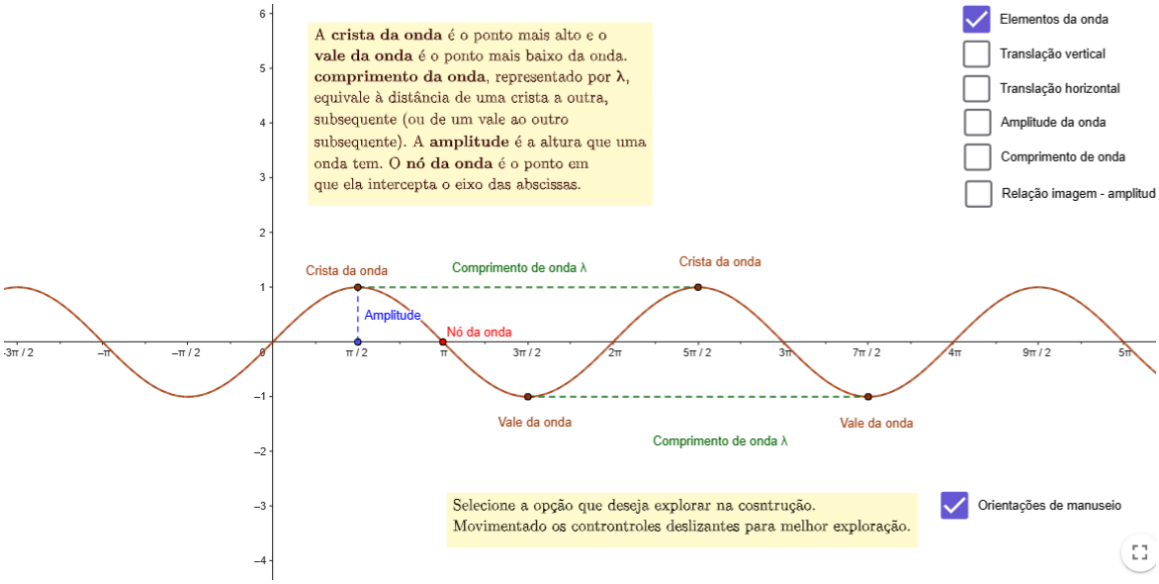
Fonte: Os autores (2023).

Assim, é possível comparar o gráfico da função g (dado em linha tracejada) com o da função G (disposto em linha contínua) durante a interação com o OVA. O domínio e a imagem da função também podem ser explorados neste objeto, ao acionar as opções “Domínio” e “Imagem”, sendo que a imagem da função G modifica-se à medida que os valores de A e C são alterados, pois A é o responsável pela translação vertical e C por ampliar ou comprimir, na vertical, o gráfico da função G.

O próximo objeto, o OVA 17, ilustrado na Figura 2, apresenta o gráfico de uma onda sonora e suas principais características, relacionando-as com as propriedades da função seno, abordadas no OVA 14. Assim, no objeto mostra-se o gráfico da senoide de modo a compará-lo com a representação gráfica de uma onda.

Ao selecionar a opção “Elementos da onda”, nesse OVA, é possível explorar os elementos crista e vale, nó, comprimento e amplitude, bem como a caracterização desses elementos em uma onda. Observa-se que a crista é o seu ponto mais alto, o vale o mais baixo, o nó é o ponto em que o gráfico da onda intercepta o eixo das abscissas e a amplitude é a metade da distância da crista ao vale.

Figura 2: OVA 17 – Representação gráfica de uma onda sonora e elementos.



Fonte: Os autores (2023).

