

AS CONCEPÇÕES DE ALUNOS E PROFESSORES SOBRE A RELAÇÃO ENTRE O ENSINO DE FÍSICA E A MATEMÁTICA**THE CONCEPTIONS OF STUDENTS AND TEACHERS ABOUT THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICS TEACHING AND MATHEMATICS****LAS CONCEPCIONES DE ESTUDIANTES Y PROFESORES SOBRE LA RELACIÓN ENTRE ENSEÑANZA DE FÍSICA Y LAS MATEMÁTICAS**

Kremmellin Barbosa dos Santos¹; Marcus Vinicius da Silva Pereira²; Maria Cristina do Amaral Moreira³

¹Instituto Federal do Rio de Janeiro - kremmellins@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9586-8141>

²Instituto Federal do Rio de Janeiro - marcus.perira@ifrj.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-8203-7805>

³Instituto Federal do Rio de Janeiro - maria.amaral@ifrj.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-8760-6341>

Resumo: O presente artigo busca problematizar questões curriculares do Ensino de Física no que diz respeito a relevância da matemática para este ensino. Com base em dados extraídos em abril de 2019, em um Instituto Federal, buscamos, por meio de uma pesquisa qualitativa, identificar e compreender as concepções dos estudantes e dos professores sobre a disciplina física na relação com a matemática, com enfoque nos conteúdos da cinemática. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários abertos, utilizando como metodologia a pesquisa qualitativa por questionário e, para a análise das respostas foi aplicada a técnica de análise de conteúdo. Os resultados apontam que as questões trazidas pelos alunos e professores são convergentes, o que nos permite constatar que ambos identificam a matemática como sendo um obstáculo para o ensino e aprendizagem de cinemática. Concluímos que é fundamental que os conteúdos sejam reorganizados nas ementas curriculares, a fim de fazer com que os alunos aprendam a utilizar a linguagem matemática antes de aplicá-la à física, ou melhor, que compreendam ambos os assuntos de forma interdisciplinar.

Palavras-chave: Ensino de Física. Matemática. Interdisciplinaridade. Educação Básica.

Abstract: This article aims to problematize curriculum issues in Physics Teaching, regarding the relevance of mathematics for this teaching. Based on data extracted in April 2019 at the Federal Institute, we sought through qualitative research, to identify and understand the conceptions of students and teachers about the relation between Physics and Math, focusing on the contents of kinematics. The data obtained was done through open questionnaires, using qualitative questionnaire research as a methodology and, to analyze the responses, the Content Analysis technique was applied. The results show that the questions raised by students and teachers are very similar and it was possible to verify that both identify mathematics as an obstacle to the teaching and learning of kinematics in the discipline Physics. We conclude that it is essential that the contents are reorganized in the curriculum, in order to make students learn to use the mathematical language before applying it to physics, or better, that they understand both subjects in an interdisciplinary way.

Key words: Physics Teaching. Mathematics. Interdisciplinarity. Basic Education.

Resumen: Este artículo busca problematizar cuestiones curriculares en la Enseñanza de la Física, con respecto de la relevancia de las matemáticas para esta enseñanza. A partir de datos extraídos en abril de 2019, en un Instituto Federal, buscamos, a través de una investigación cualitativa, identificar y comprender las concepciones de estudiantes y profesores sobre la disciplina física en relación a las matemáticas, centrándonos en los contenidos de cinemática. La obtención de datos se realizó a través de cuestionarios abiertos, utilizando como metodología la investigación cualitativa mediante cuestionarios y, para analizar las respuestas, se aplicó

la técnica de análisis de contenido. Los resultados indican que las preocupaciones planteadas por estudiantes y profesores son convergentes, lo que permite comprobar que ambos identifican las matemáticas como un obstáculo para la enseñanza y el aprendizaje de la cinemática. Concluimos que es fundamental que se reorganicen los contenidos en el currículo, para lograr que los estudiantes aprendan a utilizar el lenguaje matemático antes de aplicarlo a la física, o mejor aún, que comprendan ambas materias de forma interdisciplinaria.

Palabras llave: Enseñanza de Física. Matemáticas. Interdisciplinariedad. Educación básica.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de física possui uma ligação essencial com a matemática e a não compreensão dessa relação pode levar os alunos ao uso inadequado dessa linguagem. Sabe-se que a matemática é uma disciplina indispensável na construção de conhecimentos para a área da física (PIETROCOLA, 2002). Ao longo do processo de ensino de física são necessários conhecimentos matemáticos prévios para que o aluno seja capaz de compreender certos fenômenos, o que nem sempre ocorre, levando muitos alunos ao fracasso no desenvolvimento do aprendizado da física. Em geral, a matemática é encarada como uma vilã, principalmente quando se aposta em um ensino de física com uma abordagem a partir da linguagem matemática, apoiando-se em fórmulas prontas, com pouca discussão sobre sua utilização (MENDES; BATISTA, 2016).

Inclusive, muitas vezes, os alunos entendem que as duas disciplinas têm o mesmo campo de atuação e uma das razões pode ser o fato de que são ensinadas com o mesmo método, sobretudo, a partir de exercícios de repetição, para consolidar os conhecimentos e habilidades necessários a responder um problema, mas considerados enfadonhos, cansativos e sem propósito por grande parte dos discentes (PEDUZZI, 1997). Essa abordagem tem sido amplamente utilizada nos últimos anos, especialmente para suprir as demandas dos exames de ingresso aos vestibulares. A respeito disso, Silva e Santos (2020) afirmam que:

As avaliações externas utilizadas a partir dos anos 90, no Brasil, apontam problemas na qualidade da educação, principalmente no que diz respeito ao ensino aprendizagem de Matemática, o que é motivo de muita preocupação entre os educadores (...) e a tendência é permanecerem, pois, é através desses indicadores que o processo ensino aprendizagem está sendo mensurado, com intuito de ajustar e acompanhar essa evolução, para que políticas públicas sejam implementadas a contento (SILVA; SANTOS, 2020, p. 477 e 493).

