

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA

LEONARDO ALENCASTRO VANIN DUTRA DE SOUZA

Ondulatória no Ensino Médio:  
desenvolvimento de uma unidade didática com o método *Peer Instruction* à luz da  
Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Porto Alegre  
2023

LEONARDO ALENCASTRO VANIN DUTRA DE SOUZA

Ondulatória no Ensino Médio:  
desenvolvimento de uma unidade didática com o método *Peer Instruction* à luz da  
Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Física da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do  
título de Licenciado em Física sob orientação do Prof.  
Dr. Ives Solano Araujo.

Porto Alegre  
2023

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Maria Goretti, pelo incentivo, apoio, dedicação e por todo amor que proporcionou em minha vida, me trazendo a motivação para continuar mesmo com tantas falhas.

Agradeço ao meu pai, Paulo Rogério, que sempre esteve presente a cada etapa, se mostrando interessado e otimista pelo meu futuro, fazendo com que eu me sentisse sempre mais.

Agradeço à minha irmã, Scarlet Vanin, que sempre esteve ao meu lado trazendo a voz da razão, me incentivando a tomar os caminhos certos, não apenas para minha formação, mas para a minha vida.

Agradeço ao meu amigo, José Viegas, por estar sempre ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis e ansiosos.

Agradeço à professora Liane Güths e aos professores Matheus Kilp, Elton Schneider e Heston Silveira, que me incentivaram e guiaram para a física através de seus ensinamentos ao longo da minha formação básica.

Agradeço aos professor Leonardo Heidemann e Dioni Pastorio, por me orientarem e confiarem a mim a responsabilidade e os ensinamentos da prática científica ao longo dos meus anos de curso.

Agradeço ao professor orientador deste trabalho, Ives Araujo, pelo apoio, dedicação e empatia pelos seus orientandos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à UFRGS pela oportunidade de cursar Licenciatura em Física, proporcionando capacitação, oportunidades e conhecimentos além do curso para todos.

Por fim, peço desculpas para aqueles que não foram citados, mas agradeço profundamente a todos que contribuíram para a minha formação, não apenas como professor, mas como ser humano.

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....	6
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	6
2.2 O MÉTODO DE ENSINO <i>PEER INSTRUCTION</i> .....	10
3 OBSERVAÇÃO E MONITORIA.....	12
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA.....	12
3.2 DESCRIÇÃO DAS TURMAS.....	14
3.2.1 Turma 105.....	15
3.2.2 Turma 106.....	15
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE ENSINO.....	16
3.4 RELATO DAS OBSERVAÇÕES EM SALA DE AULA.....	17
4 PLANEJAMENTO.....	54
4.1 AULA 1.....	55
4.1.1 PLANO DE AULA 1 – Apresentação e Introdução à Ondulatória.....	55
4.1.2 RELATO DE REGÊNCIA.....	58
4.1.2.1 Regência 1 - Turma 106.....	58
4.1.2.2 Regência 1 - Turma 105.....	66
4.2 AULA 2.....	71
4.2.1 PLANO DE AULA 2 – Ondas Mecânicas.....	71
4.2.2 RELATO DE REGÊNCIA.....	74
4.2.2.1 Regência 2 - Turma 106.....	74
4.2.2.2 Regência 2 - Turma 105.....	82
4.3 AULA 3.....	87
4.3.1 PLANO DE AULA 3 – Ondas Eletromagnéticas.....	87
4.3.2 RELATO DE REGÊNCIA.....	90
4.3.2.1 Regência 3 - Turma 106.....	90
4.3.2.2 Regência 3 - Turma 105.....	97
4.4 AULA 4.....	106
4.4.1 PLANO DE AULA 4 – Prática e Encerramento.....	106
4.4.2 RELATO DE REGÊNCIA.....	108
4.4.2.1 Regência 4 - Turma 106.....	108

4.4.2.2 Regência 4 - Turma 105.....	113
5 CONCLUSÃO.....	118
REFERÊNCIAS.....	119
APÊNDICE A – Apresentação inicial.....	121
APÊNDICE B – Lista de Exercícios da Aula 1.....	128
APÊNDICE C – Lista de Exercícios da Aula 2.....	129
APÊNDICE D – Lista de Exercícios da Aula 3.....	130
APÊNDICE E – Guia de atividade prática da Aula 4.....	131
APÊNDICE F – Cronograma de Regência.....	132

## 1 INTRODUÇÃO

Como critério de conclusão, o curso de Licenciatura em Física ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), propõe a aplicação dos conhecimentos obtidos em uma unidade didática. Para tanto, os alunos realizam um estágio obrigatório em escolas da rede pública e privada da cidade de Porto Alegre com a carga horária de 16 horas-aula de regência e 20 horas-aula de observação e monitoria. Ainda, o estágio objetiva propiciar a experiência e vivência do contexto escolar ao licenciando a partir da inclusão nos processos administrativos e pedagógicos. Por fim, possibilita a integração entre a universidade e as escolas da rede, levando o que há de mais atual no ensino para a sala de aula.

Para a construção da unidade didática, foram realizadas observações em turmas distintas a fim de analisar a cultura social presente na escola e mapear os conhecimentos prévios dos estudantes. Com a análise e mapeamento, utilizou-se da teoria ausubeliana sobre a Aprendizagem Significativa para construir as aulas de tal forma que sejam potencialmente significativas para os estudantes, dando sentido e contexto aos conceitos trabalhados. Além disso, tais conceitos foram abordados utilizando o método *Peer Instruction*, que possui o foco conceitual e ainda visa melhorar o engajamento dos estudantes em sala de aula. Para que isso seja possível, é proposta a aplicação de questões conceituais, onde os docentes devem dialogar a fim de encontrar uma resposta plausível.

Ao longo das observações e dos estudos sobre o referencial teórico, foi definido que o conteúdo abordado teria relação com a ondulatória, que foi aplicado em duas turmas do primeiro ano do ensino médio. Esta unidade envolveu, principalmente, o desenvolvimento dos conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência e período tanto para ondas mecânicas quanto para ondas eletromagnéticas. Para isso foram propostas situações que poderiam ser familiares aos estudantes ou, pelo menos, que trouxessem a disposição para aprender, como prevê a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Por fim, ao longo deste trabalho são apresentadas a idealização, a pesquisa, o planejamento e a execução das aulas aplicadas. Na seção seguinte, trago a fundamentação teórica que serviu como base e estrutura para o desenvolvimento da unidade didática.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

### 2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

O cognitivismo é uma área da psicologia que se preocupa com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida no desenvolvimento da cognição

(Silva & Schirl, 2014). Nessa perspectiva, Moreira e Masini (2001) apontam que a evolução de um significado é dependente de outro já existente, de tal forma que se criam pontos de ancoragem que formam a estrutura cognitiva dos indivíduos. Isso serve como base para a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, que busca explicar o processo pelo qual um novo conhecimento é ancorado na estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal, e pode ser resumida pelo seguinte trecho:

*“Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular que mais influência a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e o ensine de acordo”* (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, p.137)

A TAS afirma que a aprendizagem ocorre através de um processo de assimilação, onde novos conceitos são ancorados a outros que estão fortemente ligados à estrutura cognitiva de uma pessoa, estes são chamados de subsunçores e já estão presentes nos conhecimentos gerais dos indivíduos. Com a internalização de conceitos, a aprendizagem pode ocorrer de duas formas: significativamente e mecanicamente.

Para operar a TAS da melhor forma possível, a unidade didática aqui apresentada contou com as observações e monitorias para entender melhor aquilo que está presente no dia a dia dos estudantes. Apesar disso, foram realizadas apenas duas observações em cada turma escolhida para a regência, o que dificulta o mapeamento destas informações. Após as observações, foi determinado alguns contextos que poderiam ser considerados potencialmente significativos para o estudante, como o uso do sinal 5G, Wi-Fi, leis que abordam o som e até alienígenas, que mesmo não fazendo parte do cotidiano direto do estudante, pode trazer o interesse pelo desconhecido. Estes contextos são trabalhados mais profundamente no capítulo 4, de planejamento.

A aprendizagem mecânica pode ser resumida em uma palavra, “decoreba”. Nesta situação, o conhecimento é adquirido através da repetição de informações arbitrárias, sem qualquer reflexão em cima do significado ou compreensão por parte dos alunos, abrindo a possibilidade para que os conceitos sejam degradados com o tempo. Por outro lado, a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos são ancorados em concepções já existentes na estrutura cognitiva de forma não arbitrária, ou seja, o estudante faz o vínculo entre as duas ideias facilitando a compreensão e permitindo que consiga explicar os novos conceitos com suas próprias palavras, tornando mais fácil relembrar posteriormente. Apesar dessas duas aprendizagens aparentarem antagonismo, Moreira (2011) aponta que estas aprendizagens não são independentes, já que é

necessário passar pela aprendizagem mecânica para chegar no que se diz significativo, onde o autor aponta haver uma “área cinza” até chegar no que se deseja.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, Ausubel (1980) propõe três condições principais: a primeira é referente à vontade do estudante em aprender, onde o aluno deve apresentar uma pré disposição para trabalhar os temas propostos; a segunda diz respeito aos conhecimentos relevantes que o estudante já possui sobre o tema que será trabalhado, para que este consiga realizar a ancoragem dos novos conteúdos nos subsunçores; a terceira tem relação com a prática docente, onde o professor deve encorajar a aprendizagem significativa usando ferramentas e materiais instrucionais adequados e organizados. Nesse sentido, Ausubel (1980) apresenta dois novos conceitos que vão descrever o processo acima: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Pensando nas condições propostas, foi utilizado dos conteúdos desenvolvidos com o professor titular. Estes conteúdos (energia mecânica e velocidade média) foram incorporados na unidade didática para desenvolver pequenas modelagens matemáticas, como a dedução da velocidade de uma onda e a justificativa para a amplitude das ondas mecânicas mudarem ao trocar de meio. Além disso, ao trazer uma problematização que envolve a possibilidade de vida extraterrestre, espera-se que se desperte a curiosidade dos alunos, trazendo a predisposição para que o estudante preste atenção na aula e seja capaz de ancorar as novas informações a sua estrutura cognitiva. Mais uma vez, isto é melhor desenvolvido no capítulo 4.

A diferenciação progressiva faz alusão ao contexto dado na apresentação de um novo conteúdo, assim, quando se objetiva apresentar um novo conceito, o professor apresenta situações mais gerais de tal forma que possa construir o conteúdo desejado ao acrescentar detalhes, fazendo com que o estudante assimile as informações na sua estrutura cognitiva. Já na reconciliação integrativa, é possível apresentar cenários onde os conceitos não aparecem de forma direta, permitindo fazer conexões e diferenciações entre uma situação apresentada e aquilo que se deseja ensinar. Estes princípios estão diretamente relacionados, já que toda aprendizagem por diferenciação progressiva se torna uma reconciliação integrativa (Gomes, Franco e Rocha, 2020).