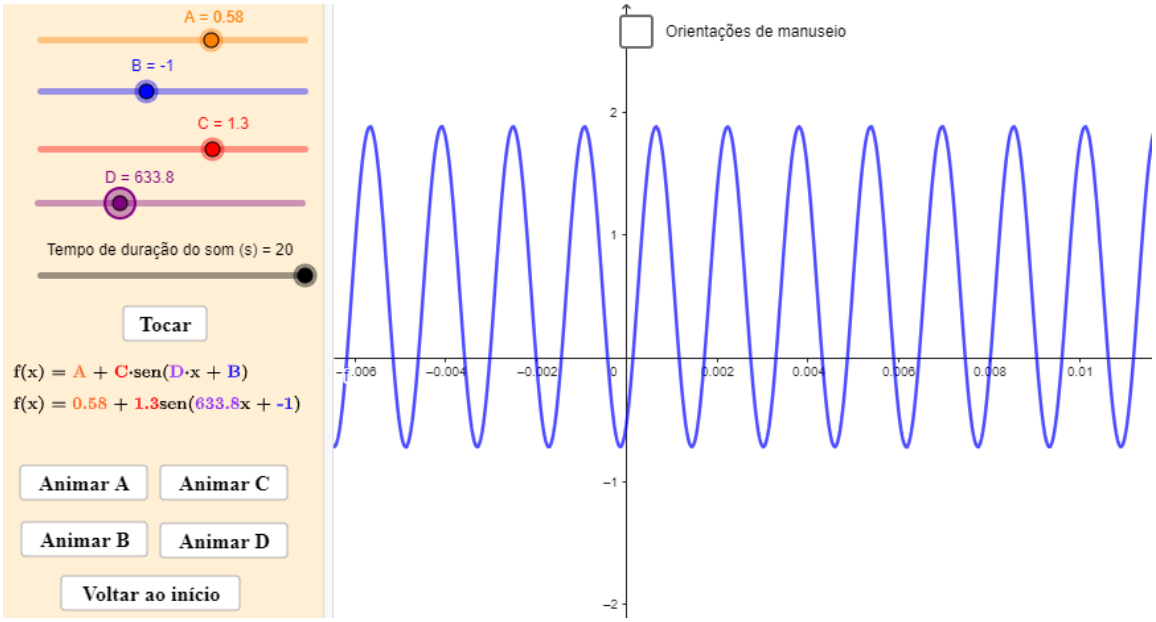
As opções “Translação vertical”, “Translação horizontal”, “Amplitude da onda” e “Comprimento da onda” apresentam características de uma onda sonora (crista e vale, nó, comprimento e amplitude) de forma a associá-la a propriedades do gráfico da função seno, tais como translação vertical e horizontal, amplitude e período. O objeto mostra, ainda, que o comprimento da onda dado por λ, que representa a distância de uma crista a outra e equivale ao período da função seno. Já a opção “Relação imagem – amplitude” tem a finalidade de relacionar a amplitude da onda sonora com a imagem da função seno, visto que a distância entre os extremos do intervalo correspondente à imagem dessa função é igual ao dobro da amplitude da onda.

O OVA 18, mostrado na Figura 3, tem como objetivo explorar as características que envolvem o som que uma onda reproduz, por meio da representação gráfica da onda como uma função trigonométrica. Para isso, o objeto apresenta a lei de formação da função trigonométrica dada por $f(x) = A + C.sen(Dx + B)$, os controles deslizantes que podem ser animados pelos botões “Animar A, B, C e D”, o gráfico de f que representa uma onda sonora, além de um controle deslizante que estabelece o tempo pelo qual o som produzido pela onda fica acionado.

Os parâmetros A e B representam a translação da onda na vertical e horizontal, respectivamente. Ao manusear esse OVA, o estudante pode perceber que a translação horizontal não altera o som; porém, a translação vertical provoca alteração. Assim, à medida que o valor A (que é somado ao valor da função seno) é alterado, o som da onda

também se altera. O parâmetro C interfere na sua amplitude. Por isso, ao explorar esse objeto, é possível perceber que, à medida que o valor de C se altera, a amplitude da onda é alterada, modificando a intensidade do som. Já o parâmetro D modifica o comprimento da onda e, consequentemente, sua frequência (cujo valor numérico corresponde ao inverso do período), interferindo novamente no som produzido.