Pietrocola (2002, p. 89) considera que, para além das fórmulas e cálculos, “os conteúdos da ciência, quando comparados àqueles presentes na vida cotidiana, apresentam uma série de barreiras para seu ensino: os conceitos nela presentes são por demais abstratos, mantendo uma relação indireta com situações presentes no cotidiano [...]” e, portanto, são conhecimentos que necessitam de equipamentos de laboratório, diferentes

dos que os alunos estão acostumados a usar, além de uma boa dose de raciocínio. Adotaremos a definição de Luccas e Batista (2011, p. 456) para o uso da matematização no ensino da física, tal como uma “atividade matemática que possibilita a organização e a estruturação dos fenômenos naturais pertencentes à realidade complexa, por meio de uma identificação de regularidades, padrões, relações e, posteriormente, estruturas matemáticas”.

No que diz respeito à organização curricular dos conteúdos de física para o Ensino Médio, deve-se ter em mente que o programa a ser cumprido

é muito extenso e que o professor tem uma carga horária pequena para conseguir discutir de maneira minimamente suficiente todo o objetivo previsto. Atrelado a isso, existe uma preocupação com foco na futura aprovação dos estudantes em exames e poucas são as iniciativas que realmente trabalham buscando a formação de cidadãos com um olhar crítico e reflexivo a respeito do mundo, dos acontecimentos e das tecnologias atuais (ERTHAL, 2018, p. 127).

No 1º ano do Ensino Médio, foco do estudo realizado, o qual os alunos geralmente têm a disciplina física separada da disciplina de ciências pela primeira vez, o primeiro conteúdo da a ser trabalhado costuma ser a cinemática, que é a área da física que estuda o movimento dos corpos sem levar em consideração suas causas. Para ensinar os movimentos são necessários certos pré-requisitos, tais como o de que os alunos saibam resolver equações de 1º e 2º grau. Essas equações fazem parte dos conteúdos curriculares da matemática no 9º ano do Ensino Fundamental, podendo muitas vezes gerar a necessidade de uma revisão por parte do professor de física no 1º ano do Ensino Médio, como na interpretação gráfica dos problemas, habilidade que permite ao aluno contextualizar e modelar os fenômenos matematicamente a partir de funções.

Em relação aos gráficos, Araujo, Veit e Moreira (2004) já apontavam problemas dos alunos com essa interpretação, especificamente na cinemática, tais como: não entenderem os gráficos como representação do movimento; o uso de variáveis; o não entendimento das áreas acima e abaixo das curvas desenhadas e outras questões conceituais próprias dos gráficos. Portanto, é evidente a frequência do uso da matemática no ensino de física e, assim, acreditamos na importância em se pensar essas duas disciplinas como complementares.

Dessa forma, o uso da matemática na física se dá frequentemente e acredita-se que, por esse motivo, mais importância tem em se pensar nas lacunas da ligação entre essas duas disciplinas, desde o Ensino Fundamental, onde parece ser raro o trabalho das ciências a partir de um olhar matemático. Além disso, poderia ser realizado um trabalho interdisciplinar entre os professores de matemática e física, para que a própria matemática pudesse relacionar suas aplicações em diversas áreas da física e de outras ciências.

A prática da interdisciplinaridade se faz cada vez mais necessária dentro do contexto escolar e, com isso, é importante que o professor esteja disposto a revisar seus paradigmas pedagógicos e evitar o conforto disciplinar, ou seja, o conforto de se limitar a abordar

apenas os conteúdos a partir de sua disciplina (PHILIPPI et al, 2013). A interdisciplinaridade é uma forma de ensinar e aprender e compreende o intercâmbio mútuo entre disciplinas, tendo como resultado um enriquecimento recíproco (PIAGET, 1972). Nesse sentido, é importante lembrar do que disse Gusdorf (1976, p. 26): “a exigência interdisciplinar impõe a cada especialista que transcenda sua própria especialidade, tomando consciência de seus próprios limites para colher as contribuições das outras disciplinas”.

A conexão feita de forma interdisciplinar permite que conhecimentos de matemática básica como frações, notação científica, regra de sinais e regra de três se tornem mais acessíveis ao aluno (SILVA et al, 2017). Os autores (SILVA et al, 2017) exploram as dificuldades apresentadas por alunos em unir a física com a matemática, pois ambas possuem seus campos de atuação e nem sempre são relacionados de forma explícita. “É preciso deixar claro que os modelos matemáticos desenvolvidos no ensino da física possuem um sentido agregado ao fenômeno em estudo e que suas variáveis possuem significado, não constituindo um conjunto de símbolos vazios” (SILVA et al, 2017, p. 2). Nesse sentido, essas disciplinas têm uma relação direta explícita, como aponta Bassanezi (2002):

Nas pesquisas científicas, a Matemática passou a funcionar como agente unificador de um mundo racionalizado, sendo um instrumento indispensável para a formulação de teorias fenomenológicas fundamentais, devido, principalmente, ao seu poder de síntese e de generalização (BASSANEZI, 2002, p. 19).

É fundamental que os alunos tenham a habilidade de utilizar as operações matemáticas para compreender e analisar fenômenos físicos com essa natureza fenomenológica (saber empírico) e para que ocorra a aprendizagem. Para tal, é preciso que haja interação entre o novo conhecimento e o já existente e, dessa forma, as noções básicas da matemática precisam estar disponíveis cognitivamente (MOREIRA, 1998).

O estudo realizado buscou entender as concepções da relação das disciplinas a partir de duas perspectivas diferentes: dos alunos e dos professores. Analisamos a discussão sobre as principais dificuldades trazidas por eles, tanto para aprender, quanto para ensinar os conteúdos de cinemática e, a partir delas, problematizar caminhos que possam conciliar uma aprendizagem em física, no desenvolvimento de atividades interdisciplinares e metodologias que aproximem a cultura científica e que possam subsidiar o entendimento dos fenômenos físicos. O estudo contou com a participação de 48 alunos e de 7 professores de física do 1º ano do Ensino Médio.

