



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

ERIVAN JOSÉ ALVES DE LIMA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS**

FORTALEZA
2023

ERIVAN JOSÉ ALVES DE LIMA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L697s Lima, Erivan José Alves de.
Sequência didática em ensino de física através da resolução de problemas com foco nas unidades de medidas / Erivan José Alves de Lima. – 2023.
69 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira.

1. Unidades de medidas. 2. Resolução de problemas. 3. Ensino de Física. 4. Sequência didática. 5. Exame Nacional do Ensino Médio. I. Título.

CDD 530.07

ERIVAN JOSÉ ALVES DE LIMA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Aprovada em: 14/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Agmael Mendonça Silva
Universidade Estadual do Piauí (UESPI)

A Deus.

Aos meus pais, Francisca Assis de Lima e
Edvan Lima Alves.

AGRADECIMENTOS

À Instituição CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. José Ramos Gonçalves e Prof. Dr. Aghael Mendonça Silva pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos alunos que passaram pela aplicação da sequência didática, sendo sinceros em relação às notas dadas a cada passo e que resultaram nos dados informados neste trabalho.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Uma visão mais profunda e mais compreensiva da resolução de problemas nos currículos escolares de Matemática só foi possível a partir de Polya.” (KILPATRICK, 1990, p. 15).

RESUMO

É frequente e percebível a inabilidade em operar unidades de medidas na resolução de questões da disciplina de Física por parte de alunos do Ensino Médio. No presente trabalho propomos uma sequência didática em Ensino de Física nessa modalidade de ensino, utilizando uma metodologia de ensino-aprendizagem de Matemática através da Teoria da Resolução de Problemas. Utilizando as fases descritas no livro *A Arte de Resolver Problemas* de George Polya, com uma leve variação para aplicação na Física, a sequência didática tem como foco primordial o manuseio das unidades das grandezas físicas. A motivação da sequência didática é deduzir algumas fórmulas presentes nos variados assuntos da Física visando promover aos alunos um maior conhecimento das unidades presentes nas medidas das grandezas físicas. O trabalho fornece um Guia Didático com todas as fases assinaladas na obra de Polya e a sugestão de algumas questões de Física presentes em provas anteriores da área de Ciências da Natureza utilizadas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). No Guia Didático há sugestões de questões também do ENEM para o professor poder utilizá-las como avaliação dos alunos durante a aplicação da sequência didática em sala de aula. A aplicação da sequência didática confirmou a existência da dificuldade com as unidades de medidas pelos alunos do Ensino Médio, bem como em alguns processos matemáticos. Mas também nos mostrou que um trabalho com foco nas unidades de medidas pode diminuir essa dificuldade.

Palavras-chave: ensino de Física; sequência didática; resolução de problemas; unidades de medidas; ENEM.

ABSTRACT

It is frequent and noticeable the inability to operate units of measurement in the resolution of questions of the discipline of Physics on the part of high school students. In the present work we propose a didactic sequence in Teaching Physics in this teaching modality, using a teaching-learning methodology of Mathematics through the Theory of Problem Solving. Using the phases described in the book *The Art of Solving Problems* by George Polya, with a slight variation for application in Physics, the didactic sequence has as its primary focus the handling of the units of physical quantities. The motivation of the didactic sequence is to deduce some formulas present in the various subjects of Physics in order to promote to the students a greater knowledge of the units present in the measurements of physical quantities. The work provides a Didactic Guide with all the phases marked in Polya's work and the suggestion of some Physics questions present in previous tests in the area of Natural Sciences used in the National High School Examination (ENEM). In the Didactic Guide there are suggestions of ENEM questions for the teacher to be able to use them as an evaluation of the students during the application of the didactic sequence in the classroom. The application of the didactic sequence confirmed the existence of difficulty with measurement units by high school students, as well as in some mathematical processes. But it also showed us that work focusing on measurement units can reduce this difficulty.

Keywords: Physics teaching; didactic sequence; problem solving; units of measurement; ENEM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capa do guia de sequência didática	44
Figura 2 – Aplicação da sequência didática na turma B	49
Figura 3 – Aplicação da sequência didática na turma C	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Respostas as perguntas do questionário inicial	52
Gráfico 2 – Dificuldade dos alunos no passo 1	53
Gráfico 3 – Dificuldade dos alunos no passo 2	54
Gráfico 4 – Dificuldade dos alunos no passo 3	55
Gráfico 5 – Dificuldade dos alunos no passo 4	56
Gráfico 6 – Respostas as perguntas do questionário final	58
Gráfico 7 – Evolução da Turma A em relação às unidades de medidas	59
Gráfico 8 – Evolução da Turma B em relação às unidades de medidas	59
Gráfico 9 – Evolução da Turma C em relação às unidades de medidas	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sistema Internacional de Unidades	32
Tabela 2 – Prefixos das unidades do SI	36
Tabela 3 – Relação entre passos da sequência didática proposta, fases da Teoria Resolução de Problemas e etapas da metodologia do GTERP	39
Tabela 4 – Questionário inicial	52
Tabela 5 – Análise dos passos da sequência didática	54
Tabela 6 – Análise do modelo de aula	58
Tabela 7 – Questionário final	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FGB	Formação Geral Básica
GEEM	Grupo de Estudos do Ensino de Matemática
GTERP	Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas
h/a	Horas/aulas
IF	Itinerários formativos
IFES	Instituições Federais de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
lim	Limite
MMM	Movimento da Matemática Moderna
NCTM	Conselho Nacional de Professores de Matemática
NEM	Novo Ensino Médio
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PGEM	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
RP	Resolução de Problemas
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SEDUC	Secretaria da Educação do Estado do Ceará
SI	Sistema Internacional de unidades
UNESP	Universidade Estadual Paulista

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Aceleração instantânea (ou aceleração)
C	Coulomb
dq	Carga elétrica infinitesimal
dt	Tempo infinitesimal
E	Intensidade do campo elétrico
f	Frequência
F	Força
h	Hora
Hz	Hertz
J	Joule
k	Constante eletrostática do meio
km	Quilômetro
N	Newton
P	Potência
Q	Carga elétrica
v	Velocidade instantânea (ou velocidade)
Δs	Deslocamento escalar
Δt	Intervalo de tempo
Δv	Variação de velocidade
Δx	Deslocamento
W	Watt
τ	Trabalho
λ	Comprimento de onda
	Módulo de
[]	Unidade de
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)	19
2.2	Método tradicional de ensino	21
2.3	A Matemática na Física	23
2.4	Resolução de Problemas	24
3	REFERENCIAL TEÓRICO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	28
3.1	Proposição do problema	29
3.2	Leitura individual	29
3.3	Leitura em conjunto	29
3.4	Resolução do problema	30
3.5	Observar e incentivar	30
3.6	Registro das resoluções na lousa	30
3.7	Plenária	30
3.8	Busca do consenso	31
3.9	Formalização do conteúdo	31
3.10	Proposição e resolução de novos problemas	31
4	GRANDEZAS E UNIDADES EM FÍSICA	32
4.1	Unidades de medidas derivadas	32
4.2	Prefixos das unidades de medidas do SI	36
5	METODOLOGIA	38
5.1	Proposta metodológica	38
5.2	Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas	39
5.2.1	<i>Passo 1: Compreender o problema</i>	39
5.2.2	<i>Passo 2: Estabelecer um plano</i>	40
5.2.3	<i>Passo 3: Executar o plano</i>	41
5.2.4	<i>Passo 4: Examinar a solução</i>	42
5.2.5	<i>Passo 5: Avaliação contínua</i>	43
6	CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO	44

6.1	Guia de Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas	44
6.2	Aplicação da sequência didática	45
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
8	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	66
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	68

1 INTRODUÇÃO

A implementação seriada do Novo Ensino Médio (NEM), que começou em 2022 com o 1º ano, continuou esse ano ampliando até o 2º ano e finalizará em 2024 alcançando o 3º ano, traz consigo a divisão das horas/aulas do Mapa Curricular em duas partes: a Formação Geral Básica (FGB) com 18 horas/aulas (h/a) semanais e os Itinerários Formativos (IF) com 12 h/a semanais. A Formação Geral Básica, construída a partir das concepções da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) quanto às competências e habilidades essenciais que todo estudante brasileiro deve adquirir durante a educação básica, é constituída em quatro áreas do conhecimento. São elas Linguagem e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias (onde a Física está inserida), Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Os Itinerários Formativos, conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), são um

[...] conjunto de unidades curriculares ofertadas pelas instituições e redes de ensino que possibilitem ao estudante aprofundar seus conhecimentos e se preparar para o prosseguimento de estudos ou para o mundo do trabalho de forma a contribuir para a construção de soluções de problemas específicos da sociedade (BRASIL, 2018b).

Os Itinerários Formativos estão organizados em quatro eixos estruturantes: investigação científica, processos criativos, mediação e intervenção sociocultural e Empreendedorismo. Estudados em unidades curriculares denominadas Trilhas de Aprofundamento voltadas para o aperfeiçoamento nas Áreas do conhecimento ou Formação Técnica Profissional escolhida pelo estudante, permitirão ao aluno ampliar suas possibilidades no seguimento dos estudos no nível superior ou de iniciar uma carreira técnica. Segundo Miranda (2023, p. 63)

O Guia de Implementação do Novo Ensino Médio (BRASIL, 2018) propõe atender a integração curricular por meio de unidades curriculares – como disciplinas ou laboratórios, oficinas, clubes, observatórios, incubadoras, núcleos de estudos, núcleo de criação artística e múltiplas atividades, podendo ser desenvolvidas pelas escolas ou em parceria com outras instituições sociais. A proposta é propiciar diferentes formatos de atividades, que respeitem as individualidades e o contexto das culturas juvenis, na construção de projetos pedagógicos e processos culturais que tenham os/as jovens como sujeitos.

Devido à implementação dessas mudanças, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) deverá ter um novo modelo a partir de 2024, para acompanhar o formato proposto pelo Novo Ensino Médio, promovendo uma avaliação direcionada as áreas de maior interesse do estudante. Conforme os Parâmetros de atualização do Novo Ensino Médio, instituído pela

Portaria n. 411, de 17 de junho de 2021 (BRASIL, 2021a), alterada pela Portaria n. 557, de 22 de junho de 2021 (BRASIL, 2021b)

Para tanto, a partir de 2024, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) deverá ter um novo modelo, para acompanhar o formato proposto pelo Novo Ensino Médio, que entrará em vigor em 2022 e trará diversas mudanças, como a ampliação da carga horária e a organização curricular mais flexível, na qual os estudantes poderão aprofundar os estudos nas áreas de conhecimento com as quais mais se identificam.

Sendo a Investigação Científica um dos Eixos Estruturantes dos Itinerários formativos, temos assim a percepção de que o conhecimento das unidades de medidas das grandezas físicas para o caráter científico, tem um papel ainda mais importante para o ensino e aprendizagem no Ensino Médio. Mas é perceptível a dificuldade que a maioria dos alunos dessa modalidade de ensino tem em colocar as unidades das medidas ao encontrar os valores das grandezas após resolver uma questão de Física, isso quando não esquecem completamente em colocá-las. Consoante Brito (2020, p. 01)

[...] a discussão deste conteúdo em sala de aula, nos demonstra que, apesar de as unidades de medidas serem usadas diariamente com muita facilidade, o mesmo não se repete quando o assunto tratado é o Sistema Internacional de Unidades. Vários alunos o desconhecem e às vezes sequer conhecem a relação das unidades de medidas usadas em seu cotidiano com as do padrão internacional de unidades.

Propomos uma sequência didática com o intuito de auxiliar o aluno a suplantar a dúvida na escolha da unidade adequada, solucionada pela sugestão de passos que possibilitem a dedução de algumas fórmulas físicas. Dessa maneira, com o manuseio extensivo das unidades das grandezas físicas, o aluno ganharia propriedade em diferenciá-las das grandezas físicas e dos prefixos das medidas do SI. Esse aprendizado então permitiria que o aluno pudesse deduzir algumas das várias fórmulas da Física. Isso seria possível através do manuseio adequado das unidades de algumas das várias medidas dadas nas situações-problemas, principalmente quando estas apresentam valores de constantes físicas. Esse conhecimento é relevante também ao permitir que o aluno, ao enfrentar um processo de seleção ou de avaliação como o ENEM, possa desenvolver a fórmula esquecida e tão necessária para a resolução de algumas questões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

A dedicação das instituições e redes de ensino para com o ENEM surge do fato de o mesmo ser originalmente destinado à análise do trabalho realizado nas escolas, como uma das avaliações externas instituídas pelo governo federal, tendo como objetivo avaliar o desempenho escolar dos estudantes ao final da educação básica.

A partir de 2009, o ENEM passou a ser utilizado como meio de avaliação para ingresso dos alunos do Ensino Médio nas várias Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) do país. Em 2014 a Sociedade Brasileira de Física (SBF) emitiu uma Carta Aberta ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) quanto a essa adoção. Segundo Silva (2015, p. 63), “Aponta o documento a preocupação com o número de questões erradas conceitualmente ou sem resposta encontradas nas edições de 2012 e 2013, bem como a predisposição para alguns conteúdos em detrimentos de outros ou até a preocupação na padronização acadêmica do nível de exigência das questões refletir de forma significativa no desenvolvimento da disciplina, no caso, a Física do Ensino Médio.”

O ENEM, a cada ano, mostrava-se forçado a adequar cada vez mais as questões referentes à Física, na prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do exame, conforme as competências e habilidades que julgava abordar nos textos. Segundo Lang, Stilk e Barbosa (2014, p. 474)

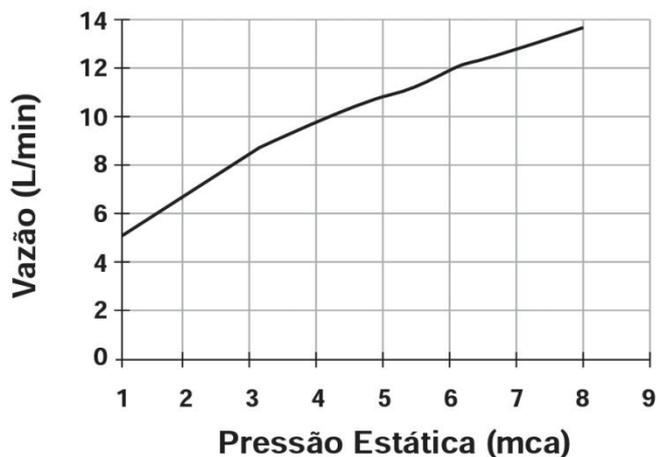
Soma-se aos equívocos da interdisciplinaridade e à prevalência de temas de Mecânica, a BAIXA QUALIDADE DAS QUESTÕES de Física no Enem, decorrente, em alguma medida, da exigência de que TODAS as questões devam ser contextualizadas.

Percebia-se a busca de uma avaliação mais qualitativa, focando numa contextualização exacerbada das teorias dos assuntos na prática cotidiana, em detrimento do quantitativo, deixando em segundo plano as questões com uso de equações mais elaboradas.

O ENEM de 2014 abordou apenas uma questão, das quinze relativas à disciplina de Física, com necessidade de cálculo para sua resolução. Bastava para o aluno uma noção básica de análise gráfica e usar a equação da vazão para chegar à resposta exata. Mesmo que o aluno esquecesse a fórmula da vazão, verifica-se com a leitura que ele poderia resolvê-la utilizando ainda uma noção básica de gráfico e uma regra de três simples. A questão poderia fazer parte inclusive da prova de Matemática e suas tecnologias com caráter interdisciplinar

com a Física. A questão citada é a de número 55 da prova azul da aplicação regular, cujo texto está descrito abaixo.

“Uma pessoa, lendo o manual de uma ducha que acabou de adquirir para a sua casa, observa o gráfico, que relaciona a vazão na ducha com a pressão, medida em metros de coluna de água (mca).



Fonte: Exame Nacional do Ensino Médio 2014, 1ª aplicação, prova azul de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (2014, p. 19).

Nessa casa residem quatro pessoas. Cada uma delas toma um banho por dia, com duração média de 8 minutos, permanecendo o registro aberto com vazão máxima durante esse tempo. A ducha é instalada em um ponto seis metros abaixo do nível da lâmina de água, que se mantém constante dentro do reservatório. Ao final de 30 dias, esses banhos consumirão um volume de água, em litros, igual a

- 69.120
- 17.280
- 11.520
- 8.640
- 2.880” (ENEM, 2014)

As outras questões da prova de 2014 tinham um caráter exageradamente contextualizado comum ao ENEM.

E mesmo com a possibilidade de resolução da questão por meios puramente matemáticos, se o aluno soubesse manusear um pouco as unidades das medidas citadas no enunciado, teria a facilidade de deduzir rapidamente a fórmula da vazão e assim resolver a questão.

Atualmente a maioria das questões de Física na prova de Ciências da Natureza do ENEM são qualitativas, ou seja, não precisam necessariamente da aplicação de uma fórmula para a sua resolução. Mesmo assim a prova ainda contém as questões quantitativas, que necessitam de uma fórmula para sua resolução, e as semiquantitativas, que dependem da fórmula para se realizar uma conclusão, mesmo sem a necessidade de cálculos. Então o

conhecimento e o bom manuseio das unidades das medidas físicas, em alguns casos, auxiliará o aluno a deduzir a fórmula necessária. Além de melhorar sua eficiência no processo de seleção da prova, poderá favorecer seu ingresso numa Instituição de Ensino Superior, e ainda facilitar seu progresso nas disciplinas que envolvem a Física no ensino universitário.

2.2 Método tradicional de ensino

Enfocando os vários aspectos de ensino e aprendizagem, destaca-se hoje o ensino tradicional como o mais utilizado pelos professores do Ensino Médio em sala de aula. Modelo este onde o aluno é apenas um simples receptor das informações, enquanto o professor é o responsável pela construção do conhecimento. Essa forma de abordagem nos leva à reflexão sobre o trabalho realizado diariamente em sala de aula. Muitos professores ainda utilizam, e na pior hipótese, consideram o método tradicional como modelo de aprendizagem efetiva. De acordo com Moreira (2018, p. 84)

Entretanto, tal modelo supõe transmitir informações da cabeça do professor ao caderno do aluno para que possa, assim, transferi-las das páginas do caderno para sua cabeça a fim de passar nos exames, o que constitui meta educacional inapropriada.

Como agente, o professor tenta expor claramente toda a abstração resultante dos poucos métodos que utiliza para atingir seu objetivo: fazer o aluno um aprendiz de tudo o que lecionou. “O ensino de Física tem-se realizado, frequentemente, mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos.” (SEDUC, 2008, p. 35).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 1999, p. 230)

É preciso discutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores em cada escola e realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre

possível, no entanto, sinalizar aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada.

Todo esse processo de esforço torna-se inútil e desprovido de efeito se a construção da realidade não partir do estudante. Espera que se aprenda algo quando o algo está muito distante. Separar o saber lógico do saber real faz o saber real tornar-se vazio de significado. A natureza fica incompreendida e o aluno começa a crer que o mundo onde ele vive é cercado de mistérios e de coisas difíceis de serem palpáveis. Segundo (PCNEM, 1999, p. 16)

Para atender o que preconiza os documentos legais, o educador deverá preparar o educando para compreender e atuar criticamente junto a questões de ordem ética, social e econômica. Para tanto, será necessário uma “formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento das capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização”.

O professor menos experiente acredita que está tendo sucesso naquilo que ensina. Essa crença pode surgir devido a fatores como a falta de aperfeiçoamento ou mesmo por uma formação inadequada. Apesar dos diversos grupos de pesquisadores e do número crescente de investigações e de cursos de Pós-graduação na área de ensino de Ciências e de Física no Brasil, permanece uma lacuna em termos de sua efetivação em sala de aula. A ação pedagógica do professor parece avançar pouco e ele não se desvincula de um ensino apoiado em listas gigantescas de conteúdos (ROSA, 2012).

Segundo Marandino (2003, p. 177)

Apesar dessa crescente produção da pesquisa em Ensino de Ciências, a prática concreta dos professores na área ainda é marcada por perspectivas tradicionais de ensino-aprendizagem, seja por motivos políticos e econômicos da própria Educação, seja por problemas na própria formação inicial do professor de ciências.

Segundo pesquisas realizadas no Brasil, a disciplina de Física é a única entre todas cujo quadro de professores é deficiente. Se todas as escolas do país estivessem sendo utilizadas adequadamente, os profissionais das outras disciplinas cumpririam com a demanda que teríamos enquanto o quadro de professores de Física seria escasso. Segundo estudos realizados por Kussuda (2012, p. 8)

Uma das principais conclusões deste estudo é que a falta de professores dessa área na região, e, possivelmente, no país, não está apenas no número reduzido de

formados, mas é agravada fortemente pelo êxodo destes para outros campos de atuação, em função basicamente da insatisfação com os salários desse nível de ensino, das condições de trabalho na educação básica e da dificuldade de transpor o conhecimento acumulado na Universidade para a Educação Básica.

É necessária uma mudança no ensino de Física. “O ato de ensinar do professor requer uma quebra de paradigma de um modelo tradicional e linear por um modelo ousado onde possa se dar permissão ao aprendiz de utilizar de toda sua criatividade e consequentemente fortalecer seu raciocínio lógico. O ensino verdadeiro é aquele que as informações repassadas pelo professor se tornam conhecimento para o aluno.” (PONTES, 2018, p. 166). O professor pode iniciar essa mudança ao se permitir trazer variabilidade as suas aulas, incluindo novas metodologias de ensino e aprendizagem na sua rotina.

