

ENSINO DE FÍSICA E INTERDISCIPLINARIDADE: CONHECIMENTOS MOBILIZADOS POR ESTUDANTES A PARTIR DA APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ORGANIZADA SOB O TEMA “PANDEMIAS”

PHYSICS TEACHING AND INTERDISCIPLINARITY: MOBILIZATION OF STUDENTS'
KNOWLEDGE THROUGH A TEACHING MODULE ON “PANDEMIC TIMES”

William H. P. Costa¹, Gabriel A. Silva², Luciano F. Silva³

Recebido: junho/2023 Aprovado: maio/2024


Resumo: Em um mundo globalizado, no qual as fronteiras disciplinares estão cada vez mais tênues, a interdisciplinaridade tem um importante papel no contexto educacional, principalmente em áreas do conhecimento como a Física. No contexto da educação básica, a organização das práticas pedagógicas deve se pautar pelos eixos da interdisciplinaridade e da contextualização. A partir dessas orientações, elaborou-se e aplicou-se uma sequência didática fundamentada nos preceitos da interdisciplinaridade e da contextualização. A sequência didática foi construída em torno do tema “Física das Pandemias”. Esse foi o cenário para a construção de uma investigação orientada pelo objetivo: identificar e analisar conhecimentos mobilizados pelos alunos ao discutirem aspectos relacionados às pandemias durante as aulas de Física. Procurou-se identificar e analisar que relações são estabelecidas por estudantes entre a Física e outras ciências para a discussão de aspectos relacionados ao tema Pandemias. A sequência didática foi composta por oito aulas, aplicadas junto a alunos que frequentavam um curso pré-vestibular assistencial. Dentre os resultados mais significativos, destaca-se que a organização de práticas pedagógicas interdisciplinares traz uma série de desafios aos professores, sobretudo ao possibilitar a superação da rígida linearidade e fragmentação do ensino.


Palavras-chave: Ensino de Física. Pandemias. Interdisciplinaridade. Contextualização.

Abstract: In a globalized world, where disciplinary boundaries are becoming increasingly blurred, interdisciplinarity plays an important role in the educational context, especially in knowledge areas such as Physics. In the context of basic education, the organization of pedagogical practices should be guided by the axes of interdisciplinarity and contextualization. From these initial guidelines, a didactic sequence based on the precepts of interdisciplinarity and contextualization was developed and applied. The sequence - in the form of a mini-course - was built around the Physics of Pandemics theme. This was the scenario for the construction of an investigation guided by the objective: to identify and analyze the knowledge mobilized by students when discussing aspects related to pandemics during Physics classes. In particular, efforts were made to identify and analyze the relationships established by students between Physics and other sciences for the discussion of aspects related to the Pandemics theme throughout the application of a didactic sequence organized around a socio-environmental theme. The study focused on the analysis of excerpts, questionnaires, and opinions provided by the students. The didactic sequence consisted of eight classes, applied to students attending an assistance pre-university course located in a municipality in the southern state of Minas Gerais. Among the final considerations, it is highlighted that the organization of pedagogical practices focused on arousing students' interest in Physics and its relations with other disciplinary fields, in an attempt to break with the linearity and fragmentation of teaching.

Keywords: Physics Education. Pandemics. Interdisciplinarity. Contextualization.

¹  0009-0008-7257-988X - Doutorando em Engenharia Elétrica pela UNIFEI. E-mail: william_henrique@live.com

²  0009-0006-1628-4564 - Mestrando Educação em Ciências pela UNIFEI. E-mail: d2018019006@unifei.edu.br

³  0000-0003-2041-3809 - Professor associado lotado no Instituto de Física e Química da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI. E-mail: lufesilva@unifei.edu.br

1. Introdução

Este trabalho visa a contribuir com a perspectiva de tentar identificar e compreender algumas das contribuições que a interdisciplinaridade oferece para o desenvolvimento de práticas pedagógicas voltadas para o ensino de Ciências da Natureza.

Nessa mesma perspectiva, ressalta-se a contribuição do trabalho de Mozena e Ostermann (2014), o qual traz uma detalhada revisão bibliográfica sobre como a interdisciplinaridade vem sendo investigada e efetivada na educação básica.

Têm-se ainda como pano de fundo, a perspectiva veiculada em vários documentos oficiais, como, por exemplo, as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (Brasil, 2013), as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 1998), os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 2000) e a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), em especial, quando enfatizam que os estudantes aprendem mais e melhor os conceitos das ciências da natureza quando as práticas pedagógicas dos professores são organizadas a partir dos preceitos da contextualização e da interdisciplinaridade.

Foram estas orientações que forneceram apoio para a construção e posterior aplicação de uma sequência didática organizada a partir do tema “Pandemia” e suas articulações com o campo da Física, em uma sala de aula composta por estudantes que haviam finalizado o Ensino Médio. A partir deste cenário, os pesquisadores, que também eram professores dos alunos mencionados, levantaram o seguinte questionamento: que conhecimentos disciplinares são mobilizados por alunos que discutem aspectos relacionados ao tema socioambiental das Pandemias?