2. AS RELAÇÕES ENTRE O ENSINO DE FÍSICA E A MATEMÁTICA

Para Mendes e Batista (2016), o uso inadequado da linguagem da matemática pode ser um dos fatores responsáveis por tornar o ensino de física muito matematizado, sem atração para os alunos. Além disso, o ensino da física não deveria ser reduzido,

Em certos casos, à técnica experimental e, em outros, à técnica matemática para a dedução lógica de consequências dos axiomas da teoria, evita questionamentos conceituais no seu ensino e gera uma formação limitada, estreita e acrítica. Assim, a investigação e o ensino da Física não devem ignorar simetricamente os avanços e os contrastes históricos que deram origem às ideias científicas atuais (BATISTA, 2004, p. 463, apud MENDES; BATISTA, 2016, p. 758).

Camargo e Nardi (2016), em pesquisa realizada com licenciandos, trazem um antigo descontentamento do ensino de física: a de que esse é realizado com atividades que privilegiam um formalismo metodológico, tanto por dar preferências aos aspectos instrumentais como aos procedimentais do conjunto de possibilidades para esse ensino. Essa questão relaciona-se ao aspecto que apontamos neste estudo, da não adequação da linguagem matemática ao ensino da física.

Na formação dos futuros professores de física, falta entender que quando se ensina um conteúdo específico de determinado assunto, ele precisa ser contextualizado, no sentido de uma adequação da linguagem à faixa etária a ser ensinada. Dessa forma, os licenciandos, em suas aulas, poderão realizar melhor a transposição didática, tendo uma pluralidade de habilidades e de possibilidades para a explicação dos conceitos científicos e dos procedimentos, por meio de metodologias e, não apenas, tendo como foco as atividades instrumentais e procedimentais.

Os autores também perguntaram aos professores de física do Ensino Médio, em exercício, sobre suas demandas em relação ao ensino. Uma das questões que ainda aparece de forma contundente é a dualidade entre licenciatura/bacharelado, que persiste causando uma divergência em formadores de professores (docentes formadores) no foco a ser dado no curso. Ademais, há uma demanda desses professores para lecionar ciências no Ensino Fundamental, sobretudo no 9º ano (CAMARGO; NARDI, 2016).

Castiblanco e Nardi (2018, p.34) consideram que há uma diferença entre o docente universitário e professor da escola básica fundamental, a ser entendida na formação docente, “os dois trabalham com objetivos educacionais, realidades e sujeitos diferenciados”. Percebe-se que esses aspectos têm interligação entre si, tanto na possibilidade de ampliar a transposição didática do ensino de física para anos do Ensino Fundamental, assim como na possibilidade de estar na equipe com professores de matemática, onde a interdisciplinaridade poderá ser melhor estruturada, assim como com outras disciplinas afins.

No que diz respeito à interdisciplinaridade, na visão dos professores que ensinam os conceitos da física no curso de licenciatura, essa é muitas vezes confundida “com não disciplinaridade e tiram a identidade da Física” (MOREIRA, 2018, p.73). Amorim e Feistel (2017), considerando que os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM tinham como propostas para as disciplinas atividades ou projetos de estudo com ênfase na interdisciplinaridade, fizeram um estudo sobre como tem sido desenvolvido o ensino de física de forma interdisciplinar. Em todo o caso, no presente estudo,

compactuamos com essas autoras no entendimento de que a interdisciplinaridade deve ser entendida como uma ação que busca romper com a separação entre as disciplinas e, para tal, necessita das parcerias entre os docentes das disciplinas. O conhecimento a ser gerado é diferente daquele disciplinar, logo, capaz de romper a barreira disciplinar. Sintetizando, as autoras entendem que

A interdisciplinaridade seja o encontro do conhecimento, onde este se manifesta e chega a todos que participam dessa prática, é o momento em que as áreas do conhecimento se unem com o objetivo de proporcionar um aprendizado que permita ao aluno compreender o que está sendo posto, sem que haja memorização de conteúdos. A interdisciplinaridade vem como uma forma de complementar/auxiliar o ensino desenvolvido nas escolas que, na maioria das vezes, não encontram meios ou, estes não são eficazes, para que os alunos compreendam a sua importância para a vida (AMORIM; FEISTEL, 2017, p. 519).

Castiblanco e Nardi (2018) consideram que podemos ter trabalhos interdisciplinares que variam muito, desde aqueles que são praticados individualmente por um professor para trabalhar determinado conteúdo, iniciando com um problema e inter-relacionando vários conhecimentos, porém pode haver também projetos que são compartilhados por vários professores. Complementando essa questão conceitual, os pesquisadores procuraram em periódicos da área de ensino, sobretudo em seis deles, artigos que discutem o ensino de física e a interdisciplinaridade e tiveram um número muito inexpressivo como resultado (AMORIM; FEISTEL, 2017).

Portanto, buscamos nesse estudo, por meio de uma realidade de ensino institucional, trazer discussões sobre como pensam docentes e discentes a respeito do ensino de cinemática para além do uso instrumental e procedimental, em outros cenários de construção de conhecimento.

3. METODOLOGIA

O estudo é uma pesquisa do tipo descritivo e exploratório de abordagem qualitativa. Conforme descreveu Polit e Hungler (2011), a pesquisa exploratória é mais do que simplesmente observar e descrever o fenômeno, ela investiga a sua natureza complexa e outros fatores com os quais o fenômeno está relacionado. Segundo Dyniewicz (2007), a abordagem descritiva é aquela que tem o objetivo de buscar relação e coerência entre as variáveis e, assim, interpretar, classificar e discuti-las. O mesmo autor ressalta que a abordagem qualitativa é feita a partir das experiências vividas pelos indivíduos que são definidas e descritas por eles, permitindo assim, campo livre ao rico potencial das percepções dos seres humanos.

Utilizamos a análise do conteúdo de Bardin (1977) para o tratamento dos dados empíricos. Toda a análise do conteúdo tem como objetivo abarcar as iniciativas de explicitação, sistematização e expressão do conteúdo de mensagens, com o intuito de

realizar deduções lógicas e justificadas a respeito da origem das mensagens. A partir de um formulário com perguntas abertas, obtivemos respostas de 55 participantes da pesquisa, ou sujeitos da pesquisa (alunos e professores), que foram analisadas a partir de duas temáticas: as aulas de física e sua relação com a matemática. A confidencialidade dos participantes foi estritamente mantida. Ao coletar dados, atribuímos a cada participante um número de identificação exclusivo, garantindo que suas informações pessoais não fossem divulgadas em nenhuma etapa do processo de análise.