2.3 A Matemática na Física

Surge ainda o fato de a deficiência no desenvolvimento de cálculos matemáticos por parte do aluno ser utilizada como justificativa para a dificuldade no aprendizado de Física. Percebe-se claramente que o professor aborda muito mais os aspectos quantitativos das situações físicas dos textos descritos nos exercícios e nas questões em detrimento da conceituação dos princípios e leis da Física. A construção do conhecimento dessas leis fica limitada, o que pode incorrer em erro quando o aluno for analisar determinado fenômeno físico. Ao estudar uma lei ou princípio, desprezar os pormenores e os detalhes intrínsecos a ciência, que não chegam a complicá-la, mostra o desprezo que temos pelo saber científico e pode contribuir para o desinteresse dos estudantes nas disciplinas do currículo escolar. Segundo Oliveira (2020, p. 16)

Como o ensino médio não tem o papel de formar cientistas, que vão necessariamente precisar das ferramentas matemáticas para atuar em sua profissão, a grande ênfase nos conteúdos matemáticos cobrados na disciplina de física desmotiva ainda mais o estudante, já que, sem a promessa de uma utilidade prática no futuro, a matemática adquire um caráter de “pedágio” para o aprendizado da física.

A Matemática, como ferramenta para resolução das questões de Física, tem um papel muito importante, pois o que seriam dos princípios físicos sem a utilização dos recursos matemáticos para demonstrá-los ou comprová-los. Não se pode excluir o uso da Matemática dessa ciência, como também não se pode evidenciar a Matemática à frente de um conceito

físico advindo de um estudo mais profundo de observação da natureza. Ainda segundo Pietrocola (2002)

Muitas vezes, os professores de Física acabam por atribuir à Matemática a responsabilidade pelas dificuldades na aprendizagem e não naquilo que ensinam. Erros de alunos na resolução de equações do segundo grau, no cálculo de coeficientes angulares de curvas em gráficos, na solução de sistemas de equações etc, são comuns, reforçando a ideia de que se trata de falta de conhecimento matemático. Admitir que boa parte dos problemas do aprendizado da Física se localiza no domínio da Matemática reflete um posicionamento epistemológico ingênuo — acaba-se por atribuir à segunda função de instrumento da primeira! física.

Mas a Física pode contribuir também para o aprendizado de operações matemáticas. Esta é uma mão de via dupla, pois precisamos fazer recorrer a processos da Matemática na resolução de questões quantitativas e as mesmas, em sua resolução, permite ao professor de Física explorar operações e conceitos da Matemática com seus alunos.

2.4 Resolução de Problemas

A Resolução de Problemas (RP) como área da Educação Matemática tem seu início na primeira metade do século XX, embora sua atividade remonte desde a história antiga com os egípcios, gregos e chineses. A Resolução de Problemas visa promover uma aprendizagem mais significativa com professores e alunos desempenhando papéis diferentes na atividade prática de resolver problemas em Matemática. Podemos citar como principal influência dessa teoria as ideias propostas pelo húngaro George Polya (1944) descritas em seu livro *A Arte de Resolver Problemas* publicado em 1945.

Polya sugere, logo nas páginas iniciais do seu livro, que todo bom resolvidor de problemas deveria seguir quatro fases na resolução de qualquer problema: 1) compreensão do problema; 2) estabelecimento de um plano; 3) execução do plano; 4) retrospecto. No livro Polya ilustra as fases citadas propondo e discutindo problemas diversos.

Segundo Polya na primeira fase denominada *compreensão do problema* o professor deve escolher bem um problema, que este não seja nem muito difícil, nem muito fácil para que o aluno, além de compreender o problema, tenha o interesse em resolvê-lo. O aluno precisa conseguir entender o enunciado do problema para ter condições de identificar as partes principais do problema, a incógnita, os dados e a condicionante.

Polya cita ainda nessa primeira fase que se houver uma figura relacionada ao problema, esta deverá ser traçada e o estudante deve indicar a incógnita e os dados nessa figura, adotando uma notação adequada e dedicando atenção à escolha de signos apropriados para representá-las.

Na segunda fase denominada *estabelecimento de um plano*, o professor deve pensar nas suas próprias dificuldades e sucessos que experimentou ao tentar resolver problemas para conseguir sentir as dificuldades e indagações do estudante ao tentar resolver um problema, e assim propiciar-lhe uma ideia luminosa. Segundo POLYA,

O caminho que vai desde a compreensão do problema até o estabelecimento de um plano, pode ser longo e tortuoso. Realmente, o principal feito na resolução de um problema é a concepção da idéia de um plano.

É natural que o estudante tenha dificuldade em ter uma boa idéia sobre algo que pouco conheça e praticamente impossível sobre algo que nada conheça. Nessa fase da resolução do problema Polya indica buscar problemas anteriormente resolvidos ou demonstrados que tenham correlação com o problema exposto, mas evitando não se distanciar dele.

Na terceira fase explicitada no livro de Polya, *execução do plano*, o autor cita ser muito mais fácil que a fase anterior, bastando paciência para executá-la. Polya cita que se o aluno tiver realmente concebido um plano, o professor terá então um período de relativa tranquilidade. Cita ainda que o aluno recebendo o plano de fora e o aceitando por influência do professor, possivelmente esquecerá esse plano, então o professor deve insistir para o aluno verificar cada passo e se convença da correção desses passos.

Na última fase, chamada *retrospecto*, o professor precisa compreender que um problema não se esgota por si próprio e precisa transmitir aos seus alunos o conceito que qualquer resolução de problema pode ser melhorada e assim aperfeiçoar a compreensão da resolução. Apesar do aluno ter cumprido o seu plano, erros são possíveis e a verificação do resultado é necessária. Segundo POLYA,

Os estudantes acharão realmente interessante o retrospecto se eles houverem feito um esforço honesto e ficarem conscientes de terem resolvido bem o problema. Neste caso, ficarão ansiosos para ver o que mais poderão conseguir com aquele esforço e como poderão, da próxima vez, fazer tão bem quanto desta.

Seria oportuno utilizar o procedimento usado para encorajar os alunos a pensarem em problemas ou casos que utilizem o resultado ou o método abordado, mostrando que os

problemas literais apresentam uma grande vantagem em relação aos problemas essencialmente numéricos.

Com o intuito de melhorar a capacidade dos professores em tornar seus alunos bons na habilidade de resolver problemas, Polya publicou mais algumas obras sobre a teoria da Resolução de Problemas. Mais tarde, a partir do final da década de 1960, a pesquisa em Resolução de Problemas ganhou força em outros países do mundo, além dos Estados Unidos.

Desde a publicação do livro *A Arte de Resolver Problemas* de Polya até antes da década de 1980, as pesquisas sobre Resolução de Problemas se desenvolveram em paralelo com o currículo escolar norte-americano e esse currículo foi incorporado em muitos países do mundo.

A implantação desse currículo no Brasil se deu por meio do Movimento da Matemática Moderna (MMM) com os cursos de atualização ministrados a professores pelo Grupo de Estudos do Ensino de Matemática (GEEM) em 1961. O intuito era de formar o professor não apenas para ensinar melhor, mas também para ensinar conforme os modernos projetos curriculares da época. Em 1963 foi pela publicação de livros didáticos, considerados os principais instrumentos de divulgação da matemática moderna no Brasil. (RIOS, BÚRIGIO, FILHO, 2011).

Apesar de todos os esforços nesse período de mais de 30 anos da publicação do livro de Polya, era necessária uma nova mudança no currículo escolar norte-americano, pois os estudantes ainda apresentavam baixo rendimento em resolução de problemas matemáticos. Em 1980, a Resolução de Problemas foi proposta pelo Conselho Nacional de Professores de Matemática (NCTM), através do documento “Uma Agenda para Ação — Recomendações para a Matemática Escolar para a década de 1980”, como o foco da matemática escolar nesse ano.

Em 1989, o NCTM publica o livro *Novas Direções para a Matemática da Escola Elementar* para auxiliar os professores na proposta em fazer da Resolução de Problemas o foco de seu ensino, mesmo assim os objetivos de aprendizagem não foram atingidos de maneira satisfatória.

De acordo com Schroeder e Lester (1980) era necessário distinguir entre três tipos de abordagem de ensino de resolução de problemas: ensino *sobre* resolução de problemas, ensino *para* resolver problemas e ensino *através* da resolução de problemas.

Ainda segundo Schroeder e Lester (1980) trabalhar com as fases descritas no livro *A Arte de Resolver Problemas* de Polya, ou com leves variações delas, era ensinar *sobre* resolução de problemas. Quando se ensina matemática com o intuito de aplicação em

resolução de problemas rotineiros ou não rotineiros, está se ensinando *para* resolver problemas. Já ao se trabalhar com o ensino *através* da resolução de problemas começa-se com uma situação-problema que evolui de um problema não rotineiro para um problema rotineiro. Assim estar-se-ia ensinando consoante as recomendações do livro Padrões de Currículo e Avaliação para a Matemática Escolar (1989) do NCTM, que também publicaria os Padrões Profissionais para o ensino de Matemática (1991). Esses dois livros, juntamente com “Uma Agenda para Ação - Recomendações para a Matemática Escolar para a década de 1980”, foram os documentos mais influentes sobre Educação Matemática durante as décadas de 1980 e 1990 nos Estados Unidos.

No ano 2000 o NCTM publicou os Princípios e Padrões para a Matemática Escolar, também conhecido como Standards 2000. Além de trazer uma importante fundamentação teórica construída desde a década de 1970, os Standards ofereceram ao professor de Matemática de sala de aula uma série de orientações que não estavam contidas em “Uma Agenda para Ação”. Isso fez com que os educadores em Matemática passassem a pensar numa metodologia ensino-aprendizagem para o ensino *através* da resolução de problemas. (ONUCHIC; ALLEVATO, 2011).

3 REFERENCIAL TEÓRICO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Para aplicar a Teoria Resolução de Problemas em sala de aula usaremos neste trabalho a Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas desenvolvido pelo Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas (GTERP).

O GTERP, constituído por alunos e ex-alunos do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PGEM), formado em 1992 e coordenado pela Profa. Dra. Lourdes de la Rosa Onuchic, desenvolve suas atividades semanais no Departamento de Matemática da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Rio Claro. O GTERP “[...] tem sido o núcleo gerador de atividades de aperfeiçoamento, de investigações e de produção científica na linha de Resolução de Problemas associada à Formação de Professores e/ou ao Ensino e Aprendizagem. Tem-se, por filosofia, buscar o desenvolvimento de estudos que alcancem a sala de aula, ou seja, que estejam relacionados às questões de ensino-aprendizagem-avaliação, tanto sob a perspectiva do aluno quanto do professor, em todos os níveis de escolaridade. Procurando estar sempre em sintonia com as atuais tendências em Educação Matemática, o GTERP se dedica atualmente a trabalhos na linha de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas, como uma metodologia de ensino.” (ONUCHIC, 2019, p. 11).

A partir dos Standards 2000 (NCTM, 2000), o ensino de Matemática através da resolução de problemas é indicado como o primeiro padrão de procedimento para a Matemática escolar. Mas somente após a continuidade desse trabalho o NCTM ganha adeptos influentes voltados tanto para o ensino-aprendizagem como para a avaliação.

Atualmente o conceito sobre avaliação está em processo de mudanças. Segundo Pietrocola e Maurício (2020, p. 136)

As propostas curriculares da BNCC dão grande importância ao processo avaliativo, reiterando que ele deve ser contínuo, personalizado e formativo. Os documentos concebem a avaliação como mais um elemento do processo de ensino e aprendizagem. Porém, é comum encontrar nas escolas a concepção do senso comum.

Devido à integração do processo de avaliação aos de ensino e aprendizagem e aos estudos e pesquisas realizados com a resolução de problemas, o GTERP passou a empregar a expressão Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas como uma metodologia “[...] dentro de uma dinâmica que integra a avaliação às atividades de sala de aula [...]” (ONUCHIC, 2019, p. 42).

Nesse sentido, na Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas, o professor atua como guia e mediador durante todo o processo no qual o ensino, a aprendizagem e a avaliação ocorrem simultaneamente durante a construção do conhecimento por parte do aluno. Assim, a avaliação é realizada durante a resolução do problema.

Ainda segundo Onuchic (2019, p. 43)

Nessa Metodologia, o problema é ponto de partida e orientação para a aprendizagem de novos conceitos e novos conteúdos matemáticos. Ela assemelha-se à abordagem japonesa, relatada por Shimizu (2003), em que a resolução de problemas é um veículo para o ensino de Matemática.

A partir de agora apresentaremos as dez etapas dessa Metodologia sugerida atualmente pelo GTERP para o trabalho do professor em sala de aula.

3.1 Proposição do problema

Para iniciar o trabalho o professor deve selecionar ou elaborar um problema, que chamaremos de problema gerador, e apresentar aos alunos. É possível também a aceitação pelo professor de um problema sugerido pelos alunos. O problema gerador deve visar a construção de um novo conceito, conteúdo, princípio ou procedimento. Entenda-se então que o conteúdo necessário a resolução do problema ainda não foi ministrado em sala de aula.

3.2 Leitura individual

O professor deve entregar o problema impresso para o aluno fazer sua leitura individual para que ele tenha a possibilidade de refletir sobre o mesmo, desenvolvendo sua própria compreensão do problema gerador.

3.3 Leitura em conjunto

A partir desse momento a sala de aula é dividida em grupos, onde os alunos agora reunidos fazem uma nova leitura e discutem sobre o problema gerador. Nesse momento o professor, como tutor, deve auxiliar os grupos na compreensão do problema e tirar dúvidas referentes à notação, à passagem da linguagem comum da fala ou da escrita em linguagem matemática, a conceitos relacionados e a técnicas operatórias. Segundo Onuchic (2019, p. 45)

Nessa fase, exercitam a expressão de ideias, para o que necessitarão utilizar e aprimorar a linguagem, a fim de expressar-se com clareza e coerência e fazer-se entender.

3.4 Resolução do problema

Nessa etapa os alunos já agrupados iniciam a resolução do problema em si. Espera-se nessa atividade que a construção do conhecimento planejado pelo professor para aquela aula seja atingida. Os alunos vão precisar da linguagem matemática ou de recursos diversos como linguagem corrente, esquemas, desenhos, gráficos ou tabelas.

3.5 Observar e incentivar

A ação do professor nessa etapa é apenas de observar o que os alunos estão fazendo, incentivando-os a trocar ideias e utilizar conhecimentos anteriores e técnicas operatórias prévias. Ainda pode auxiliar nas dificuldades encontradas pelos alunos, mas sem oferecer respostas prontas.

3.6 Registro das resoluções na lousa

A partir de agora o professor deve solicitar que um representante de cada grupo faça na lousa o registro da resolução do problema, encontrada pelo grupo, seja ela certa, errada ou efetuada por diferentes processos. O professor deve estimular os alunos a compartilhar e justificar suas ideias defendendo seu ponto de vista e a comparar e discutir as diferentes soluções expostas na lousa e assim, após avaliar sua resolução, aprimorar a escrita da mesma na lousa.

3.7 Plenária

Após a exposição e do aprimoramento das resoluções de cada grupo na lousa, resultados parecidos e distintos serão visualizados por todos. O professor terá agora o papel de olhar essas resoluções, para daí definir um número mínimo de soluções diferentes como cenário para iniciar a plenária. Provavelmente as resoluções dos grupos irão diferir na análise

de proporção das variáveis. Nesse momento deve ser levantada uma plenária sobre essas diferenças. É possível que as soluções diferentes sejam satisfeitas a situação-problema?

3.8 Busca do consenso

Nesse momento, em ação conjunta, professor e alunos tentam chegar a um consenso sobre o resultado correto do problema. Nessa etapa ocorre uma importante construção do conhecimento do conteúdo em pauta, assim como a melhora da leitura e escrita matemática. Nas soluções, erros cometidos serão visualizados e acertos serão confirmados, mesmos sem ainda conterem a formalização da próxima etapa.

3.9 Formalização do conteúdo

A partir dessa etapa o professor deve usar o rigor da linguagem matemática, fazendo uma apresentação organizada e estruturada na lousa, padronizando conceitos, princípios e procedimentos advindos da resolução do problema, dando destaque as diversas técnicas operacionais.

3.10 Proposição e resolução de novos problemas

Pensando na avaliação como processo contínuo, logo após a etapa de formalização do problema, o professor deve oferecer aos alunos um novo problema relacionado ao problema gerador. A partir da resolução do novo problema pelos alunos, o professor pode analisar se os elementos principais do conteúdo foram apreendidos naquela aula, consolidando as aprendizagens construídas em cada etapa, aprofundando e ampliando o conhecimento daquele conteúdo. Cria-se um círculo de aprendizagem configurado pela construção de novos conhecimentos e pela resolução de novos problemas (ONUChic, 2019).

4 GRANDEZAS E UNIDADES EM FÍSICA

No processo de validação experimental de um fenômeno físico teórico, são inicialmente realizadas todas as medições necessárias para o estudo daquele fenômeno. As medidas realizadas se referem as grandezas físicas relevantes ao fenômeno, ou seja, que influenciam o que está sendo estudado e suas relações com as demais medições. Para o estudo ser coerente é necessário tomar cuidado com as unidades de medidas utilizadas. Para isso existe um sistema padrão de unidades das medidas adotado para favorecer a comunicação entre os cientistas de todos os países do mundo, denominado Sistema Internacional de Unidades (SI). Atualmente as unidades presentes no SI são apenas sete, as quais estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Sistema Internacional de Unidades.

Grandeza Física	Unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Fonte: elaborada pelo autor.

No estudo dos fenômenos físicos são comumente introduzidas novas grandezas físicas necessárias ao estudo daquele fenômeno. As unidades dessas grandezas físicas serão denominadas no nosso trabalho como unidades de medidas derivadas, ou, por simplicidade, unidades derivadas.

4.1 Unidades de medidas derivadas

Como em nosso trabalho é de fundamental importância lidar com as unidades de medidas e como elas se apresentam em diversos problemas, citaremos alguns exemplos de unidades derivadas presentes em alguns assuntos da Física.

De acordo com Halliday e Resnick (2012, p. 18) a definição de *velocidade instantânea*, ou simplesmente *velocidade* (v), é o limite (lim.) da razão entre o *deslocamento* (Δx) e o *intervalo de tempo* (Δt) quando Δt tende a 0 (zero), ou seja,

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}. \quad (4.1.1)$$

Iremos a partir de agora usar a notação $[z]$ para citar a unidade de uma grandeza física z . Então para a citação *a unidade da grandeza z é y* denotaremos $[z] = y$ e vice-versa.

Sendo o *deslocamento* uma medida de comprimento, no SI é medido em metros (m) ou $[\Delta x] = m$, e como o *intervalo de tempo* é uma medida de tempo, no SI é medido em segundos (s) ou $[\Delta t] = s$, então de acordo com a Equação 4.1.1 e a notação adotada, temos

$$[v] = \frac{[\Delta x]}{[\Delta t]} = \frac{m}{s} = m/s. \quad (4.1.2)$$

Então a *velocidade* é medida no SI como uma unidade derivada da razão entre a unidade padrão de comprimento e a unidade padrão de tempo, ou seja, pela unidade derivada m/s.

Nesse momento mostraremos como uma unidade derivada pode se juntar a outras unidades padrões para formar outra unidade derivada. Ainda de acordo com Halliday e Resnick (2012, p. 19) a definição de *aceleração instantânea*, ou simplesmente *aceleração* (a) é o limite (lim.) da razão entre a *variação da velocidade* (Δv) e o *intervalo de tempo* (Δt) quando Δt tende a 0 (zero), ou seja

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (4.1.3)$$

Como a *variação de velocidade* não deixa de ser uma medida de velocidade, então temos $[\Delta v] = m/s$, e como já sabemos $[\Delta t] = s$, ambas no SI, então, conforme a Equação 4.1.3, obtemos:

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = [\Delta v] \cdot \frac{1}{[\Delta t]} = \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2} = m/s^2. \quad (4.1.4)$$

Assim, temos a unidade derivada m/s se juntando a unidade padrão s para gerar a unidade derivada m/s².

Nem sempre a unidade de medida derivada está explícita em determinado problema, ao ser muito comum representar uma unidade derivada por um símbolo único, muitas vezes homenageando algum cientista que teve importante contribuição na área específica em que a unidade se insere.

Um exemplo de unidade derivada não explícita é a unidade da grandeza física *força* (F) que homenageia o físico inglês Isaac Newton e denominada apenas por newton, ou seja $[F] = \text{N}$. Para sabermos de onde deriva a unidade newton precisamos recorrer a lei que define o conceito de *força*. Ainda de acordo com Halliday e Resnick (2012, p. 95) a Segunda Lei de Newton afirma que a *força resultante* que age sobre um corpo é igual ao produto da *massa* do corpo pela *aceleração*, ou seja:

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}. \quad (4.1.5)$$

A notação utilizada nas grandezas físicas *força* e *aceleração* na Equação 3.1.5 é para ditar que essas grandezas têm comportamento vetorial. Quando analisadas em termos de componentes de um espaço vetorial, a Equação 4.1.5 assume as formas

$$F_x = m \cdot a_x, F_y = m \cdot a_y \text{ e } F_z = m \cdot a_z, \quad (4.1.6)$$

conforme as possíveis direções do movimento.

Como no SI a unidade de massa é o kg e a unidade derivada da aceleração é o m/s^2 , temos que

$$[F] = [m] \cdot [a] \Rightarrow [F] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}, \quad (4.1.7)$$

que por si só é uma unidade derivada implícita.

Um fato curioso e que não poderíamos deixar de citar é que em alguns casos, uma unidade derivada parece ser equivalente a uma unidade padrão do Sistema Internacional. Por exemplo, de acordo com Halliday e Resnick (2009, p. 134) se uma *carga elétrica* dq , medida em coulomb C no SI, passa por um plano hipotético em um *intervalo de tempo* dt , medido em segundos s, a *corrente elétrica* i nesse plano, medida no SI, é definida como

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow [i] = \frac{[dq]}{[dt]} = \frac{\text{C}}{\text{s}} = \text{A}, \quad (4.1.8)$$

ou seja, a unidade de *corrente elétrica*, conforme a Tabela 1, é o ampère, logo uma unidade padrão que se equivale a uma unidade derivada resultante da razão entre a unidade de *carga elétrica* e a unidade padrão de *tempo*. Isso não é verdade.