Importante mencionar que o interesse investigativo deste trabalho se voltou para a perspectiva de compreender que conhecimentos disciplinares eram mobilizados pelos estudantes quando se depararam com a possibilidade de discutir um tema socioambiental em aulas de Física. Ou seja, também foi levado em consideração que a organização de práticas pedagógicas a partir de temas socioambientais possibilita aos alunos mobilizarem diferentes conhecimentos disciplinares, evidenciando-se diferentes elementos da interdisciplinaridade na formação dos estudantes.

Diante dessas ideias iniciais, entende-se relevante justificar a importância da escolha do tema que orientou a elaboração da referida sequência didática. Ou seja, compreende-se que a escolha do tema se apresenta de forma significativa para entender a construção da sequência didática que subsidiou a obtenção de dados para esta pesquisa.

2. Pandemias e Ensino de Física

Ao longo dos últimos duzentos anos, o mundo tem experimentado transformações rápidas e profundas na organização das diferentes sociedades e no avanço da degradação do meio ambiente natural. Essas transformações ambientais têm causado o que alguns autores classificam como um processo de crise ambiental (Leff, 2006). Essa crise está diretamente relacionada com a forma como nos relacionamos com a natureza.

Alguns estudos relacionam as transformações no meio ambiente com o surgimento de pandemias, que podem afetar bilhões de pessoas ao redor do mundo (Artaxo, 2020). A crise ambiental pode afetar de modo mais significativo países com alto índice de populações socialmente vulneráveis. Segundo Joly e Queiroz (2020, p1), “Países megadiversos como o Brasil, com altos graus de vulnerabilidade social e degradação ambiental, possuem grande probabilidade de que novos patógenos que vivem em espécies silvestres pulem para os hospedeiros humanos”.

Interessante perceber que os dados históricos sobre pandemias indicam que a humanidade enfrentou, de modo mais frequente, problemas dessa natureza ao longo dos últimos 200 anos do que em todo resto da sua história (Piret e Boivin, 2021). Recentemente, surgiram a Gripe Suína (2009), o MERS (2015) e a COVID-19 (2019), ou seja, em menos de 15 anos o mundo enfrentou três pandemias que vitimaram milhões de pessoas.

De modo geral, é assertivo que alguns fatores contribuem de forma mais direta para o aumento das pandemias, tais como: mudanças climáticas, desmatamento e a urbanização verificada em muitos países. A intensidade com que o ser humano tem modificado a natureza certamente contribui para o aumento dos fatores que favorecem o surgimento de novas pandemias. Alguns estudiosos indicam que outras pandemias são esperadas para as próximas décadas (Marani *et al.*, 2021). Neste contexto, o tema pandemias é relevante no âmbito social, ambiental e cultural e deveria estar presente no contexto da educação básica, inclusive, em disciplinas como, por exemplo, a Física.

Pensando na importância e na atualidade do tema Pandemias, decidiu-se construir uma sequência didática na forma de minicurso que pudesse abordar este tema do ponto de vista da Física ensinada no ensino médio. Para construir este minicurso foram considerados alguns aspectos, do ponto de vista da sua fundamentação teórica e pedagógica: 1-) a interdisciplinaridade e a contextualização são eixos fundamentais da organização do ensino médio; 2-) é necessário ter claro o papel de uma disciplina específica na composição com outros campos disciplinares.

Em relação ao papel da interdisciplinaridade, é importante reconhecer que a Física, ensinada na educação básica, deve ser integrada a outros campos disciplinares para discutir temas socialmente relevantes, como pandemias, por exemplo. Isso implica entender que o tema das pandemias deve ser abordado por diferentes disciplinas de forma interdisciplinar. Além disso, é fundamental destacar que a ciência produzida na perspectiva da interdisciplinaridade, ou seja, baseada em pesquisas que envolvem diferentes campos disciplinares, desempenha um papel central no enfrentamento do maior desafio da humanidade no século XXI: as mudanças climáticas globais e seus efeitos, como afirmado pelo IPCC em 2014.

Todavia, na abordagem interdisciplinar no campo específico da educação, é válido considerar as observações de Kawamura (1997), que ressaltam a importância de ter uma clara compreensão das contribuições disciplinares de cada campo específico do conhecimento para realizar práticas pedagógicas de caráter interdisciplinar. Em outras palavras, antes de desenvolver um projeto organizado a partir de um tema socioambiental, é imprescindível ter clareza sobre a contribuição disciplinar da Física para a compreensão do tema em questão.

Os estudos da interdisciplinaridade podem ainda ser destacados a partir de uma discussão de cunho mais epistemológico, como em Japiassu (1976). No campo da educação, os trabalhos de Fazenda (2005 e 2008) têm sido utilizados como referência no contexto brasileiro. Além disso, no campo da educação, as ideias de Thiesen (2010) também são relevantes para a compreensão do trabalho envolvendo a interdisciplinaridade.