A pesquisa empírica foi realizada com alunos e professores de um Instituto Federal do estado do Rio de Janeiro nos cursos presenciais de Ensino Médio, no primeiro semestre de 2019. Nossa amostra populacional para a realização do estudo foi composta pelos discentes das turmas de 2º período (correspondente ao segundo semestre de formação), num total de 48 participantes e os professores de física que atuam no Ensino Médio da instituição, totalizando 7 participantes. A escolha do 2º período se deu pela razão do conteúdo da cinemática, em interseção com a matemática, fazer parte do currículo do 1º período, e o fato dos alunos participantes já terem passado por essa etapa de aprendizagem. Os professores participantes atuam no Ensino Médio da instituição e foram selecionados para que pudéssemos trazer suas percepções acerca das dificuldades para o ensino de física atrelado à matemática, em contraponto com as respostas dadas pelos estudantes, a fim de que fosse possível identificar correlações e diferenças com as respostas dos alunos e, posteriormente, buscar soluções coerentes para a situação pedagógica.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários abertos, utilizando como metodologia a pesquisa qualitativa por questionário. O questionário é uma técnica de autorrelato, estruturada para obter as informações requeridas previamente pelo pesquisador e respondida livremente pelos sujeitos da pesquisa (POLIT; HUNGLER, 2011). No questionário entregue aos alunos, fizemos os seguintes questionamentos:

1. Para você, quais as maiores dificuldades encontradas na disciplina Física?
2. Você acredita que seja possível aprender Física sem a matemática?
3. Quando você estudou os gráficos do movimento no primeiro período, você já sabia interpretar e analisar gráficos?

O questionário, entregue aos professores, foi pensado de forma a trazer suas opiniões acerca das dificuldades, por eles apontadas, quanto à dependência do uso da matemática para ensinar a física. Nesse questionário foram feitos os seguintes questionamentos:

1. Para você, quais as maiores dificuldades para ensinar cinemática?
2. Você acredita que seja possível ensinar cinemática sem a matemática? Se sim, como?
3. Quais as principais dificuldades que seus alunos apresentam para entender os problemas físicos?
4. Quais as maiores dificuldades vindas da matemática para você ensinar física?
5. Quando você ensina os gráficos de movimento no primeiro período, os alunos já sabem interpretar e analisar gráficos? Por quê?

6. Em alguma de suas aulas, você procura fazer a interdisciplinaridade com professores de outras disciplinas? Se sim, como?

Para a análise das respostas será aplicada a técnica de análise de conteúdo, que visa obter indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições dessas respostas (BARDIN, 1977), e a descrição das respostas foi feita por validação por pares, entre os pesquisadores desse estudo e grupo de pesquisa que pertencem. Os participantes foram classificados a partir de letras e números, os alunos (A1, A2, A3 até A48), e os professores (P1, P2, P3, até P7). Do mesmo modo, foi solicitado que, tanto os alunos quanto os professores, não se identificassem nos questionários, a fim de preservar suas identidades. As discussões sobre as problemáticas envolvidas nos questionários foram obtidas através de respostas escritas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizamos a análise de conteúdo pelo método das categorias, entendendo-a como “espécies de gavetas ou rubricas significativas que permitem a classificação dos elementos de significação constitutivas da mensagem” (BARDIN, 1977, p.37). Com base na leitura dos questionários, estabelecemos categorias para as perguntas feitas aos alunos e professores, com o objetivo de organizar as respostas obtidas. A seguir serão feitas algumas considerações sobre os resultados de cada uma delas.

4.1 A relação entre a Matemática e a Física pelos alunos

Na primeira categoria, “Entraves para aprender física”, cujo objetivo foi identificar quais as principais dificuldades enfrentadas para os alunos entenderem a física, identificamos algumas respostas, que serão separadas em subcategorias:

- Matemática: as respostas dessa categoria revelam alunos que apresentam uma grande dificuldade em realizar operações de matemática básica, interpretação gráfica e aplicar os cálculos matemáticos a teoria física;
- Interpretação: alunos que responderam ter dificuldades em interpretar situações-problema, especialmente aquelas relacionadas à aplicação de fórmulas de maneira adequada;
- Memorização: alunos que afirmam possuir dificuldades para memorizar fórmulas, em especial suas transformações (mudança de variáveis);
- Matérias específicas: alunos que responderam alguns assuntos específicos da física, como calorimetria, cinemática etc;
- Interesse: alunos que não conseguem se interessar pela disciplina, muitas vezes devido à dificuldade em entendê-la;
- Outros: alunos que responderam de forma aleatória.

Quadro 1. Dificuldades encontradas na disciplina Física

Questão 1	Quantidade de alunos	Exemplificações
Matemática	12	“Cálculos e fórmulas, no geral.” (A25)
Interpretação	17	“Compreender as maneiras e métodos de aplicar equações e fórmulas, assimilar determinadas informações.” (A43)
Memorização	4	“Memorizar as fórmulas.” (A16)
Matérias específicas	5	“Tenho dificuldades em matérias específicas, como força de atrito e plano inclinado.” (A39)
Interesse	3	“Me interessar, sinceramente, não gosto de nenhum tipo de matéria de exatas.” (A10)
Outros	7	“Tudo. Eu estudo, acho que entendi, chega na hora da prova e não consigo fazer nada.” (A26)

Fonte: Autores (2023).

Na primeira questão, já podemos identificar que a matemática é apontada pelos estudantes como um dos entraves para o aprendizado da física. Ao analisar as respostas dos discentes, observamos que muitos têm dificuldades, principalmente, em operações matemáticas básicas, como no cálculo vetorial e conversão de unidades do Sistema Internacional (SI). A análise gráfica também foi um problema assinalado nessa questão, como na resposta: “Na minha opinião, a compreensão de determinados gráficos e a solução em específicas partes da matéria de física” (A20).