Figura 3: OVA 18 – Gráfico de uma onda sonora.



Fonte: Os autores (2023).

Através da interação com o OVA 18, o estudante pode perceber que algumas propriedades relacionadas às funções trigonométricas são responsáveis por alterar o som da onda sonora. É possível identificar que a alteração, na translação vertical da "onda", modifica o volume do som. Já a alteração na amplitude "da onda" muda a intensidade do som: quanto maior a onda sonora, mais intenso será o som e, quanto menor a onda, menos intenso será o som. Com relação ao período, sua interferência é na frequência que o gráfico da onda tem e, consequentemente, na altura do som (atributo que permite distinguir sons graves de sons agudos); assim, quanto maior a frequência da onda, mais alta será a frequência do som (mais agudo) e, quanto menor a frequência da onda, mais baixa será a frequência do som (mais grave).

IMAGINAÇÃO PEDAGÓGICA NA PERSPECTIVA DOS PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Apresentam-se, nesta seção, os dados organizados em três categorias, a partir das percepções dos professores no exercício de IP.

Percepções iniciais dos professores sobre o uso de TD e OVA nas aulas

Todos os professores que participaram do estudo mencionaram, inicialmente, utilizar alguma TD como recurso para o ensino nas aulas de Matemática, citando, principalmente, os softwares GeoGebra e Excel. Esses professores reconhecem as potencialidades do GeoGebra para o ensino de Matemática, conforme relatado pelo participante P4: *"[...] aposto muito no potencial do GeoGebra no ensino de matemática, e percebo que, quando utilizo, os estudantes aprendem e conseguem visualizar e assimilar/associar os conceitos com mais facilidade*". Na percepção de P7, o GeoGebra, além de contribuir para a assimilação do objeto de conhecimento matemático, facilita "*a compreensão dos conceitos*", sendo que a resolução de atividades, no GeoGebra, também pode contribuir para "a *criatividade e o desenvolvimento lógico*".

Com relação ao uso de OVA nas aulas, P3 afirmou que, além de utilizar os disponíveis na Internet, cria seus próprios objetos. Já P2 utiliza-os pelo que estes podem ajudar na compreensão de conceitos, visto que "*os OVA quando bem elaborados contribuem para a percepção de regularidades e propriedades [...] que são vistas na teoria em sala de aula, [e] possibilitam também a criatividade do aluno que pode criar novos elementos*". Nesse comentário, percebe-se que o professor faz referência à contribuição dos OVA no desenvolvimento de outras habilidades, além das relacionadas com o objeto de estudo. Essas ponderações corroboram as considerações de Kay e Knaack (2007), de que os OVA são ferramentas cuja principal função é a de auxiliar no estímulo ao desenvolvimento de capacidades pessoais como imaginação e criatividade. Além do exposto, para o professor P3, o uso dos OVA tem bastante "*potencial para explorar situações contextualizadas, resgatando aplicações de conceitos matemáticos na busca por justificar fenômenos cotidianos*", além do "*desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático dos estudantes*".

Os professores também relataram dificuldades ou limitações para a utilização de recursos tecnológicos na sala de aula, tais como falta de computadores e Internet de qualidade, dificuldades na preparação desse tipo de material e a falta de planejamento ou desconhecimento, como registraram os professores P2 e P4. A falta de capacitação dos professores para usufruírem dos recursos tecnológicos é mencionada por P4: *"[...] não são*

oferecidos cursos gratuitos aos docentes, não tem divulgação dessas ferramentas nas escolas [...]". Essas percepções vão ao encontro do que afirma Kenski (2003), de que as tecnologias digitais oferecem novos desafios. Porém, mesmo diante de dificuldades, deve-se considerar a adoção de estratégias de ensino.