A partir dos estudos de Fazenda (2005 e 2008), afirma-se que o conceito da interdisciplinaridade pode contribuir para que os professores pensem em práticas pedagógicas mais integradas disciplinarmente. Ou seja, o professor pode abordar um tema a partir de diferentes áreas disciplinares, fato que pode possibilitar ao estudante o estabelecimento de conexões entre diferentes áreas do conhecimento, com o propósito de aproximá-los do mundo real e demonstrar a interdependência entre as disciplinas. Trabalhar com interdisciplinaridade, nesse sentido, implica utilizar diversas disciplinas de forma integrada, com o objetivo de alcançar uma meta comum ou explorar uma temática específica.

Considera-se também muito atual uma outra assertiva de Kawamura (1997), em especial, quando ressalta a necessidade de repensar a educação em ciências, especialmente no que diz respeito à Física, que muitas vezes é tratada como a única disciplina científica abordada na educação básica. Nesse sentido, ainda é preciso enfatizar que o professor de Física deve procurar dialogar intensamente com outros campos disciplinares, principalmente no contexto da educação básica.

Diante dessas reflexões, cabe destacar o papel crucial da perspectiva educativa da interdisciplinaridade em práticas pedagógicas que se relacionam com temas complexos como o das pandemias. A prática pedagógica orientada pela perspectiva da interdisciplinaridade permite aos professores relacionarem vários campos disciplinares, como Física, Matemática, Biologia, História e Química. Por exemplo, a Matemática desempenha um papel fundamental ao considerar aspectos estatísticos relacionados à pandemia. A Biologia possibilita uma compreensão mais aprofundada sobre a constituição de vírus e bactérias, bem como o papel do DNA ou RNA na reprodução desses organismos. A História contribui para a assimilação dos registros históricos de pandemias ocorridas ao longo da história da humanidade. Por fim, a Química oferece percepções valiosas sobre as reações químicas envolvidas nos microrganismos.

Essas considerações destacam a importância da interdisciplinaridade como uma abordagem educacional que permite explorar os diferentes aspectos relacionados às pandemias, envolvendo múltiplas disciplinas em conjunto. Esta integração promove uma compreensão abrangente e contextualizada do fenômeno, possibilitando uma visão mais completa das questões envolvidas.

Segundo Ferreira e Souza (2019), um dos principais problemas enfrentados por alunos de Física na educação básica é a desvinculação dessa disciplina com suas vivências cotidianas. Ou seja, o ensino de Física ainda é criticado por enfatizar demais a perspectiva da utilização de expressões matemáticas em exercícios repetitivos e que não possuem uma relação mais evidente com aspectos do cotidiano. Cardoso *et al.*, (2008), por sua vez, consideram que os docentes devem estar atentos às inúmeras possibilidades de construir práticas pedagógicas contextualizadas e interdisciplinares.

Logo, uma série de questionamentos se apresentam aos docentes de Física que desejam construir sequências didáticas organizadas a partir de um tema socioambiental fundamentado em uma perspectiva interdisciplinar. Dentre estes destaca-se: a organização de sequências didáticas organizadas a partir de um tema socioambiental, possibilita aos estudantes compreenderem algumas das relações entre diferentes aspectos das pandemias e os conhecimentos elaborados pela Física e outras ciências?

Nesta conjuntura, foi elaborada uma sequência didática a partir do tema pandemia, fundamentada na perspectiva da interdisciplinaridade (Fazenda, 2005 e 2008) e da contextualização (Brasil, 2013 e 2018). Além disso, a elaboração da sequência didática foi também orientada pela perspectiva da abordagem temática de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Um dos objetivos era apresentar aos alunos a ideia de que a Física pode conectar-se a outros campos disciplinares e contribuir com a discussão de temas complexos. Ou seja, organizar sequências didáticas a partir de temas, em uma perspectiva interdisciplinar, pode ser visto como um caminho promissor para professores de Física que desejam se envolver com temas relacionados com o campo da epidemiologia, por exemplo.

Com base nos argumentos e questionamentos mencionados, o presente trabalho teve como objetivo de pesquisa: identificar e analisar conhecimentos disciplinares mobilizados por alunos ao discutirem aspectos relacionados ao tema "Pandemias" durante aulas de Física. Particularmente, procurou-se identificar e analisar relações que são estabelecidas por estudantes entre a Física e outros campos disciplinares para a discussão de aspectos relacionados ao tema pandemias ao longo da aplicação de uma sequência didática.

3. Procedimentos Metodológicos

Destaca-se que esta pesquisa tem caráter exploratório e qualitativo, buscando compreender as nuances das interpretações dos alunos entre a Física e outros campos disciplinares diante da temática das pandemias. De acordo com Minayo (2001, p. 14), a pesquisa de natureza qualitativa "[...] trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e nos fenômenos" (Minayo, 2001, p.14).

A sequência didática - contexto privilegiado para a obtenção de dados - foi realizada em uma turma de Física de um curso pré-vestibular de uma cidade localizada no Sul do estado de Minas Gerais no período de agosto a outubro de 2022. O minicurso foi composto por oito aulas com o tema Física das Pandemias. Dois autores deste artigo eram também os professores da referida disciplina de Física.

A turma era composta por 12 alunos que haviam terminado o ensino médio há pouco tempo (em torno de um ano). As aulas foram planejadas em pares (aulas duplas), mas devido à restrição de tempo, algumas foram aplicadas separadamente.