Como exemplo disso, a unidade conta com cenários como um problema de perturbação da paz em uma festa com som muito intenso e a Baleia-52, que não era capaz de se comunicar com suas semelhantes devida a sua frequência de comunicação. Nestas duas situações vemos a reconciliação integrativa em ação, isso porque ambos os problemas se tratam de situações abertas que o tema de aula não aparece de forma direta, mas a partir de simplificações do sistema, podemos chegar nos conceitos desejados. Já na problematização que traz a capacidade dos rádios de transportarem informação, vemos a diferenciação progressiva atuando. O motivo disso está

relacionado a ideia já existente de que as ondas são capazes de transportar informações, mas não a matéria, então bastou fazer observações sobre os tipos de modulação AM e FM para completar o tópico.

Em alguns casos, pode não haver subsunçores para ancorar novos conhecimentos e, nessas situações, é sugerido o uso de organizadores prévios (OP). Estes são materiais que introduzem conceitos base para facilitar a criação de assimilações pelo aluno. Os OP devem ser potencialmente significativos, isso significa que devem proporcionar uma base para a aprendizagem significativa, mas para que isso seja possível são propostos quatro princípios básicos: i) não sobrecarregar o aluno com informações excessivamente detalhadas e pormenorizadas que pouco contribuem para a promoção da aprendizagem significativa; ii) guiar a elaboração, sequenciação, relacionamento e ordem de apresentação dos diversos materiais e da aula expositiva; iii) permitir avaliar a melhor estratégia pedagógica a ser adotada com base no que o aluno já sabe; iv) orientar a proposta de ensino de um novo material, preocupando-se em formar ideias de sustentação firmes e amplas, para que possam ancorar aquilo que se deseja ensinar. Para exemplificar o processo de formação do conhecimento pelos subsunçores e organizadores prévios, a Figura 1 mostra como uma informação pode ser recebida, interpretada e aplicada, representando a construção do conhecimento.

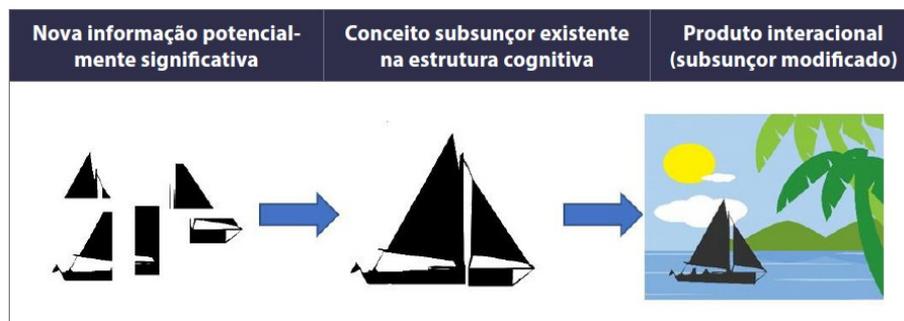


Figura 1: Representação da formação do conhecimento através de subsunçores. (Gomes, Franco e Rocha, 2020, p. 20)

Por fim, quanto à avaliação, Ausubel diz que seu conceito não difere de outros contextos e que a avaliação serve para determinar o grau de consecução dos objetivos educacionais relevantes com a internalização satisfatória do material que foi ensinado. Deve-se avaliar os principais objetivos educacionais buscados, a experiência útil do aluno e oferecer ao professor informações sobre a eficácia dos materiais e métodos utilizados. Para realizar a avaliação, sugere-se propor solução de novos problemas, aplicar testes ao final de cada módulo e aplicar testes no início e no fim da disciplina.

Para mais detalhes sobre como estes conceitos foram utilizados ao longo da unidade didática, confira o capítulo 4. Nesta seção, é desenvolvido o planejamento da unidade didática, então traz-se todos os conceitos abordados em aula junto com sua relação com a teoria.

## **2.2 O MÉTODO DE ENSINO *PEER INSTRUCTION***

No método Instruções pelos Colegas, ou *Peer Instruction* no idioma nativo, é trazida uma proposta para o desenvolvimento dos conceitos que são trabalhados em sala de aula. É possível dividir este método em três etapas: o momento pré-aula; o momento expositivo e; o momento de aplicação de problemas.

No momento pré-aula, o professor entrega uma tarefa de leitura aos estudantes. Nesta tarefa, eles devem estudar algum material que apresentará o novo conteúdo, podendo ser no formato de vídeo, leitura, áudios e outros. Após o estudo desse material, os estudantes devem responder algumas questões que serão devolvidas ao professor. É recomendado que sejam passadas apenas três problemas, sendo dois sobre o conteúdo e uma sobre as dificuldades e facilidades que o aluno teve com o tópico. Já com as respostas em mãos, o professor pode realizar uma breve análise e focar nas principais dificuldades dos estudantes, tornando a aula mais objetiva. Apesar do forte impacto que estas tarefas possuem para as aulas, nesta unidade não serão desenvolvidas tarefas de leitura devido a falta de recursos da escola e dos estudantes.

No momento expositivo, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações, onde o professor deve focar a explicação do conteúdo em explicações de 15 minutos (sugerido), para que se desenvolva problemas conceituais. Após a exposição do tópico da aula, os estudantes são confrontados com estes problemas que, normalmente, são de múltipla escolha, cujo objetivo é avaliar se os estudantes compreenderam os conceitos apresentados.

Durante a aplicação de problemas, os estudantes devem pensar na questão buscando argumentos que defendam sua resposta, preferencialmente em silêncio. Após fornecer o tempo adequado para buscar os argumentos, o professor realiza a primeira coleta de respostas e, em seguida, deverá tomar uma das seguintes decisões: i) caso mais de 70% da turma tenha respondido corretamente, o professor pode mostrar a resposta e dar uma breve explicação; ii) se a taxa de acertos estiver entre 30% e 70%, o professor deve solicitar aos aprendizes que busquem por alguém que tenha marcado uma alternativa diferente da sua, buscando convencer o colega de que sua resposta está correta ou buscando entender a resposta alheia; e iii) caso menos de 30% tenha respondido corretamente, é recomendado que o professor retome a explicação para dar mais clareza

sobre o conteúdo que está sendo trabalhado, já que neste caso, nota-se uma clara dificuldade. Estas etapas são descritas pela Figura 2.

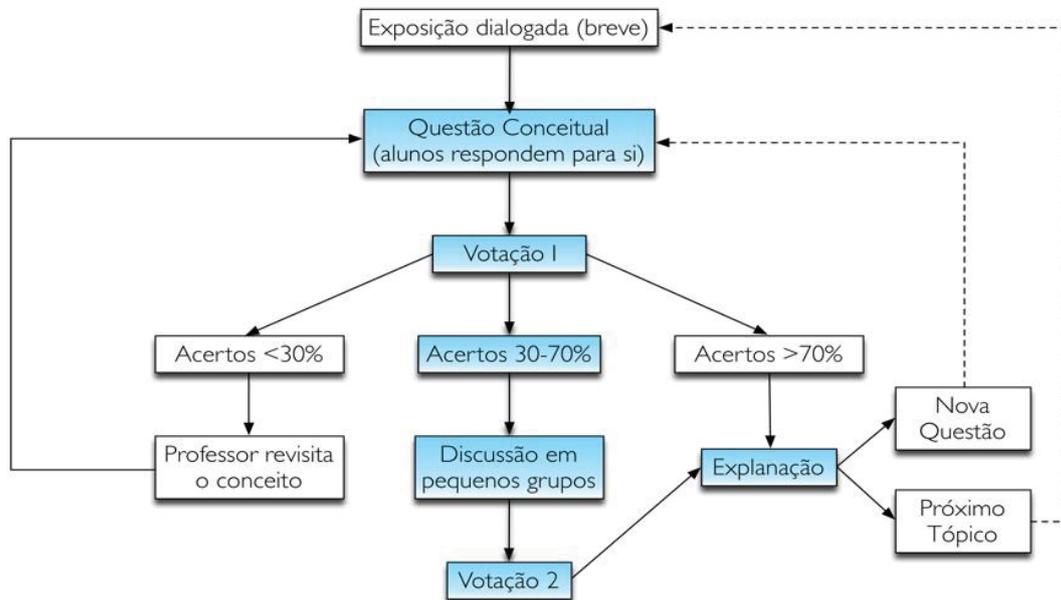


Figura 2: Diagrama do processo de implementação do método *Peer Instruction*. Em destaque, ocorre a etapa de aplicação das questões conceituais (Araujo e Mazur, 2013, p. 370).

Para este método, é importante ter um cuidado com as questões conceituais que serão apresentadas. Para que seja eficaz, os problemas propostos devem evitar a cobrança de conceitos decorados, ou seja, problemas como “O que é amplitude?” ou “Qual alternativa descreve a ideia de frequência?” podem não trazer o resultado desejado. Além disso, as votações costumam ocorrer utilizando algum método de coleta instantânea. Originalmente, foram propostos os *flashcards*, onde cada estudante receberia quatro cartões com as alternativas de A a D e, ao ser apresentado o problema, o estudante deveria levantar o cartão referente à resposta. Este método, apesar de ainda ser usado em muitas situações, não se mostra o mais adequado por possibilitar que os estudantes vejam as respostas de seus colegas e sejam influenciados. Outra opção apresentada são os *clickers*, que se trata de pequenos aparelhos semelhantes a controles de televisão, entretanto, apesar de eficazes no momento da coleta, os *clickers* costumam ser caros e de difícil acesso. Os *flashcards* e *clickers* são representados na Figura 3 (a) e (b), respectivamente.

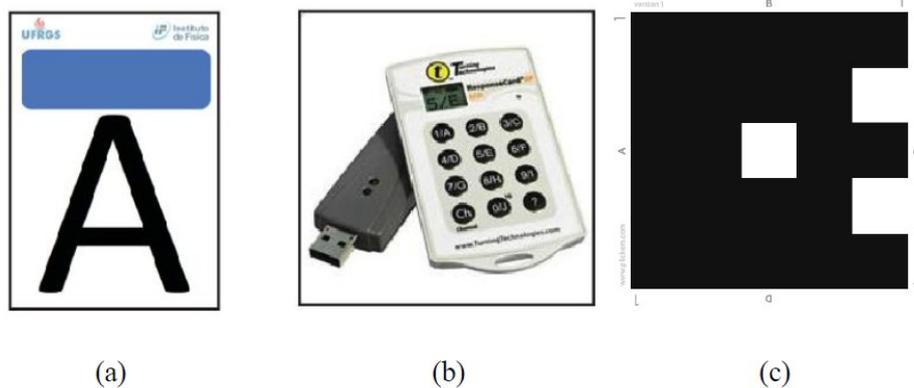


Figura 3: Exemplos de ferramentas para votação no *Peer Instruction*. (a) *flashcard*; (b) *clickers* e; (c) *Plickers* (Silva, 2019, p. 14)

Nesta unidade didática, foi utilizada uma terceira alternativa, o *Plickers*. Trata-se de uma ferramenta educacional gratuita com o objetivo de facilitar e engajar o aprendizado dos estudantes. De modo geral, esta ferramenta usa cartões com padrões distintos, semelhantes a um código QR<sup>1</sup> (veja a figura 3c). Este padrão é captado por um *smartphone* com câmera, que interpreta o padrão e aponta qual alternativa o estudante respondeu dependendo da orientação do cartão.