Ainda conforme Halliday e Resnick (2009, p. 5), “A unidade de carga do SI é o coulomb. Por motivos práticos, que têm a ver com a precisão das medidas, o coulomb é definido a partir da unidade do SI para a corrente elétrica, o ampère.”, ou seja, desenvolvendo a Equação 4.1.8, temos $C = A \cdot s$. Portanto, na realidade, a unidade de carga elétrica é que se apresenta como unidade derivada, resultante do produto de duas unidades padrões, o ampère e o segundo.

No entanto, para esse trabalho, o foco não é a análise mais profunda desse tipo de situação. Cabe ao professor, num momento de rigor científico, expor esse caso específico. Para o que propomos nessa sequência didática, as fórmulas da Física e suas motivações não fazem parte do fator preponderante para o seu entendimento, sobretudo elas são o resultado da nossa procura. O que nos importa, preferencialmente, é lidar com as unidades das grandezas físicas derivadas e explícitas. A partir delas poderemos encontrar a fórmula que conectou as unidades padrões, ou as unidades derivadas, ou as unidades padrões com as unidades derivadas sem que precisemos conhecer suas motivações.

Seja o caso da unidade derivada e explícita m/s^2 da *aceleração*. Usando a notação para unidades, definida anteriormente, temos que

$$m/s^2 = [a] \Rightarrow m \cdot \frac{1}{s^2} = [a] \Rightarrow \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} = [a]. \quad (4.1.9)$$

Sabendo que o m/s é a unidade derivada da *velocidade* e o s é a unidade padrão de *tempo*, é possível rapidamente interpretar o resultado da Equação 4.1.9 em termos de grandezas físicas na forma

$$v \cdot \frac{1}{t} = a \Rightarrow a = \frac{v}{t}. \quad (4.1.10)$$

A fórmula da Equação 4.1.10, embora em termos simplificados, equivale à Equação 4.1.3 e é totalmente funcional, ou seja, é suficiente para que um aluno do Ensino Médio possa calcular uma *aceleração*. Para isso é necessário que ele interprete a *velocidade* v acima como uma *variação de velocidade* Δv , característica de corpos que sofrem aceleração, e o *tempo* t como uma *variação de tempo* Δt .

Nesta sequência didática, durante um dos seus passos, o professor como mediador da aprendizagem assume a responsabilidade em trazer rigor ao que foi deduzido como na Equação 4.1.10. Neste caso, é função do professor explicar que a *aceleração* é por definição a

razão entre a *variação da velocidade* Δv sofrida por um corpo e o *intervalo de tempo* Δt no qual essa variação aconteceu, ou seja

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (4.1.11)$$

Embora algumas fórmulas aqui utilizadas, como as das Equações 4.1.1, 4.1.3 e 4.1.8, tenham formato comum ao utilizado em livros-textos de Ensino Superior, suas grandezas físicas são componentes de fórmulas mais simples no Ensino Médio, como a da Equação 4.1.11. Mesmo assim possuem a mesma unidade de medida, o que nos permite efetuar tal dedução como mostrada nas equações 4.1.9 e 4.1.10.

4.2 Prefixos das unidades de medidas do SI

Quando lidamos com medidas é comum a substituição de determinados valores em potências de base 10, sejam estes muito pequenos ou muito grandes, por prefixos como os citados na Tabela 2.

Tabela 2 – Prefixos das unidades do SI.

Prefixo	Fator	Símbolo	Prefixo	Fator	Símbolo
iota	10^{24}	I	deci	10^{-1}	d
zeta	10^{21}	Z	centi	10^{-2}	c
exa	10^{18}	E	mili	10^{-3}	m
peta	10^{15}	P	micro	10^{-6}	μ
tera	10^{12}	T	nano	10^{-9}	n
giga	10^9	G	pico	10^{-12}	p
mega	10^6	M	femto	10^{-15}	f
quilo	10^3	k	ato	10^{-18}	a
hecto	10^2	h	zepto	10^{-21}	z
deca	10^1	da	iocto	10^{-24}	i

Fonte: elaborada pelo autor.

Também é imprescindível nominar aqui as diferenças entre as unidades de medidas e os prefixos presentes nas medidas das grandezas físicas.

Consideremos a medida 10 m. Ela jamais deverá ser lida *dez mili*, pois o mili é um prefixo, logo antecede a algo, o que não ocorre na medida citada, ou seja, prefixo não tem caráter terminal numa medida, e sim inicial. Portanto, a medida citada deve ser lida *dez metros*.

Consideremos a medida 10 mm. Então pelo caráter inicial do prefixo temos o primeiro m como símbolo do prefixo mili e o segundo m como símbolo da unidade metro. Daí lê-se dez milímetros, respeitando a junção das palavras mili e metro conforme o vocabulário da língua portuguesa. A união de um prefixo com uma unidade resulta em outra unidade que representa a mesma grandeza física, daí o milímetro se configurar como uma unidade apesar de conter um prefixo. Concluimos então que tanto 10 mm como 10 m representam ambos uma grandeza física de comprimento, assim como 5 kW e 5 W representam uma mesma grandeza física de potência.

Cabe lembrar que o exposto acima faz parte de uma teoria mais geral de análise dimensional. A diferença persiste no fato de que aqui, nem sempre estaremos interessados nas grandezas físicas em torno de suas unidades padrões do SI conforme feito na análise dimensional, e sim nas unidades de grandezas físicas que já conhecemos sem precisar decompô-las em unidades padrões.

Para citar, Mazzoni (2019, p. 34) afirma que “O *trabalho* realizado por uma força \vec{f} sobre uma partícula de massa m que se desloca de \vec{d} , é dado por $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$, então

$$[W] = (M \cdot L \cdot T^{-2}) \cdot L = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}."$$

Em nosso caso, se uma situação-problema envolver as grandezas físicas trabalho, força e deslocamento, em muitos momentos precisaremos apenas desenvolver a unidade de trabalho a escrevendo em termos das unidades de força, que não é uma unidade padrão do SI, e de deslocamento. Logo, teremos

$$[W] = [\vec{F}] \cdot [\vec{d}] = N \cdot m.$$

5 METODOLOGIA

5.1 Proposta metodológica

No presente trabalho utilizaremos uma Metodologia de ensino-aprendizagem de matemática *através* da resolução de problemas aplicada em uma sequência didática em Ensino de Física. A proposta é de melhorar o conhecimento das unidades de medidas pelos alunos do Ensino Médio com vistas a um melhor rendimento tanto nas provas internas como também nas provas externas, que entre elas têm-se o ENEM como a de maior importância para o estudante.

Assim como afirmam Costa e Moreira (2001, p. 264), consideraremos como problemas neste trabalho as situações problemáticas de papel e lápis que utilizam muito mais do que memorização e aplicação mecânicas de fórmulas. Como as questões de situações do cotidiano frequentemente abordadas nos recentes exames do ENEM correspondem a esse perfil, reitero que a utilização da palavra problema neste trabalho se confundirá com a palavra questão usada para designar as situações-problemas desse exame. Embora estejamos a todo momento motivando o aluno a usar essas questões-problemas para encontrar uma fórmula, o objetivo é dar ênfase ao conhecimento das unidades de medidas, mesmo que o aluno não necessariamente precise da fórmula para resolver a questão. A fórmula obtida, por algumas vezes, será utilizada para a análise teórica necessária para a resolução da questão e obtenção da resposta correta.

A sequência didática requer a participação ativa do aluno e o professor poderá utilizá-la alternativamente ao modelo de aula que leciona diariamente. Propõe o início da aula por meio da leitura e compreensão de uma questão, preferencialmente do ENEM, que necessita de uma fórmula para sua resolução ou conclusão, e essa fórmula é o problema a se resolver. A proposta recomenda foco nas unidades de medidas para o desenvolvimento e descoberta dessa fórmula e a sequência é finalizada com o desenvolvimento da teoria daquela aula, até então inédita, pelo professor.

Durante, e principalmente, no último passo da sequência didática, o professor terá a oportunidade de avaliar seus alunos. Dessa maneira, a sequência didática oportuniza a dedução de algumas fórmulas físicas por meio das unidades presentes nas questões tanto semiquantitativas, quanto quantitativas do ENEM, propiciando ao professor de Física colaborar para a construção do conhecimento sobre as unidades das grandezas físicas pelos estudantes.

5.2 Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas

A sequência didática em ensino de física sugerida neste trabalho, que denominaremos de Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas, é composta de cinco passos. Quatro deles utilizam as quatro fases da Teoria Resolução de Problemas sugerida por George Polya, publicadas em seu livro *A Arte de Resolver Problemas* em 1945, combinadas com nove etapas da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas desenvolvida pelo GTERP, para aplicação em sala de aula. O quinto e último passo da sequência didática proposta se confunde com a décima e última etapa da metodologia do GTERP que está relacionada com a proposta da avaliação em sala de aula ter, entre outros aspectos, o fato de ser contínua. Dessa maneira, os quatro primeiros passos da sequência didática terão denominações similares as das fases de Polya e conterão as etapas especificadas acima da metodologia do GTERP. A Tabela 3 mostra a relação entre os passos da sequência didática proposta, as fases da Teoria Resolução de Problemas e as etapas da metodologia do GTERP.

Tabela 3 – Relação entre passos da sequência didática proposta, fases da Teoria Resolução de Problemas e etapas da metodologia do GTERP.

Passos da Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas	Fases da Teoria Resolução de Problemas	Etapas da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas
1. Compreender o problema	1. Compreensão do problema	1. Proposição do problema 2. Leitura individual
2. Estabelecer um plano	2. Estabelecimento de um plano	3. Leitura em conjunto
3. Executar o plano	3. Execução do plano	4. Resolução do problema 5. Observar e incentivar 6. Registro das resoluções na lousa 7. Plenária 8. Busca do consenso
4. Examinar a solução	4. Retrospecto	9. Formalização do conteúdo
5. Avaliação contínua		10. Proposição e resolução de novos problemas

Fonte: elaborada pelo Autor.

É de vital importância que nas aulas da aplicação da sequência didática proposta, o professor exponha uma tabela com as unidades das grandezas físicas fundamentais presentes no Sistema Internacional de medidas e outra com prefixos das medidas. O ideal é que nesse momento os alunos não tenham acesso ao livro didático nem à internet para não ocorrer pesquisa de qualquer tipo além da direcionada pelo professor.

5.2.1 Passo 1: Compreender o problema

Na primeira fase da resolução de problemas, denominada por Polya como *compreensão do problema*, abrangeremos as etapas de *proposição do problema* e *leitura individual* da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas.

O professor inicia a aula expondo para os alunos uma questão que necessita de uma fórmula para sua resolução, ou seja, expõe uma questão quantitativa ou semiquantitativa que denominaremos de questão geradora. A exposição pode ser via projeção, material impresso, ou qualquer outro meio que esteja à sua disposição.

A seleção da questão a expor deve ser motivada pelo fato desta precisar ou não de uma unidade definida anteriormente. Se precisar dessa unidade, que chamaremos de unidade base, deve-se expor primeiro uma questão que mencione essa unidade para depois expor uma questão mais elaborada, ou seja, que necessite dessa unidade base.

Se os alunos já tiveram contato com essa unidade base, mesmo que numa aula onde o foco não tenha sido as unidades de medidas, o professor pode expor uma questão mais complexa ou mesmo aceitar uma questão proposta pelos alunos que satisfaça essas condições favoráveis a resolução do problema. A função dessa questão geradora é de construir um novo conceito ou conteúdo que necessita de uma fórmula para sua resolução.

A obtenção dessa fórmula é o problema em aberto a se resolver na questão. O interesse do aluno em resolver o problema está no fato dele precisar da solução do problema, ou seja, da fórmula, para poder resolver a questão. Logo, deve-se entender que o conteúdo necessário a resolução da questão ainda não foi lecionado pelo professor em sala de aula.

Após a exposição da questão ou entrega da mesma em material impresso, o professor deve pedir aos alunos que façam uma leitura individual dessa questão e determinar um breve tempo para isso. O objetivo desse passo é possibilitar que o aluno faça a reflexão sobre a questão geradora, desenvolvendo compreensão própria sobre a mesma.

5.2.2 Passo 2: Estabelecer um plano

Na segunda fase, denominada por Polya de *estabelecimento de um plano*, iremos aplicar apenas a etapa *leitura em conjunto* da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas

Nesse passo a sala de aula é dividida em grupos. O professor pede aos alunos que façam uma nova leitura da questão geradora e levantem uma discussão sobre o problema proposto. Após a leitura coletiva, o professor pede aos alunos que identifiquem na questão geradora a medida de uma grandeza física cuja unidade seja a mais elaborada possível, portanto uma unidade derivada que contenha o máximo de unidades.

Eventualmente essa unidade derivada é de uma constante física dimensional. A unidade escolhida pode ser chamada de unidade chave. A partir da escolha da unidade chave pedir que os alunos identifiquem a qual grandeza física pertence cada unidade presente na unidade chave, escrevendo isso em seu caderno da seguinte forma: unidade da grandeza física = [símbolo da grandeza física: nome da grandeza física].

O aluno deve sentir-se livre para escolher a letra que achar conveniente para representar cada grandeza física presente na unidade chave, pois segundo Hottecke (2010) um trabalho escolar em que se pretende discutir processos de construção da ciência, o professor não pode trabalhar numa posição de apresentador de verdades.

A utilização de letras diferentes das rotineiramente usadas para as grandezas físicas, não impede que o aluno encontre uma fórmula funcional. Esse passo, em vários momentos, abrirá a visão do aluno para o fato de grandezas físicas serem representadas por letras que não necessariamente são iniciais as suas escritas, pois se assim fossem teríamos letras iguais representando grandezas físicas diferentes, gerando confusão nas interpretações das grandezas físicas componentes das fórmulas. Nesse momento o professor deve enfatizar a importância aos alunos, se possível, de usarem as unidades presentes na tabela do Sistema Internacional de Unidades (SI).

O professor no papel de tutor deve pensar nas suas dificuldades e nas conquistas que vivenciou ao tentar resolver problemas, e assim sentir as dificuldades e indagações dos alunos nessa etapa. Portanto, deve ajudar os grupos na compreensão da questão e tirar dúvidas referentes a expressar-se com coerência e clareza na passagem da linguagem comum da escrita em linguagem matemática na representação da notação utilizada.

Quando os alunos tiverem identificado todas as unidades presentes na unidade chave e relacionado cada uma a grandeza física à qual pertence, o professor pede agora que

identifiquem a grandeza física cuja medida está sendo pedida na questão e relacione-a a sua unidade representando da mesma forma anterior. Com o hábito é esperado que esse passo torne-se cada vez mais rápido de realizar.

5.2.3 Passo 3: Executar o plano

Na terceira fase explicitada no livro de Polya como *execução do plano*, serão abrangidas as etapas, *resolução do problema, observar e incentivar, registro das resoluções na lousa, plenária e busca do consenso* da metodologia do GTERP.

Hora de deduzir uma possível fórmula para ser utilizada na questão, ou seja, chegou o momento de resolver o problema em si. O professor nessa etapa informa aos grupos que se necessário, procurem relacionar a situação-problema por recursos diversos como esquemas físicos de representação da realidade. Após construir desenhos, gerar gráficos ou atribuir tabelas deve-se indicar as incógnitas e os dados da questão, procurando facilitar o entendimento do porquê no uso de todas aquelas grandezas físicas presentes no problema. Este provavelmente seja o passo no qual os grupos de alunos irão lidar com uma dificuldade maior, pois se inicia um processo matemático literal de resolução de problemas. Com esse passo espera-se atingir o conhecimento planejado pelo professor para essa aula.

O papel do professor nesse momento é apenas de observar o que os alunos estão fazendo na busca da fórmula e incentivar para procurarem trocar ideias. Lembrar que eles podem utilizar conhecimentos anteriores e algumas técnicas operatórias prévias. Pode ainda auxiliá-los nas dificuldades encontradas, sem, no entanto, oferecer respostas concretas.

Consoante com o que afirma Polya em sua terceira fase da resolução de problemas, nesse momento o professor somente experimentará relativa tranquilidade se o grupo tiver concebido um bom plano.

Momento de conhecer a fórmula obtida por cada grupo de alunos. O professor deve solicitar que um aluno representante de cada grupo escreva na lousa a resolução do problema encontrada. Mesmo que o grupo ache que a fórmula esteja errada, a resolução que gerou em sua obtenção deve ser escrita na lousa. Nesse momento não é necessário exigir dos alunos formalidades matemáticas em excesso. O aluno deve se sentir livre para expor a solução que o grupo encontrou.

Após a escrita, o professor deve estimular os alunos a compartilhar suas ideias e defender seu ponto de vista, mencionando inclusive o porquê da escolha da letra que usou para representar cada grandeza física. O aluno deve ainda comparar e discutir as diferentes

resoluções escritas na lousa. Após o aluno avaliar a própria resolução, peça-o que aprimore a escrita da mesma na lousa. Nesse momento o professor não deve citar se uma ou outra fórmula encontrada está errada, ou certa.

Começa aqui uma ação conjunta entre professor e alunos na busca em atingir um consenso sobre o resultado correto do problema, ou seja, sobre a fórmula adequada para a resolução da questão.

Aqui começa uma importante construção do conhecimento do assunto em pauta, assim como a melhora da leitura e escrita matemática. O professor deve insistir para o aluno ler novamente a questão, verificar cada passo executado e se convencer da correção desses passos. Segundo Leal e Onuchic (2015, p. 973)

Na Resolução de Problemas, o foco não está na resposta ou na solução do problema, mas sim nos pensamentos produzidos e engendrados pelos conceitos e princípios que possam destacar a resolução do problema que se pretende estudar e avançar nos meios, e não simplesmente nos fins.

5.2.4 Passo 4: Examinar a solução

Na última fase da Teoria Resolução de Problemas, denominada *retrospecto*, associaremos a etapa *formalização do conteúdo* da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas.

É a partir dessa etapa que o professor toma posse do rigor da linguagem matemática, transmitindo aos alunos a possibilidade de melhoria na resolução do problema fazendo a verificação do resultado. O professor deve fazer uma apresentação na lousa de modo que seja a mais organizada possível e bem estruturada. É a oportunidade do professor padronizar conceitos necessários ao conteúdo em pauta, explicar princípios pertinentes ao assunto e usar de procedimentos advindos da resolução do problema, dando destaque as diversas técnicas operacionais. Seria válido nesse momento aproveitar o método abordado para mostrar do quanto os problemas literais, sendo raramente explorados em sala de aula, são vantajosos em relação aos problemas essencialmente numéricos.

5.2.5 Passo 5: Avaliação contínua

O último passo da sequência didática proposta culmina com a última etapa da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas chamada *proposição e resolução de novos problemas*. Ela serve como proposta de

avaliação para o professor verificar como e quanto do conteúdo exposto foi apreendido pelos alunos.

Após definida a fórmula correta, o professor deve oferecer aos alunos uma nova questão geradora cuja resolução do problema resulte na mesma fórmula ou pequena variação dela. O objetivo aqui é analisar se os pontos principais e específicos do conteúdo foram realmente apreendidos naquela aula, consolidando as aprendizagens construídas em cada passo da sequência didática, aprofundando e ampliando o conhecimento daquele conteúdo. Com esse processo cíclico espera-se que o aluno experimente uma melhora na absorção das fórmulas da física e que reconheça a importância das grandezas físicas presentes no fenômeno em estudo, bem como o imprescindível valor no reconhecimento das unidades de medidas dessas grandezas físicas.

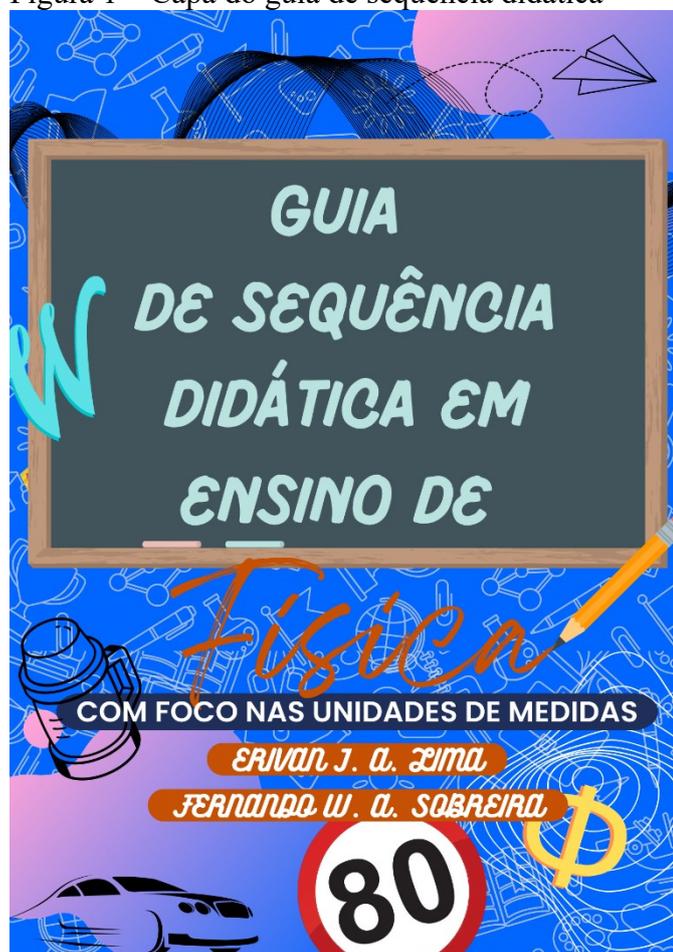
6 CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Para a aplicação da sequência didática em ensino de física através da resolução de problemas e avaliação da mesma foram utilizados dois instrumentos: o Guia de Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas e um questionário de coleta de dados.