Tal resultado parece indicar que a matemática continua sendo uma barreira cognitiva para entender a física. Esse aspecto tem sido apontado pelos pesquisadores, pelo fato de que “os alunos têm sido expostos ao aparato matemático formal, antes de terem compreendido os conceitos a que tal aparato deveria corresponder” (GREF, 2002, p.15). Isso se deve ao fato de que muitos professores iniciam os conteúdos da física com uma modelagem matemática subentendida, sem relacionar seus elementos com a contextualização física.

Outro grupo de alunos respondeu que tem dificuldades para interpretar as questões de física. A dificuldade apontada está diretamente ligada ao fato de que muitos exercícios de física envolvem resoluções matemáticas, nas quais o aluno precisa resolver equações e não estudar e compreender o problema físico em questão. Ao analisarmos as respostas, pudemos constatar que, geralmente, tal problema está atrelado a uma dificuldade na aplicação de fórmulas, como nas respostas a seguir: “Lembrar das fórmulas e como usá-las” (A46); “Compreender as maneiras e os métodos de aplicar equações e fórmulas (...)” (A43); “Entender o conceito para conseguir aplicar às fórmulas e montar os sistemas” (A42). Outro grupo de alunos respondeu que tem dificuldades para interpretar as questões de física. A dificuldade apontada está diretamente ligada ao fato de que muitos exercícios de física envolvem resoluções matemáticas, nas quais o aluno precisa resolver equações e não estudar e compreender o problema físico em questão. Ao analisarmos as respostas, pudemos constatar que, geralmente, tal problema está atrelado a uma dificuldade na

aplicação de fórmulas, como nas respostas a seguir: “Lembrar das fórmulas e como usá-las” (A46); “Compreender as maneiras e os métodos de aplicar equações e fórmulas (...)” (A43); “Entender o conceito para conseguir aplicar às fórmulas e montar os sistemas” (A42).

Alguns alunos, que apontaram ter dificuldades em memorizar as fórmulas, acabam por não ter um bom desempenho na disciplina, outros relataram que não gostam da disciplina, por ser da área das Ciências Exatas, quando na verdade, embora a física possa ser considerada exata, ela é entendida como uma Ciência da Natureza.

Podemos perceber que, embora as tenhamos separado, as três primeiras subcategorias estão intimamente relacionadas entre si. Quer dizer, alguns alunos não expressam ser a matemática a principal causa das dificuldades, mas enfocam a interpretação e a não memorização das fórmulas, que compreendem um conjunto de símbolos para um conjunto de dados que, por si só, não têm sentido. Ou seja, parte das dificuldades dos alunos em física pode estar relacionada a uma abordagem pautada em um formalismo metodológico, conforme discutido por Camargo e Nardi (2016), que destaca a aplicação de fórmulas matemáticas em detrimento da compreensão dos conceitos físicos. Isso ressalta a importância de uma abordagem pedagógica que integre de forma mais eficaz a linguagem matemática com os conceitos físicos, buscando superar as barreiras percebidas pelos estudantes.

Alguns participantes responderam por intermédio de assuntos específicos da física e suas respostas foram alocadas na subcategoria “matérias específicas”. Entretanto, algo que chamou a atenção foi que os principais assuntos apontados pelos estudantes nessa categoria são relacionados à mecânica e que são, geralmente, os primeiros a serem ensinados quando os alunos ingressam no Ensino Médio, como apontado pela aluna: “Encontrei muita dificuldade quando fui introduzida à física, em matérias como MRU e dinâmica, o que está me atrasando.” (A44).

Quadro 2. A Física existe sem a matemática?

Questão 2	Quantidade de alunos
Sim	0
Não	48

Fonte: Autores (2023).

Com a segunda categoria, “Estruturas da disciplina Física”, é possível constatar que os alunos não conseguem diferenciar as finalidades de ambas as disciplinas, enxergando a física como uma “matemática mais difícil”, assim como apontou um dos alunos na pesquisa: “Não, física é matemática pura” (A47).

Embora a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) busque evidenciar quais as finalidades de ambas as disciplinas, o ensino parece não dar conta do que é solicitado. Nas competências atribuídas à matemática pela BNCC estão:

A Matemática não se restringe apenas à quantificação de fenômenos determinísticos – contagem, medição de objetos, grandezas – e das técnicas de cálculo com os números e com as grandezas, pois também estuda a incerteza proveniente de fenômenos de caráter aleatório. A Matemática cria sistemas abstratos, que organizam e inter-relacionam fenômenos do espaço, do movimento, das formas e dos números, associados ou não a fenômenos do mundo físico. Esses sistemas contêm ideias e objetos que são fundamentais para a compreensão de fenômenos, a construção de representações significativas e argumentações consistentes nos mais variados contextos (BRASIL, 2018, p. 266).

Na física - que fica alocada dentro da área das ciências da natureza -, as competências e habilidades exigidas pela BNCC não são as mesmas daquelas relacionadas à matemática, e são direcionadas às aplicações reais dessa ciência na natureza e tecnologias presentes no cotidiano dos estudantes, o que confere um trabalho integrado com outras áreas do conhecimento. Dessa forma, “a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo, mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (BRASIL, 2018, p. 321). Com isso, essas competências e habilidades são relacionadas diretamente com a investigação e a compreensão de fenômenos, o entendimento da linguagem científica, abordagem e contextualização histórico-filosófica.

Dessa forma, a matemática deveria ser utilizada nas aulas de física como uma interlocutora, conforme sugerido por Silva et al (2017), com a finalidade de dar sentido às teorias e leis, a fim de simplificar as situações abordadas por meio de fórmulas que descrevem padrões da natureza. É necessário, portanto, que haja um diálogo entre ambas as disciplinas para evidenciar suas peculiaridades e objetos de estudo para que esse equívoco seja superado.

Quadro 3. A interpretação e análise de gráficos do movimento

Questão 3	Quantidade de alunos
Sim	15
Não	18
Sim, com dificuldade	15

Fonte: Autores (2023).