Com a aplicação deste método são esperados alguns resultados, como: i) melhoria no engajamento dos estudantes; ii) melhor entendimento dos tópicos; iii) desenvolvimento do pensamento crítico; iv) aumento da participação ativa e; v) melhoria nas habilidades de comunicação (Oliveira, Araujo e Veit, 2016). Algumas pesquisas mostram ainda mais resultados positivos, mas dada a quantidade de aulas e o tempo para desenvolvimento, este trabalho não visa avaliar todos estes benefícios.

Foi planejado que este método seria aplicado em duas aulas da unidade didática, mas acabou sendo utilizado em três regências. Os planos de aula dois e três apresentavam teor mais conceitual, sendo a segunda aula sobre ondas mecânicas e a terceira sobre ondas eletromagnéticas, então foram apresentados os conceitos em uma breve exposição e, em seguida, aplicadas as questões. A cada aula, foi realizado pelo menos dois momentos com os *plickers*.

### 3 OBSERVAÇÃO E MONITORIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

A Escola Técnica Estadual José Feijó (imagem 1) está localizada na zona norte de Porto Alegre (RS). Foi fundada em fevereiro de 1966 e oferece o Ensino Técnico de 2º Grau em duas

<sup>1</sup> Código QR se trata de um código de barras bidimensional que pode ser facilmente escaneado com a maioria dos *smartphones*.

habilitações plenas: contabilidade e secretariado. Segundo o marco situacional da escola, entre os 505 estudantes matriculados, a maioria é oriunda da cidade de Alvorada. Eles têm faixa etária de 14 a 18 anos em turmas diurnas e de 19 a 70 anos em turmas noturnas. A grande maioria já trabalha ao ingressar nos cursos.



Imagem 1: Foto da fachada da E.T.E. José Feijó (fonte: Facebook oficial da escola)

A escola opera nos três turnos: nos turnos da manhã e tarde, oferece o Ensino Médio, e no turno da noite, oferece o Ensino Técnico. A admissão dos estudantes é realizada por meio de matrícula simples. No turno da tarde, as aulas ocorrem das 13h15min às 18h, sendo que um dia letivo é composto por seis períodos de 45 min de duração. Além disso, independentemente do turno, a escola oferece lanche da manhã, almoço, lanche da tarde e jantar para todos os alunos.

O corpo docente é composto por 35 professores, sendo a maioria licenciados, e alguns possuem bacharelado em direito e ciências contábeis. A infraestrutura da escola é simples, com treze salas de aula, sala de mídia, biblioteca, refeitório, secretaria, direção e sala SOE (sócio emocional). A arquitetura do local é baseada em um pavimento único em formato de “L”, onde onze salas de aula estão no térreo e apenas duas estão no segundo piso. Todas as salas possuem pelo menos quatro ventiladores, janelas e luzes bem conservadas. As paredes, apesar de algumas pichações, são frequentemente pintadas, especialmente durante os períodos de recesso. Exceto pelas salas no segundo piso, todas têm chão de madeira, que necessita de reparos devido a assoalhos rachados, envergados e/ou certa elasticidade, fazendo com que o chão afunde levemente a cada passo.

Outro ponto relevante é que quatro salas de aula estão em situação de risco de desabamento devido a obras indevidas realizadas no terreno ao lado da escola. Essa obra foi executada cerca de dois anos atrás por uma empresa privada e encontra-se paralisada aguardando reparos adequados.

A biblioteca é um dos locais mais frequentados por alguns estudantes, funcionando como centro de estudos, consulta e leitura para alunos, professores, funcionários e a comunidade escolar. Este espaço conta com cinco *chromebooks* que os estudantes podem usar para trabalhos, estudos ou simplesmente navegar na internet. Além disso, há um esforço contínuo para manter o acervo atualizado, incluindo livros da cultura popular, quadrinhos, mangás e similares. Também há uma ênfase em disponibilizar as leituras obrigatórias do vestibular da UFRGS, proporcionando mais oportunidades aos estudantes de periferia.

Quanto à sala de atendimento Socio Emocional, é utilizada por uma assistente social para atender professores e alunos que enfrentam dificuldades no ambiente escolar. Normalmente, esse espaço é usado em situações em que os estudantes violam as regras ou têm dificuldades com as disciplinas.

### **3.2 DESCRIÇÃO DAS TURMAS**

De modo geral, as turmas de ensino médio da rede pública refletem a diversidade e complexidade da sociedade em que estão inseridas. Para a escola José Feijó isso não era diferente, onde a maioria das turmas eram compostas por um número significativo de estudantes com as mais diversas etnias e particularidades.

A maioria das turmas demonstravam certa agitação e dificuldades de controle, onde os estudantes sentiam-se na liberdade de sair e voltar para a sala de aula a qualquer momento, conversavam durante as explicações e usavam seus aparelhos celulares sem o medo de serem punidos por isso, já que, de acordo com o corpo docente, os professores não teriam o direito de tirar os celulares dos estudantes. Apesar disso, esse ambiente agitado facilitava significativamente a participação dos estudantes nas aulas, onde muitos se sentiam a vontade para acrescentarem seus comentários e posicionamentos, mesmo não tendo certeza se estariam corretos ou não.

Apesar disso, todas as turmas apresentavam alunos com dificuldades, muitas vezes causadas por fatores externos, como a desigualdade social, trabalho e falta de recursos. Estes problemas traziam a realidade socioeconômica dos estudantes, da qual a escola lutava dia após dia para melhorar ao máximo, trazendo um ambiente amistoso e acolhedor para os estudantes.

### 3.2.1 Turma 105

Antes do recesso de inverno, as aulas com esta turma ocorriam nas terças feitas entre as 14h45min e às 16h30min, sendo que às 15h30min ocorria o intervalo de 15 minutos. A turma 105 é constituída de aproximadamente 30 alunos com idades entre 14 e 18 anos, entretanto, as aulas contaram com uma média de 19 presentes durante as observações.

Durante as observações, notei que esta turma parecia mais silenciosa em comparação as demais. Ao conversar com o professor, ele me comenta que ela realmente é mais tranquila de se trabalhar, já que os estudantes conversam pouco e conseguem prestar atenção nas aulas. Apesar disso, é possível perceber que existe uma divisão em quatro grupos que aparentam ter mais intimidade. Além disso, o professor demonstrou ter uma boa relação com estes estudantes, visto que frequentemente fazia brincadeiras e comentários descontraídos, trazendo um ambiente amistoso para as aulas.

Por fim, foi possível observar que a turma possui uma heterogeneidade, já que os estudantes apresentavam características e personalidades diversas, sendo oriundos de contextos sociais diferentes. Nessa perspectiva, duas características chamaram a atenção, que foram: o trabalho e a alimentação. Quase que a totalidade da turma já trabalhava ou realizava estágios, fazendo com que muitos não tivessem tempo adequado para se dedicar aos estudos e, muitas vezes, deixassem de entregar tarefas. Ainda, cerca metade da turma realizava ao menos duas refeições na escola (almoço e lanche da tarde), demonstrando que muitos dependiam daquele ambiente.

### 3.2.2 Turma 106

Antes do recesso de inverno, as aulas com esta turma ocorriam nas sextas-feiras nos dois primeiros períodos, ou seja, das 13h15min às 14h45min. A turma 106 era constituída de 25 alunos com idades entre 14 e 18 anos, entretanto, as aulas contavam com uma média de 13 presentes durante as observações. A sala era dividida em duas fileiras com três mesas cada, fazendo com que fosse menor em comparação a outra turma, o que explicava, também, o menor número de estudantes matriculados.

Esta turma demonstrava ser um pouco mais agitada, trazendo conversas em momentos inoportunos e não demonstrando interesse nas aulas. Apesar disso, também foi uma das turmas com maior posicionamento perante os conteúdos, trazendo questionamentos durante as resoluções de exercícios. Essa agitação e participação trazia um efeito oscilatório para a turma, onde era possível perceber que estavam dispersos em alguns momentos, principalmente durante a resolução de exercícios, e outros estavam concentrados, normalmente durante as explicações do professor.

Apesar das conversas, muitas vezes não chegavam a trazer a perturbação, então dificilmente o professor precisava elevar a voz e, normalmente, bastava pedir uma vez que os ânimos eram acalmados.

Por fim, da mesma forma que na turma 105, os estudantes desta possuíam suas peculiaridades, trazendo a diversidade social para a sala de aula. Nesta turma, cerca de metade dos estudantes trabalhavam e dependiam da escola para as refeições, enquanto a outra metade se dedicava exclusivamente ao ensino médio. Apesar disso, muitos optavam por realizar as refeições na escola por facilidade.

A escola contava com regras sobre a saída dos estudantes nos horários de aula, entretanto, em ambas as turmas era percebido que as normas não eram respeitadas. Muitas situações, como o retorno do intervalo ou saídas para o banheiro ou para beber água, levavam os estudantes a não retornarem para a sala de aula. Nestes casos, os alunos costumavam ficar no pátio, ir para a quadra esportiva ou até irem embora junto de alguma turma que tivesse sido liberada mais cedo. Normalmente, os estudantes eram advertidos verbalmente e retornados a sala, já para casos frequentes, eram enviados à assistente social, que informava os responsáveis dos ocorridos.

### **3.3 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE ENSINO**

O método de ensino é um recurso de suma importância para o trabalho de um docente por possibilitar alcançar os objetivos pedagógicos desejados. Por isso, o projeto político pedagógico (PPP) da escola traz cinco princípios didáticos, sendo eles: a flexibilidade, a contextualização, o significado, a interdisciplinaridade e a associação.

Ao longo das observações, foi possível constatar que o professor titular utiliza, principalmente, da metodologia tradicional de ensino, onde o docente é um transmissor de conhecimentos e o discente um receptor. Apesar disso, em diversos momentos foi possível notar que a prática docente vai ao encontro do que é previsto no PPP. Sobre a flexibilidade, o professor tem a possibilidade de desenvolver sua própria organização dos conteúdos e avaliações, dando aos estudantes a possibilidade de serem avaliados e recuperarem nota em diversos momentos no ano letivo e com formas variadas de avaliação.

Sobre a contextualização, o professor fazia relações frequentes com o cotidiano dos estudantes, ligando às vivências e a prática profissional dos alunos. Em complemento a este, o significado dos conteúdos trabalhados aparecia durante as aulas nos momentos de contextualização, onde o professor trazia situações problemas que se relacionam com o dia a dia.