Potencialidades e possibilidades do uso dos OVA para o estudo de funções trigonométricas e interdisciplinaridade

Com relação às atividades propostas, as avaliações, pelos participantes, foram bastante positivas. Para P1, existem "*elementos suficientes para a adequada abordagem dos tópicos propostos no material, de maneira clara e objetiva, sendo de fácil entendimento para os alunos*". Já P2 considera que "*as instruções e observações auxiliaram muito na manipulação dos objetos*". A partir dessas narrativas, pode-se refletir sobre o fato de que, quando são propostas atividades aos estudantes, é fundamental que elas sejam claras e objetivas visando ao seu melhor aproveitamento.

No que diz respeito ao OVA 14, P2 considerou importante manter, nesse objeto, o gráfico da função $g(x) = sen(x)$, "*para que o aluno consiga com mais facilidade perceber o comportamento desta função quando os parâmetros [A, B, C e D] são alterados*", em $G(x) = A + C.sen(Dx + B)$, visto que esses parâmetros influenciam na translação e na dilatação ou contração do gráfico da função G. Na percepção de P5, a exploração do OVA 14 possibilita que alguns objetos de conhecimento da Física possam ser assimilados mais facilmente se objetos de conhecimento matemático forem compreendidos pelos estudantes: "*[...] olhando essa atividade, percebi o quanto seria mais fácil trabalhar os conceitos de ondulatória em Física, caso esses conceitos sejam abordados e compreendidos na Matemática*". Assim, afirma-se que, a partir desse objeto, é possível relacionar a Matemática e a Física, de forma interdisciplinar, visto que, como salienta Fazenda (2015), a interdisciplinaridade somente se torna possível onde uma ou mais disciplinas se debruçam em torno de um mesmo objeto.

Com relação ao OVA 17, para P2 esse objeto permite contextualizar conceitos da Física, como aqueles abordados no estudo das ondas sonoras com o gráfico da função seno, observando que a visualização de "*cristas, vales e a amplitude fazem com que o aluno possa correlacionar e entender que os conhecimentos matemáticos aprendidos em sala de aula podem aparecer no dia a dia com nomes diferentes, mas com o mesmo conceito e significado*".

P3 considera o OVA 18 importante, pois mostra um exemplo prático de "*mistura do som com o movimento das funções (no caso, representações das ondas) [que] permite aos estudantes perceberem aplicações de conceitos explorados, mais especificamente na*

Física". Esse participante menciona, ainda, que os OVA 17 e 18 são excelentes "*para trabalhar de forma interdisciplinar com a Física*". Assim, ao propor a aplicação dos conceitos, espera-se que os estudantes construam o conhecimento e façam a contextualização da teoria com a prática. A aplicação também foi mencionada por P1, que considera possível, por meio dos OVA, relacionar a Matemática com situações do cotidiano do estudante, pois "*através dessa estratégia é possível interligar a Matemática com outras situações do mundo vivenciadas pelo aluno*".

P2 também aponta outro fato acerca do OVA 18, sobre por que, às vezes, "*paramos de ouvir o som conforme mudamos alguns parâmetros, e isso está explicado nas observações e curiosidades sobre as ondas sonoras [...]*". Observa-se que a descrição dos OVA e as questões que acompanham os objetos têm o intuito de complementar os conceitos apresentados nos objetos. Assim, defende-se que, junto à construção no GeoGebra, sejam adicionados dados a fim de informar aos professores e estudantes que vierem a interagir com material o objetivo da atividade, entre outros. Esta atividade corrobora a observação de Beltrão (2009, p. 57), de que cabe "aos professores articular situações e atividades que promovam o desenvolvimento da competência para as aplicações [...], juntamente com o desenvolvimento de outras competências matemática*s*".