Para entendermos a análise da categoria “Grade curricular”, é preciso pensar na estruturação da ementa do Ensino Médio, que segue, muitas vezes, a sequência lógica formulada pelos livros didáticos e, com isso, o primeiro conteúdo a ser abordado nas aulas de física é o estudo dos movimentos da mecânica clássica. Quando a cinemática é introduzida aos estudantes no 1º ano do Ensino Médio, os alunos enfrentam sérios problemas com a linguagem matemática, pois como apontamos anteriormente, saber interpretar gráficos engloba inúmeros conceitos que, por vezes, somente os professores dominam (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA, 2004). Muitas vezes podem nem ter sido ensinados pelas disciplinas matemática/ciências em anos anteriores (funções, gráficos, vetores e

notações científicas), já que são previstos para serem ensinados apenas no Ensino Médio pela Matemática.

Entendemos que a organização curricular deveria ser estruturada baseada em pré-requisitos, para que os conteúdos de diferentes disciplinas se comuniquem entre si. Entretanto, algumas vezes essa organização curricular pode prejudicar a aprendizagem dos estudantes, quando eles ainda não possuem os pré-requisitos necessários para um novo estudo.

Quando um professor de física introduz conceitos fundamentais da cinemática, como posição, velocidade e aceleração, são necessários conceitos matemáticos para que ele possa mostrar aos alunos a dedução de determinadas fórmulas e equações. Por exemplo, mostrar aos alunos como as equações horárias são obtidas é extremamente importante, pois sem essa demonstração os alunos têm a impressão de algo inacabado. Daí a importância de se pensar na estrutura de situações-problema, que permitam o uso crítico por parte dos alunos da matematização, resolução e interpretação de resultados (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013).

4.2 A relação entre a Matemática e a Física pelos professores

Na primeira pergunta, questionamos os professores sobre suas dificuldades em ensinar a cinemática no Ensino Médio e categorizamos a discussão como “Entraves para ensinar física”. As respostas foram ao encontro dos problemas enfrentados pelos alunos, todos os professores apontaram a matemática como sendo uma das principais dificuldades para o ensino de física. Uma das respostas desenvolveu bem a questão: “o excesso de formalismo matemático, nesse sentido existem muitos pré-requisitos de matemática” (P05). Supomos que os alunos chegam ao Ensino Médio sem a base matemática necessária para aprender a mecânica clássica newtoniana e os professores de física se veem obrigados a revisar os conteúdos matemáticos, o que, muitas vezes, pode exigir mais do professor de física.

Ensinar cinemática sem falar dos gráficos e equações pode ser uma tarefa difícil, afinal, são os artifícios responsáveis por descrever os movimentos. Além disso, é necessário que os alunos possuam alguns conhecimentos prévios, como vetores, ferramenta matemática extremamente importante para a física, pois permite uma análise detalhada de alguns fenômenos, já que fornecem módulo, direção e sentido do movimento.

A segunda questão também foi alocada à categoria “Estruturas da disciplina Física”, mas neste momento faremos a análise da visão docente. Grande parte dos professores respondeu que não é possível ensinar cinemática sem a matemática, o que mostra a dependência entre as duas disciplinas, como no trecho: “(...) a matemática é a ferramenta principal da física” (P01). Entretanto, alguns professores disseram ser possível o ensino da física apenas pautado em análises e discussões conceituais. Uma forma de trabalhar a física

de forma conceitual e mais qualitativa é utilizando mapas conceituais, os quais por meio dos diagramas indicam relações entre conceitos, ou entre palavras para representar conceitos (MOREIRA, 1998). No entanto, se os professores se detiverem nos conceitos sem o uso da matemática, essa etapa pode ficar por conta dos alunos. Com isso, a solução do algoritmo matemático passa a depender de habilidades obtidas em outra disciplina. (PIETROCOLA, 2002).

Para a categoria “Barreiras de aprendizagem”, algumas respostas reforçam novamente a problemática do entrave matemático no processo de ensino e aprendizagem da física. Nessa questão, que trata de expor as principais dificuldades apontadas pelos alunos dos professores participantes da pesquisa para aprender cinemática, dividimos as respostas em 3 subcategorias, podendo o mesmo professor se enquadrar em mais de uma: interpretação, matemática e a compreensão conceitual. A figura 1 fornece dados percentuais das respostas:

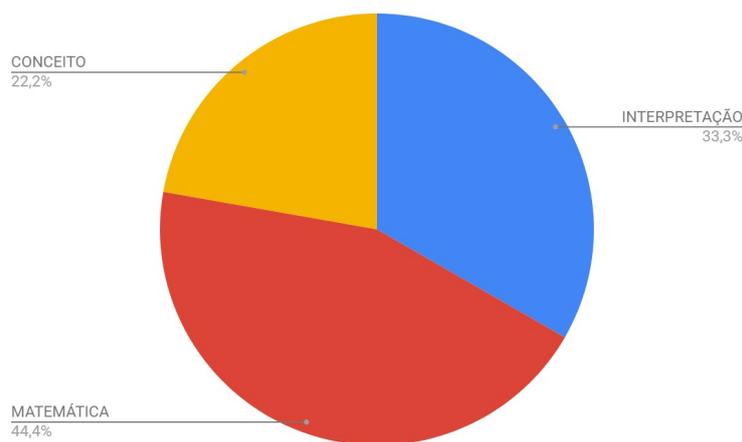


Figura 1 - Dificuldades no entendimento da Física
Fonte: Autores (2023).

Com base na análise gráfica, pode-se constatar que a matemática novamente foi mencionada como uma das maiores dificuldades dos alunos para a aprendizagem da cinemática, na visão do professor. A interpretação dos problemas físicos também foi muito apontada, tanto pelos professores como pelos alunos.

Os problemas relacionados à questão conceitual (e à própria interpretação) podem estar atrelados à defasagem nos conhecimentos matemáticos, o que torna difícil para os alunos observar um fenômeno e conseguir descrevê-lo matematicamente. Para evidenciar isso, vamos destacar um trecho de uma das respostas: “ir do concreto para o abstrato é um movimento complicado, pois pressupõe também uma relação distinta, mais atenta, com o concreto, que geralmente a gente tem no dia a dia” (P02). Trabalhar com conceitos deveria

ser o principal objeto de estudo no Ensino de Física, num contexto em que a matemática apenas com o papel de auxiliar o entendimento dos mesmos.