Os dados foram coletados com as devidas autorizações, da instituição e do professor responsável e são provenientes de dois questionários escritos e áudios das aulas, que foram gravadas para depois serem transcritas e analisadas.

Importante destacar que antes da primeira e após a última aula, aplicou-se um questionário com perguntas relacionadas ao tema das pandemias com conhecimentos específicos de Física. Dentre esses conhecimentos, havia perguntas referentes à Física envolvendo espirros, o funcionamento das máscaras de proteção, a diferença entre os tipos de máscaras, a aplicabilidade da eletrostática na proteção, a utilização de irradiação ultravioleta para desinfecção, dentre outros assuntos.

Para uma melhor visualização do contexto desta investigação, elaborou-se o Quadro 1 com a síntese do planejamento e execução das aulas relacionadas com a sequência didática pensada e organizada a partir do tema da “Física das Pandemias”. Essa sequência foi construída com base nas orientações pedagógicas de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

Quadro 1 - Organização das aulas da sequência didática organizada a partir do tema Física das Pandemias.

Aulas	Síntese do trabalho realizado
1 e 2	<p>Na primeira aula, efetuou-se a apresentação do projeto e como ele ocorreria durante as próximas aulas. Depois, foram introduzidas algumas ideias sobre o tema Pandemia. Foram apresentadas considerações que indicam que o grande aumento populacional, associado à desigualdade social e à degradação ambiental estão relacionadas ao aumento da frequência das pandemias, principalmente, após a Segunda Guerra Mundial com a geração <i>baby boomer</i>. Para isso, utilizou-se a estatística e os gráficos para relacionar os dados e, como fonte, utilizou-se a plataforma Google Earth e os dados disponibilizados pela ONU. Para uma visão mais local, no Brasil, utilizou-se dados do INPE. Na questão do desmatamento, trabalhou-se com questões envolvendo as grandezas: área, distância e tempo.</p> <p>Na segunda aula, começou com a indagação sobre como um vírus se dissemina e logo, identificou-se a palavra alvo de discussão que é "contato". Posteriormente, utilizou-se a simulação de partículas de um gás em um ambiente fechado para fazer uma analogia com pessoas sendo expostas a contato umas com as outras, sobre a forma como as partículas estão circulando entre elas.</p> <p>Depois de uma discussão sobre quantidade de partículas, do grau de agitação das mesmas (definição de temperatura) e tamanho do ambiente, mostrou-se um Quadro da revista <i>Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)</i> que qualifica o risco de contaminação de acordo com o ambiente, em termos de ventilação, quantidade de pessoas nele e o comportamento das pessoas lá dentro, o que mostrou uma correlação com a simulação.</p> <p>Por fim, foram elaborados conceitos físicos de colisão, que demonstram o que acontece entre as partículas de gás, e então, ficou claro como ocorre a contaminação e puderam ser identificados os conceitos físicos presentes nesta situação. Ao final da aula, foi apresentada uma simulação de colisão no Phet, que mostrava a quantidade de movimento sendo transmitida pelo contato.</p>
3 e 4	<p>Para estas aulas, trabalhou-se com o mecanismo de defesa do corpo, conhecido pelo termo “Espirro”. Na abordagem inicial, apresentou-se aos alunos uma imagem de pessoas espirrando com várias gotículas, e a partir disso, questionou-se "o que o espirro tem a ver com a Física?". Em seguida, apresentou-se um Quadro contendo o tamanho típico de vários microrganismos causadores de doenças, além do tamanho típico de gotículas presentes no espirro e na fala. Na tentativa de relacionar o</p>