Os professores também apresentaram sugestões de como utilizar esses objetos em aula. Por exemplo, P2 considera que, no OVA 18, "*seria ideal abordar, de forma coletiva, onde o professor poderia ir manuseando os parâmetros e os alunos percebendo a diferença dos sons, para então depois as questões serem respondidas de forma coletiva*". Complementa sugerindo que, "*em situações reais na sala de aula [...], alguns objetos poderiam ser explorados pelo próprio professor com projeção dentro da sala de aula, como é o caso do objeto que emite o som das ondas*". Ainda sobre o OVA 18, P5 sugere que outras ondas possam ser exploradas ao trabalhar essa atividade, tais como ondas mecânicas e eletromagnéticas. Propõe, ainda, que os estudantes sejam instigados a pesquisar sobre esses temas, de modo a observar essas ondas e estabelecer suas relações com as funções trigonométricas.

Por fim, os participantes realizaram alguns comentários gerais sobre o material produzido. Na percepção de P3, "*o material tem [...] elevado potencial, pois os OVA permitem a manipulação de dados, o que contribui significativamente na melhor compreensão e assimilação de conceitos, bem como na visualização e/ou explicação de problemas cotidianos*". Para P6, "*é de grande valia a utilização dos OVA, principalmente em conteúdos que não temos objetos para mostrar aos estudantes aquele conceito, então, com o uso dos OVA é possível explanar o conteúdo de uma forma diferente, chamando a atenção do estudante, fazendo com que ele veja o processo e passe a compreender melhor*

o conteúdo". Além disso, para P2, "*as atividades propostas [...] possibilitam um momento de verificação ao aluno, para que ele possa perceber se compreendeu o conceito ou se ainda restaram dúvidas*". Na opinião de P7, o material agiliza e torna mais dinâmico o processo de ensino e aprendizagem, pois proporciona "*aos educadores possibilidades de demonstrar o que é explicado em sala, sem precisar desenhar inúmeras vezes no quadro, agiliza o processo e possibilita a melhora do processo ensino/aprendizagem*".

De modo geral, os professores apontaram potencialidades e possibilidades voltadas à interdisciplinaridade, que podem ser exploradas a partir do material. Por exemplo, P1 considera que, por meio da exploração do material, "*é possível interligar a Matemática com outras situações do mundo vivenciadas pelo aluno*". Para Kleemann e Petry (2020, p. 235), a junção do trabalho interdisciplinar com o uso de OVA "facilita a compreensão da teoria e dos conceitos envolvidos na resolução dos problemas abordados", o que pode favorecer a aprendizagem.

Dificuldades encontradas e sugestões para melhorar os OVA

Ao solicitar que os professores apontassem as principais dificuldades e/ou limitações encontradas na manipulação dos objetos ou em uma eventual identificação dos seus propósitos, estes alegaram não ter encontrado dificuldades. As avaliações com relação ao potencial dos OVA para o ensino foram positivas.

Os professores efetuaram também algumas sugestões de ajustes com a finalidade de melhorar o material. O OVA 18 reproduzia o som da onda por 10 segundos, uma sugestão, dada por P3, foi ampliar esse tempo com a finalidade de melhor "*acompanhar todo o movimento da onda*". Os participantes sugeriram, ainda, rever algumas das questões que acompanham os OVA, a fim de equalizar o número de questões de múltipla escolha e objetiva. Como a finalidade das questões propostas aos estudantes é possibilitar que reflitam sobre os conceitos apresentados, considerou-se mais pertinente propor no material questões abertas; porém, cabem complementações por parte dos professores.

A partir das sugestões feitas por esses professores, observa-se que é possível criar e explorar outras situações, além do que foi imaginado pelos autores no momento do planejamento e da elaboração do material. Essas sugestões podem ser incorporadas diretamente ao material ou utilizadas pelos professores no planejamento de suas aulas, de acordo com cada realidade. Para Skovsmose (2015), o exercício de IP considera as possibilidades que podem ser observadas e não a sua relevância. Assim, a imaginação realizada por vários professores, amplia as possibilidades e contribui para deixar o material com mais potencial para seu uso no ensino.