6.1 Guia de Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas

Durante a aplicação da sequência didática, foi utilizado o produto educacional fruto desta dissertação. Ele é um guia com menção de todos os cinco passos descritos acima, bem como a metodologia utilizada, e como o professor deve proceder em cada passo, enquanto tutor, numa aplicação dessa sequência didática em sala de aula. Ele se encontra no Apêndice B deste trabalho e sua capa está representada na Figura 1.

Figura 1 – Capa do guia de sequência didática



Fonte: elaborado pelo autor.

Foram acrescentados exemplos de aplicação da sequência didática para algumas aulas do ensino médio com o intuito de orientar o professor numa primeira tentativa de aplicação do produto. Em quase todos os exemplos foram utilizadas questões do ENEM com o intuito de incentivar o aluno a ter mais interesse por esse modelo de questão, bem como mostrar que a sequência didática pode servir de modelo para o possível caso em que ele precisar de uma fórmula para resolver uma questão quantitativa ou semiquantitativa e não se lembrar daquela fórmula naquele momento.

A cada exemplo segue-se uma sugestão de questão geradora, em sua maioria também do ENEM, com o intuito de recomençar todos os passos a partir de uma questão parecida com a questão geradora, permitindo ao professor avaliar continuamente seus alunos. O guia de sequência didática se encontra no Apêndice B.

6.2 Aplicação da Sequência Didática

A sequência didática sugerida foi aplicada algumas vezes em salas de aula do Ensino Médio. Em três delas foi feita uma avaliação com os alunos da aplicação dessa sequência em sala de aula, buscando levantar dados sobre a recepção e aceitação dessa sequência didática pelos mesmos em relação às aulas regulares de física. A avaliação da aplicação foi feita por meio do instrumento de coleta de dados presente no Apêndice A.

As séries onde a aplicação foi avaliada são todas do terceiro ano do ensino médio da Escola de Ensino Médio Professora Eudes Veras, localizada no bairro Siqueira, na cidade de Fortaleza, no estado do Ceará. As turmas passaram pelo seguinte critério de escolha: uma turma cuja escola trabalha o aspecto da leitura de modo diferenciado, denominada turma A e composta por 28 alunos e duas turmas regulares, ou seja, onde não se tem esse tratamento literário, uma denominada turma B com 20 alunos, e a outra, turma C com 24 alunos.

A aula escolhida para a aplicação tem como título campo elétrico criado por uma carga elétrica num ponto do espaço. Para isso foi utilizado o guia de sequência didática em ensino de física através da resolução de problemas com foco nas unidades de medidas, produto educacional fruto dessa dissertação.

Antes de começar a sequência didática em si, em todas as três turmas foi exposta uma tabela do Sistema Internacional de Unidades e outra dos prefixos das unidades do SI, respectivamente Tabela 1 e Tabela 2, por meio de projeção na lousa.

Ao começar a sequência didática, durante o primeiro passo *compreender o problema*, entregamos um material impresso com duas páginas, numa contendo as Tabelas 1 e 2 e na outra a questão geradora abaixo.

“Determine a intensidade do campo elétrico criado por uma carga pontual Q de $-8,0 \mu\text{C}$, em um ponto A situado a $6,0 \text{ cm}$ dessa carga. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é igual a $9,0 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$.”

Fonte: Tópicos de física, volume 3 (2012, p. 38).

Não foi proposta uma questão do ENEM nesse caso, pois o conteúdo campo elétrico não é frequente nessa prova. Mesmo assim esse assunto foi o escolhido devido à resolução do problema proposto pela sequência didática levar os alunos a encontrar uma fórmula cujo tratamento matemático é mais elaborado e assim a avaliação da sequência didática seria colocada a prova, pois os alunos enfrentariam relativa dificuldade na resolução do problema.

A escolha dessa questão também só foi possível porque uma aula sobre o conceito de campo elétrico já havia sido ministrada em todas as turmas e, portanto, os alunos sabiam que a unidade de intensidade do campo elétrico é N/C (newton/coulomb). Esta unidade para a sequência didática é chamada de unidade base por ser pré-requisito para a resolução do problema em questão.

Após a exposição da questão na lousa e entrega do material impresso, foi pedido que os alunos fizessem uma leitura individual da questão geradora buscando compreendê-la.

Depois de um certo tempo para leitura individual, passamos para o segundo passo da sequência didática denominada *estabelecer um plano*. Os alunos formaram grupos com até quatro componentes cada. Infelizmente uns poucos alunos decidiram ficar sozinhos. Isso aconteceu em todas as três turmas. Foi pedido que, agora em grupo, eles fizessem uma nova leitura da questão geradora e logo após uma discussão sobre o problema fosse iniciada.

A partir daí, foi pedido que os alunos identificassem a unidade mais elaborada presente na questão, ou seja, aquela que continha o maior número de unidades presentes nela, que por isso é identificada na física como uma unidade derivada de outras unidades. Foi orientado que essa unidade poderia ser de uma constante física dimensional, e preferencialmente deveria ser escolhida uma unidade assim, visto que essas grandezas físicas contêm muitas unidades explícitas. Para a sequência didática essa unidade é chamada de

unidade chave. Muitos grupos identificaram rapidamente que a unidade chave era a unidade $N \cdot m^2/C^2$ da constante eletrostática do meio.

Após a identificação da unidade chave, os alunos foram orientados a relacionar cada unidade da unidade chave com sua respectiva grandeza física e denotar isso da seguinte forma: unidade da grandeza física = [símbolo da grandeza física]. Como já citado anteriormente, $y = [z]$ deve ser lido como *y é a unidade da grandeza z*. Foi deixado claro que os alunos tinham liberdade para escolher as letras que representariam cada grandeza física, mas respeitando certos critérios. Por exemplo, escolher, evidentemente, uma letra diferente para cada uma delas. Embora dada essa liberdade, pediu-se que se uma unidade presente na unidade chave fosse de uma grandeza física do Sistema Internacional de Unidades que a letra utilizada na tabela do SI fosse respeitada.

No papel de professor tutor compreendi que aquele seria um momento em que dúvidas seriam fáceis de surgir na cabeça dos alunos e passei a caminhar por entre eles auxiliando os grupos a sanar essas possíveis dúvidas relativas à notação utilizada. Muitos deles tiveram dificuldade na representação e fizeram confusão entre a letra que representava a unidade e a que usava para a grandeza física. Orientei e tirei algumas dúvidas relativa à identificação de que $N = [F]$ (*leia-se: newton é a unidade de força*), $m = [d]$ (*leia-se: metro é a unidade de distância da carga elétrica ao ponto do campo*) e $C = [Q]$ (*leia-se: coulomb é a unidade de carga elétrica*).

Percebi que aqueles grupos que conseguiram fazer a correspondência entre as unidades e as grandezas físicas a fizeram de maneira que as grandezas se apresentavam em suas mentes de maneira compacta. Como, por exemplo, $m = [d]$ (*leia-se: metro é a unidade de distância*) e $C = [Q]$ (*leia-se: coulomb é a unidade de carga*). Isso não era nenhum problema, visto que esse rigor não seria buscado nesse momento e não impediria que os alunos encontrassem uma fórmula funcional.

Após a identificação das unidades presentes na unidade chave e a correlação com cada grandeza física correspondente foi pedido que os alunos identificassem para qual grandeza física estava sendo exigido o cálculo e se para essa grandeza era também necessário identificar sua unidade correspondente usando a mesma notação anterior. Eles releeram a questão e responderam intensidade do campo elétrico sem dificuldade. Mas mesmo tendo sido dada uma aula anterior onde foi definido a unidade de campo elétrico no SI, muitos tiveram a dificuldade em lembrar da unidade N/C , que definimos acima como nossa unidade base para a resolução do problema.

Chegado o momento do terceiro passo da sequência didática definido como *executar o plano*, foi avisado aos alunos que chegamos no ponto crucial da aula que era resolver o problema, cujo resultado seria a obtenção de uma fórmula que poderia ser utilizada para resolver a questão. Lembrando que esse conteúdo não fora lecionado em sala, que eles encontrariam uma fórmula que até esse momento era inédita para eles.

Foi dito para eles que se necessário poderiam construir e usar esquemas, tabelas ou gráficos, utilizando as medidas dadas na questão, que os auxiliassem na resolução do problema. A solução do problema era a fórmula que permite calcular a intensidade do campo elétrico gerado por uma carga elétrica num ponto qualquer do campo elétrico cuja escrita é $E = k|Q|/d^2$.

Foi notável a dificuldade enfrentada pelos alunos nesse processo, que sem dúvidas era o passo cujo conhecimento era o mais requisitado para a resolução do problema. Não foi uma etapa tranquila. Como professor fui bastante requisitado pelos alunos, mas em momento algum ofereci respostas prontas para eles. Deixei que pensassem bastante e os incentivei a buscar conhecimentos obtidos anteriormente para solucionar a dificuldade enfrentada.

Passado um certo tempo foi pedido que os grupos elegessem um representante de cada grupo para ir à lousa registrar a solução que eles encontraram para o problema. Embora nesse momento eles se apresentaram bem relutantes para ir à frente da turma, muitos representantes surgiram, até alguns alunos que resolveram ficar sozinhos ao invés de fazerem parte de algum grupo foram até a lousa fazer o registro do que havia feito. Apesar da relativa dificuldade em executar esse passo, foi um momento bem descontraído vivenciado pela sala de aula, onde os integrantes dos grupos auxiliaram o representante da equipe o alertando de alguma escrita equivocada ou notação não mencionada.

No momento em que foi pedido que os representantes defendessem suas ideias, a timidez aflorou em muitos deles. Mas com o incentivo e perguntas direcionadas, eles foram explicando o porquê da escolha de determinada letra para aquela ou outra grandeza física. Alguns mudaram a escrita da resolução corrigindo até alguns passos matemáticos.

Foi pedido que eles corrigissem ao máximo a resolução até achar que aquela seria a solução definitiva. Alguns erros foram cometidos e fórmulas em comum, e também diferentes, foram encontradas pelos grupos, como, por exemplo, $E = k/Qd^2$, $E = kQ/d$ e $E = kQd$.

Algumas fórmulas apareceram em outros formatos onde a intensidade do campo elétrico não foi mencionada a frente da igualdade, mesmo assim a fórmula era funcional para a resolução da questão. Alguns grupos ainda encontraram a fórmula da forma como é

geralmente escrita, mas nenhum desses grupos inferiu sobre a importância de se colocar a carga elétrica em módulo. Partindo para uma ação conjunta, procuramos uma maneira das equipes entrarem em consenso em busca da solução correta e alguns erros foram corrigidos.

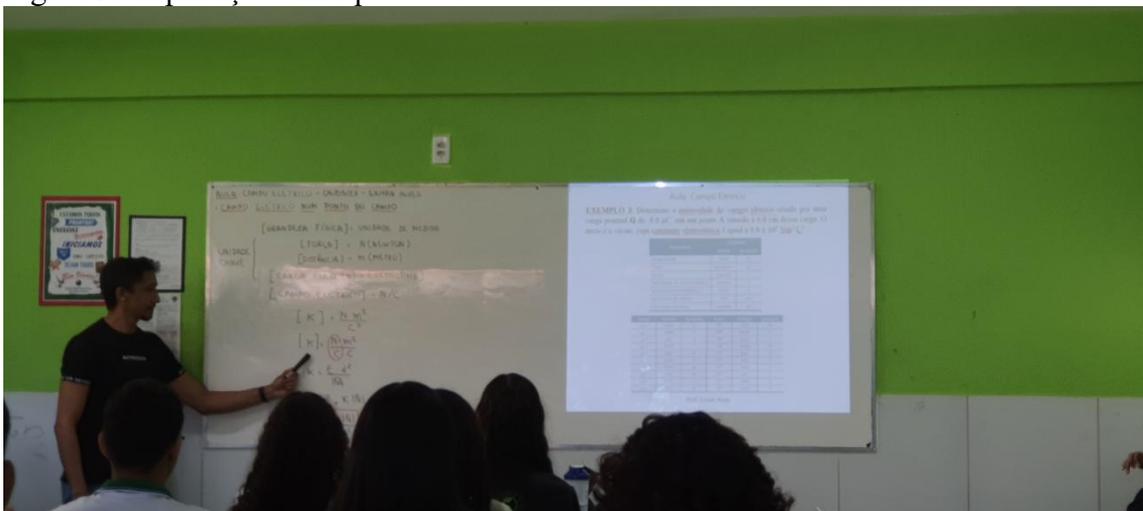
No quarto passo da sequência didática, denominada por *examinar a solução*, assumi meu papel de professor responsável por trazer o rigor científico e matemático para a resolução do problema. E assim fiz uma apresentação formal, a mais organizada possível e bem estruturada da solução para que os alunos pudessem perceber os erros cometidos e procurar não cometê-los numa resolução futura. Duas dessas apresentações, em duas das três turmas citadas, foram registradas conforme mostrado na Figura 2 e na Figura 3.

Figura 2 – Aplicação da sequência didática na turma B.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 3 – Aplicação da sequência didática na turma C.



Fonte: elaborado pelo autor.

Aproveitei o momento para falar do campo elétrico em cada ponto do campo e a relação inversa da intensidade do campo elétrico com o quadrado da distância e não apenas com a distância como mencionada em algumas fórmulas encontradas por eles. Mencionei também a importância em se escrever a carga elétrica em módulo para que uma intensidade de campo elétrico não se apresentasse com valor negativo, visto que o campo elétrico é uma grandeza vetorial e, portanto, seu módulo assume apenas valores positivos.

Após toda a explanação complementar do conteúdo resolvi a questão geradora e chamei a atenção dos alunos para a importância em aprender a executar aquela sequência didática repetidas vezes e com inúmeras questões. Citei que com a prática da resolução de problemas com foco nas unidades de medidas, eles teriam mais compreensão sobre essas unidades de medidas. E numa prova como a do ENEM, se, por acaso, esquecesse uma determinada fórmula necessária para a resolução da questão, possivelmente seria capaz de rapidamente encontrá-la.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os dados coletados antes, durante e após a aplicação do produto educacional nas turmas A, B e C de 3º ano do Ensino Médio da escola pública citada no capítulo anterior. Será utilizado o Exemplo 3, constante do guia de aplicação, cuja aula chama-se campo elétrico num ponto do espaço.

Para a coleta desses dados foi utilizado o instrumento de coleta de dados presente no Apêndice A. Ele foi impresso e entregue a cada aluno presente na sala de aula antes de iniciada a aplicação da sequência didática. Ao receber a folha foi pedido a cada aluno que somente preenchesse a resposta quando fosse dado o aval pelo professor. É oportuno ressaltar aqui que os alunos, durante toda a aplicação da sequência didática, não tinham acesso a nenhum material de pesquisa, inclusive internet.

Minutos antecedentes à aplicação do produto, os alunos foram indicados a responder às perguntas da parte 1 do instrumento de coleta de dados denominado questionário inicial. Eram elas:

- 01. Pergunte a um dos seus colegas de sala qual é a altura dele e anote no espaço abaixo.**
- 02. Estime a distância de Fortaleza a Sobral e anote no espaço abaixo.**
- 03. Estime a temperatura na qual um adulto se encontra com febre e anote no espaço abaixo.**

O intuito desse questionário inicial era verificar a porcentagem de alunos de cada turma que colocariam a unidade de medida a cada resposta dada. O resultado está descrito na Tabela 4.

Tabela 4 – Questionário inicial.

Pergunta	Quantidade de alunos que colocaram a unidade de medida		
	Turma A (28 alunos)	Turma B (20 alunos)	Turma C (24 alunos)
01	5 (18%)	1 (5%)	5 (21%)
02	26 (93%)	19 (95%)	23 (96%)
03	8 (29%)	1 (5%)	5 (21%)

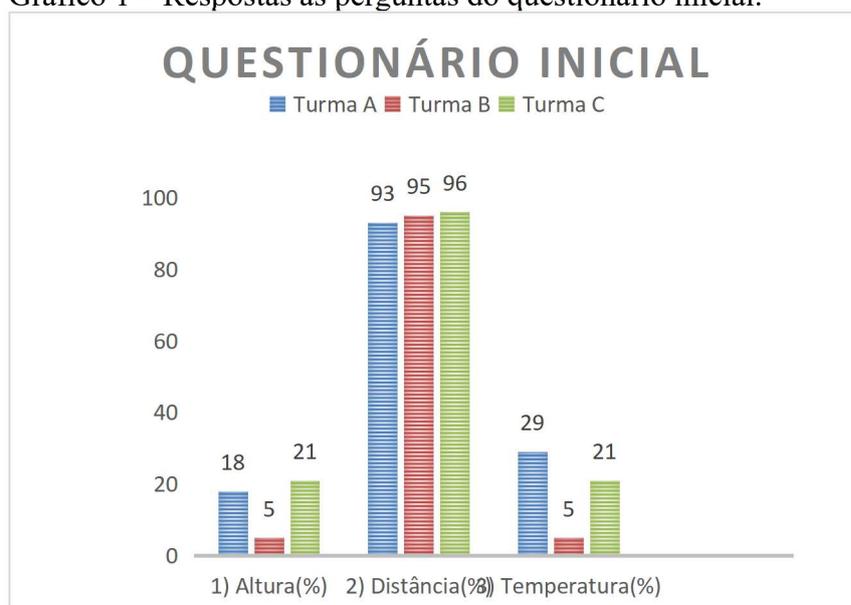
Fonte: elaborada pelo Autor.

Na primeira pergunta do questionário, poucos alunos de cada turma colocaram a unidade *metro m* relativa à altura de um colega de sala. Na segunda pergunta foi praticamente unânime a preferência em colocar a unidade *quilômetro km* para a distância entre Sobral e

Fortaleza. E na terceira pergunta, assim como na primeira, pouquíssimos alunos colocaram a unidade *grau Celsius* °C para a temperatura de um adulto com febre.

A comparação entre a porcentagem de alunos que responderam cada uma das três perguntas nas três turmas do questionário inicial está no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Respostas as perguntas do questionário inicial.



Fonte: elaborado pelo autor.

Esses dados nos sugerem que por ser “qual a sua altura?” uma pergunta muito comum e presente no cotidiano das pessoas, os alunos se acostumaram a responder apenas o número, já que todo ser humano tem uma altura variando em torno de alguns metros. O mesmo acontece também com a temperatura. Não estamos acostumados a responder 39 °C quando fazemos a leitura da temperatura em um termômetro. É mais comum responder 39 graus. Já os dados da segunda pergunta nos mostram que quando paramos para pensar em algo que não nos é comum pensar no dia a dia, tentamos ser o mais precisos possível, daí praticamente quase todos os alunos colocaram a medida da distância de Sobral a Fortaleza em km.

Durante a sequência didática, a cada passo finalizado, foi imediatamente pedido que cada aluno desse uma nota de zero a cinco para aquele passo, sendo que zero significava que o aluno não sentiu dificuldade alguma em realizar o passo e cinco que sentiu muita dificuldade. O único passo da sequência que não foi analisado pelos alunos foi o quinto passo denominado avaliação contínua, pois este é direcionado ao professor na verificação da aprendizagem dos alunos como um processo contínuo.

A resposta a análise dos primeiros quatro passos da sequência didática gerou a Tabela 5 com as porcentagens de cada nota para cada passo em cada turma.

Tabela 5 – Análise dos passos da sequência didática.

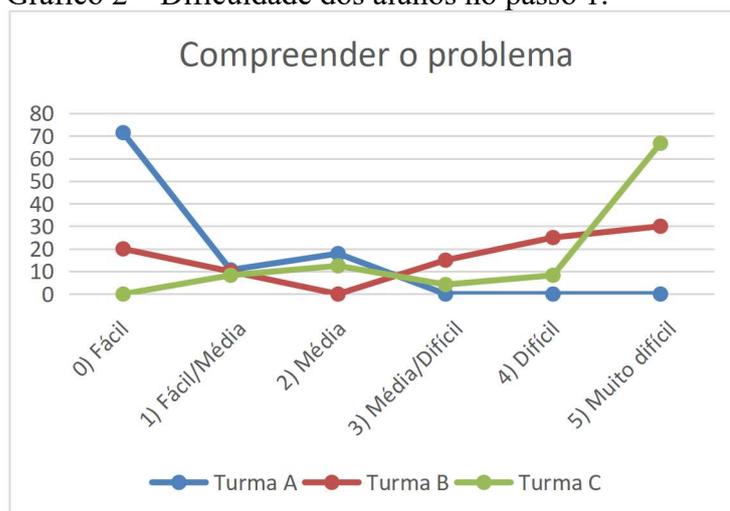
Nota	Compreender o Problema (em %)			Estabelecer um plano (em %)			Executar o plano (em %)			Examinar a solução (em %)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0	71,4	20	0	0	5	12,5	10,7	10	4,2	17,9	25	4,2
1	10,7	10	8,3	3,6	5	4,2	35,7	0	8,3	7,1	5	4,2
2	17,9	0	12,5	0	10	16,7	0	15	16,7	10,7	20	4,2
3	0	15	4,2	3,6	10	20,8	14,3	20	33,3	10,7	30	33,3
4	0	25	8,3	14,3	25	12,5	10,7	10	16,7	17,9	15	12,5
5	0	30	66,7	78,6	45	33,3	28,6	45	20,8	35,7	5	41,6

Fonte: elaborada pelo Autor.

No passo *compreender o problema*, foi notável a diferença entre o nível de dificuldade percebido pelas turmas B e C em relação à turma A. Como este passo privilegia a interpretação, e sendo a turma A frequente no hábito da leitura, a dificuldade enfrentada por eles ficou abaixo da média. Para ser mais preciso, 71,4% não sentiu dificuldade alguma em interpretar a situação descrita na questão geradora.

O Gráfico 2 mostra a comparação entre as dificuldades dos alunos no passo *compreender o problema* nas três turmas.

Gráfico 2 – Dificuldade dos alunos no passo 1.



Fonte: elaborado pelo autor.