	<p>mecanismo dos espirros com a Física, na sequência, foi apresentada uma simulação do PhET sobre o lançamento de um projétil.</p> <p>Na simulação, alterou-se o ângulo de lançamento, mantendo-se a velocidade inicial. Observou-se em qual ponto a bola tocou o chão. Efetuou-se o mesmo procedimento mantendo o ângulo de lançamento constante e variando somente a velocidade de lançamento. A partir dessa simulação, foi perguntado aos alunos se era possível prever onde a bola cairia e se, caso a velocidade de lançamento do projétil fosse a mesma para todos os ângulos, haveria algum ângulo que teria o alcance máximo.</p> <p>Com o propósito de se responder à pergunta anterior, utilizou-se da física para modelar o movimento da bola e assim prever onde a bola cairia com a relação à velocidade e ao ângulo de lançamento. Para enfatizar, foram utilizados exemplos reais, como o lançamento de projéteis bélicos.</p> <p>Finalizando, constatou-se que o mecanismo do espirro pode ser tratado com um lançamento oblíquo de gotículas e, além dele, também a tosse ou mesmo a fala. Na sequência, foi explicado o porquê da necessidade de as pessoas cobrirem a boca e um dos motivos para o distanciamento (devido ao lançamento de partículas contaminadas). Como contextualização histórica, conversou-se com os alunos sobre a utilização de espirros e outros meios como armas biológicas, principalmente pelos europeus, quando chegaram no continente americano.</p>
5 e 6	<p>Esse bloco de aulas começou com uma pergunta: "Quais os tipos de máscaras que vocês conhecem?". Nas respostas dos alunos foram mencionadas as máscaras cirúrgicas descartáveis, as de pano laváveis, as de TNT, PFF2, N95 e até mesmo as de crochê e tricô. Para aguçar mais a curiosidade dos alunos, mostrou-se uma pesquisa feita pela revista PNAS que avaliava as características das máscaras, tais como: respirabilidade, durabilidade, eficácia, etc.</p> <p>A partir disso, discutiu-se a utilização das máscaras, e o porquê de uma máscara ser mais eficiente do que a outra. Para isso, valeu-se de uma simulação para ilustrar a filtragem das partículas pelas máscaras conforme o espaçamento das suas fibras, conhecida como proteção mecânica, também foram utilizadas imagens de diferentes tecidos, observados pelos microscópios, e a importância de os fios serem colocados de forma aleatória. Finalizando a aula, introduziu-se outro tipo de proteção além da mecânica, a eletrostática e o impacto desta na eficácia das máscaras PFF2 e N95.</p> <p>A aula seis começou com um experimento que consistia em tentar apagar a vela com sopro, vestindo diferentes tipos de máscaras. Nessa aula foi pedido aos alunos que levassem suas máscaras e tentassem apagar a vela. Testaram-se as máscaras N95, cirúrgica descartável e uma com base em algodão, sugerindo aos alunos que observassem o que acontecia com a chama da vela. Os alunos observaram que com a máscara cirúrgica e com N95, mesmo assoprando com força, a chama da vela não se movia. Entretanto, com a máscara de algodão, os alunos perceberam o movimento da chama da vela. Com isso, relembramos alguns conceitos, principalmente da proteção mecânica das máscaras.</p> <p>Apoiando-se no experimento, os princípios físicos foram explicados mais profundamente, especialmente aqueles que envolvem a eficácia das máscaras relativas à proteção eletrostática: como ela funciona, quais os princípios, dentre outros. Para isso, utilizou-se a simulação do "Balões e Eletricidade Estática" do PhET para demonstrar o processo de eletrização por atrito e atração ou repulsão de materiais eletrizados. Essa simulação foi como uma analogia ao que acontece na máscara. Por fim, ressaltou-se a importância de não lavar as máscaras N95 e PFF2,</p>

	pois as mesmas perderiam a proteção eletrostática devido à neutralização do tecido que antes era carregado eletricamente.
7 e 8	<p>A aula sete discutiram-se métodos de profilaxia, com um foco na sanitização, o mais comumente utilizado pela população. Dentro das práticas envolvidas na sanitização destacaram-se os processos: como a utilização de produtos à base de cloro, álcool, vapor e água quente e irradiação germicida ultravioleta.</p> <p>O maior foco nessa aula foi na irradiação germicida, pois envolve conteúdos com ampla aplicação ao cotidiano dos alunos. A partir desse conteúdo, explicou-se o porquê o ultravioleta consegue neutralizar o DNA ou RNA. Além disso, perguntou-se aos alunos o porquê de eles poderem se queimar caso ficassem muito tempo ao Sol. Para responder essa pergunta, utilizou-se a simulação do PhET “Moléculas e Luz” para mostrar a absorção/emissão de fótons por elétrons e a quebra de moléculas, além da relação entre frequência e energia no espectro eletromagnético.</p> <p>A aula oito tratou do impacto dos métodos de limpeza durante o uso e após o descarte. Indagando sobre quais os produtos de sanitização que os alunos utilizavam para limpar o ambiente e as mãos durante a pandemia de Covid-19. Discutiu-se alguns dos mais comuns, como sabão e álcool e as propriedades físicas e químicas deles, como por exemplo, a polaridade das moléculas. Foram ressaltados também os perigos do descarte de grande quantidade de sabão nos mares e rios, do descarte das embalagens e máscaras, assim como o risco do álcool líquido em comparação ao álcool gel. Posteriormente, foram indicadas várias misturas perigosas que são comumente feitas em casa para limpeza do ambiente, assim como, por exemplo, água sanitária e desinfetante. Os alunos impressionaram-se com o risco que vários deles corriam corriqueiramente. Ao final da aula, aplicou-se um questionário referente às aulas dadas e a opinião dos alunos sobre o projeto.</p>

Fonte: Autores (2023).

4. Relações estabelecidas pelos estudantes entre a Física e outros conhecimentos disciplinares

Inicialmente, apresentam-se dados que evidenciam a importância da interdisciplinaridade na perspectiva de um ensino mais contextualizado, a qual possibilita aos estudantes a elaboração de relações entre diferentes conhecimentos disciplinares.

Durante a aula 1, discutiu-se sobre como o momento atual é propício para a ocorrência de pandemias e como elas podem se tornar mais frequentes. Ou seja, abordou-se com os estudantes alguns importantes aspectos da relação entre o ser humano e a natureza, a qual tem provocado desastres ambientais que podem explicar, por exemplo, o surgimento da pandemia de SARS-CoV-2 (Artaxo, 2020).