Ainda, a associação possui teor praxeológico, entretanto o professor ficava limitado a abordagens conceituais dada a falta de recursos laboratoriais presentes na escola.

Por fim, durante as observações, a interdisciplinaridade foi o aspecto menos observado, onde as aulas se concentram em conceitos físicos e situações específicas. Apesar disso, em vários momentos foram desenvolvidas simplificações de sistemas reais para sistemas menos complexos, prática esta que se faz necessário possuir uma ampla quantidade de conhecimentos interdisciplinares e que os alunos são confrontados.

### **3.4 RELATO DAS OBSERVAÇÕES EM SALA DE AULA**

#### **Observação 1**

**Data:** 06/06/2023

**Turma:** 204 (2º Ano)

**Horário:** das 13h15min às 14h (1 hora-aula)

**Assunto da aula:** Calorimetria – Calor Sensível

**Alunos(as) presentes:** 19 (16 no início e mais três no decorrer do período), sendo seis meninas e 13 meninos.

Cheguei na escola por volta das 13h e fui conduzido até a sala dos professores, onde tive a oportunidade de conhecer parte do corpo docente. Nesta primeira observação, a aula não teve início logo com o soar do sinal. Apesar de agendado para as 13h15min, o professor teve um imprevisto, fazendo com que se atrasasse para o início do período. A aula iniciou às 13h30min. Em função do atraso, a sala foi aberta para que os alunos pudessem se acomodar antes da chegada do professor.

Os estudantes já estavam sentados e conversando bastante quando adentrei a sala junto do professor. Fui apresentado à turma por ele, que falou meu nome e que eu estaria ali para observar a turma. Completei a apresentação falando que, além da observação, poderia ministrar aula para eles num futuro próximo explicando que esta prática é requisito para a conclusão do curso de Licenciatura em Física. Além disso, comentei que estaria à disposição para auxiliar o professor e os alunos durante as aulas e estaria aberto para tirar dúvidas “aleatórias” sobre física, tais como curiosidades ou perguntas relacionadas à ficção científica. Feitas as apresentações, me dirigi ao fundo da sala onde sentei isolado na última fileira.

A sala de aula não aparentava estar na melhor das condições. As paredes pichadas com caneta permanente traziam mensagens desde xingamentos e ameaças até pequenas declarações românticas e nomes de usuário para redes sociais. O chão era de madeira e aparentava possuir certa idade, com notável envergadura do assoalho a cada passo. Já as mesas, todas possuíam rabiscos e

desenhos feitos a caneta ou encravados na madeira, além de símbolos de gangues e organizações, como a suástica nazista.

No primeiro momento o professor recolheu alguns trabalhos pendentes sobre o ponto triplo da água, pedindo uma explicação resumida sobre o tópico. Um dos alunos, em tom de ironia, respondeu que é aquilo que está escrito no trabalho, trazendo algumas risadas da turma e, inclusive, do professor que demonstra ser receptivo a brincadeiras. Em seguida, outro estudante respondeu a pergunta apontando que “*é quando a água tem os três pontos de fusão*”, com esse equívoco o professor questionou o que seria “ponto de fusão”, fazendo com que o aluno percebesse o erro e respondesse novamente, dizendo que o ponto triplo se tratava do ponto em que a água estava nos três estados (sólido, líquido e gasoso) simultaneamente. Com a resposta satisfatória, o professor perguntou quando este fenômeno ocorre, que foi respondido pelo mesmo aluno. Vendo a participação significativa de apenas um estudante, a turma foi questionada se realmente fizeram o trabalho ou se aquele aluno havia feito e os outros, copiado, mas a turma não se pronunciou a respeito, deixando a sala apenas com os murmúrios de conversas paralelas.

Dando seguimento e iniciando a discussão do tópico do dia, o professor questionou qual era o único valor de calor específico que pediu aos alunos para decorarem. Cerca de cinco estudantes responderam quase que simultaneamente que se tratava do calor específico da água, sendo  $c_{H_2O} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ . Satisfeito com a resposta, o professor escreveu no quadro um exemplo que serviria para revisar o conteúdo visto na aula anterior, então enuncia: “*Qual é a energia térmica necessária para se aumentar a temperatura de 300 g d’água de 35 °C a 80 °C?*”. Neste momento, um dos estudantes ergue orgulhosamente sua nova calculadora científica para mostrar ao professor, apontando que agora conseguiria realizar todos os cálculos solicitados. Então o professor pediu que a utilizasse para resolver o exercício, dando cerca de 3 minutos para resolverem sozinhos.

Foi possível notar que os estudantes conversavam bastante mesclando o assunto de aula com tópicos pessoais, dando a entender que existia uma relação descontraída com a disciplina. Apesar de o exercício ter sido trabalhado pela maioria, o professor pediu que alguns guardassem seus jogos de cartas que estavam surgindo. Em defesa, um dos estudantes apontou que estava apenas mostrando a outro colega, algumas cartas novas que havia adquirido para seu conjunto.

Dado o tempo necessário, o professor começou a resolver o exercício no quadro junto da turma. Com a equação do calor sensível já no quadro (  $Q_s = m \cdot c \cdot \Delta t$  ), passa a buscar os valores necessário para substituir na fórmula e encontrar a energia térmica. Colocou os valores “m”, “c”, e “ $\Delta t$ ” em formato de lista, aponta a massa (m) como igual a 300 e questiona “*300 o que? Laranjas?*” a fim de insistir na necessidade de usar corretamente as unidades de medida. Cerca de três estudantes responderam que se tratava da unidade grama. O professor repetiu este processo para as

unidades de calor ( $Q$ ), calor sensível ( $c$ ) e temperatura ( $\Delta t$ ), apontando quando há necessidade de utilizar letras maiúsculas e minúsculas corretamente, já que algumas unidades são homenagens com os nomes dos cientistas que desenvolveram tais conceitos. Para realizar o cálculo foi solicitado ao aluno com a calculadora nova, que encontrou o valor de  $Q = 13.500$  cal. Foi apontado que este valor pode ser escrito de outras maneiras dependendo dos prefixos utilizados na unidade, como o quilo, do qual ficaria  $Q = 13,5$  kcal.

Após a realizar este exercício, o professor passou um novo problema enunciado da seguinte forma: “*Qual a energia térmica necessária para aumentar a temperatura de 2,3 kg d’água desde 0 °C até começar a ferver em Porto Alegre? Ela sempre esteve líquida.*”. Com o problema no quadro, o professor deu algum tempo para que os alunos resolvessem sozinhos e aproveitou para realizar a chamada. Durante a chamada o professor trouxe um teor cômico, dizendo que só seria dado presença com a apresentação de pagamento, os estudantes em resposta começaram a dar ofertas desde 25 centavos até 20 reais, quando o professor disse que dificilmente aceitaria menos que três dígitos na proposta. Concluiu a chamada e a brincadeira dizendo que este dinheiro seria utilizado para trazer o jogador Messi para o Internacional. Voltando para o problema, o professor questionou a turma sobre a temperatura que a água ferve em Porto Alegre, inicialmente os estudantes pareciam relutantes com a especificidade do questionamento, mas, com receio, alguém respondeu que é 100 °C. O professor afirma que está correto e que isso ocorre porque Porto Alegre está muito próximo do nível do mar, mas que se estivessem em uma altitude maior, a água poderia ferver a uma temperatura menor. Em seguida, realizou o exercício da mesma forma que o primeiro, listando as informações dadas no enunciado e substituindo na fórmula do calor sensível. Ao solicitar o cálculo ao estudante com a calculadora nova obtiveram o valor de  $Q = 230.000$  cal, então aproveitou para trabalhar os prefixos das unidades novamente, trazendo o prefixo mega, resultando em  $Q = 0,23$  Mcal, enfatizando a importância do M maiúsculo.

Nessa aula, permaneci apenas como observador sem interagir com o professor e a turma, fora no momento de apresentação. A turma apresentava uma divisão aparente entre dois grupos, um a esquerda da sala, mais comunicativo e participativo, e outro a direita da sala, mais recluso e discreto. Esta separação podia ser justificada com dois motivos aparentes, o primeiro era pela organização das classes dentro da sala, que eram organizadas em duas colunas de três mesas cada, tendenciando a divisão em dois grupos. O outro motivo estava relacionado a ausência de um espelho de classe, ou seja, os estudantes tinham a liberdade de escolher onde sentar, fazendo com que ficassem próximos de seus amigos e colegas mais íntimos. Apesar desta separação, era possível perceber que todos prestavam atenção naquilo que o professor falava.

A aula do professor foi tradicional e com uma interação positiva com os alunos, trazendo piadas e brincadeiras que tornam a aula mais leve tanto por parte do docente quanto por parte dos discentes. Também utilizou de exercícios fechados e pouco contextualizados, mas que durante sua resolução trazia situações para exemplificar onde aquilo ocorria e quais características da realidade poderiam influenciar naquele sistema, tal como a altitude em relação ao nível do mar, como comentado anteriormente. Este tipo de comentário dá indícios de que há algum exercício por parte do professor em apontar os parâmetros importantes na construção de modelos. O uso do quadro foi, inicialmente organizado, mas com o desenvolver da aula e com pedidos daqueles que ainda copiavam, passou a escrever onde havia espaço. Apesar disso, era possível diferenciar as partes, fazendo com que não se tornasse tão confuso mesmo para alguém que chegasse atrasado. Ademais, nessa aula, o professor apresentou uma ênfase no uso das unidades de medida e na realização de exercícios fechados, trazendo pouca contextualização com a realidade e não apresentando de forma clara alguma perspectiva sobre as ciências, embora tenha sido minha primeira observação.

## **Observação 2**

**Data:** 06/06/2023

**Turma:** 105 (1º Ano)

**Horário:** das 14h45min às 16h30min (2 horas-aula)

**Assunto da aula:** Energia Mecânica

**Alunos(as) presentes:** 19, sendo 10 meninas e nove meninos.

Na companhia do professor, dirigi-me à sala e ele entrou primeiro, cumprimentando a todos com um "*boa tarde*". Fui apresentado à turma e repeti o procedimento realizado no período anterior, onde disse meu nome e expliquei brevemente o motivo de estar ali. Após a apresentação, me acomodei no fundo da sala e comecei a fazer anotações.

A turma permanecia em silêncio quando o professor anunciou um novo conteúdo, escrevendo "*Energia Mecânica*" no quadro. Em seguida, virou-se para a turma e perguntou o que significava algo ser mecânico. A turma permaneceu em silêncio e então o professor respondeu e anotou no quadro "*Tudo aquilo que tem matéria (massa) envolvida*". Ele continuou escrevendo que a energia mecânica se divide em três tipos: energia cinética ( $E_c$ ), energia potencial gravitacional ( $E_{pg}$ ) e energia potencial elástica ( $E_{pe}$ ). Após concluir essa parte, mencionou que poderiam existir outros tipos de energia, como a térmica e a elétrica, mas que essas não eram mecânicas e, portanto, não seriam discutidas naquele momento.