Nas turmas A e B uma maior quantidade de alunos sentiu dificuldade máxima durante a compreensão do problema, mais precisamente 30% na B e 66,7% na C. Os dados

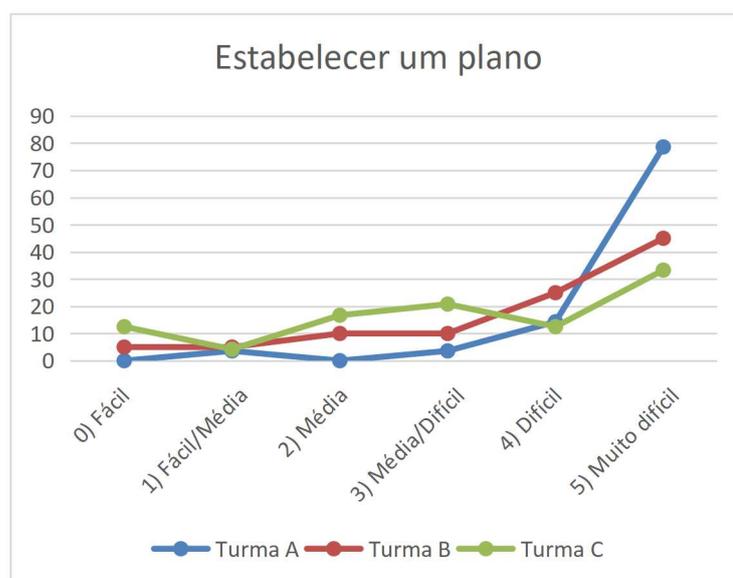
mostram que enquanto uma parte da turma B não enfrentou nenhuma dificuldade neste passo, a outra parte enfrentou muita dificuldade. Já na turma C isso não ocorreu. Nenhum aluno afirmou não ter enfrentado qualquer dificuldade na interpretação da questão, enquanto uma maioria de 66,7% da turma encarou esse passo com muita dificuldade.

No segundo passo, estabelecer um plano, os alunos tinham que identificar uma unidade chave e especificar essas unidades em termos de suas grandezas físicas. E ainda identificar que grandeza física se pretendia calcular.

Segundo a Tabela 5 todas as três turmas tiveram a maior quantidade de alunos enfrentando dificuldade máxima nesse passo, o que deixa explícito a deficiência no trato com unidades de medidas pelos alunos. A turma A, boa em interpretação, já experimentou maior dificuldade nesse passo, com 78,6% da turma sentindo dificuldade máxima, enquanto nenhum aluno achou esse passo fácil de realizar. As turmas B e C tiveram uma menor porcentagem de alunos enfrentando dificuldade máxima em relação à turma A, respectivamente 45% e 33,3%. Enquanto isso, precisamente 5% na turma B e 12,5% na turma C, não sentiram dificuldade alguma. Essa análise permite inferir que há a necessidade de um trabalho maior com foco nas unidades de medidas, proposta desta sequência didática, para minimizar as dificuldades enfrentadas pelos alunos no manuseio das unidades de medidas das grandezas físicas.

No Gráfico 3 temos a comparação entre as dificuldades encontradas pelos alunos no passo *estabelecer um plano* nas três turmas.

Gráfico 3 – Dificuldade dos alunos no passo 2.



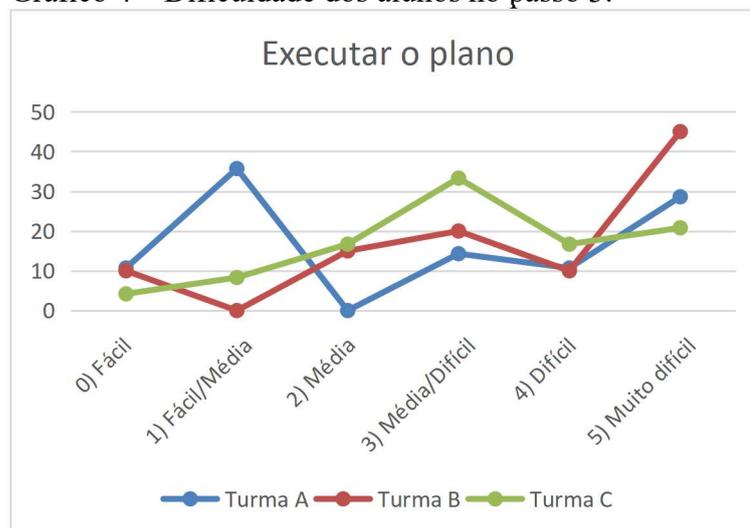
Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda conforme a Tabela 5, no passo *executar o plano*, onde os alunos começaram a resolver o problema em si, todas as turmas enfrentaram relativa dificuldade, tendo a turma B a maior porcentagem em relação a isso.

Nota-se que nenhuma das três turmas achou esse passo fácil de realizar. Percebe-se aqui uma dificuldade no tratamento matemático literal de equações, visto que aqui, resolver um problema é encontrar uma fórmula sem números em seu desenvolvimento. A outra dificuldade percebida está no manuseio das unidades na sentença inicial, de forma que fiquem explícitas nesta sentença unidades também presentes nas medidas dadas na questão geradora.

O Gráfico 4 mostra a comparação entre as dificuldades enfrentadas pelos alunos no passo *executar o plano* nas três turmas.

Gráfico 4 – Dificuldade dos alunos no passo 3.

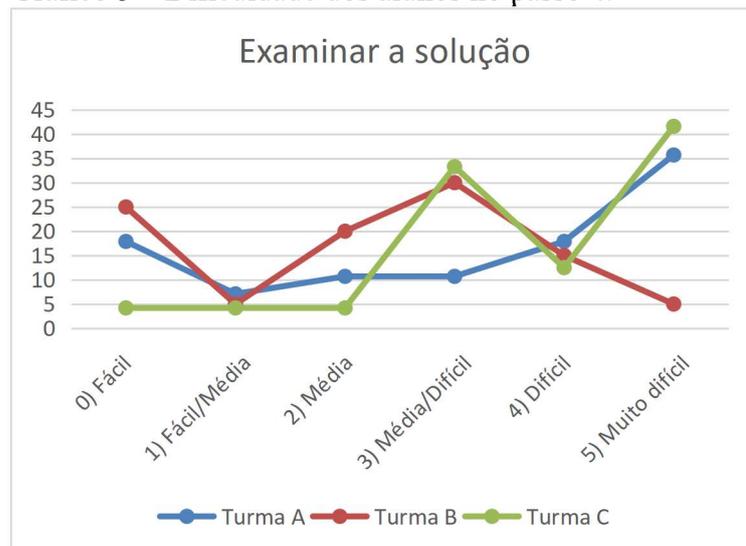


No último passo, examinar a solução, onde o professor coloca o rigor matemático na resolução do problema e insere conteúdos necessários aquele assunto como complemento ao ato de se resolver o problema, houve uma disparidade entre as dificuldades enfrentadas pelas três turmas.

Enquanto as turmas A e C enfrentaram dificuldades máximas para entender o rigor matemático e científico presente na Física, respectivamente 35,7% na turma A e amplos 41,6% na turma C, somente 5% da turma C achou esse passo de dificuldade máxima. Percebe-se aqui que a turma B, aparentemente parece entender melhor a necessidade de detalhes intrínsecos à natureza.

As dificuldades enfrentadas pelos alunos no passo *examinar a solução* nas três turmas estão registradas no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Dificuldade dos alunos no passo 4.



Fonte: elaborado pelo autor.

Efetuada uma análise mais geral dos dados verificados na Tabela 5 temos a compreensão do problema como o passo que os alunos tiveram, em média, menor dificuldade durante a aplicação da sequência didática. Já o passo *estabelecer um plano*, onde a identificação das unidades é o ponto forte, foi, em média, o de maior dificuldade máxima, evidenciando a perceptível dificuldade enfrentada pelos alunos no momento de se colocar a unidade correta após a resolução de uma questão quantitativa. Esperamos que aplicações seguidas desta sequência didática amenize isso, visto que toda mudança necessita de certo tempo para maturação.

Imediatamente após a avaliação do último passo pelos alunos, foi pedido que respondessem uma pergunta sobre a preferência deles em relação ao modelo de aula dado. Se preferiam o modelo idêntico às últimas aulas dadas propositadamente, onde o professor é o detentor de todo o conhecimento, denominado anteriormente de modelo narrativo ou o modelo de aula dado naquele momento em que se usou os passos da sequência didática e o exemplo do guia de sequência didática. A resposta à preferência dos alunos se encontra nos dados da Tabela 6.

Nota-se pelos dados da Tabela 6 que apesar das dificuldades experimentadas em alguns passos da sequência didática proposta, os alunos preferiram substancialmente o modelo de aula do guia ao invés do modelo anterior narrativo. Talvez pela nova proposta e saída da rotina eles tenham sido tentados a escolher o modelo do guia.

Tabela 6 – Análise do modelo de aula.

Item		Quantidade de alunos que marcaram o item		
		Turma A (28 alunos)	Turma B (20 alunos)	Turma C (24 alunos)
a)	Modelo Narrativo	5 (18%)	5 (25%)	3 (12,5%)
b)	Modelo Guia	23 (82%)	15 (75%)	21 (87,5%)

Fonte: elaborada pelo Autor.

Preferimos acreditar que quando o aluno enfrenta seus desafios à procura do conhecimento e o professor deixa de ser o detentor de todo o conhecimento e é um tutor, a visão que o aluno tem da construção do conhecimento seja elevada. Estamos ponderando que enquanto o modelo narrativo afasta o aluno, um novo modelo onde ele é atuante o atrai para aprender com liberdade apesar dos limites impostos por ele mesmo ou pela sociedade no entendimento de processos matemáticos e de conceitos físicos.

Após a resposta da pergunta sobre a preferência do modelo de aula, os alunos foram indicados a responder às perguntas da parte 3 do instrumento de coleta de dados denominado questionário final. Eram elas:

06. Pergunte a outro colega de sala qual é a altura dele e anote no espaço abaixo.

07. Estime a distância da sua casa até a escola.

08. Estime a temperatura normal de um ser humano adulto.

O intuito desse questionário final era verificar a porcentagem de alunos de cada turma que colocariam a unidade de medida a cada resposta dada depois da aplicação da sequência didática em ensino de física através da resolução de problemas com foco nas unidades de medidas. O resultado está descrito na Tabela 7.

Tabela 7 – Questionário final.

Pergunta	Quantidade de alunos que colocaram a unidade de medida		
	Turma A (28 alunos)	Turma B (20 alunos)	Turma C (24 alunos)
06	8 (29%)	4 (20%)	8 (33%)
07	27 (96%)	18 (90%)	20 (83%)
08	10 (36%)	9 (45%)	4 (17%)

Fonte: elaborada pelo Autor.

Após todos os passos trabalhados em sala, esperava-se que os dados verificados na Tabela 7 tivessem um aumento substancial no número de alunos que agora lembrariam, ou

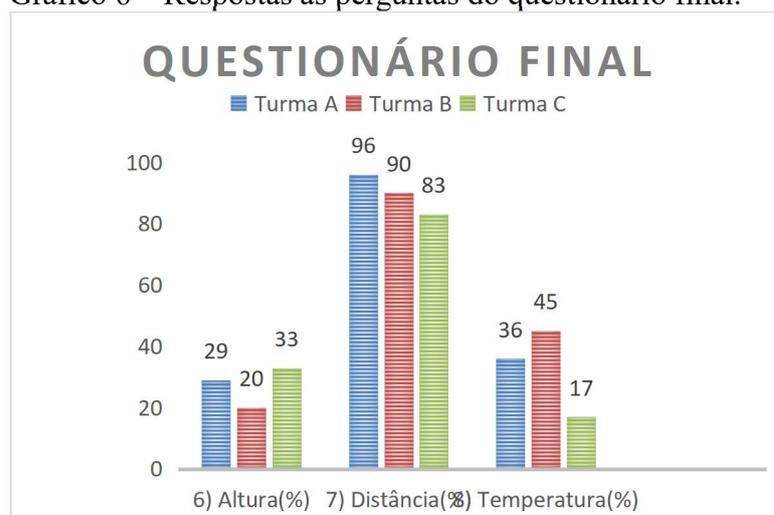
se importariam, em colocar as unidades relativas às medidas pedidas nas perguntas em relação aos dados da Tabela 4.

Em relação à sexta pergunta, sobre a altura de outro colega, embora ainda muito frequente no convívio das pessoas, houve um aumento no número de alunos que colocaram a unidade na medida em todas as três turmas.

Os dados da Tabela 7, referentes às respostas da pergunta seis, em relação aos da Tabela 4, referentes às respostas da primeira pergunta, mostram três alunos a mais em cada turma. Temos, então, um aumento de aproximadamente 11% na turma A, 15% na B e 12% na C. Consideramos um aumento significativo em relação a uma pergunta onde geralmente as pessoas não veem a necessidade em se colocar a unidade metro na resposta.

O Gráfico 6 mostra a comparação entre a porcentagem de alunos que responderam cada uma das três perguntas do questionário final entre as três turmas.

Gráfico 6 – Respostas as perguntas do questionário final.



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota-se no Gráfico 6 que a colocação da unidade na resposta dada a pergunta sete, assim como na resposta dada a pergunta dois do questionário inicial e presente na Gráfico 1 se manteve em patamar alto. Os alunos tiveram que pensar ao estimar a distância entre a casa deles e a escola ao invés da distância de Fortaleza a Sobral efetuada na pergunta dois. Ou seja, quando o aluno é levado a pensar em algo que exige maior fidelidade em relação à realidade, a preocupação sobre estimar isso faz com a medida seja mencionada de maneira mais precisa possível.

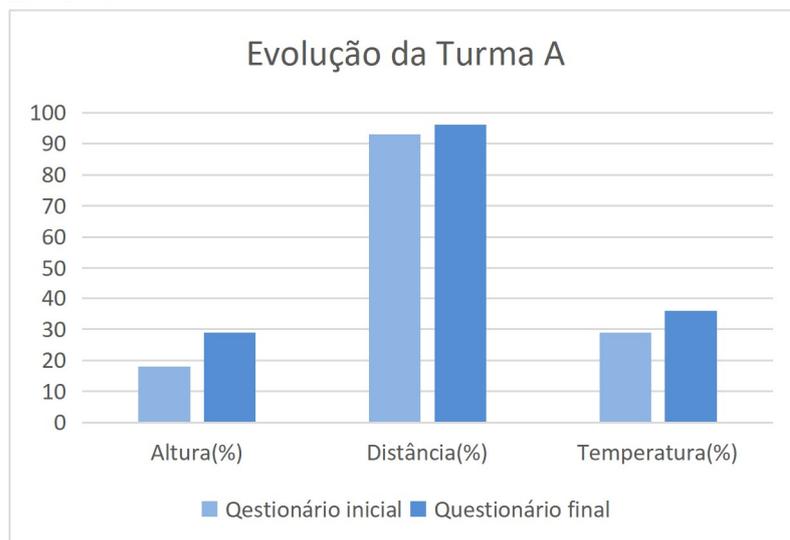
Na última pergunta do questionário final, os alunos foram requisitados a estimar a temperatura normal de um adulto. Comparando as respostas as perguntas três e oito,

constantes das Tabelas 4 e 7, tivemos: 2 alunos, colocando a unidade °C, a mais na turma A, 8 na turma B e 1 a menos na turma C. Portanto, 7% na turma A, expressivos 40% na B e, o não esperado, -4% na C.

Apesar das respostas imediatas a perguntas sobre temperatura levar os alunos a acrescentarem apenas o grau ao valor numérico, em média, houve um aumento na colocação da unidade grau Celsius a medida.

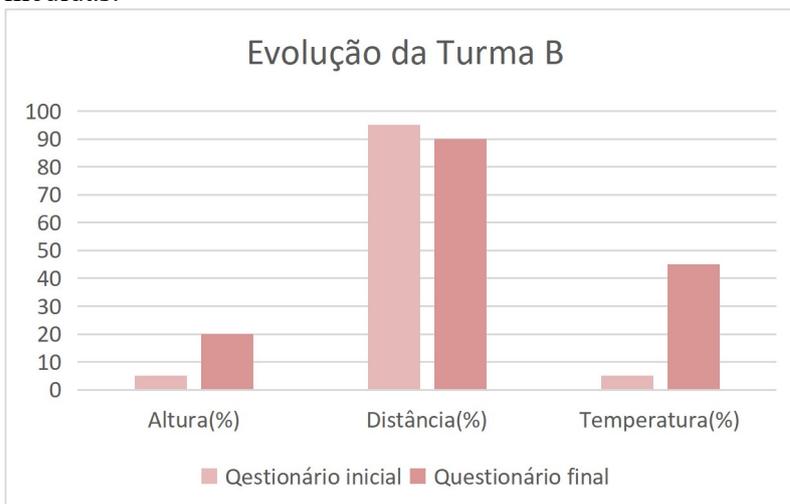
Para finalizar apresentamos os Gráficos 7, 8 e 9 que relacionam a evolução das turmas A, B e C, respectivamente, antes e depois da aplicação da sequência didática.

Gráfico 7 – Evolução da Turma A em relação às unidades de medidas.



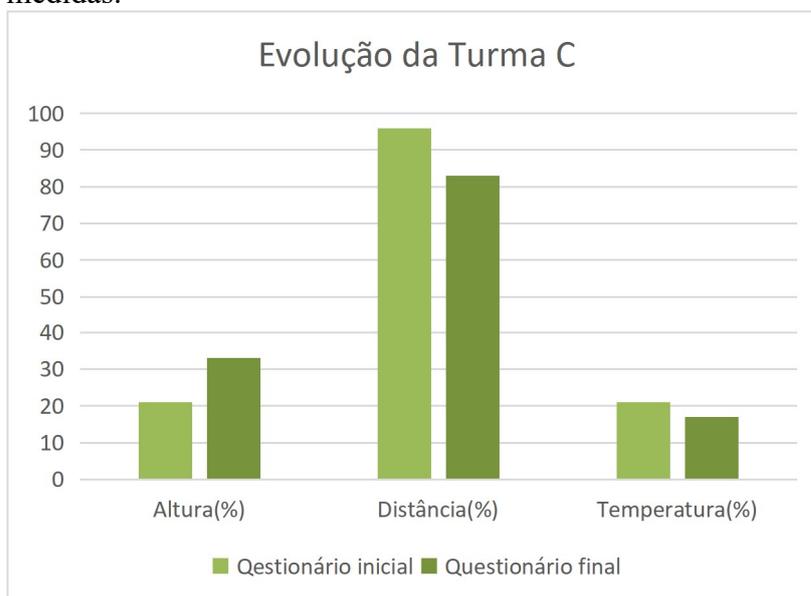
Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 8 – Evolução da Turma B em relação às unidades de medidas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 9 – Evolução da Turma C em relação às unidades de medidas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar de não apresentar mudanças significativas, em média houve uma leve melhora na inclusão de unidades de medida por parte dos estudantes. Espera-se que com mais aplicações do produto educacional estas melhorias sejam mais acentuadas. No decorrer da nossa aplicação, percebemos que o trabalho com resolução de problemas é um caminho, a longo prazo, que pode gerar bons resultados em uma turma com dificuldades. Não podemos esperar que um aluno com problemas estruturais decorrentes do Ensino Fundamental tenha suas dificuldades sanadas em poucas resoluções de problemas durante o Ensino Médio.

8 CONCLUSÃO

No presente trabalho, propusemos uma sequência didática em Ensino de Física baseada na resolução de problemas para ser aplicada pelo professor de física do ensino médio em sala de aula e com a finalidade de melhorar a habilidade dos alunos dessa modalidade de ensino com relação às unidades das grandezas físicas.

A sequência didática propicia aos alunos uma exploração mais profunda dos seus conhecimentos prévios ao tirar o papel do professor como principal detentor do conhecimento e colocá-lo na posição de tutor na construção do conhecimento pelos alunos. Também ao objetivar a dedução de fórmulas físicas pelos alunos nas diversas situações em que se deparam com questões quantitativas ou semiquantitativas.

Além da melhora no aspecto da física em si, a sequência didática visa desenvolver a habilidade dos alunos em operações matemáticas usadas em equações literais durante o manuseio das unidades de medidas.

A sequência didática sugerida é apoiada na Teoria Resolução de Problemas por meio das fases idealizadas por George Polya em seu livro *A arte de resolver problemas*.

Em meio aos inúmeros desafios enfrentados pelos professores durante o processo de ensino, aprendizagem e avaliação que se configura o momento atual, nos amparamos na Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática Através da Resolução de Problemas, do Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas, buscando aumentar a eficiência na aplicação da sequência didática em sala de aula.

A correlação entre a teoria de George Polya e a Metodologia do GTERP resultou na sequência didática denominada “Sequência Didática em Ensino de Física Através da Resolução de Problemas” composta por cinco passos.

A resolução do problema inicia-se com a *i) compreensão de um problema*, e segue com o *ii) estabelecimento de um plano*, a *iii) execução do plano* e o *iv) exame da solução* e finaliza com a *iv) avaliação contínua dos alunos*.

Essa dissertação tem como produto educacional um guia de sequência didática em ensino de física, presente no Apêndice B, com a descrição minuciosa de todos os passos da sequência didática, acompanhada de exemplos de questões geradoras, a maioria delas captadas de provas do Exame Nacional do Ensino Médio.

O objetivo do guia é direcionar o professor na aplicação da sequência didática, e de oferecer questões geradoras, também em sua maioria do ENEM, para poder utilizá-las para

reaplicação da sequência didática, servindo assim como meio de avaliação continuada durante o processo de ensino e aprendizagem.

O produto foi aplicado em turmas de terceiro ano do ensino médio de uma escola pública e por essa aplicação se constatou a presença da dificuldade no manuseio das unidades de medidas por parte dos alunos.

Por meio de um questionário de levantamento de dados, verificaram-se as dificuldades que os alunos passaram em cada passo da sequência didática. Com a análise dos dados verificamos uma discreta melhora no tratar com as unidades das grandezas físicas, bem como uma apreciação melhor, por parte dos alunos, das aulas onde foram utilizadas a sequência didática e o guia com as questões geradoras.