Neste cenário, ao longo da aula 1, foi levantada pelos alunos a questão: seria possível que a pandemia fosse programada por alguém que tivesse algum interesse econômico por trás disso? A esse respeito, o aluno A3 argumentou:

“Uma das economias que mais prosperaram durante a pandemia foi a deles (China)”.

Importante lembrar que ao longo da pandemia, além das questões científicas, foi amplamente veiculada pela mídia a ideia de que o vírus pudesse ter sido criado em laboratórios

localizados na China, alimentando teorias de conspiração e disseminação de *fake news*. Neste caso, os professores tomaram o cuidado de destacar a existência de uma disputa geopolítica de narrativas entre as nações mais poderosas, evidenciando como as informações podem ser distorcidas e manipuladas por interesses diversos. Ou seja, os professores tiveram a atenção de abordar alguns aspectos da geopolítica e da problemática das *fake news* para tratar desta questão com os alunos, incentivando o pensamento crítico e a análise criteriosa das fontes de informação.

Além disso, é relevante citar Morin (2007), em especial, quando diz que a priorização de um discurso com base em supostos princípios ocultos da Ciência, afasta ainda mais as pessoas da Ciência. Neste caso, é possível perceber na argumentação do aluno, um discurso pouco fundamentado em dados mais consistentes do campo científico, revelando ausência de um entendimento das narrativas presentes no tema em questão. Esta crítica não está amparada ao modelo simples a que a ciência é exposta à nossa sociedade, mas sim ao modo limitado em que ela é debatida, principalmente em relação a um assunto complexo como uma Pandemia.

Destaca-se ainda que os alunos se identificaram, ao longo das aulas, com um dos apontamentos dos professores, o qual havia destacado que a degradação ambiental e o crescimento populacional, associados com altos índices de desigualdade social, são fatores de risco para a ocorrência de pandemias ao redor do globo. Ou seja, de certo modo, os alunos se envolveram com considerações relacionadas com aspectos da geografia, política, sociologia, saúde e economia.

Outro aspecto relevante para a obtenção de dados para essa investigação aconteceu ao longo da aula 3. Nesta aula houve um momento em que os professores perguntaram aos alunos “por que é importante saber o tamanho de um vírus?” Essa pergunta foi apresentada logo após os professores apresentarem considerações sobre o tamanho típico de vários microrganismos causadores de doenças.

Neste momento, o aluno A4, por exemplo, disse: “*Para saber qual máscara você tem que usar*”.

Esse trecho exemplifica um diálogo que ocorreu ao longo da aula 3. Todavia, as considerações iniciais dos alunos sobre o assunto ainda eram pouco fundamentadas, do ponto de vista físico. Observa-se que os alunos apresentavam relações diretas entre o tamanho do vírus e a proteção. Entretanto, os alunos não consideraram (até aquele momento do minicurso), que em uma gotícula de saliva pode conter milhões de microrganismos, e que o objetivo da máscara é impedir que essa gotícula seja lançada ou atravesse as fibras.

Durante a aula 6, foi apresentado aos estudantes um gráfico que qualifica as máscaras em relação a dois fatores: respirabilidade e proteção. Então, indagou-se, sobre um terceiro fator, que não estava presente no gráfico discutido, que era o de acessibilidade. Ao serem perguntados se as máscaras eram acessíveis, destaca-se a fala do aluno A10:

“Ah, mas durante a pandemia as máscaras estavam mais caras”.

Diante desta situação, os professores lançaram mão de conhecimentos relacionados ao campo da economia para melhor contextualizar a discussão do tema da pandemia.

Esse trecho indica que os alunos, ao discutirem um assunto de caráter físico de funcionamento das máscaras, elaboraram argumentos que se relacionavam com outros campos disciplinares, em especial, os aspectos econômicos. As considerações econômicas, neste caso, se ligaram à discussão de que as máscaras que mais protegem, são também aquelas mais caras para serem adquiridas.

Assim como o aluno A10, outros apresentaram considerações sobre os aspectos econômicos relacionados com o advento da pandemia, e isso foi interessante para a discussão do tema em sala de aula, uma vez que eles argumentaram que, para haver uma sociedade protegida, não basta informação sobre os perigos, mas também é preciso acesso às estratégias econômicas para a defesa da população menos favorecida.

Notou-se que os alunos foram estimulados a construir relações entre diferentes conhecimentos disciplinares ao longo da discussão do tema. Ou seja, a organização da sequência didática a partir de um tema socioambiental, possibilitou que os estudantes expressassem diferentes aspectos da economia, saúde e ética.

Destaca-se o papel do professor, sendo fundamental para o ensino interdisciplinar, pois é ele quem realiza as relações necessárias de diferentes conhecimentos disciplinares (Arcà e Vicentini, 1981). Esse professor deve ter um conhecimento que vai muito além da experiência disciplinar, dialogando com outros campos disciplinares.

Ao final da sequência didática, aplicou-se mais um questionário. Para isso, foram feitas algumas perguntas, cujas respostas mais ilustrativas estão descritas no Quadro 2. Essas perguntas foram direcionadas à opinião deles sobre as aulas das quais participaram. A ideia é que pudessem, qualitativamente, demonstrar uma melhor compreensão dos assuntos físicos abordados mediante uma abordagem interdisciplinar.