Após fazer esse comentário sobre energia mecânica, ele passou para o primeiro tipo, a energia cinética. Então, escreveu logo abaixo do título: "É a energia que um objeto em movimento possui em relação a um referencial" e a equação  $E_C = \frac{1}{2}mv^2$ . Nesse momento, ele se virou para a turma e questionou o significado de cada letra na equação. Um estudante apontou a letra "m" como metro e foi corrigido pelo professor, que explicou que aquilo era uma equação e que "m" representava uma unidade, não necessariamente metro. Em seguida, outro aluno interrompeu, falando alto do fundo da sala: "velocidade", o que chamou a atenção do professor, que o parabenizou, dizendo "mirem-se no colega" para a turma. Por fim, ele retornou à letra "m" e explicou que se tratava da massa do corpo, já que a energia cinética está relacionada a corpos com massa em movimento. Enquanto o professor escrevia o significado de cada parâmetro da equação, percebi que alguns alunos começaram a conversar um pouco alto perto de mim.

Não demorou muito para que o professor percebesse e tentasse infiltrar-se na conversa, com a clara intenção de encerrá-la, e funcionou. Prosseguindo com a explicação, o professor comentou sobre a frase "*nada se cria, nada se destrói, tudo se transforma*", com o objetivo de falar sobre o aspecto de conservação e transformação da energia. Nesse momento, ele foi interrompido por uma servidora da escola que pediu para distribuir bilhetes sobre o conselho de classe que ocorreria na terça e quarta-feira da semana seguinte, e por esse motivo, apenas os líderes e vice-líderes deveriam comparecer à escola.

Após a entrega dos bilhetes, um aluno perguntou se os carros recarregavam suas baterias quando ligados. O professor abraçou a dúvida para falar que esse era um bom exemplo de conversão de energia. Ele desenhou um pequeno esquema no quadro que representava o alternador, uma peça dos automóveis capaz de converter a energia cinética gerada pela rotação do motor em energia elétrica, carregando a bateria. Em seguida, ele citou outros exemplos de conversão de energia, como a queima de alimentos pelo corpo para transformá-los em energia química e possibilitar as diversas funções do corpo, como ver, falar, caminhar, etc. Ele seguiu os exemplos com o processo de conversão de energia em usinas elétricas, usando as hidrelétricas como base, mostrando que há uma certa energia na altura da água, que posteriormente seria chamada de energia potencial, e que poderia ser transformada em energia cinética nas turbinas dessas usinas. As turbinas, então, teriam o papel de converter a energia cinética em energia elétrica até chegar às nossas casas.

Prosseguindo para a finalização da primeira parte da aula, o professor explicou o princípio de conservação de energia, dizendo que se medíssemos toda a energia do universo, o valor encontrado nunca mudaria, ou seja, "*nada se cria, nada se destrói, tudo se transforma*" - enfatizou o

professor, destacando que isso ocorreria se o universo realmente fosse algo fechado e finito, mas essa informação não sabemos ao certo. Essa fala abriu espaço para alguns comentários sobre o telescópio James Webb e sobre as novas descobertas de galáxias mais antigas do que o limite previsto, bem como sobre os limites do universo. Concluído o assunto, ele formalizou a ideia de conservação, dizendo que todo sistema fechado sempre teria um valor fixo de energia e que esse valor nunca mudaria, mas poderia ser convertido em dissipações e outras formas de energia.

Ele encerrou oficialmente passando um exercício no quadro com o seguinte enunciado: "*Um veículo de 1 tonelada se desloca com 20 m/s. Qual é sua energia cinética?*". Deu tempo para os estudantes resolverem o problema enquanto fazia a chamada novamente, brincando com subornos, onde só daria presença para as maiores ofertas, começando no mínimo em R\$20,00 (vinte reais). Feita a chamada, o professor esperou que os alunos resolvessem o exercício até que o sinal tocou às 15h30min para o intervalo.

Após o intervalo, o professor resolveu o problema, enfatizando a coleta de dados durante a leitura do exercício e a conversão das unidades utilizadas, sendo necessário apenas trocar a massa de toneladas para quilogramas. Ele substituiu os valores na equação e encontrou o resultado de 200.000 J ou 200 kJ ou 0,2 MJ. Ainda sobre esse exercício, ele perguntou o que aconteceria se dobrássemos a velocidade, ou seja, com  $v = 40$  m/s, e deu mais alguns minutos aos alunos. Cerca de dois minutos foram necessários para que um dos estudantes desse a resposta correta, ganhando pontos extras. Os pontos extras deveriam ser anotados no caderno para que o professor fizesse a contagem no final do trimestre. Em seguida, o professor resolveu o problema, substituindo os valores diretamente na equação e encontrando o resultado de 800.000 J ou 800 kJ, como ele sempre enfatizava. Com essa resposta, ele apontou que, se dobrássemos a velocidade, a energia não seria dobrada, pois existe uma relação quadrática entre os valores, ou seja, se a velocidade dobrasse, a energia quadruplicaria; se triplicasse, a energia seria multiplicada por nove, e assim por diante.

Para finalizar a aula, o professor passou um novo exercício no quadro com o seguinte enunciado: "*Qual é a massa de um móvel que possui energia cinética de 500 J quando sua velocidade é de 10 m/s?*". Novamente, deu algum tempo para que os alunos resolvessem o problema enquanto conferia as notas dos alunos no trimestre anterior. Ele apontou que poderia arredondar as notas caso precisassem de alguns décimos no máximo, mas isso não foi necessário. Entretanto, uma aluna havia sido transferida de outra escola e estava sem nota na primeira área, o que poderia prejudicá-la, mas naquele momento não havia o que ser feito, então ele disse que conversaria com a direção para resolver tal situação. Concluída a conferência das notas, ele resolveu o exercício, encontrando uma massa de 10 kg, e encerrou a aula.

Com esta segunda aula o professor se mostrou adepto a metodologias tradicionais onde os estudantes eram observadores de suas falas. Apesar disso, a aula foi bastante dinâmica e envolvente, onde foi demonstrado um conhecimento amplo sobre assuntos diversos (como o alternador e os comentários sobre o James Webb), cativando a atenção dos alunos ao longo de toda a explicação. Vale ressaltar que a turma demonstrou ser naturalmente silenciosa, talvez por falta de intimidade entre os colegas ou apenas por uma questão de personalidade, então é difícil apontar se foi realmente a aula que trouxe o foco e atenção de todos ou se são assim por natureza.

Além disso, a interação do professor com os estudantes foi muito positiva, incentivando a participação e a troca de ideias. A brincadeira com subornos durante a chamada foi descontraída e arrancou algumas risadas dos alunos, criando um ambiente leve e amigável para o aprendizado. O professor também demonstrou ser aberto a responder dúvidas, contribuindo para este ambiente descontraído.

### **Observação 3**

**Data:** 20/06/2023

**Turma:** 204 (2º Ano)

**Horário:** das 13h15min às 14h (uma hora-aula)

**Assunto da aula:** Calorimetria – Calor Latente

**Alunos(as) presentes:** 17, sendo seis meninas e 11 meninos.

Chegando no local, me dirigir para a sala de aula, notei que o professor ainda não havia chegado. Fiquei aguardando em frente à sala, que já estava aberta e com os alunos sentados. O professor chegou por volta das 13h40min. O cumprimentei e fomos diretamente para a aula. Como já tinha conhecido a turma, apenas desejei boa tarde a todos e segui para o fundo da sala, onde me acomodei e comecei a fazer anotações.

Devido ao atraso, o professor fez uma rápida explicação sobre o calor sensível, que havia sido estudado na última aula. Para isso, questionou os alunos sobre o significado desse conceito. Um estudante que já havia se mostrado participativo anteriormente respondeu à pergunta, apontando que é a energia responsável por "*aquecer as coisas*". O professor o parabenizou pela resposta satisfatória e acrescentou que essa energia não se limita apenas ao aquecimento, mas também está relacionada ao resfriamento, então resumiu que se trata da energia responsável pela mudança de temperatura. Com a explicação verbal feita, ele passou a relembrar sobre os estados da matéria, tópico que os alunos já deveriam ter estudado nas aulas de ciências no ensino fundamental.

Começou perguntando quantos estados da matéria conheciam. Os estudantes começaram a citar aqueles que sabiam, ou seja: sólido, líquido, gasoso e plasma (este último foi lembrado por apenas um aluno). O professor anotou esses estados no quadro e explicou que esses são os estados mais conhecidos porque são estudados na escola. No entanto, mencionou que existem outros, como o condensado de Bose-Einstein, superfluido e similares. Com essa observação, ele explicou que o conteúdo do dia teria relação com a mudança de estados da matéria, mas que eles se concentrariam nos estados clássicos: sólido, líquido e gasoso. Então escreveu no quadro "*Quantidade de Calor Latente*" e a definiu como "*o calor necessário para transformar uma substância de um estado de agregação para outro*". Ele explicou que essa energia em trânsito era semelhante ao calor sensível, mas com a diferença de que tinha a função de alterar os estados da matéria, ou seja, o estado de agregação das moléculas.

A seguir, ele acrescentou ao quadro um trecho explicativo de que, durante a mudança de estado, não ocorre alteração na temperatura do material. O primeiro exemplo dado foi o da água evaporando, que permanece a 100 °C, ressaltando que essa temperatura é para o nível do mar. Ele continuou o diálogo explicando que existem três tipos de vaporização: evaporação, ebulição e calefação, sendo que cada um depende da velocidade com que o material vaporiza. Em seguida exemplificou a calefação com uma gota caindo em uma panela muito quente, a evaporação com roupas secando no varal e a ebulição com água fervendo em uma chaleira. Ao concluir o diálogo, expos anotou no quadro a equação  $Q = m \cdot L$  e explicou os parâmetros: Q (Quantidade de Calor Latente, caloria); m (massa, g); e L (Calor Latente, cal/g), lembrando que outras unidades de medida também poderiam ser utilizadas.

Enquanto o professor explicava o conteúdo no quadro, notei que apenas sete dos 17 estudantes estavam fazendo anotações, quatro mexiam nos celulares e, pelo menos, três estavam conversando no fundo da sala. Aqueles que conversavam responderam algumas das perguntas do professor e demonstraram algum nível de participação. No entanto, a conversa não estava relacionada ao tópico da aula, o que levou o professor a intervir cerca de três vezes ao longo da explicação.

Para encerrar a aula, o professor propôs um exercício para ser feito em casa com o seguinte enunciado: "*Quanta energia é necessária para fundir (do estado sólido para o líquido) 300 g de gelo d'água, que já está a 0°C? (Dado:  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ )*". Antes do sinal tocar, ele realizou a chamada e a aula terminou às 14h.