Com a mudança no modelo de aula, do narrativo para o com o guia, vimos uma maior participação dos alunos nas aulas e notamos melhorias nos processos matemáticos exigidos na resolução de um problema.

Para os professores que se veem resolvendo problemas em sala de aula e queiram aprofundar-se na Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática Através da Resolução de Problemas, é fortemente indicada por este autor a leitura do livro *Resolução de Problemas — Teoria e Prática* do GTERP.

REFERÊNCIAS

BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Tópicos de Física 3: eletricidade, física moderna**. São Paulo: Saraiva, 2012.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. MEC: Brasília, 2013. Disponível em: portal.inep.gov.br/web/enem/sobre-o-enem. Acesso em: 23 jan. 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Provas e gabaritos**. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria no 411, de 17 de junho de 2021**. Institui Grupo de Trabalho, no âmbito do Ministério da Educação - MEC, com a finalidade de discutir a atualização do Exame Nacional do Ensino Médio - Enem e do Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos – Encceja. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br>. Acesso em: 23 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria no 557, de 22 de julho de 2021**. Altera a Portaria MEC no 411, de 17 de junho de 2021. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br>. Acesso em: 23 jan. 2023.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 1999.

BRITO, F. Uma forma prática de trabalhar as unidades de medidas no cotidiano dos alunos do Ensino Médio. *In: COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO, CIDADANIA E EXCLUSÃO*, 4., 2020, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande: Realize Editora, 2015. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/11478>. Acesso em: 21 jan. 2023.

CEARÁ. Secretaria da Educação. **Metodologias de Apoio: áreas de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Fortaleza: SEDUC, 2008. (Coleção Escola Aprendiz, v. 3).

DA COSTA, Sayonara Salvador Cabral; MOREIRA, Marco Antonio. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 263-276, 2001.

DE OLIVEIRA, Arthur Couto Rosa Dutra; SILVA, Cibelle Celestino. Justificativas para o sucesso da matemática na descrição da natureza como demanda epistêmica no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, p. 10-33, 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: eletromagnetismo**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: mecânica**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012.

HOTTECKE, D. Learning Physics with History and Philosophy of Science on effective implementation strategies for old approach in school science teaching in Europe. *In: GARCIA,*

N. M. D.; HIGA, I.; ZIMMERMANN, E.; SILVA, C. C.; MARTINS, A. F. P. (org.). **A Pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. Editora da Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, p. 45-77, 2010.

KILPATRICK, J. A History of Research in Mathematics Education. *In*: GROUWS, Douglas A.(ed.). **Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning**: a project of the National Council of Teachers of Mathematics. New York: Macmillan, 1992. p. 3-38.

KUSSUDA, Sergio Rykio. **A escolha profissional de licenciados em física de uma universidade pública**. 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2012.

LEAL JUNIOR L. C.; ONUCHIC, L. R. Ensino e aprendizagem de Matemática através da Resolução de Problemas como prática sociointeracionista. **Bolema**: boletim de Educação Matemática, v. 29, n. 53, p. 955-978, 2015.

MARANDINO, Martha. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 168-193, 2003.

MAZZONI, T. Del P. **Análise dimensional**: materiais para um livro aberto. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

MIRANDA, Veronica Vilela Bueno Rodrigues *et al.* **Uma análise das finalidades educativas do Novo Ensino Médio a partir do DCGO-EM**: a formação geral básica e os itinerários formativos. Inhumas: FacMais, 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. Ensino de Física no século XXI: desafios e equívocos. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 3, p. 80–94, 2018.

NCTM. **Principles and Standards for School Mathematics**. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2000.

ONUCHIC, L. R.; ALLEVATO, N. S. G. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas, p. 73-98. *In*: **Boletim de Educação Matemática (BOLEMA)**, v. 25, n. 41, dez. 2011. Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro. Ed. Comemorativa 25 anos.

ONUCHIC, Lourdes de la Rosa. **Resolução de problemas**: teoria e prática. Jundiaí: Paco Editorial, 2019.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PIETROCOLA, Maurício. **Construindo o novo ensino médio**: projetos interdisciplinares: física. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2020.

POLYA, G. **A arte de Resolver Problemas**. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

PONTES, Edel Alexandre Silva. A arte de ensinar e aprender matemática na educação básica: um sincronismo ideal entre professor e aluno. **Revista Psicologia & Saberes**, v. 7, n. 8, p. 163-173, 2018.

QUADROS, Rodrigo; VILLAS-BOAS, Valquíria. Aprendizagem ativa no Ensino Médio: uma proposta para o ensino de grandezas físicas e unidades de medida utilizando casos de ensino. **Scientia Cum Industria 8.3** (2020): Scientia Cum Industria, v. 8, n. 3, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343839086_Aprendizagem_Ativa_no_Ensino_Medio_Uma_Proposta_para_o_Ensino_de_Grandezas_Fisicas_e_Unidades_de_Medida_Utilizando_Casos_de_Ensino. Acesso em: 21 jan. 2023.

RIOS, D. F.; BÚRIGO, E. Z.; OLIVEIRA FILHO, F. Movimento da Matemática Moderna: sua difusão e institucionalização. *In*: OLIVEIRA, M. C. A., SILVA, M. C. L.; VALENTE, W. R. O. (Orgs). **Movimento da Matemática Moderna**: história de uma reformulação curricular. Juiz de Fora: Ed. UFSJ, 2011.

ROSA, Cleci Werner da et al. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, 2012.

SCHROEDER, T. L.; LESTER JR, F.K. Developing Understanding in Mathematics via Problem Solving. *In*: TRATFON, P. R.; SHULTE, A. P. (eds.). **New Directions for Elementary School Mathematics**. Reston: NCTM, 1989.

SILVA, Rodrigo Oliveira Ferreira da *et al.* **Reflexos na práxis do professor de ciências (Física, Química e Biologia), da cidade de Maceió, após a adoção do ENEM como protagonista no processo de seleção de alunos para o Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro de Educação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

SILVEIRA, Fernando Lang da; STILCK, Jurgen F.; BARBOSA, Marcia Cristina Bernardes. Comunicações: Manifesto sobre a qualidade das questões de Física na Prova de Ciências da Natureza no Exame Nacional de Ensino Médio. **Caderno brasileiro de ensino de física**. Florianópolis. v. 31, n. 2, ago. 2014, p. 473-479, 2014.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

PARTE 1: QUESTIONÁRIO INICIAL

01. Pergunte a um dos seus colegas de sala qual é a altura dele e anote no espaço abaixo.

Nome do colega: _____ - Altura: _____

02. Estime a distância de Fortaleza a Sobral e anote no espaço abaixo.

Distância: _____

03. Estime a temperatura na qual um adulto se encontra com febre e anote no espaço abaixo.

Temperatura: _____

PARTE 2: ANÁLISE DO MODELO DIDÁTICO

04. Que nota de 0 a 5 você daria a cada passo do Guia, sendo que 0 significa que você não sentiu dificuldade alguma em realizar o passo e 5 que sentiu muita dificuldade?

Passo 1: Compreender o problema

Nota: _____

Passo 2: Estabelecer um plano

Nota: _____

Passo 3: Executar o plano

Nota: _____

Passo 4: Examinar a solução

Nota: _____

05. Qual modelo didático você sentiu uma melhor absorção do conteúdo?

() Modelo narrativo

() Modelo guia

PARTE 3: QUESTIONÁRIO FINAL

06. Pergunte a outro colega de sala qual é a altura dele e anote no espaço abaixo.

Nome do colega: _____ - Altura: _____

07. Estime a distância da sua casa até a escola.

Distância: _____

08. Estime a temperatura normal de um ser humano adulto.

Temperatura: _____

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

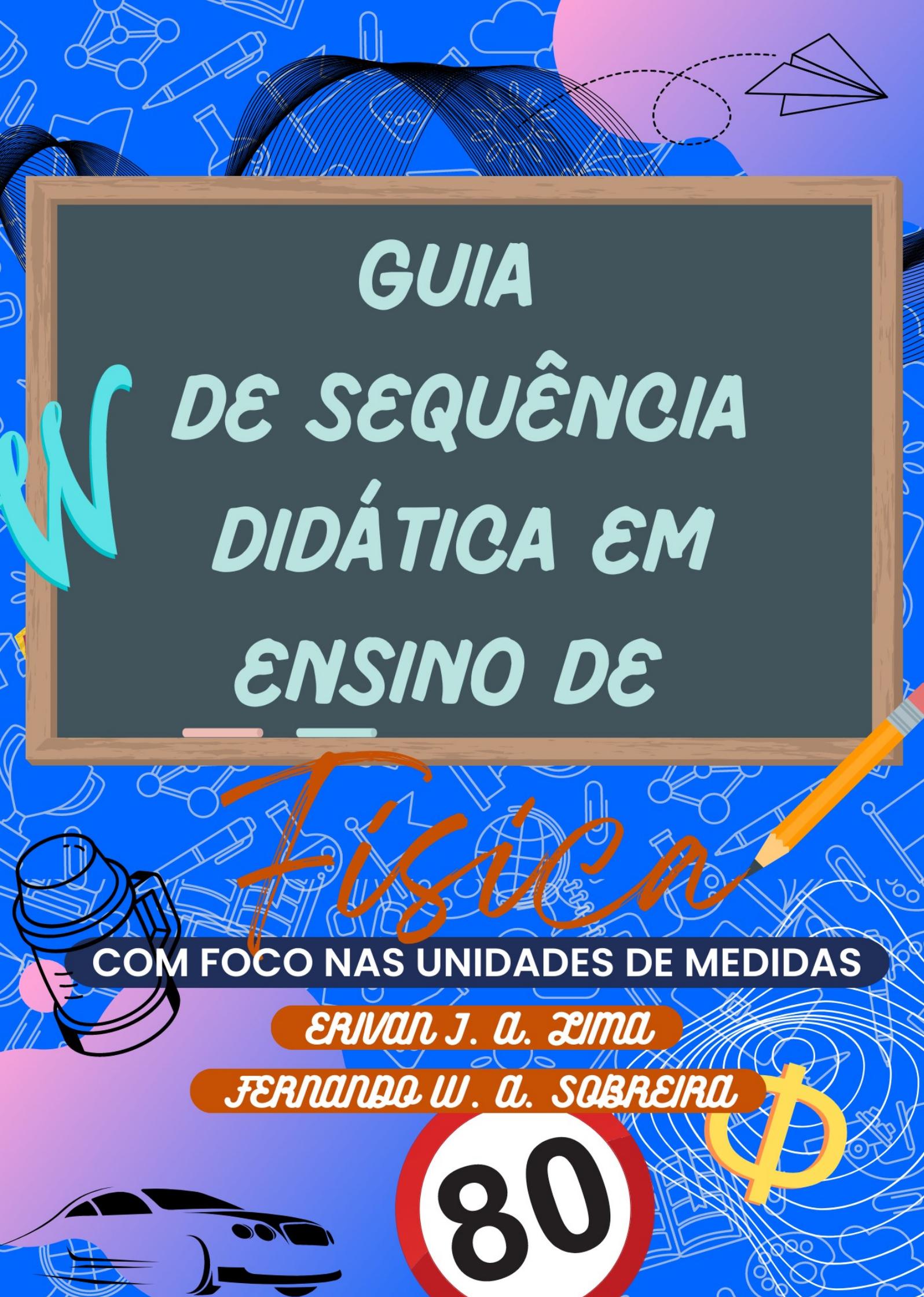
GUIA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS

Este guia tem o objetivo de orientar o professor de Física do Ensino Médio no objetivo de auxiliá-lo na aplicação da Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de problemas com foco nas unidades de medidas, fruto dessa dissertação de Mestrado.

O guia mostra como trabalhar os cinco passos da sequência didática por meio da Teoria Resolução de Problemas aliada a Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas.

O intuito do professor usar a sequência didática juntamente com o guia em aulas paralelas a que ministra é trabalhar as unidades das grandezas físicas juntamente com seus alunos num ambiente de sala de aula cooperativo e construtor do conhecimento.

Desejamos que a aplicação deste produto educacional traga um aprendizado mais sólido tanto para os alunos do Ensino Médio como para o professor.



**GUIA
DE SEQUÊNCIA
DIDÁTICA EM
ENSINO DE**

Física

COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS

ERIVAN J. A. LIMA

FERNANDO W. A. SOBREIRA

80



ERIVAN JOSÉ ALVES DE LIMA

GUIA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS

Produto Educacional apresentado em
Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Física da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre em
Ensino de Física. Área de concentração:
Formação de Professores de Física em Nível de
Mestrado.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Wellysson de
Alencar Sobreira.

FORTALEZA

2023

ERIVAN JOSÉ ALVES DE LIMA

GUIA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COM FOCO NAS UNIDADES DE MEDIDAS

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Aprovada em: 14/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Agmael Mendonça Silva
Universidade Estadual do Piauí (UESPI)

A Deus.

Aos meus pais, Francisca Assis de Lima e
Edvan Lima Alves.

APRESENTAÇÃO

Este guia é o produto educacional da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC), intitulado “Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas com Foco nas Unidades de Medidas”, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Wellysson de Alencar Sobreira.

É frequente e perceptível a inabilidade em operar unidades de medidas na resolução de questões da disciplina de Física por parte de alunos do Ensino Médio, isso quando não esquecem completamente em colocá-las.

Devido isso, este guia é direcionado a professores de física do Ensino Médio, onde propomos uma sequência didática visando orientar o professor a ajudar seus alunos a suplantar a dúvida na escolha da unidade correta, por meio de uma sequência didática com foco nas unidades de medidas.

No capítulo 1 deste guia denominado “Unidades de medidas” citamos as medidas do Sistema Internacional de unidades (SI) e como essas unidades derivam várias outras unidades presentes na Física e as maneiras como elas se agrupam formando essas unidades. Também falamos neste capítulo dos prefixos das unidades do SI e da diferenciação entre unidades e prefixos.

No capítulo 2, denominado Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas, compilamos a Teoria Resolução de Problemas (RP) com a Metodologia Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas para tornar a sequência didática aplicável pelo professor de física em sala de aula.

No capítulo 3 oferecemos ao professor de física exemplos de aplicação da sequência didática utilizando em sua maioria questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Esperamos que o uso desse guia na aplicação da sequência didática sirva de meio para minimizar as dificuldades apresentadas por alunos do Ensino Médio em relação às unidades de medida, bem como oferecer variabilidade na rotina do trabalho do professor.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	UNIDADES DE MEDIDAS	1
1.1	Unidades de medidas derivadas	1
1.2	Prefixos das unidades de medidas do SI	5
CAPÍTULO 2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	7
2.1	Passo 1: Compreender o problema	7
2.2	Passo 2: Estabelecer um plano	8
2.3	Passo 3: Executar o plano	9
2.4	Passo 4: Examinar a solução	10
2.5	Passo 5: Avaliação contínua	11
CAPÍTULO 3	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUGESTÕES DE QUESTÕES GERADORAS	13
EXEMPLO 1	PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA CALORIMETRIA	14
EXEMPLO 2	VELOCIDADE DE UMA ONDA	17
EXEMPLO 3	CAMPO ELÉTRICO NUM PONTO DO ESPAÇO	21
EXEMPLO 4	POTÊNCIA ELÉTRICA	24
EXEMPLO 5	ENERGIA ELÉTRICA	28
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	32

CAPÍTULO 1: UNIDADES DE MEDIDAS

No processo de validação experimental de um fenômeno físico teórico, são inicialmente realizadas todas as medições necessárias para o estudo daquele fenômeno. As medidas realizadas se referem as grandezas físicas relevantes ao fenômeno, ou seja, que influenciam o que está sendo estudado e suas relações com as demais medições. Para o estudo ser coerente é necessário tomar cuidado com as unidades de medidas utilizadas. Para isso existe um sistema padrão de unidades das medidas adotado para favorecer a comunicação entre os cientistas de todos os países do mundo, denominado Sistema Internacional de Unidades (SI). Atualmente as unidades presentes no SI são apenas sete, as quais estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Sistema Internacional de Unidades.

Grandeza Física	Unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Fonte: elaborada pelo autor.

No estudo dos fenômenos físicos são comumente introduzidas novas grandezas físicas necessárias ao estudo daquele fenômeno. As unidades dessas grandezas físicas serão denominadas no nosso trabalho como unidades de medidas derivadas, ou, por simplicidade, unidades derivadas.

1.1 Unidades de medidas derivadas

Como em nosso trabalho é de fundamental importância lidar com as unidades de medidas e como elas se apresentam em diversos problemas, citaremos alguns exemplos de unidades derivadas presentes em alguns assuntos da Física.

De acordo com Halliday e Resnick (2012, p. 18) a definição de *velocidade instantânea*, ou simplesmente *velocidade* (v), é o limite (lim.) da razão entre o *deslocamento* (Δx) e o *intervalo de tempo* (Δt) quando Δt tende a 0 (zero), ou seja,

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}. \quad (1.1.1)$$

Iremos a partir de agora usar a notação $[z]$ para citar a unidade de uma grandeza física z . Então para a citação *a unidade da grandeza z é y* denotaremos $[z] = y$ e vice-versa.

Sendo o *deslocamento* uma medida de comprimento, no SI é medido em metros (m) ou $[\Delta x] = m$, e como o *intervalo de tempo* é uma medida de tempo, no SI é medido em segundos (s) ou $[\Delta t] = s$, então de acordo com a Equação 1.1.1 e a notação adotada, temos

$$[v] = \frac{[\Delta x]}{[\Delta t]} = \frac{m}{s} = m/s. \quad (1.1.2)$$

Então a *velocidade* é medida no SI como uma unidade derivada da razão entre a unidade padrão de comprimento e a unidade padrão de tempo, ou seja, pela unidade derivada m/s.

Nesse momento mostraremos como uma unidade derivada pode se juntar a outras unidades padrões para formar outra unidade derivada. Ainda de acordo com Halliday e Resnick (2012, p. 19) a definição de *aceleração instantânea*, ou simplesmente *aceleração* (a) é o limite (lim.) da razão entre a *variação da velocidade* (Δv) e o *intervalo de tempo* (Δt) quando Δt tende a 0 (zero), ou seja

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (1.1.3)$$

Como a *variação de velocidade* não deixa de ser uma medida de velocidade, então temos $[\Delta v] = m/s$, e como já sabemos $[\Delta t] = s$, ambas no SI, então, conforme a Equação 1.1.3, obtemos:

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = [\Delta v] \cdot \frac{1}{[\Delta t]} = \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2} = m/s^2. \quad (1.1.4)$$

Assim, temos a unidade derivada m/s se juntando a unidade padrão s para gerar a unidade derivada m/s².

Nem sempre a unidade de medida derivada está explícita em determinado problema, ao ser muito comum representar uma unidade derivada por um símbolo único, muitas vezes homenageando algum cientista que teve importante contribuição na área específica em que a unidade se insere.

Um exemplo de unidade derivada não explícita é a unidade da grandeza física *força* (F) que homenageia o físico inglês Isaac Newton e denominada apenas por newton, ou seja $[F] = \text{N}$. Para sabermos de onde deriva a unidade newton precisamos recorrer a lei que define o conceito de *força*. Ainda de acordo com Halliday e Resnick (2012, p. 95) a Segunda Lei de Newton afirma que a *força resultante* que age sobre um corpo é igual ao produto da *massa* do corpo pela *aceleração*, ou seja:

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}. \quad (1.1.5)$$

A notação utilizada nas grandezas físicas *força* e *aceleração* na Equação 1.1.5 é para ditar que essas grandezas têm comportamento vetorial. Quando analisadas em termos de componentes de um espaço vetorial, a Equação 1.1.5 assume as formas

$$F_x = m \cdot a_x, F_y = m \cdot a_y \text{ e } F_z = m \cdot a_z, \quad (1.1.6)$$

conforme as possíveis direções do movimento.

Como no SI a unidade de massa é o kg e a unidade derivada da aceleração é o m/s^2 , temos que

$$[F] = [m] \cdot [a] \Rightarrow [F] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}, \quad (1.1.7)$$

que por si só é uma unidade derivada implícita.

Um fato curioso e que não poderíamos deixar de citar é que em alguns casos, uma unidade derivada parece ser equivalente a uma unidade padrão do Sistema Internacional. Por exemplo, de acordo com Halliday e Resnick (2009, p. 134) se uma *carga elétrica* dq , medida em coulomb C no SI, passa por um plano hipotético em um *intervalo de tempo* dt , medido em segundos s, a *corrente elétrica* i nesse plano, medida no SI, é definida como

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow [i] = \frac{[dq]}{[dt]} = \frac{\text{C}}{\text{s}} = \text{A}, \quad (1.1.8)$$

ou seja, a unidade de *corrente elétrica*, conforme a Tabela 1, é o ampère, logo uma unidade padrão que se equivale a uma unidade derivada resultante da razão entre a unidade de *carga elétrica* e a unidade padrão de *tempo*. Isso não é verdade.

Ainda conforme Halliday e Resnick (2009, p. 5), “A unidade de carga do SI é o coulomb. Por motivos práticos, que têm a ver com a precisão das medidas, o coulomb é definido a partir da unidade do SI para a corrente elétrica, o ampère.”, ou seja, desenvolvendo a Equação 1.1.8, temos $C = A \cdot s$. Portanto, na realidade, a unidade de carga elétrica é que se apresenta como unidade derivada, resultante do produto de duas unidades padrões, o ampère e o segundo.

No entanto, para esse trabalho, felizmente não precisaremos nos importar com isso. Cabe ao professor, num momento de rigor científico, expor esse tipo de situação. Para o que propomos nessa sequência didática, as fórmulas da Física e suas motivações não fazem parte do fator preponderante para o seu entendimento, sobretudo elas são o resultado da nossa procura. O que nos importa, preferencialmente, é lidar com as unidades das grandezas físicas derivadas e explícitas. A partir delas poderemos encontrar a fórmula que conectou as unidades padrões, ou as unidades derivadas, ou as unidades padrões com as unidades derivadas sem que precisemos conhecer suas motivações.