Os professores identificaram, também, a possibilidade de abordar outros conceitos

com o material criado. Com relação ao OVA 14, P5 considera que explora conceitos utilizados em outra disciplina: "*sem dúvida, essa simulação propicia, além do entendimento dos conceitos matemáticos aplicados aqui, pois a ondulatória em Física precisa desses conceitos*". Sobre o OVA 18, P3 comenta que "*[...] é interessantíssimo não só para a Matemática, mas também para a Física*". Esses apontamentos corroboram o objetivo dos OVA 17 e 18, que é propor uma aplicação da função seno, relacionando a senoide com as ondas sonoras.

Por fim, para P4 o material pode ser adaptado, de acordo com cada turma: "*[...] um ótimo material a ser trabalhado na sua íntegra ou adaptado de acordo com as necessidades de cada turma. Portanto, precisamos analisar a turma em que iremos aplicar e verificar se essa está em condições de aprender tudo o que estava sendo proposto no material*". Esse é um fato importante, visto que cada turma possui particularidades que o professor deve levar em consideração ao planejar suas aulas.

O material produzido é uma sugestão. Assim, os professores podem adaptá-lo sempre que considerarem necessário, bem como utilizá-lo e/ou reutilizá-lo para explorar conceitos que vão além dos mencionados. O intuito de promover a IP pelos professores foi criar uma discussão em torno das possibilidades de uso do material, visando ao seu aperfeiçoamento. Há de se considerar que os professores apontaram algumas percepções além das imaginadas pelos autores e outras ainda podem surgir durante a utilização do material pelos professores e estudantes. Isso corrobora a afirmação de Lima (2021), de que a IP é um processo contínuo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscou-se identificar potencialidades e possibilidades do uso de OVA para o ensino de funções trigonométricas, a partir de uma abordagem interdisciplinar, por meio de um exercício de imaginação pedagógica. Para a análise dos dados, também se levou em consideração a questão norteadora: "Como o uso de objetos virtuais de aprendizagem (OVA) pode contribuir para o ensino de funções trigonométricas, a partir de uma abordagem interdisciplinar na Educação Básica?".

As percepções dos professores participantes apontam que o material elaborado no GeoGebra se constitui num recurso facilitador para os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos de trigonometria e função seno, visto que pode proporcionar aos professores praticidade e precisão ao explorarem conceitos e, aos estudantes, experiências de manuseio e interação com os objetos de estudo abordados, enriquecendo o processo de aprendizagem. Além disso, o uso dos OVA possibilita que estudantes interajam com os objetos de estudo

de modo a comparar padrões e assimilar os conceitos envolvidos, além de proporcionar o desenvolvimento de outras habilidades, como proatividade, criatividade e raciocínio lógico, por exemplo.

A partir da análise da percepção dos professores, sugere-se que o material seja potencialmente viável para o estudo de funções trigonométricas, em particular, da função seno, para o Ensino Médio, seja pela possibilidade de interação dos estudantes com os OVA, seja pelo direcionamento proporcionado a partir das questões disponíveis, que promovem reflexões sobre os objetos de conhecimento tratados. De acordo com as percepções coletadas, é um material de fácil acesso, que aborda conceitos necessários para a aprendizagem. Considera-se que a pesquisa de possibilidades enriqueceu o trabalho, contribuindo para uma melhora significativa do material, visto que, de acordo com Skovsmose (2015), tal pesquisa proporciona uma reflexão acerca do que não é, mas pode ser construído. Espera-se que o material desenvolvido seja utilizado por professores em suas aulas e contribua com o ensino da trigonometria no Ensino Médio.