Nesta aula o professor se mostrou adepto a uma metodologia mais tradicional. Apesar disso, a aula trouxe uma variedade de informações e conceitos relacionados à mudança de estado da matéria e à energia térmica. O início da aula foi um pouco tumultuado devido ao atraso do professor

e ao curto tempo disponível (apenas um período), mas logo a explicação tomou forma e seguiu de forma concisa. A interação do professor com os alunos demonstra uma relação afetiva e descontração em sala de aula, o que pode levar a um ambiente agradável e incentivar o engajamento dos estudantes. Por fim, a diversidade de estados da matéria abordados traz consigo a ideia de que a ciência está além daquilo que estudamos no colégio, existindo um universo de curiosidades e conceitos a serem explorados.

#### **Observação 4**

**Data:** 20/06/2023

**Turma:** 104 e 105

**Horário:** das 14h45 às 16h30 (duas horas-aula)

**Assunto da aula:** Energia Cinética e Energia Potencial Gravitacional

**Alunos(as) presentes:** T105: 19, sendo nove meninas e dez meninos; T104: 16, sendo cinco meninas e 11 meninos.

Eu estava na sala dos professores aguardando, enquanto o docente resolvia alguns assuntos burocráticos relacionados ao fechamento das notas. Com o toque do sinal, ele me chamou para acompanhá-lo até a próxima turma e informou que teríamos um período conjunto entre as turmas 104 e 105. Consciente disso, propus que ele me desse alguns minutos para aplicar o questionário sobre atitudes em relação à física. Dessa forma, ele teria tempo para dar aula para uma turma enquanto a outra não ficaria sem atividade. O professor concordou, e seguimos para a sala da turma 105.

Decidi passar o primeiro período nessa turma. Como eu já havia passado por lá antes, simplesmente disse "*boa tarde*" e me acomodei na mesa do professor. Ele anunciou que eu aplicaria um questionário e que estaria na turma ao lado, pedindo que os alunos evitassem sair da sala sem minha autorização.

A turma estava calma, exceto por um grupo de cinco estudantes que estava conversando. A maioria dos alunos demonstrava certa apatia em relação à minha presença, o que já havia sido observado anteriormente. Comecei explicando que iria aplicar um questionário com perguntas não avaliativas sobre a disciplina de física. O objetivo era conhecer as concepções dos alunos sobre a matéria. Distribuí o questionário e pedi que respondessem sinceramente, enfatizando que somente eu veria as respostas e que elas me ajudariam a planejar melhor as aulas para o meu trabalho de conclusão de curso. Um aluno que estava conversando inicialmente perguntou se o questionário valeria nota, então respondi que não. Durante o tempo dado, percebi alguns comentários como "*A*

*física serve para alguma coisa?" e "Não sei nem o que responder nisso". A única dúvida que surgiu foi em relação a uma pergunta sobre a intenção deles em cursar um curso superior, onde alguns deles não sabiam do que se tratava este conceito.*

Após cerca de 20 min, todos haviam me entregue o questionário com exceção de dois estudantes que optaram por não responder. Continuei observando a turma até o retorno do professor. Quando ele chegou, perguntou em que ponto do conteúdo estavam e se tinham deixado algum exercício para casa. Ele mesmo afirmou que estavam falando sobre energia cinética e passou um exercício com o seguinte enunciado: "*Qual é a energia de uma pessoa de 80 kg quando se desloca em um carro a 72 km/h?*" relembrando brevemente que a energia cinética se refere à energia que um corpo possui devido à sua massa e velocidade em relação a um referencial específico. Anotou a equação no quadro e em seguida, questionou a turma sobre a conclusão do exercício de forma satírica, já que ninguém poderia ter terminado tão rapidamente. Ofereceu mais um pouco de tempo e logo fez a pergunta novamente. Isso arrancou alguns sorrisos, mas a turma não demonstrou muito entusiasmo por brincadeiras.

Enquanto os alunos resolviam o problema, o professor aproveitou para fazer a chamada. No entanto, ele notou que alguns estavam lanchando e outros jogando cartas durante a aula, possivelmente desde antes do início da explicação. Diante disso, o professor os repreendeu, pedindo que guardassem os lanches para mais tarde, já que o intervalo ocorreria em poucos minutos. Para os alunos que estavam jogando cartas, o professor perguntou se já haviam concluído o exercício e qual era a resposta. Eles responderam que estavam apenas usando a calculadora e ainda não tinham resolvido o exercício. Com a chamada concluída, o professor me pediu para cuidar da turma enquanto ele retornava para a sala ao lado. Faltavam 9 min para o intervalo, então aguardei o sinal e fui direto para a sala dos professores.

No segundo período, decidi ficar com a turma 104 e aplicar o questionário lá. Era a primeira vez que eu estava com essa turma. O professor me introduziu e deu espaço para me apresentar. Repeti o procedimento anterior, dizendo meu nome, meu objetivo de estar ali e que estaria à disposição para responder a quaisquer dúvidas ou curiosidades que tivessem. Acomodei-me novamente na mesa do professor enquanto ele retornava para a turma 105, me deixando sozinho com a turma 104. Quando cheguei à sala, vi um problema no quadro com a seguinte enunciação: "*Encontre a energia cinética de um veículo de 800 kg com velocidade de 18 m/s*", sem resolução. Como o professor já havia autorizado, expliquei o mesmo conceito que na turma anterior e distribuí os questionários.

Enquanto distribuía os questionários, percebi que alguns alunos estavam conversando sobre um jogo chamado "*God of War*", que eu conhecia e tenho interesse. Aproveitei para interagir e

mencionei que ainda não tinha jogado o último da série, o que despertou o interesse de alguns alunos em me conhecer melhor. Trocamos ideias sobre outros jogos eletrônicos, mas logo enfatizei que eles deveriam preencher o questionário com sinceridade. Um dos alunos olhou para mim e perguntou: "*Tem certeza de que quer que eu seja sincero?*", então respondi que sim, pois suas respostas refletiriam suas concepções sobre a física e me ajudariam a planejar as aulas de forma mais adequada para eles. Como o intervalo havia acabado, três alunas retornaram após cerca de 10 min do período ter começado. Entreguei os questionários e expliquei individualmente o que deveriam fazer.

Depois de algum tempo, todos haviam me devolvido as folhas quando o professor retornou e perguntou se haviam resolvido o problema do quadro. Ninguém se pronunciou, e só foram audíveis alguns sussurros ao fundo. Com isso, voltou ao quadro para resolver o problema com a turma. Durante a resolução, ele enfatizou a importância de encontrar os valores numéricos ao longo do exercício, que, neste caso, não requeriam conversões de unidades. Ele listou os valores encontrados e os substituiu na equação para energia cinética, obtendo o valor de 129.600 J. Novamente, ele mencionou a possibilidade de usar unidades diferentes, como 126,6 kJ.

Com o exercício concluído, o professor propôs uma reflexão: quando um carro e uma moto estão à mesma velocidade e colidem, qual deles sofrerá mais? Os alunos apontaram diretamente para a moto, argumentando que há uma tendência do motociclista "voar". O professor confirmou e questionou o motivo. Um aluno sentado na frente da minha mesa respondeu que é por causa da massa, que está presente na equação. O professor o elogiou com seu bordão "mirem-se no colega" e explicou que o carro terá mais energia para transferir para a moto na colisão, causando mais danos ao veículo de menor massa. Ele também abordou os aspectos mais óbvios da questão, como a falta de cinto de segurança em motos. Em seguida, lançou uma nova pergunta: "*Se um carro tem energia cinética com uma certa velocidade, o que acontece com a energia se dobrarmos a velocidade?*" Ninguém respondeu, então ele sugeriu algumas possibilidades: "*Será que dobra? Triplica? Cai pela metade?*". Isso levou três estudantes a responderem que a energia dobraria. O professor explicou que, de acordo com a equação, a energia cinética dobraria devido ao expoente quadrático presente no modelo. Em outras palavras, se a velocidade dobrar, a energia quadruplica; se triplicar, a energia aumenta nove vezes, e assim por diante.

Após fazer esse comentário, o professor continuou a aula introduzindo um novo tópico no quadro: "*Energia Potencial Gravitacional (Epg)*", e escreveu: "*É a energia que uma massa qualquer possui quando está a uma altura diferente de zero metros*", seguido por "*A palavra 'potencial' significa 'armazenada'*". Exemplificou essa ideia usando a tampa da caneta que tinha em mãos. Ele a colocou em uma certa altura e explicou que a tampa possuía uma certa energia

potencial. Se ele soltasse a tampa, a energia seria convertida em energia cinética. Apontou que, em um cenário ideal sem perdas, a tampa deveria retornar à sua mão após quicar no chão, mas isso não acontecia devido a perdas de energia térmica e sonora. Por fim, destacou que a energia se transforma, mas não é perdida, usando o famoso ditado "*nada se cria, nada se perde, tudo se transforma*". Para encerrar a aula, o professor perguntou se havia alguma dúvida e encerrou a aula às 16h28min.

Esta aula foi repleta de experiências diferentes a começar pela divisão de turmas. No momento em que o professor é submetido a uma situação onde deve lecionar em duas turmas distintas, vemos a urgente necessidade da formação de novos docentes e dos incentivos à profissão, já que isso só ocorreu devido a falta de profissionais na rede pública, problema que já vem se agravando ao longo dos anos. Apesar disso, com minha proposta para aplicar os questionários iniciais, o professor conseguiu dominar a situação sem deixar as turmas sozinhas ou sem a necessidade de uni-las para uma única aula.

Ao longo da aplicação dos questionários, notei que alguns estudantes eram relutantes em responder com sinceridade, muito provavelmente pela preocupação de expor desgosto pela disciplina de física. Além disso, notei que alguns estudantes sequer sabiam o significado do termo “curso superior”, dando a entender que não possuem interação com pessoas desse meio. Isso também foi corroborado ao analisar os questionários, já que muitos não apontaram desejo em cursar o ensino superior.

Por fim, a aula seguiu o modelo tradicional e, apesar das adversidades, o professor conseguiu desenvolver o conteúdo de energia cinética e potencial gravitacional, trazendo situações exemplificadas e exercícios que auxiliam na fixação dos conceitos trabalhados.

### **Observação 5**

**Data:** 23/06/2023

**Turma:** 303

**Horário:** das 13h15min às 14h45min (2 horas-aula, período antecipado)

**Assunto da aula:** Corrente elétrica

**Alunos(as) presentes:** 14, sendo cinco meninas e nove meninos

No dia em questão, cheguei cerca de 5 min atrasado, mas o professor ainda não havia chegado. Esperei em frente à sala dos professores. Estava previsto irmos para a turma 106, porém, quando o professor chegou, informou que precisaríamos mesclar as turmas novamente, assim, fomos para a turma 303. Ao chegarmos lá, os estudantes já estavam sentados e conversando. Uma

das estudantes estava almoçando antes do início da aula. Como era o meu primeiro contato com essa turma, o professor me apresentou e me deu espaço para me apresentar, repetindo o processo que já descrevi em observações anteriores. Dirigi-me para o fundo da sala, mas a turma e eu ainda esperamos alguns minutos pelo professor que havia ido para a sala ao lado, onde faria o atendimento simultâneo.