Seja o caso da unidade derivada e explícita m/s^2 da *aceleração*. Usando a notação para unidades, definida anteriormente, temos que

$$m/s^2 = [a] \Rightarrow m \cdot \frac{1}{s^2} = [a] \Rightarrow \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} = [a]. \quad (1.1.9)$$

Sabendo que o m/s é a unidade derivada da *velocidade* e o s é a unidade padrão de *tempo*, é possível rapidamente interpretar o resultado da Equação 1.1.9 em termos de grandezas físicas na forma

$$v \cdot \frac{1}{t} = a \Rightarrow a = \frac{v}{t}. \quad (1.1.10)$$

A fórmula da Equação 1.1.10, embora em termos simplificados, equivale à Equação 1.1.3 e é totalmente funcional, ou seja, é suficiente para que um aluno do Ensino Médio possa calcular uma *aceleração*. Para isso é necessário que ele interprete a *velocidade* v acima como uma *variação de velocidade* Δv , característica de corpos que sofrem aceleração, e o *tempo* t como uma *variação de tempo* Δt .

Nesta sequência didática, durante um dos seus passos, o professor como mediador da aprendizagem assume a responsabilidade em trazer rigor ao que foi deduzido como na Equação 1.1.10. Neste caso, é função do professor explicar que a *aceleração* é por definição a

razão entre a *variação da velocidade* Δv sofrida por um corpo e o *intervalo de tempo* Δt no qual essa variação aconteceu, ou seja

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (1.1.11)$$

Embora algumas fórmulas aqui utilizadas, como as das Equações 1.1.1, 1.1.3 e 1.1.8, tenham formato comum ao utilizado em livros-textos de Ensino Superior, suas grandezas físicas são componentes de fórmulas mais simples no Ensino Médio, como a da Equação 1.1.11. Mesmo assim possuem a mesma unidade de medida, o que nos permite efetuar tal dedução como mostrada nas equações 1.1.9 e 1.1.10.

1.2 Prefixos das unidades de medidas do SI

Quando lidamos com medidas é comum a substituição de determinados valores em potências de base 10, sejam estes muito pequenos ou muito grandes, por prefixos como os citados na Tabela 2.

Tabela 2 – Prefixos das unidades do SI

Prefixo	Fator	Símbolo	Prefixo	Fator	Símbolo
iota-	10^{24}	I	deci-	10^{-1}	d
zeta-	10^{21}	Z	centi-	10^{-2}	c
exa-	10^{18}	E	mili-	10^{-3}	m
peta-	10^{15}	P	micro-	10^{-6}	μ
tera-	10^{12}	T	nano-	10^{-9}	n
giga-	10^9	G	pico-	10^{-12}	p
mega-	10^6	M	femto-	10^{-15}	f
quilo-	10^3	k	ato-	10^{-18}	a
hecto-	10^2	h	zepto-	10^{-21}	z
deca-	10^1	da	iocto-	10^{-24}	i

Fonte: elaborada pelo autor.

Também é imprescindível nominar aqui as diferenças entre as unidades de medidas e os prefixos presentes nas medidas das grandezas físicas.

Consideremos a medida 10 m. Ela jamais deverá ser lida *dez mili*, pois o mili é um prefixo, logo antecede a algo, o que não ocorre na medida citada, ou seja, prefixo não tem caráter terminal numa medida, e sim inicial. Portanto, a medida citada deve ser lida *dez metros*.

Consideremos a medida 10 mm. Então pelo caráter inicial do prefixo temos o primeiro m como símbolo do prefixo mili e o segundo m como símbolo da unidade metro. Daí lê-se dez milímetros, respeitando a junção das palavras mili e metro conforme o vocabulário da língua portuguesa. A união de um prefixo com uma unidade resulta em outra unidade que representa a mesma grandeza física, daí o milímetro se configurar como uma unidade apesar de conter um prefixo. Concluimos então que tanto 10 mm como 10 m representam ambos uma grandeza física de comprimento, assim como 5 kW e 5 W representam uma mesma grandeza física de potência.

Cabe lembrar que o exposto acima faz parte da teoria de análise dimensional. A diferença persiste no fato de que aqui, nem sempre estaremos olhando para as grandezas físicas em torno de suas unidades padrões do SI conforme feito na análise dimensional, e sim nas unidades de grandezas físicas que já conhecemos sem precisar decompô-las em unidades padrões.

Para citar, Mazzoni (2019, p. 34) afirma que “O *trabalho* realizado por uma força \vec{f} sobre uma partícula de massa m que se desloca de \vec{d} , é dado por $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$, então

$$[W] = (M \cdot L \cdot T^{-2}) \cdot L = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}."$$

Em nosso caso, se uma situação-problema envolver as grandezas físicas trabalho, força e deslocamento, em muitos momentos precisaremos apenas desenvolver a unidade de trabalho a escrevendo em termos das unidades de força, que não é uma unidade padrão do SI, e de deslocamento. Logo, teremos

$$[W] = [\vec{F}] \cdot [\vec{d}] = N \cdot m.$$

CAPÍTULO 2: SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

A sequência didática em ensino de física sugerida neste guia, que denominaremos de Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas, é composta de cinco passos. Quatro deles utilizam as quatro fases da Teoria Resolução de Problemas sugerida por George Polya, publicadas em seu livro *A Arte de Resolver Problemas* em 1945, combinadas com nove etapas da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas desenvolvida pelo Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas (GTERP), para aplicação em sala de aula. O quinto e último passo da sequência didática proposta se confunde com a décima e última etapa da metodologia do GTERP que está relacionada com a proposta da avaliação em sala de aula ter, entre outros aspectos, o fato de ser contínua. Dessa maneira, os quatro primeiros passos da sequência didática terão denominações similares as das fases de Polya e conterão as etapas especificadas acima da metodologia do GTERP. A Tabela 3 mostra a relação entre os passos da sequência didática proposta, as fases da Teoria Resolução de Problemas e as etapas da metodologia do GTERP.

Tabela 3 – Relação entre passos da sequência didática proposta, fases da Teoria Resolução de Problemas e etapas da metodologia do GTERP.

Passos da Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas	Fases da Teoria Resolução de Problemas	Etapas da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas
1. Compreender o problema	1. Compreensão do problema	1. Proposição do problema 2. Leitura individual
2. Estabelecer um plano	2. Estabelecimento de um plano	3. Leitura em conjunto
3. Executar o plano	3. Execução do plano	4. Resolução do problema
		5. Observar e incentivar
		6. Registro das resoluções na lousa
		7. Plenária
8. Busca do consenso		
4. Examinar a solução	4. Retrospecto	9. Formalização do conteúdo
5. Avaliação contínua		10. Proposição e resolução de novos problemas

Fonte: elaborada pelo Autor.

É de vital importância que nas aulas da aplicação da sequência didática proposta, o professor exponha uma tabela com as unidades das grandezas físicas fundamentais presentes no Sistema Internacional de medidas e outra com prefixos das medidas. O ideal é que nesse momento os alunos não tenham acesso ao livro didático nem à internet para não ocorrer pesquisa de qualquer tipo além da direcionada pelo professor.

2.1 Passo 1: Compreender o problema

Na primeira fase da resolução de problemas, denominada por Polya como *compreensão do problema*, abrangeremos as etapas de *proposição do problema* e *leitura individual* da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas.

O professor inicia a aula expondo para os alunos uma questão que necessita de uma fórmula para sua resolução, ou seja, expõe uma questão quantitativa ou semiquantitativa que denominaremos de questão geradora. A exposição pode ser via projeção, material impresso, ou qualquer outro meio que esteja à sua disposição.

A seleção da questão a expor deve ser motivada pelo fato desta precisar ou não de uma unidade definida anteriormente. Se precisar dessa unidade, que chamaremos de unidade base, deve-se expor primeiro uma questão que mencione essa unidade para depois expor uma questão mais elaborada, ou seja, que necessite dessa unidade base.

Se os alunos já tiveram contato com essa unidade base, mesmo que numa aula onde o foco não tenha sido as unidades de medidas, o professor pode expor uma questão mais complexa ou mesmo aceitar uma questão proposta pelos alunos que satisfaça essas condições favoráveis a resolução do problema. A função dessa questão geradora é de construir um novo conceito ou conteúdo que necessita de uma fórmula para sua resolução.

A obtenção dessa fórmula é o problema em aberto a se resolver na questão. O interesse do aluno em resolver o problema está no fato dele precisar da solução do problema, ou seja, da fórmula, para poder resolver a questão. Logo, deve-se entender que o conteúdo necessário a resolução da questão ainda não foi lecionado pelo professor em sala de aula.

Após a exposição da questão ou entrega da mesma em material impresso, o professor deve pedir aos alunos que façam uma leitura individual dessa questão e determinar um breve tempo para isso. O objetivo desse passo é possibilitar que o aluno faça a reflexão sobre a questão geradora, desenvolvendo compreensão própria sobre a mesma.

2.2 Passo 2: Estabelecer um plano

Na segunda fase, denominada por Polya de *estabelecimento de um plano*, iremos aplicar apenas a etapa *leitura em conjunto* da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas

Nesse passo a sala de aula é dividida em grupos. O professor pede aos alunos que façam uma nova leitura da questão geradora e levantem uma discussão sobre o problema proposto. Após a leitura coletiva, o professor pede aos alunos que identifiquem na questão geradora a medida de uma grandeza física cuja unidade seja a mais elaborada possível, portanto uma unidade derivada que contenha o máximo de unidades.

Eventualmente essa unidade derivada é de uma constante física dimensional. A unidade escolhida pode ser chamada de unidade chave. A partir da escolha da unidade chave pedir que os alunos identifiquem a qual grandeza física pertence cada unidade presente na unidade chave, escrevendo isso em seu caderno da seguinte forma: unidade da grandeza física = [símbolo da grandeza física: nome da grandeza física].

O aluno deve sentir-se livre para escolher a letra que achar conveniente para representar cada grandeza física presente na unidade chave, pois segundo Hottecke (2010) um trabalho escolar em que se pretende discutir processos de construção da ciência, o professor não pode trabalhar numa posição de apresentador de verdades.

A utilização de letras diferentes das rotineiramente usadas para as grandezas físicas, não impede que o aluno encontre uma fórmula funcional. Esse passo, em vários momentos, abrirá a visão do aluno para o fato de grandezas físicas serem representadas por letras que não necessariamente são iniciais as suas escritas, pois se assim fossem teríamos letras iguais representando grandezas físicas diferentes, gerando confusão nas interpretações das grandezas físicas componentes das fórmulas. Nesse momento o professor deve enfatizar a importância aos alunos, se possível, de usarem as unidades presentes na tabela do Sistema Internacional de Unidades (SI).

O professor no papel de tutor deve pensar nas suas dificuldades e nas conquistas que vivenciou ao tentar resolver problemas, e assim sentir as dificuldades e indagações dos alunos nessa etapa. Portanto, deve ajudar os grupos na compreensão da questão e tirar dúvidas referentes a expressar-se com coerência e clareza na passagem da linguagem comum da escrita em linguagem matemática na representação da notação utilizada.

Quando os alunos tiverem identificado todas as unidades presentes na unidade chave e relacionado cada uma a grandeza física à qual pertence, o professor pede agora que

identifiquem a grandeza física cuja medida está sendo pedida na questão e relacione-a a sua unidade representando da mesma forma anterior. Com o hábito é esperado que esse passo torne-se cada vez mais rápido de realizar.

2.3 Passo 3: Executar o plano

Na terceira fase explicitada no livro de Polya como *execução do plano*, serão abrangidas as etapas, *resolução do problema, observar e incentivar, registro das resoluções na lousa, plenária e busca do consenso* da metodologia do GTERP.

Hora de deduzir uma possível fórmula para ser utilizada na questão, ou seja, chegou o momento de resolver o problema em si. O professor nessa etapa informa aos grupos que se necessário, procurem relacionar a situação-problema por recursos diversos como esquemas físicos de representação da realidade. Após construir desenhos, gerar gráficos ou atribuir tabelas deve-se indicar as incógnitas e os dados da questão, procurando facilitar o entendimento do porquê no uso de todas aquelas grandezas físicas presentes no problema. Este provavelmente seja o passo no qual os grupos de alunos irão lidar com uma dificuldade maior, pois se inicia um processo matemático literal de resolução de problemas. Com esse passo espera-se atingir o conhecimento planejado pelo professor para essa aula.

O papel do professor nesse momento é apenas de observar o que os alunos estão fazendo na busca da fórmula e incentivar para procurarem trocar ideias. Lembrar que eles podem utilizar conhecimentos anteriores e algumas técnicas operatórias prévias. Pode ainda auxiliá-los nas dificuldades encontradas, sem, no entanto, oferecer respostas concretas.

Consoante com o que afirma Polya em sua terceira fase da resolução de problemas, nesse momento o professor somente experimentará relativa tranquilidade se o grupo tiver concebido um bom plano.

Momento de conhecer a fórmula obtida por cada grupo de alunos. O professor deve solicitar que um aluno representante de cada grupo escreva na lousa a resolução do problema encontrada. Mesmo que o grupo ache que a fórmula esteja errada, a resolução que gerou em sua obtenção deve ser escrita na lousa. Nesse momento não é necessário exigir dos alunos formalidades matemáticas em excesso. O aluno deve se sentir livre para expor a solução que o grupo encontrou.

Após a escrita, o professor deve estimular os alunos a compartilhar suas ideias e defender seu ponto de vista, mencionando inclusive o porquê da escolha da letra que usou para representar cada grandeza física. O aluno deve ainda comparar e discutir as diferentes

resoluções escritas na lousa. Após o aluno avaliar a própria resolução, peça-o que aprimore a escrita da mesma na lousa. Nesse momento o professor não deve citar se uma ou outra fórmula encontrada está errada, ou certa.

Começa aqui uma ação conjunta entre professor e alunos na busca em atingir um consenso sobre o resultado correto do problema, ou seja, sobre a fórmula adequada para a resolução da questão.

Aqui começa uma importante construção do conhecimento do assunto em pauta, assim como a melhora da leitura e escrita matemática. O professor deve insistir para o aluno ler novamente a questão, verificar cada passo executado e se convencer da correção desses passos. Segundo Leal e Onuchic (2015, p. 973)

Na Resolução de Problemas, o foco não está na resposta ou na solução do problema, mas sim nos pensamentos produzidos e engendrados pelos conceitos e princípios que possam destacar a resolução do problema que se pretende estudar e avançar nos meios, e não simplesmente nos fins.

2.4 Passo 4: Examinar a solução

Na última fase da Teoria Resolução de Problemas, denominada *retrospecto*, associaremos a etapa *formalização do conteúdo* da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas.

É a partir dessa etapa que o professor toma posse do rigor da linguagem matemática, transmitindo aos alunos a possibilidade de melhoria na resolução do problema fazendo a verificação do resultado. O professor deve fazer uma apresentação na lousa de modo que seja a mais organizada possível e bem estruturada. É a oportunidade do professor padronizar conceitos necessários ao conteúdo em pauta, explicar princípios pertinentes ao assunto e usar de procedimentos advindos da resolução do problema, dando destaque as diversas técnicas operacionais. Seria válido nesse momento aproveitar o método abordado para mostrar do quanto os problemas literais, sendo raramente explorados em sala de aula, são vantajosos em relação aos problemas essencialmente numéricos.

2.5 Passo 5: Avaliação contínua

O último passo da sequência didática proposta culmina com a última etapa da Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas chamada proposição e resolução de novos problemas. Ela serve como proposta de

avaliação para o professor verificar como e quanto do conteúdo exposto foi apreendido pelos alunos.

Após definida a fórmula correta, o professor deve oferecer aos alunos uma nova questão geradora cuja resolução do problema resulte na mesma fórmula ou pequena variação dela. O objetivo aqui é analisar se os pontos principais e específicos do conteúdo foram realmente apreendidos naquela aula, consolidando as aprendizagens construídas em cada passo da sequência didática, aprofundando e ampliando o conhecimento daquele conteúdo. Com esse processo cíclico espera-se que o aluno experimente uma melhora na absorção das fórmulas da física e que reconheça a importância das grandezas físicas presentes no fenômeno em estudo, bem como o imprescindível valor no reconhecimento das unidades de medidas dessas grandezas físicas.

CAPÍTULO 3: EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUGESTÕES DE QUESTÕES GERADORAS

A partir deste momento apresentamos alguns exemplos de como o professor pode aplicar a Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de Problemas por meio de questões geradoras, em sua maioria da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Lembre-se que a geradora é uma questão, mas a resolução é de um problema, ou seja, por meio de uma questão, ao compreendê-la, nos deparamos com um problema a resolver: precisamos deduzir, por meio das unidades de medidas, uma fórmula que nos permitirá resolver a questão geradora.

Após cada exemplo de aplicação é sugerida uma nova questão geradora para o professor dar continuidade ao processo e avaliar continuamente seus alunos, verificando se os passos desenvolvidos na resolução do problema foram apreendidos por eles.

EXEMPLO 1: PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA CALORIMETRIA

Passo 1: Compreender o problema

Questão geradora: ENEM 2019 (Aplicação regular)/prova azul — questão 117

Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)	
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- a) 25
- b) 27
- c) 45
- d) 50
- e) 70

Unidade base: cal

Nessa questão é fundamental que os alunos já saibam que a unidade *caloria cal* é uma das unidades de energia, propriamente da grandeza física energia calorífica, que aqui será denominada por *quantidade de calor Q*.

Então para essa aula temos como pré-requisito uma aula onde se foi definida a capacidade térmica e o calor específico de um corpo.

Passo 2: Estabelecer um plano

Unidade chave: $cal \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$

Na questão geradora é dada a medida do **calor específico** c da água cuja unidade é $cal \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ que é a unidade mais elaborada possível presente no texto, logo ela será a nossa unidade chave. Identificando cada unidade presente na unidade chave e relacionando com a grandeza física correspondente, temos,

$cal = [Q]$ (leia-se: caloria é a unidade de quantidade de calor)

$g = [m]$ (leia-se: grama é a unidade de massa)

$^\circ C = [\Delta\theta]$ (leia-se: grau Celsius é a unidade de variação de temperatura)

Problema a resolver: uma fórmula que nos permita calcular a **temperatura final** θ

A questão geradora pede que calculemos a **temperatura final** θ da água. Para isso precisamos primeiro resolver o problema e encontrar uma fórmula que contenha a **variação de temperatura** $\theta\Delta = \theta - \theta_0$ onde θ_0 é a **temperatura inicial da água**.

Passo 3: Executar o plano

Começamos desenvolvendo a unidade do calor específico

$$cal \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1} = [c] \Rightarrow cal \cdot \frac{1}{g} \cdot \frac{1}{^\circ C} = [c] \quad (3.1.1)$$

Agora escrevemos cada unidade presente na Equação 3.1.1 em termos de suas respectivas grandezas físicas

$$Q \cdot \frac{1}{m} \cdot \frac{1}{\Delta\theta} = c \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (3.1.2)$$

Passo 4: Examinar a solução

A resolução do problema nos dá a Equação 3.1.2 denominada Princípio Fundamental da Calorimetria que relaciona a **quantidade de calor** Q com a **massa** m , com o **calor específico** c e a **variação de temperatura** $\theta\Delta$.

Alguns alunos podem considerar a **variação de temperatura** $\Delta\theta$ como **temperatura** t , escrevendo a Equação 3.1.2 na forma $Q = m \cdot c \cdot t$.

Isso não tira a funcionalidade da fórmula se o aluno lembrar que a água estava inicialmente a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, portanto, precisará somar o valor t encontrado a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para encontrar a temperatura final da água.

Ao colocar o rigor matemático a resolução do problema, o professor deve deixar claro para os alunos a diferença entre temperatura e variação de temperatura.

Pode-se aproveitar o momento e utilizar a solução do problema para resolver a questão geradora e assim mostrar aos alunos a motivação por trás da resolução do problema.

Passo 5: Avaliação contínua

Sugestão de questão geradora: ENEM 2018 (Reaplicação/PPL)/prova azul — questão 102

Para preparar uma sopa instantânea, uma pessoa aquece em um forno micro-ondas 500 g de água em uma tigela de vidro de 300 g. A temperatura inicial da tigela e da água era de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Com o forno de micro-ondas funcionando a uma potência de 800 W, a tigela e a água atingiram a temperatura de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em 2,5 min. Considere que os calores específicos do vidro e da sopa são, respectivamente, $0,2\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ e $1,0\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, e que $1\text{ cal} = 4,2\text{ J}$. Que percentual aproximado da potência usada pelo micro-ondas é efetivamente convertido em calor para o aquecimento?

- a) 11,8%
- b) 45,0%
- c) 57,1%
- d) 66,7%
- e) 78,4%

Nota:

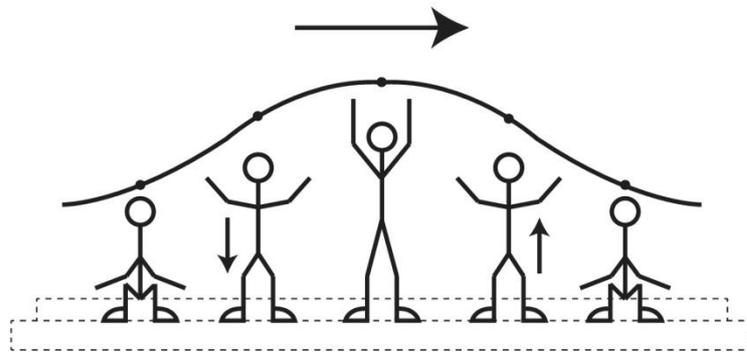
Para aplicação desta sequência didática usando essa questão geradora é necessário que o professor já tenha definido a unidade *Watt W* da grandeza física **potência P**.