Quadro 2 – Principais opiniões fornecidas pelos alunos sobre o minicurso.

Perguntas	Resposta dos alunos
O projeto te ajudou a ver a Física por outros olhos?	<p><i>“Sim, foram aulas diferentes e bem mais interessantes a respeito de assuntos que normalmente não se colocaria à física.” (A5)</i></p> <p><i>“Sim, sempre achei física uma matéria tediosa e pés no chão, o projeto me fez desprender dessa ideia.” (A8)</i></p>
Aprender Física utilizando conhecimentos de outras disciplinas, na sua percepção, facilitou o entendimento do conteúdo?	<p><i>“Com certeza, principalmente na área da química” (A1)</i></p> <p><i>“Sim, só física eu acho um pouco mais maçante do que abranger outros assuntos ou matérias” (A5)</i></p> <p><i>“Sim, interligar as áreas do conhecimento” (A9)</i></p>

Fonte: Autores (2022).

As respostas evidenciam que o ensino realizado a partir da perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização desperta um maior interesse dos alunos por disciplinas como a Física. Os excertos a seguir enfatizam esse posicionamento dos estudantes:

“[...] primeira vez que realmente me interessei por física” (A4)

“[...] só física eu acho um pouco mais maçante do que abranger outros assuntos ou matérias” (A5).

“Facilitou ver ela (física) no dia-a-dia” (A2).

Nos trechos relatados, destaca-se o quanto o diálogo com outros campos do conhecimento é imprescindível para a construção de aulas mais contextualizadas e próximas do mundo vivenciado dos estudantes. Destaca-se, aqui, um trecho de Paulo Freire (2005, p. 70):

“Quanto mais se problematizam os educandos como seres no mundo e com o mundo, tanto mais se sentirão desafiados. Tão mais desafiados, quanto mais obrigados a responder ao desafio. Desafiados, compreendem o desafio na própria ação de captá-lo. Mas, precisamente porque captam o desafio como um problema em suas conexões com outros, num plano de totalidade, e não como algo petrificado, a compreensão resultante tende a tornar-se crescentemente crítica, por isso, cada vez mais desalienada.”

Diante do exposto, pode-se perceber tanto o papel fundamental da contextualização no ensino quanto a importância da interdisciplinaridade dentro deste processo de contextualização. Além disso, a ideia de organizar uma sequência didática a partir de um tema socioambiental possibilitou aos estudantes associarem conceitos da Física com aspectos do cotidiano, tais como o custo envolvido na aquisição de máscaras de proteção. Ou seja, a interdisciplinaridade e a contextualização são dois eixos importantes para o planejamento e a execução de aulas de Física.

Portanto, além de perceber os conceitos e conhecimentos prévios a que os alunos lançaram mão ao discutir os fenômenos físicos que lhes foram apresentados, há também indicações que os alunos, em contato com essa abordagem interdisciplinar, conseguiram entender os conceitos disciplinares de Física, fazendo correlações e comparações.

Neste caso, também ficaram evidentes as considerações de Kawamura (1997), em especial, quando afirma ser necessário que o ensino de Física possa compor com outros campos disciplinares. Para a autora, é importante apresentar a forma de olhar e de problematizar da Física e indicar onde é preciso olhar de outra maneira e em que lugar ela pode se conectar com outros olhares.

Por fim, no questionário avaliativo apresentado na última aula, foi solicitado aos alunos responderem perguntas que abordavam os temas-chave da sequência didática. As perguntas buscavam possibilitar aos alunos apresentarem seus conhecimentos sobre o tema trabalhado no minicurso. É importante indicar que esse foi o mesmo questionário apresentado no início dos trabalhos no minicurso.

O Quadro 3 apresenta os dados sistematizados deste questionário em comparação com o questionário apresentado no início do minicurso.

Quadro 3 – Resposta com índice de acerto dos alunos referente aos temas trabalhados no projeto.

Tema	Primeira Questionário (Porcentagem de acerto)	Último Questionário (Porcentagem de acerto)
Potencial de disseminação de vírus e bactérias por espirros, tosses e fala	50%	100%
Diferença de eficiência entre máscaras	58%	72%
Conhecimento sobre a proteção mecânica e eletrostática das máscaras	41%	72%
Processos de degradação ou perda de eficiência das máscaras	41%	100%
Métodos de sanitização com foco na irradiação ultravioleta	58%	81%

Fonte: Autores (2022).

Em relação aos dados do Quadro 3, observou-se que o conhecimento dos alunos sobre o processo de proteção eletrostática das máscaras, assim como a perda de efetividade deste de acordo com a forma com que a máscara é tratada, mostrou-se bem deficiente antes da aplicação da sequência didática. Todavia, após as aulas, houve um nível de acerto maior em ambas as questões.

Porém, a questão referente ao funcionamento da máscara PFF2, ainda permaneceu aquém do restante dos objetos de estudo. Esta constatação pode demonstrar que, apesar de um trato interdisciplinar, a disciplinaridade tem que se fazer presente, para que a completude do entendimento dos alunos sobre os processos possa ser uma realidade.