A aula começou por volta das 13h30min, quando o professor retornou à sala e fez uma introdução descontraída, afirmando que eu doaria mil reais a todos no final do ano. Ele perguntou se havia alguma tarefa pendente da última aula, e os estudantes negaram. Então, ele escreveu um enunciado no quadro para exercitar: "*Encontrar qual é o tempo necessário para que cruzem 30 kC em uma seção transversal de um circuito elétrico, por onde passam 5 mA de corrente*". Ele lembrou brevemente a equação da corrente elétrica ( $i = \frac{q}{t}$ ) e seus símbolos, depois foi para a turma 106 enquanto os estudantes trabalhavam no exercício.

No fundo da sala, pude perceber que os estudantes estavam conversando sobre a resolução do problema, bem como outros tópicos aleatórios que não consegui identificar. Uma aluna com um pouco de dificuldade se virou para mim e pediu uma explicação sobre o problema, questionando o que deveria ser feito. Tentei seguir o padrão do professor, focando na identificação e substituição dos valores no problema. Expliquei que precisávamos identificar a corrente elétrica "i" e a carga "q" no exercício. A estudante rapidamente apontou os valores de 5 mA e 30 kC, respectivamente. Enfatizei a importância de conferir as unidades de medida, e ela percebeu que precisávamos convertê-las para o Sistema Internacional de Unidades (SI). Após a conversão, instruí-a a substituir os valores na fórmula para encontrar o resultado, o que ela fez com certa facilidade.

Após explicar o conceito para essa estudante em particular, retornei ao meu assento e continuei observando. Alguns alunos ainda estavam tendo dificuldades e não sabiam como resolver o problema. Nesse momento, um aluno na frente se prontificou a explicar os passos da resolução, demonstrando que era necessário identificar a corrente e a carga, convertê-las para o SI e, em seguida, aplicar a fórmula. Alguns alunos na frente da sala pareciam ter entendido e começaram a realizar os cálculos, enquanto outros no fundo decidiram esperar pelo professor para resolver o problema.

O professor retornou à sala pouco tempo depois e resolveu o exercício, encontrando um valor para o tempo de 6.000.000 segundos, que ele converteu para 6.000 ks. Ele usou esse resultado para questionar qual seria esse tempo em uma escala mais convencional, pedindo a alguém que o transformasse em horas dividindo por 3600. Após alguns segundos, um estudante respondeu "69

horas". O professor fez esse cálculo para demonstrar que a corrente elétrica, embora tenha uma resposta quase instantânea, é extremamente lenta dentro de um circuito.

Após essa reflexão, o professor decidiu aprofundar a discussão sobre o tempo, perguntando qual seria o maior tempo existente. A maioria dos estudantes respondeu que o tempo era infinito. Então, o professor mudou a pergunta para "*Quanto tempo a Terra tem?*" As respostas variaram de 8 milhões a 2 trilhões de anos. O professor respondeu que, de acordo com o conhecimento científico sobre o planeta e a datação por carbono-14, a Terra tem aproximadamente 4,5 bilhões de anos. Ele expandiu a pergunta para "*Quanto tempo o universo tem?*"

As respostas variaram de 100 bilhões de anos ao infinito. Então explicou que os astrônomos estimam que o universo tenha uma idade entre 13 a 18 bilhões de anos, com base no que conseguem observar usando telescópios. Ressaltou ainda, que esses números podem ser imprecisos depois de novos dados obtidos pelo telescópio James Webb. O professor concluiu essa exploração afirmando que, com base na idade estimada do universo, não poderia haver nada com um tempo maior que 18 bilhões de anos.

O professor passou para um novo exercício, que tinha o seguinte enunciado: "*Qual é a corrente quando cruzam 1 TC (tera coulomb) em um período de 1 semana?*". Ele enfatizou a importância de cuidar das unidades e perguntou o que o "T" representava. Um aluno no fundo da sala gritou "*Tonelada!*", mas o professor corrigiu e outro aluno respondeu baixinho "*tera*". O professor elogiou a resposta e perguntou quanto valia este prefixo. O mesmo aluno respondeu que representava um trilhão. O professor o elogiou novamente com sua fala "mirem-se no colega" e encerrou a aula às 14h40min, quando voltou para a turma 106. Como não tinha a intenção de voltar, finalizei minhas anotações e segui-o para a turma 106.

Nesta aula foi necessário realizar o revezamento entre turmas novamente, então em diversos momentos o professor precisou se ausentar para ir a sala ao lado. Apesar disso, algo em especial que chamou atenção nesta aula, foi a relação do professor com a turma. Isso acontece pois, ao longo da exposição dos conteúdos, os estudantes demonstraram tranquilidade em interagir e questionar o professor. Além disso, o próprio docente propôs discussões mais profundas do que as observadas em outras aulas, como a discussão sobre os valores obtidos nos exercícios, já que em alguns casos, os valores foram muito grandes.

Junto disso, outro fator importante a ser destacado é o engajamento dos estudantes na resolução de exercícios. Em vários momentos, os alunos trocavam informações sobre os métodos de resolução, voltando, principalmente, aos estudantes que corriqueiramente possuem melhor compreensão dos conteúdos de física e para mim.

**Observação 6****Data:** 23/06/2023**Turma:** 203**Horário:** das 14h45min às 15h30min (1 hora-aula)**Assunto da aula:** Calor Latente**Alunos(as) presentes:** 15, sendo quatro meninas e 11 meninos

Cheguei à sala junto do regente e percebi que a turma estava dispersa, provavelmente porque o professor anterior havia saído alguns minutos antes do sinal. Como era meu primeiro contato com essa turma, o professor me apresentou e realizei o procedimento que já mencionei em turmas anteriores. Como de costume, o professor perguntou se havia algo pendente da última aula, e todos responderam negativamente.

A aula começou com cerca de cinco estudantes (duas meninas e três meninos) retornando para a sala. O professor questionou onde estavam e todos disseram que foram tomar água. Ele pareceu desconfiado devido ao número de alunos que entraram, mas deixou passar e afirmou que eles deveriam estar na sala no início da aula.

Para iniciar a aula, o professor fez a seguinte pergunta: "*Qual é o nome do processo que transforma a matéria de sólida para líquida?*" Vários alunos começaram a “chutar” diferentes conceitos, passando por ebulição, fissão, sublimação e evaporação. Cada um demonstrava entusiasmo em ser o primeiro a responder corretamente. Um estudante mencionou fusão corretamente, mas o professor não percebeu e deu a resposta. Isso deixou o aluno revoltado por não ter sido reconhecido por ter respondido primeiro. O professor pediu desculpas a esse estudante e anunciou a nova matéria: Calor Latente. Ele escreveu o título no quadro e explicou que, assim como o calor sensível, o calor latente é uma forma de energia térmica, mas é responsável por mudar o estado da matéria. Ele foi até o quadro e escreveu a fórmula  $Q = m \cdot L$ , explicando que a letra “Q” representa a quantidade de calor latente em calorias (cal), a letra “m” representa a massa em gramas (g) e a letra “L” representa o calor latente em calorias por grama (cal/g).

Em seguida, enfatizou que o valor de L representa a quantidade de calor que cada unidade de massa precisa receber para mudar seu estado físico. Ele listou os valores para a água: L de fusão sendo 80 cal/g e L de vaporização sendo 540 cal/g. Então questionou por que esses valores eram diferentes e por que mais energia é necessária para vaporizar a água do que para fundi-la. Ninguém se propôs a responder dessa vez, então o professor explicou que se trata da energia interna que a água possui a 0°C em comparação a quando está a 100°C. Isso faz com que seja necessário fornecer mais calor à substância para ela evaporar do que para ela fundir.

Após essa explicação, ditou para a turma copiar logo abaixo da equação no quadro: "*É definida como a energia necessária para transformar um estado de agregação da matéria em outro*". Explicou brevemente que o estado de agregação da matéria refere-se à organização das moléculas de um material, onde os sólidos têm moléculas mais próximas umas das outras e os gases têm moléculas mais separadas. Seguiu ditando: "*Ao mudar de estado de agregação, não há variação de temperatura*".

Depois de fazer as anotações, o professor fez uma pergunta semelhante à do início: "*Qual é o nome do processo quando um material passa de vapor para líquido?*". Um aluno prontamente respondeu liquefação, deixando o professor satisfeito e elogiando o aluno. Em seguida, ele perguntou qual é o nome do processo quando um material passa diretamente do estado sólido para o vapor, sem passar pelo estado líquido. Ninguém na sala soube responder e nem tentaram adivinhar, deixando a sala em silêncio. O professor então respondeu que se trata da sublimação ou ressublimação, explicando que esse termo também se aplica ao processo inverso, ou seja, quando um vapor passa para o estado sólido. Ele deu exemplos, como o gelo seco que evapora rapidamente e o granizo, onde as gotículas de vapor na atmosfera passam diretamente para o estado sólido.

Após concluir a explanação do novo conteúdo, ele propôs o seguinte exercício: "*Qual é a quantidade de energia térmica necessária para vaporizar 1L de água a 100 °C?*" Deu um tempo para que os estudantes resolvessem o exercício e, durante esse tempo, questionou por que usamos a notação de grau (°) para denotar a temperatura em Celsius. Ninguém respondeu, então ele explicou que é uma unidade relativa que utiliza uma referência subjetiva, já que no caso da escala Celsius usamos a água como referência. Ele mencionou que a escala Kelvin é uma unidade absoluta e, portanto, não requer o símbolo de grau. Após o comentário, o professor fez a chamada.

Ele então passou para a resolução do exercício e a conclusão da aula listando os valores fornecidos pelo problema e enfatizou a conversão de volume de água em massa. Ele mostrou que 1 litro de água é equivalente a 1 kg, dando exemplos como 500 mL de água sendo igual a 500 g, 250 mL sendo igual a 250 g, e assim por diante. Ele resolveu o exercício encontrando um valor de 540.000 cal, destacando que o valor é positivo porque a água precisa receber energia para evaporar. Após concluir o exercício, um estudante perguntou o que deveria ser feito com o valor de 100 °C mencionado no problema. O professor respondeu que esse valor serve apenas para indicar que a água está à beira da vaporização e que não é necessário adicionar mais calor sensível para isso. Portanto, o valor da temperatura não é usado em nenhuma fórmula. Respondida a pergunta, questionou se a turma tinha mais dúvidas e, como não houve mais perguntas, liberou para o intervalo às 15h27min.