A quarta questão, alocada à categoria “Dificuldades para o ensino de cinemática” buscou identificar, mais especificamente, quais as dificuldades vindas da matemática para que eles conseguissem ensinar os conteúdos da física. Os temas citados foram: equações de 1º e 2º graus, compreensão do conceito de função, análise e leitura de gráficos e tabelas e domínio de matemática básica (como frações e potenciação). Uma das respostas chamou atenção para o problema na questão curricular dessas duas disciplinas:

P03: Na realidade, não percebo que as dificuldades sejam provenientes da matemática, mas sim do descompasso (no currículo) entre o que está sendo estudado na física e na matemática. Geralmente, os temas necessários, como função afim, são trabalhados após o período no qual a Cinemática foi estudada.

Outra resposta que a complementa, considera que:

P02: É comum a gente afirmar que os alunos não sabem matemática, no sentido de que não dominam - no contexto de cinemática - as funções, construção e interpretação de gráficos. Acho que a discussão de cinemática se prestaria também em ensinar esse tipo de conhecimento e habilidade matemática, num contexto que pode fazer sentido (que não seja tão abstrato). Acho que a maior dificuldade mesmo é traçar esse paralelo entre o fenômeno e sua descrição matemática. De certa forma “alfabetizar” os alunos em conseguir ler e interpretar corretamente o que uma função, um gráfico, uma tabela, um diagrama, etc está querendo ilustrar em termos de fenômeno.

Tais respostas sugerem que, talvez seja necessária uma reestruturação curricular em ambas as disciplinas (matemática e física), para que haja uma coerência e os conteúdos sigam uma sequência para a construção do conhecimento. É complexo para os alunos aprenderem um conceito matemático aplicado a um problema físico, pois não entendem a utilização desses conceitos na essência da própria matemática.

Faz-se necessário que os conteúdos sejam reorganizados nas ementas, para que os alunos aprendam a utilizar a linguagem matemática antes de aplicá-la à física, ou melhor, que compreendam ambos os assuntos de forma interdisciplinar. Isso não exclui o fato de que nas aulas de física seja importante que o professor aborde questões que envolvam análise de tabelas e gráficos, fazendo com que os alunos possam tratar dados e observar fenômenos.

Outra possibilidade, apontada por um dos professores participantes foi a seguinte: “uma possibilidade de redução desta questão é o ensino de mecânica apenas no 2º ano e o ensino de óptica/ondas/calor no 1º ano, com isso, os alunos já estariam mais preparados matematicamente para o estudo de mecânica” (P04). Apesar dessa solução resolver o problema das aulas de mecânica, pode gerar um problema nos assuntos posteriores, já que

as leis da mecânica são extremamente importantes para o entendimento dos demais assuntos da física.

A quinta questão, categorizada como “Pré-requisitos para o ensino de cinemática”, perguntava aos professores se seus alunos já sabiam interpretar e analisar gráficos quando eram apresentados ao estudo dos movimentos. O resultado foi o que já esperávamos, todos os professores responderam que não. Como os alunos não conseguem fazer a leitura e interpretação dos gráficos, o processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo fica comprometido, cabendo ao professor de física decidir se deve ensinar o assunto com mais detalhe, a fim de fazer com que sua turma entenda os conceitos, ou se deve prosseguir com a matéria, já que existe uma ementa a ser cumprida.

Uma possível solução para o problema é trabalhar a física e a matemática de forma integrada em algumas aulas no 1º ano do ensino médio. A BNCC também discorre sobre a abordagem interdisciplinar e contextualizada dos conteúdos a partir de algumas sugestões curriculares:

contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas; decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (BRASIL, 2018, p. 16).

A interdisciplinaridade é sugerida como fundamental para o ensino básico, uma vez que “caracteriza-se pela intensidade das trocas entre especialistas e pelo grau de integração das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa” (JAPIASSU, 1976, p.74). A implementação de práticas interdisciplinares é defendida por Favarão e Araújo (2008):

A proposta interdisciplinar é indispensável para se aplicar no processo de educação na sociedade atual, pois dela pode-se desvelar ao homem a visão da totalidade, desenvolver o espírito crítico e criativo através das atividades cotidianas desenvolvidas numa escola, para nelas perceber a multiplicidade de relações entre as disciplinas, pensamento, sentimento, valores e aprimorá-los, a fim de superar e ultrapassar contradições e diferenças (FAVARÃO; ARAÚJO, 2008, p. 108).

Essa questão foi o que motivou a última pergunta feita aos professores, com o objetivo de investigar se esses aplicam o ensino interdisciplinar em suas aulas, seja com outros professores ou simplesmente mesclando assuntos de disciplinas diferentes, sob a categorização “Interdisciplinaridade na Física”. Os dados são surpreendentes, pois apenas um dos professores entrevistados relatou buscar a interdisciplinaridade com outras disciplinas, junto com outros educadores. Apenas dois disseram abordar a questão em suas aulas, mas por conta própria, como nas seguintes respostas: “Já sim, através de projetos em seminários. (...)” (P01); “Eventualmente faço com conteúdos de outras disciplinas, sem

necessariamente ser com outro professor” (P05). Os demais professores disseram que não realizam a interdisciplinaridade entre a física e outras áreas do conhecimento.

No entanto, sabemos que é de extrema importância que os professores incorporem em suas aulas temas transversais, que permitam uma integração com outras áreas do conhecimento. Ao chegar ao Ensino Médio, os jovens são bombardeados de informações em disciplinas que parecem não ter nenhuma relação entre si e isso faz com que os alunos não consigam estabelecer as relações necessárias entre os assuntos estudados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme discutido e problematizado, o presente estudo teve como objetivo refletir sobre o papel da matemática como um conhecimento fundamental para o ensino e aprendizagem de física. Não apenas por corresponder na solução algébrica de problemas físicos, mas também com a concepção e interpretação gráfica, habilidades de relação de grandezas e modelagem de problemas que necessitam ser contextualizados, o que leva o aluno a ter uma interação sistemática com o fenômeno estudado.