Retomando a ideia de Kawamura (1997) que a física é uma parte do todo, pois, muitos dos problemas mais interessantes e desafiadores enfrentados pelos alunos requerem o uso de conhecimentos de várias áreas diferentes, faz-se necessário discutir o todo e não somente as partes. É preciso um diálogo que leve em consideração tanto os conceitos físicos como a percepção dos alunos acerca desses, para um processo realmente formativo do aluno.

Em síntese, observou-se que a interdisciplinaridade fomentou um processo de ensino e aprendizagem mais atrativos para os alunos, e assim eles encontraram menos dificuldade em compreender conteúdos específicos da Física. Há também evidências de que os estudantes associaram diferentes conhecimentos disciplinares com conceitos da Física na tentativa de abarcar alguns aspectos relacionados com a discussão do tema Pandemias.

5. Considerações Finais

As conceituações sobre interdisciplinaridade são importantes para compreender o modo como a disciplina de Física deve ser organizada na educação básica e mesmo em cursos preparatórios para vestibulares.

Segundo Morin (1996), a interdisciplinaridade é um modo de pensar e agir que supera as fronteiras entre as disciplinas, integrando diferentes áreas do conhecimento para compreender um determinado fenômeno. Além disso, a interdisciplinaridade propicia uma postura dialógica e participativa dos alunos (Feistel e Maestrelli, 2012), aspecto amplamente observado nesta investigação.

Considera-se neste trabalho que a interdisciplinaridade auxilia o professor de Física a superar uma perspectiva de ensino fragmentada, linear e descontextualizada. Os dados indicam o quanto os alunos, naturalmente, apresentam questões que exigem o diálogo entre áreas disciplinares, sobretudo se o trabalho está voltado para temas complexos como o da pandemia.

A aplicação do minicurso voltado para o tema das Pandemias evidenciou que o ensino pautado pelas ideias de interdisciplinaridade pode despertar um maior interesse dos estudantes para o campo disciplinar da Física. Os estudantes iniciaram um processo de apropriação de conceitos da Física a partir da discussão de aspectos de temas socioambientais relevantes, como o da pandemia.

Em vista disso, este trabalho demonstrou ser possível aprender conceitos da Física de uma forma mais eficiente. a partir de um diálogo aberto com outras áreas do conhecimento e da contextualização. Ou seja, a interdisciplinaridade é, certamente, um potencializador da aprendizagem de conceitos da Física.

6. Agradecimentos

O terceiro autor do artigo agradece o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

7. Referências

- ARCÀ, M., & VICENTINI-MISSONI, M. A Reflection on Some Meanings of 'Interdisciplinarity' and 'Integration Among the Sciences'. **European Journal of Science Education**, 3(2), 117-126, 1981.
- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, 34, 53-66, 2020.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998. **Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Ministério da Educação e do Desporto: Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- CARDOSO, F. S. et al. "Interdisciplinaridade: fatos a considerar." **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e tecnologia** 1, no. 1, 2008.
- FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 13. ed. São Paulo: Papyrus, 2008. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).
- FAZENDA, I. C. A. **Práticas interdisciplinares na escola**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2005.
- FEISTEL, R.A.B; MAESTRELLI, S.R.P. Interdisciplinaridade na educação em Ciências: um olhar de professores formados. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.5, n.1, p.155-176, 2012.

FERREIRA, A.C.; SOUZA, E. M. F. Cotidiano e Memória Didática como Estratégia no Ensino De Física. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 15, n. 35, p. 42-60, 2019. DOI: 10.22481/praxisedu.v15i35.5658. Disponível em:

<https://periodicos2.uesb.br/index.php/praxis/article/view/5658>. Acesso em: 20 abr. 2023.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1974. FREIRE, Paulo.

JOLY, C. A., & QUEIROZ, H. L. D. **Pandemia, biodiversidade, mudanças globais e bem-estar humano**. Estudos Avançados, 34, 67-82, 2020.

KAWAMURA, M. R. D. Disciplina, sim! **Ciência e Ensino**, Campinas, n. 2, p. 1-5, 1997. Disponível em: <<http://200.133.218.118:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/10/16>>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

LEFF, E., & CABRAL, L. C. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**. In Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza, pp. 555-555, 2006.

MARANI, M., KATUL, G. G., PAN, W. K., & PAROLARI, A. J. Intensity and frequency of extreme novel epidemics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 118(35), e2105482118, 2021.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MORIN, E.; KERN, A. B. **Terra-Pátria**. Traduzido do francês por Paulo Azevedo Neves da Silva - Porto Alegre: Sulina, 1996.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 3ª ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

MOZENA, E.R.; OSTERMANN, F. Uma revisão Bibliográfica Sobre a Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências da Natureza. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), 16(2), 185-206, 2014.

PIRET, J., & BOIVIN, G. Pandemics throughout history. **Frontiers in microbiology**, 11, 631736, 2021.

REALE, G., & ANTISERI, D. **História da filosofia: filosofia pagã antiga**. São Paulo: Paulus, 1, 2003.

THIESEN, J. S. "A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista brasileira de educação** 13, no. 39, p. 545-554, 2008.