EXEMPLO 2: VELOCIDADE DE UMA ONDA

Passo 1: Compreender o problema

Questão geradora: ENEM 2013 (Aplicação regular)/prova azul — questão 65

Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a *ola mexicana*. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm.

Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).

Nessa *ola mexicana*, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de

- a) 0,3.
- b) 0,5.
- c) 1,0.
- d) 1,9.
- e) 3,7.

Unidade base: Hz

Para resolver o problema é necessário que o professor tenha ministrado uma aula onde se definiu a unidade da grandeza física **frequência f** de uma onda como sendo *hertz Hz* = $1/s$.

Nessa aula contamos com que o comprimento de uma onda ainda não tenha sido definido pelo professor.

*Problema a resolver: uma fórmula que nos permita calcular a **frequência f***

Para essa sequência didática a obtenção de uma fórmula não depende necessariamente de conversão de unidades, apenas de correspondência entre a unidade e sua respectiva grandeza física. Mesmo sendo h uma unidade de tempo e s uma unidade de tempo, sabemos que $1/h$ não é igual a $Hz = 1/s$, mas não temos dúvidas que $1/h$ representa uma grandeza física de inverso do tempo assim como $1/s$. Logo podemos corresponder tanto uma quanto a outra a grandeza física frequência. A conversão de unidade, quando necessária, deverá ser realizada apenas no momento que antecede a resolução da questão numérica.

Passo 2: Estabelecer um plano

Unidade chave: km/h

Nessa questão geradora usaremos como unidade chave a unidade de velocidade *quilômetro/hora km/h* . É pedido que calculemos a frequência da onda, então para resolver o problema precisamos fazer a unidade de frequência $Hz = 1/s$ aparecer, ou como explicado anteriormente, a unidade equivalente $1/h$.

Identificando as unidades presentes na unidade chave e usando ainda o fato de $km/h = km \cdot (1/h)$, temos,

$km = [\lambda]$ (leia-se: quilômetro é a unidade de comprimento de onda)

$1/h \equiv [f]$ (leia-se: inverso da hora é equivalente à unidade de frequência)

Provavelmente os alunos irão interpretar a informação “cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm” simplesmente por uma **distância d** ou por **um deslocamento Δs** e não pelo **comprimento de onda λ** . Isso não afetará a funcionalidade da fórmula.

Passo 3: Executar o plano

Começamos desenvolvendo a unidade chave lembrando que a unidade $1/h$ precisa aparecer, então

$$km/h = [v] \Rightarrow km \cdot \frac{1}{h} = [v]. \quad (3.2.1)$$

Após visualizada a unidade $1/h$ na Equação 3.2.1, escrevemos cada unidade presente em termos de suas respectivas grandezas físicas, ou seja,

$$\lambda \cdot f = v \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}. \quad (3.2.2)$$

Passo 4: Examinar a solução

A partir desse momento o professor ao inserir o rigor matemático a resolução do problema define a informação “cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm” como o *comprimento de onda* λ e complementa a teoria da aula que cogita ministrar. Explicar com veemência a diferença entre $1/h$ e $1/s$ e embora foi utilizado $1/h$ para se chegar a fórmula, objeto da resolução do problema, a unidade Hz é igual apenas a $1/s$.

Lembrando que se os alunos encontrarem a fórmula na forma $f = v/d$ ou $f = v/\Delta s$, isso não impede que a questão geradora seja resolvida, desde que as devidas conversões de unidades sejam realizadas.

Passo 5: Avaliação contínua

Sugestão de questão geradora: ENEM 2011 (Reaplicação/PPL)/prova branca — questão 82

Na câmara de cozimento de um forno de micro-ondas, a flutuação do campo elétrico é adequada para o aquecimento da água. Esse tipo de forno utiliza micro-ondas com frequência de 2,45 GHz para alterar a orientação das moléculas de água bilhões de vezes a cada segundo. Essa foi a frequência escolhida, porque ela não é usada em comunicações e também porque dá às moléculas de água o tempo necessário para completar uma rotação. Dessa forma, um forno de micro-ondas funciona através do processo de ressonância, transferindo energia para os alimentos.

Sabendo que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no meio é de cerca de 3×10^8 m/s, qual é, aproximadamente, o comprimento de onda da micro-onda presente no forno, em cm?

- a) 0,12
- b) 1,22
- c) 8,17
- d) 12,2
- e) 817

EXEMPLO 3: CAMPO ELÉTRICO NUM PONTO DO ESPAÇO

Passo 1: Compreender o problema

Questão geradora:

Determine a intensidade do campo elétrico criado por uma carga pontual Q de $-8,0 \mu\text{C}$, em um ponto A situado a $6,0 \text{ cm}$ dessa carga. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é igual a $9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Fonte: Tópicos de física, volume 3 (2012, p. 38).

Unidade base: N/C

Para os alunos conseguirem resolver o problema é necessário ter sido ministrada uma aula introdutória sobre campo elétrico onde se definiu a unidade *Newton por Coulomb* N/C como unidade da **intensidade do campo elétrico E** , ou uma aula usando essa sequência didática onde essa unidade base fosse a unidade chave.

Contamos com que o conteúdo campo elétrico num ponto devido uma carga elétrica criadora não tenha sido ministrado em sala de aula.

Problema a resolver: uma fórmula que nos permita calcular a intensidade do campo elétrico E

Para resolver a questão geradora precisamos de uma fórmula que determina a **intensidade do campo elétrico E** criado por uma carga elétrica num ponto do campo.

Sabemos que nos foi dado os valores da **carga elétrica Q** , a **distância d** entre a carga elétrica e um ponto do plano e a **constante eletrostática do meio k** .

Passo 2: Estabelecer um plano

Unidade chave: Nm^2/C^2

Quando numa questão geradora é dada a medida de uma constante física dimensional, deve-se usar a unidade dessa constante, no caso a **constante eletrostática do meio k** , como unidade chave para se resolver o problema.

Correspondendo cada unidade presente na unidade chave por sua grandeza física, temos

$$N = [F] \text{ (leia-se: newton é a unidade de força)}$$

$m = [d]$ (leia-se: metro é a unidade de distância da carga elétrica ao ponto)

$C = [Q]$ (leia-se: coulomb é a unidade de carga elétrica)

Passo 3: Executar o plano

Como a questão geradora pede que calculemos a intensidade do campo elétrico, é necessário que durante a resolução do problema se faça com que a unidade N/C apareça.

Começamos desenvolvendo a unidade chave

$$Nm^2/C^2 = [k] \Rightarrow Nm^2 \cdot \frac{1}{C^2} = [k] \Rightarrow \frac{N}{C} \cdot \frac{m^2}{C} = [k]. \quad (3.3.1)$$

Após visualizada a unidade N/C na Equação 3.3.1, escrevemos cada unidade presente na sentença em termos de suas respectivas grandezas físicas, ou seja,

$$E \cdot \frac{d^2}{Q} = k \Rightarrow E \cdot d^2 = k \cdot Q \Rightarrow E = \frac{k \cdot Q}{d^2}. \quad (3.3.2)$$

Passo 4: Examinar a solução

Ao colocar o rigor matemático a resolução do problema o professor deve lembrar aos alunos que campo elétrico é uma grandeza física vetorial, logo é necessário que a **carga elétrica** Q esteja em módulo(| |) porque da forma que a fórmula se encontra, numa situação onde a carga elétrica é negativa teríamos uma intensidade de campo elétrico também negativa. Daí temos que a fórmula mais correta seria $E = k|Q|/d^2$.

Deve-se aproveitar esse momento também para explicar a relação inversa entre a intensidade do campo elétrico num ponto do campo e o quadrado da distância da carga elétrica aquele ponto, bem como citar outros pontos específicos ao conteúdo que o professor achar útil de ser mencionado naquela aula. Pode se aproveitar o momento e utilizar a solução do problema para resolver a questão geradora e assim mostrar aos alunos a motivação por trás da resolução do problema.

Passo 5: Avaliação contínua

Sugestão de questão geradora:

A 1,0 m de uma carga puntiforme, o campo elétrico apresenta-se com intensidade de $9,0 \cdot 10^3$ N/C. Determine os possíveis valores da carga geradora do campo, supondo-a solitária no vácuo. É dado: $k_0 = 9,0 \cdot 10^9$ Nm²/C².

Fonte: Física clássica, volume 3 (2012, p. 198).

EXEMPLO 4: POTÊNCIA ELÉTRICA

Passo 1: Compreender o problema

Questão geradora: ENEM 2016 (Aplicação regular)/prova azul — questão 54

Durante a primeira fase do projeto de uma usina de geração de energia elétrica, os engenheiros da equipe de avaliação de impactos ambientais procuram saber se esse projeto está de acordo com as normas ambientais. A nova planta estará localizada à beira de um rio, cuja temperatura média da água é de 25 °C, e usará a sua água somente para refrigeração. O projeto pretende que a usina opere com 1,0 MW de potência elétrica e, em razão de restrições técnicas, o dobro dessa potência será dissipada por seu sistema de arrefecimento, na forma de calor. Para atender a resolução número 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, com uma ampla margem de segurança, os engenheiros determinaram que a água só poderá ser devolvida ao rio com um aumento de temperatura de, no máximo, 3 °C em relação à temperatura da água do rio captada pelo sistema de arrefecimento. Considere o calor específico da água igual a 4 kJ/(kg °C).

Para atender essa determinação, o valor mínimo do fluxo de água, em kg/s, para a refrigeração da usina deve ser mais próximo de

- a) 42.
- b) 84.
- c) 167.
- d) 250.
- e) 500.

Unidade base: W

Nessa questão espera-se que os alunos já saibam que a unidade *watt* $W = 1/s$ é a unidade da grandeza física **potência P** .

Então para essa aula temos como pré-requisito uma aula onde foram definidos o conceito de **trabalho τ** , cuja unidade é o *joule* J (assim como a **Energia E**) e o conceito de potência. Portanto, espera-se que o aluno já saiba que $W = J/s$ onde s é a unidade *segundo* da grandeza física intervalo de tempo.

Passo 2: Estabelecer um plano

Unidade chave: $kJ/(kg \text{ } ^\circ C)$

Conforme a questão geradora é dada a medida do **calor específico** c da água, sendo a unidade mais elaborada possível presente no texto, logo ela será a nossa unidade chave.

Apesar da presença do prefixo *quilo* k na unidade chave, ao invés da unidade *quilojoule* kJ usaremos, por simplicidade, a unidade *joule* J (do SI) visto que correspondem a mesma grandeza física. Do mesmo modo poderíamos pensar em relação às unidades kg e g , mas neste caso consideraremos usar a unidade kg por ser uma das unidades fundamentais do SI.

Identificando cada unidade presente na unidade chave e relacionando com a grandeza física correspondente, temos

$J = [\tau \equiv \mathbf{E}]$ (leia-se: joule é a unidade de trabalho que é equivalente à energia)

$kg = [m]$ (leia-se: quilograma é a unidade de massa)

$^\circ C = [\Delta\theta]$ (leia-se: grau Celsius é a unidade de variação de temperatura)

Embora nesse exemplo não precisamos necessariamente saber qual é a unidade de trabalho, é importante que os alunos citem isso, visto que nosso foco aqui é exatamente trabalhar o manuseio das unidades de medidas.

Problema a resolver: uma fórmula que nos permita calcular o fluxo Φ de água.

A questão geradora pede que calculemos o **fluxo** Φ de água cuja unidade é kg/s . Para isso precisamos primeiro desenvolver a unidade chave, de modo que a unidade kg/s apareça.

Passo 3: Executar o plano

Começamos desenvolvendo a unidade do calor específico multiplicando-a por 1 na forma de s/s .

$$\frac{J}{kg^\circ C} = [c] \Rightarrow \frac{s}{s} \cdot \frac{J}{kg^\circ C} = [c] \Rightarrow \frac{s}{kg} \cdot \frac{J}{s} \cdot \frac{1}{^\circ C} = [c]. \quad (3.4.1)$$

Sendo kg/s a unidade do **fluxo** Φ então s/kg é o inverso da unidade do fluxo. E como citado anteriormente, $J/s = W$ é a unidade de **potência** P .

Agora escrevendo cada unidade presente na Equação 3.4.1 em termos de suas respectivas grandezas físicas temos

$$\frac{1}{\phi} \cdot P \cdot \frac{1}{\Delta\theta} = c \Rightarrow \phi \cdot c \cdot \Delta\theta = P \Rightarrow \phi = \frac{P}{c \cdot \Delta\theta}. \quad (3.4.2)$$

Passo 4: Examinar a solução

A resolução do problema nos dá a Equação 3.4.2 que relaciona o **fluxo** Φ com a **potência** P , com o **calor específico** c e com a **variação de temperatura** $\theta\Delta$.

Alguns alunos podem considerar o **fluxo** Φ como o **fluxo** f , e a **variação de temperatura** $\Delta\theta$ como **aumento de temperatura** t escrevendo a Equação 3.4.2 na forma $f = P/c \cdot t$.

Isso não tira a funcionalidade da fórmula desde que o aluno substitua os dados da questão colocando os valores corretos dos prefixos que os acompanham.

Ao colocar o rigor matemático a resolução do problema cabe ao professor definir fluxo e sua relação inversa com o tempo.

Seria interessante aproveitar o momento e utilizar a solução do problema para resolver a questão geradora mostrando aos alunos a diferença entre potência total(ou nominal), potência útil e potência dissipada.

Passo 5: Avaliação contínua

Sugestão de questão geradora: ENEM 2018 (Reaplicação/PPL)/prova azul — questão 102

O Sol representa uma fonte limpa e inesgotável de energia para o nosso planeta. Essa energia pode ser captada por aquecedores solares, armazenada e convertida posteriormente em trabalho útil. Considere determinada região cuja insolação — potência solar incidente na superfície da Terra — seja de 800 watts/m². Uma usina termossolar utiliza concentradores solares parabólicos que chegam a dezenas de quilômetros de extensão. Nesses coletores solares parabólicos, a luz refletida pela superfície parabólica espelhada é focalizada em um receptor em forma de cano e aquece o óleo contido em seu interior a 400 °C. O calor desse óleo é transferido para a água, vaporizando-a em uma caldeira. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.



Considerando que a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora tenha 6 m de largura e que focaliza no receptor os 800 watts/m² de radiação provenientes do Sol, e que o calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = 4.200 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, então o comprimento linear do refletor parabólico necessário para elevar a temperatura de 1 m³ (equivalente a 1 t) de água de 20 °C para 100 °C, em uma hora, estará entre

- a) 15 m e 21 m.
- b) 22 m e 30 m.
- c) 105 m e 125 m.
- d) 680 m e 710 m.
- e) 6.700 m e 7.150 m

Nota:

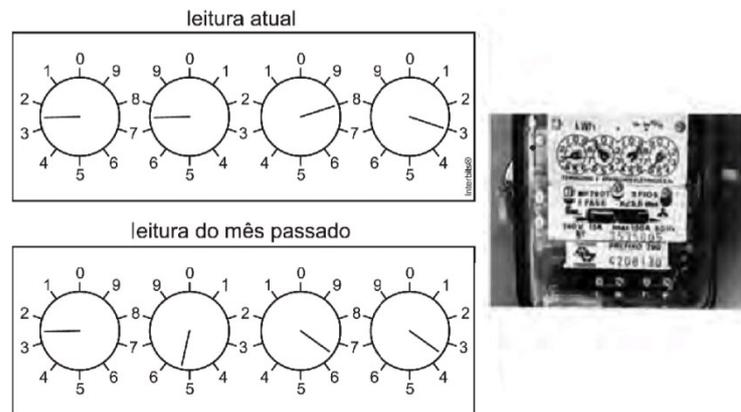
Para aplicação desta sequência didática usando essa questão geradora é necessário que no desenvolvimento da unidade chave a unidade m^2 apareça. Como na questão geradora nos é dado “a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora” sendo pedido “o comprimento linear do refletor parabólico” considerem representar esses dois comprimentos por *comprimento l* e *largura b*, respectivamente. Após o desenvolvimento da unidade chave, no momento em que precisar relacionar essas unidades com suas correspondentes grandezas físicas, a unidade m^2 deverá ser correspondida a grandeza de *área l · b*.

EXEMPLO 5: ENERGIA ELÉTRICA

Passo 1: Compreender o problema

Questão geradora: ENEM 2010 (Aplicação regular)/prova azul — questão 68

A energia elétrica consumida nas residências é medida, em quilowatt-hora, por meio de um relógio medidor de consumo. Nesse relógio, da direita para esquerda, tem-se o ponteiro da unidade, da dezena, da centena e do milhar. Se um ponteiro estiver entre dois números, considera-se o último número ultrapassado pelo ponteiro. Suponha que as medidas indicadas nos esquemas seguintes tenham sido feitas em uma cidade em que o preço do quilowatt-hora fosse de R\$ 0,20.



FILHO, A.G.; BAROLLI, E. **Instalação Elétrica**. São Paulo: Scipione, 1997.

O valor a ser pago pelo consumo de energia elétrica registrado seria de

- a) R\$ 41,80.
- b) R\$ 42,00.
- c) R\$ 43,00.
- d) R\$ 43,80.
- e) R\$ 44,00.

Unidade base: W

Nessa questão é necessário que os alunos saibam que a unidade *watt W* é a unidade de **potência elétrica P** para resolver o problema, logo é pré-requisito que uma aula sobre a definição de potência elétrica tenha sido lecionada em sala de aula.

Problema a resolver: uma fórmula que nos permita calcular a energia elétrica E

Para resolver essa questão não é necessária a utilização de nenhuma fórmula. Basta apenas que o aluno faça a leitura do relógio medidor de consumo como descrito no texto da questão e multiplique essa leitura pela tarifa cobrada. Mas a utilizamos para mostrar como esse conteúdo está presente no cotidiano dos alunos e como uma forma de introduzir o conceito de energia elétrica numa aula utilizando a sequência didática sugerida neste produto educacional.

Passo 2: Estabelecer um plano

Unidade chave: kWh

Nessa questão geradora o aluno precisa identificar que k é o prefixo quilo e não uma unidade, logo para resolver o problema deve levar apenas em consideração a unidade watt-hora Wh de energia elétrica.

Identificando cada unidade presente na unidade chave e relacionando com a grandeza física correspondente, temos

$$W = [P] \text{ (leia-se: watt é a unidade de potência elétrica)}$$

$$h = [\Delta t] \text{ (leia-se: hora é a unidade de intervalo de tempo)}$$

Passo 3: Executar o plano

Começamos explicitando a unidade de energia elétrica, nossa unidade chave, mencionada na questão sem escrever o prefixo quilo k

$$W \cdot h = [E]. \tag{3.5.1}$$

Escrevemos agora cada unidade presente na Equação 3.5.1 em termos de suas respectivas grandezas físicas, ou seja

$$P \cdot \Delta t = E \Rightarrow E = P \cdot \Delta t. \tag{3.5.2}$$

Passo 4: Examinar a solução

Esta é uma solução fácil de encontrar e os alunos provavelmente irão ficar tentados a representar a grandeza física *intervalo de tempo Δt* por *tempo t* . Ao colocar o rigor matemático a resolução do problema, o professor deve lembrar aos alunos a diferença entre tempo e intervalo de tempo. Deve-se aproveitar esse momento também para explicar a relação direta da energia elétrica consumida com a potência dissipada pelo dispositivo eletrônico em uso e o intervalo de tempo em que permanece funcionando.

Passo 5: Avaliação contínua

Sugestão de questão geradora: ENEM 2017 (Aplicação regular)/prova verde(libras) — questão 95

O Brasil vive uma crise hídrica que também tem trazido consequências na área de energia. Um estudante do ensino médio resolveu dar sua contribuição de economia, usando para isso conceitos que ele aprendeu nas aulas de física. Ele convence sua mãe a tomar banho com a chave do chuveiro na posição verão e diminuir o tempo de banho para 5 minutos, em vez de 15 minutos. Sua alegação baseou-se no seguinte argumento: se a chave do chuveiro estiver na posição inverno (potência de 6.000 W), o gasto será muito maior do que com a chave na posição verão (potência de 3.600 W). A economia por banho, em kWh, apresentada pelo estudante para sua mãe foi de

- a) 0,3.
- b) 0,5.
- c) 1,2.
- d) 1,5.
- e) 1,8.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos que este guia sirva de apoio ao professor de física ao aplicar a Sequência Didática em Ensino de Física através da Resolução de problemas.

Nossa proposta é melhorar a aprendizagem dos alunos em relação ao uso das unidades de medidas das grandezas físicas, bem como solucionar dúvidas referentes a processos matemáticos de resolução de problemas.

REFERÊNCIAS

- BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Tópicos de Física 3: eletricidade, física moderna.** São Paulo: Saraiva, 2012.
- CALCADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, JOSÉ LUIZ. **Física Clássica: eletricidade e física moderna.** São Paulo: Atual, 2012.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: eletromagnetismo.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: mecânica.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012.
- HOTTECKE, D. Learning Physics with History and Philosophy of Science on effective implementation strategies for old approach in school science teaching in Europe. *In: GARCIA, N. M. D.; HIGA, I.; ZIMMERMANN, E.; SILVA, C. C.; MARTINS, A. F. P. (org.). A Pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias.* Editora da Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, p. 45-77, 2010.
- LEAL JUNIOR L. C.; ONUCHIC, L. R. Ensino e aprendizagem de Matemática através da Resolução de Problemas como prática sociointeracionista. **Bolema: boletim de Educação Matemática**, v. 29, n. 53, p. 955-978, 2015.
- ONUCHIC, L. R.; ALLEVATO, N. S. G. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas, p. 73-98. *In: Boletim de Educação Matemática (BOLEMA)*, v. 25, n. 41, dez. 2011. Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro. Ed. Comemorativa 25 anos.
- ONUCHIC, Lourdes de la Rosa. **Resolução de problemas: teoria e prática.** Jundiaí: Paco Editorial, 2019.
- POLYA, G. A arte de Resolver Problemas. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.