A dificuldade dos alunos com a matemática básica é um problema antigo e bem conhecido por pesquisadores do Ensino de Física. Muitos estudantes que ingressam nos cursos de Física apresentam uma “falta de base em matemática para acompanhar o curso” (FUSINATO, 1993, p.78). Já nas Atas do I SNEF (1970), podemos ler que muitos alunos chegam à uma graduação da área de exatas sem sequer ter ouvido falar sobre assuntos importantes de Matemática básica, como a trigonometria, e ainda sem dominar operações básicas, especialmente com frações (GONZÁLEZ, 1970).

Portanto, é relevante discutir possíveis caminhos que possam conciliar uma aprendizagem das disciplinas (Física e Matemática) e, para isso, uma alternativa é seguir as diretrizes curriculares e aplicar atividades interdisciplinares e metodologias que aproximem com êxito os objetivos propostos para o ensino de ambas. Essa reflexão partiu do processo da construção do saber de forma trilateral: professor, aluno e conteúdo, buscando compreender as principais dificuldades enfrentadas por ambas as partes nesse processo.

Entendemos que apesar da investigação exploratória ter sido realizada no lócus da cinemática, é possível trazer as reflexões aqui debatidas de forma ampla para o Ensino de Física. Ainda há muito o que ser feito para alinhar as matrizes curriculares das disciplinas que compõem a Educação Básica, a fim de torná-las mais integradas e condizentes umas com as outras. Com isso, esperamos ter mostrado um dos entraves que, ainda na atualidade, interferem no sucesso do ensino da física em várias escolas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. 1. ed. 1a reimpressão. São Paulo: Editora Contexto, 2013.

AMORIM, R.; FEISTEL, R. A. B. Interdisciplinaridade no ensino de Física: algumas discussões. **Revista Eventos Pedagógicos**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rep/article/view/9921>. Acesso em: 7 ago. 2020.

ARAUJO I. S., VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YNVq5wp56jykJy4SSwVv75d/?lang=pt>. Acesso em: 19 mai. 2021.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de eletromagnetismo para alunos com deficiência visual. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/477>. Acesso em: 18 jun. 2020.

CASTIBLANCO A, Olga L.; NARDI, Roberto. What and how to teach didactics of physics? An approach from disciplinary, sociocultural, and interactional dimensions. **Journal of Science Education**, Beijing, v. 19, n. 1, p. 100-117, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/189921>. Acesso em: 27 abr. 2021.

DYNIWICZ, A. M. **Metodologia da Pesquisa em Saúde para Iniciantes**. 3. ed. São Caetano do Sul: DIFUSÃO, 2007.

ERTHAL, J. P. C. O jornal “A Física ontem e hoje” como instrumento de divulgação e discussão científica dentro e fora do ambiente escolar. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 126-136, 7 abr. 2017. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1142>. Acesso em: 5 out. 2020.

FAVARÃO, N. R. L.; ARAÚJO, C. S. A. Importância da interdisciplinaridade no ensino superior. **Educere-Revista da Educação da UNIPAR**, Umuarama, v. 4, n. 2, 2008. Disponível em: <https://ojs.revistasunipar.com.br/index.php/educere/article/view/173>. Acesso em: 12 set. 2021.

FUSINATO, P. A. RELAÇÕES INGRESSO/PERMANÊNCIA/EVASÃO NO ENSINO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA. ESTUDO DO DESEMPENHO E EVASÃO DOS ALUNOS DO CURSO DE FÍSICA DA USP. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 10, Londrina. **Tempo de avaliação...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1993, p. 75-79. Disponível em:

https://sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/SNEF/X/X-SNEF-Atas.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

GONZÁLEZ, C. CONFERÊNCIA: ALGUNOS PROBLEMAS DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA BÁSICA EN LAS UNIVERSIDADES CHILENAS. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1, Salvador. **Simpósio Nacional sobre o Ensino da Física...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1970, p. 57-65. Disponível em: https://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/SNEF/I/I-SNEF-Boletim.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

GRAF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 1: Mecânica**. 7. ed. São Paulo: Edusp, 2002.

GUSDORF, G. Prefácio. In: JAPIASSÚ, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LUCAS, S.; BATISTA, I. L. O papel da matematização em um contexto interdisciplinar no ensino superior. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 2, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WSW3xNDRj3nKTCBVBdSbkN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 5 jan. 2021.

MENDES, G. H. G. I.; BATISTA, I. L. Matematização e ensino de Física: uma discussão de noções docentes. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 3, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/BNXzxm3dq6ZdX3sdzmmHRD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 2 jun. 2021.

MOREIRA, M. A. . Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos de Aplicação**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 143-156, 1998.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQnsfWPqr6hjzyLQzs/?lang=pt>. Acesso em: 13 out. 2021.

PEDUZZI, L. O. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 14, n. 3, 1997. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6982>. Acesso em: 18 jul. 2021.

PHILIPPI, A.; SOBRA, M. D. C.; FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S. l.], v. 10, n. 21, 2013. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/423>. Acesso em: 12 set. 2020.

PIAGET, J. **Psychology and Epistemology: towards the theory of knowledge**. Harmondsworth: Penguin, 1972.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 19, n. 1, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9297>. Acesso em: 29 mai. 2021.

POLIT DF, Beck CT, Hungler, BP. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem**: métodos, avaliação e utilização. 7. ed. Porto Alegre (RS): ARTMED, 2011.

SILVA, M. M. B.; GUARDA, P. M.; MOREIRA JUNIOR, J. C. B.; SANT'ANA N. J. Importância da matemática no ensino da física. In: Congresso Nacional de Educação, 4, 2017, Campina Grande. **Anais do IV CONEDU...**, Campina Grande: Realize Editora, 2017, p. 1-10. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/37160>. Acesso em 16 jun. 2021.

SILVA, R.; SANTOS, S. Matemática: um desafio para a Educação Básica conforme demonstrado nos resultados das avaliações externas no Brasil e no estado de Goiás. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 481-496, 2020. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2609>. Acesso em: 10 mai. 2021.