Elaborar propostas de ensino interdisciplinares e contextualizadas, tendo como suporte os recursos digitais, é um desafio para diversos professores, por exigir bastante tempo e dedicação para sua concretização, conhecimento de alguns conceitos de outras disciplinas e habilidades para o uso dos recursos tecnológicos. Porém, devido à sua relevância, mesmo com algumas dificuldades, considera-se relevante que os professores utilizem as TD na sua prática docente. Destaca-se, também, a importância de os professores participarem de exercícios de IP, seja em atividades de pesquisa, seja em suas atividades cotidianas, visto que isso lhes permite uma visão mais ampla e diferenciada acerca das possibilidades de explorarem conceitos a partir de OVA disponíveis na Internet ou construídos por eles. Essa participação também pode contribuir para a elaboração e aplicação de materiais desenvolvidos para as práticas interdisciplinares.

REFERÊNCIAS

AUDINO, D. F.; NASCIMENTO, R. S. Objetos de aprendizagem – diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação. **Revista Contemporânea de Educação**, 10(5), p. 128-148, 2010.

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

BELTRÃO, M. E. P. **Ensino de cálculo pela modelagem matemática e aplicações:** teoria e prática. (Tese Doutorado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa qualitativa e pesquisa qualitativa segundo a abordagem fenomenológica. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. (p. 107-119). Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação:** uma introdução à

teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

BORBA, M. C.; SCUCUGLIA, R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática:** sala de aula e Internet em movimento. (3. ed.). Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

BORGES, P. A. P.; SCHEFFER, N. F. Contribuições de Objetos Virtuais para a aprendizagem de conceitos de Geometria. In: SCHEFFER, N. F.; COMACHIO, E. CENCI, D. (Org.). **Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação Matemática**: articulação entre pesquisas, objetos de aprendizagem e representações. (p. 63-77). Curitiba: CRV, 2018.

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade: didática e prática de ensino. Interdisciplinaridade. **Revista do Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade**, 6, p. 9-17, 2015.

GUARDA, S. M.; PETRY, V. J. Uso de Objetos Virtuais de Aprendizagem Visando a Compreensão e a Representação de Elementos da Geometria Analítica. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**, 33(1), 707-717, 2020.

KAY, R. H.; KNAACK, L. Evaluating the learning in learning objects. **Open Learning: The Journal of Open and Distance Education**, 22(1), 5-28, 2007.

KENSKI, V. M. (2003). Aprendizagem Mediada pela Tecnologia. **Revista Diálogo Educacional***,* 4(10), 47-56.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e tempo docente**. Campinas: Papirus, 2013.

KLEEMANN, R.; PETRY, V. J. Desenvolvimento de um Exercício de Imaginação pedagógica a partir de uma Proposta Metodológica Interdisciplinar. **Investigações em Ensino de Ciências**, 25(3), p. 232-251, 2020.

LIMA, P. C. Imaginação pedagógica, Educação Matemática e Inclusão: em busca de possibilidades para aulas de Matemática. **Intermaths**, 2(1), p. 121-137, 2021.

PINHEIRO, J. E. **Ensino de trigonometria a partir de objetos virtuais de aprendizagem:** um estudo de possibilidades. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal da Fronteira Sul – PROFMAT – Mestrado profissional em Matemática – Chapecó, SC, 2023.

SCHEFFER, N. F. A argumentação em matemática na interação com tecnologias. **Revista Ciência e Natura**, 34(1), p. 23-38, 2012.

SKOVSMOSE, O. Pesquisando o que não é, mas poderia ser. In: D'AMBROSIO, B. S.; LOPES, C. E. (Org.). **Vertentes da subversão na produção científica em educação matemática** (p. 63-90). Campinas: Mercado das Letras, 2015.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B.; KUIN, S. Aprender na cultura digital: A contemporaneidade e a construção de conhecimento. In: CERNY *et al*. (Org.). **Formação de educadores na cultura digital:** A construção coletiva de uma proposta. (p. 359-382). Florianópolis: UFSC/CED/NUP, 2017.

YARED, I. O que é interdisciplinaridade? In: I. Fazenda *et al*. (Org.). **O que é Interdisciplinaridade?** (p. 161-166). São Paulo: Cortez, 2008.