Inicialmente, a sala de aula se mostrou um ambiente de caos, mas logo se transformou em uma aula tradicional tanto na metodologia quanto na organização dos alunos. A agitação percebida se mostrou útil no decorrer da aula, quando o professor realizava questionamentos e os estudantes respondiam quase que em tom competitivo. Esse tipo de comunicação facilita para o docente em momentos de corrigir as concepções alternativas existentes, como no momento em que houve a confusão sobre o termo “fusão”.

O destaque da aula foi a discussão sobre os valores de calor latente da água e as razões por trás dele, já que tal conceito aborda não apenas a calorimetria, mas também as concepções que os estudantes possuem sobre o comportamento dos átomos. Por fim, o professor proporcionou um ambiente amistoso onde os alunos foram confrontados com situações diversas e incentivados a participar ativamente da construção do conhecimento.

### **Observação 7**

**Data:** 27/06/2023

**Turma:** 204

**Horário:** das 13h15min às 14h (1 hora-aula)

**Assunto da aula:** Calor Latente

**Alunos(as) presentes:** 17, sendo sete meninas e dez meninos

Cheguei por volta das 13h15min, e me dirigi para a frente da sala, onde aguardei a chegada do professor. A maioria dos estudantes já estava sentada na sala, mas cerca de seis alunos estavam no pátio aguardando o início da aula. Por volta das 13h30min, o professor chegou e cumprimentou a todos. Como esta seria minha segunda observação nesta turma, também cumprimentei os alunos e me dirigi para o fundo da sala, onde comecei a fazer anotações. No início da aula, o professor foi direto para o quadro e listou os valores para o calor latente da água da seguinte forma:

- $L_v = 540 \text{ cal/g} \rightarrow$  Vaporização
- $L_c = -540 \text{ cal/g} \rightarrow$  Condensação
- $L_f = 80 \text{ cal/g} \rightarrow$  Fusão
- $L_s = -80 \text{ cal/g} \rightarrow$  Solidificação

Após listar os valores, o professor questionou o motivo do sinal negativo para a condensação e a solidificação. Um estudante, que participou ativamente na última aula, respondeu que o sinal negativo indica situações em que os materiais esfriam. O professor explicou que, nesse contexto de calor latente, a temperatura não varia para indicar aquecimento ou resfriamento. No entanto, ele

apontou que a resposta do estudante fazia sentido de certa forma, porque o sinal negativo indica perda de energia. Para a condensação e solidificação, os materiais cedem energia ao ambiente.

O professor passou então um exercício no quadro: "*Qual é a energia envolvida no processo a seguir? 3 kg de água líquida a 0 °C foram colocados no congelador. Depois de um certo tempo, ela solidificou.*" Enquanto os alunos tentavam resolver o problema, ele realizou a chamada. Antes de continuar para a resolução do exercício, o professor perguntou o que mais seria necessário além da redução da temperatura para congelar a água. Os alunos pareciam confusos com a pergunta e suas respostas eram cômicas, como mencionar a necessidade de um freezer ou uma geladeira "furiosa". O professor insistiu que além desses, algo mais seria necessário. Quando nenhum aluno soube responder, ele explicou que é preciso algum tipo de impureza ou agitação. Isso ocorre porque a água pura não solidifica diretamente quando resfriada, ela precisa de algum gatilho para iniciar a solidificação.

O professor ressaltou que, ao falar de água na disciplina de física, refere-se à água pura e destilada, sem adições como cloro e flúor encontrados na água mineral. Em seguida, alertou sobre o perigo de aquecer água no micro-ondas, já que ela pode superaquecer devido à ausência de impurezas para iniciar a ebulição, levando a acidentes.

Nesse momento, percebia que alguns alunos estavam desinteressados na aula. Quatro deles estavam usando fones de ouvido e copiavam o que estava no quadro. Além disso, um grupo de cinco alunos conversava sobre futebol, o que chamou a atenção do professor, que comentou sobre a rivalidade entre os times de futebol Grêmio e Internacional.

Poucos alunos pareciam realmente engajados em resolver o exercício. O professor deu mais alguns minutos, mas muitos não demonstraram trabalhar efetivamente. Ele resolveu o exercício da mesma forma que fez com os anteriores, listando os valores fornecidos e substituindo-os na fórmula. Inicialmente, obteve o valor de 240 kcal. No entanto, o mesmo aluno que havia se mostrado participativo apontou que o professor havia cometido um erro no sinal, já que o processo envolvia congelar a água, o que exigiria a perda de energia. O professor corrigiu a resolução, adicionando o sinal negativo à resposta.

Após concluir esse exercício, o professor propôs combinar as duas equações estudadas até o momento: a equação de calor sensível e a de calor latente. Isso seria necessário quando um sistema precisa variar sua temperatura e trocar de estado físico. Ele apresentou a equação  $Q_t = Q_s + Q_l$ , onde o calor total ( $Q_t$ ) é a soma do calor sensível ( $Q_s$ ) com o calor latente ( $Q_l$ ). Para ilustrar, desenhou três quadrados no quadro, representando a água líquida a 20°C, a água líquida a 100°C e o vapor de água a 100°C. Ele explicou que a transição do primeiro para o segundo quadrado envolve

calor sensível por causa do aumento da temperatura, já a transição do segundo para o terceiro quadrado envolve calor latente por observarmos que há mudança de estado físico.

O professor passou então para o segundo exercício do dia: "*Qual a energia total necessária para que 200 g de água a 20 °C vire vapor a 100 °C?*" Ele optou por resolver esse exercício diretamente para demonstrar as etapas de resolução, já que era um novo tipo de problema. O professor descreveu as etapas no quadro, explicando como cada parte do processo é representada e calculada. Nesse momento, um aluno informou que faltavam apenas dois minutos para o toque do sinal, então o professor deixou a conferência do resultado para a próxima aula. A aula foi encerrada por volta das 14h.

Esta aula foi muito semelhante a observada anteriormente, exceto pelo tumulto inicial que não ocorreu nesta turma. A aula seguiu uma linha tradicional e expositiva, onde o professor apresentou os valores de calor latente e uma discussão sobre os sinais negativo e positivo de cada valor. Esta discussão se mostra muito rica neste ambiente, visto que traz a reflexão a respeito do entendimento real dos estudantes sobre o tema discutido e aborda conhecimentos gerais. Esse mesmo tipo de discussão é vista quando os alunos são questionados sobre a diferença dos calores latente e sensível de um mesmo material. Ainda, o professor traz situações que fazem parte do dia a dia dos estudantes no momento que traz exemplos como o aquecimento de água no micro-ondas, dando sentido a aquilo que é aprendido.

### **Observação 8**

**Data:** 27/06/2023

**Turma:** 104

**Horário:** das 14h45min às 16h30min (duas horas-aula)

**Assunto da aula:** Energia Potencial Gravitacional (Epg)

**Alunos(as) presentes:** 17, sendo oito meninas e nove meninos

Ao entrar na sala, notei que a turma estava relativamente calma. Alguns poucos alunos estavam conversando fora de seus lugares, e apenas dois alunos estavam no pátio no início da aula, mas logo retornaram à sala. O professor entrou e cumprimentou a todos, e eu fiz o mesmo antes de me dirigir para o fundo da sala, onde me instalei para fazer anotações. O professor questionou se havia algo a ser retomado da última aula, e como não houve pronunciamentos, ele anunciou que começariam um novo tópico. Então escreveu no quadro o título "*Energia Potencial Gravitacional (Epg)*".

Enquanto escrevia o título no quadro, o professor explicou que quando um corpo é suspenso no ar, ele possui energia armazenada. Para exemplificar, pegou a tampa de sua caneta, suspendeu-a acima da cabeça e perguntou o que aconteceria se ele a soltasse. Os alunos apontaram que a tampa cairia, e o professor a soltou para observar o movimento. Ele disse que, embora ele não tenha feito nada para fazer a tampa cair, ela caiu devido à gravidade. Ele questionou por que isso aconteceu e, como ninguém sugeriu uma resposta, ele explicou que além da força da gravidade puxando os corpos para baixo, a tampa da caneta possuía uma certa energia armazenada, que ele chamou de Energia Potencial Gravitacional. Acrescentou a seguinte explicação abaixo do título no quadro:

Qualquer massa em qualquer altura, em relação a um referencial, possui energia potencial gravitacional.

Quanto maior a altura, maior esta energia.

A palavra 'potencial' significa armazenada.

Após escrever isso, enfatizou o significado da palavra potencial e explicou que é uma energia que tem o potencial de se transformar em energia cinética, dando movimento ao corpo. Ele voltou ao quadro e escreveu a equação  $E_{PG} = m \cdot g \cdot h$ , onde " $m$ " representa a massa em quilogramas, " $g$ " representa a aceleração da gravidade (igual a  $10 \text{ m/s}^2$ ) e " $h$ " representa a altura em metros.

Depois de explicar a exposição no quadro, o professor usou um exemplo para ilustrar a transformação de energia. Para isso, falou sobre um objeto caindo e como ele transforma sua energia potencial gravitacional em energia cinética ao longo da queda. Repetiu o movimento de levantar a tampa da caneta e soltá-la, destacando que a tampa deveria voltar à mesma altura de onde foi solta. No entanto, devido às perdas de energia para o ambiente, isso não acontece. Então questionou onde a energia é perdida quando a tampa cai. Alguns estudantes responderam de forma apática, apontando a resistência do ar como um fator. O professor não parecia satisfeito e perguntou novamente "*o que mais?*". Um estudante sugeriu o som como outro fator, e o professor concordou, mas afirmou que havia um fator mais significativo. Como nenhum outro palpite foi oferecido, o professor deu a resposta de que há uma perda de energia na forma de calor durante a colisão da tampa com o chão, aumentando a temperatura tanto da tampa quanto do chão devido ao impacto.

Após essas observações, o professor sugeriu uma reflexão para a turma: "*Um elefante e um cachorro são largados de uma mesma altura. Quem terá mais energia?*". Os estudantes responderam que o elefante teria mais energia. No entanto, quando o professor perguntou por que isso aconteceria, apenas um aluno conseguiu relacionar a massa com a energia nessa situação. O professor usou sua frase característica "*mirem-se no colega*" para destacar a resposta correta. Diante disso, o professor propôs uma nova reflexão: "*Agora, imagine que você tem dois elefantes, um a 10*

*metros de altura e outro a 20 metros de altura. Quem terá mais energia?".* Os estudantes foram precisos em suas respostas, apontando que o elefante que estava a 20 metros de altura teria mais energia devido à sua posição mais elevada.

Após concluir a apresentação do novo conteúdo, o professor propôs um exercício aos estudantes: "*Qual é a energia potencial gravitacional de uma pessoa de 90 kg a uma altura de 50 metros, em cima de uma montanha?*". Ele concedeu cerca de 10 min para que os alunos resolvessem o exercício.

Após o tempo estipulado para a resolução do exercício, o professor perguntou se alguém havia encontrado a resposta. Apenas um aluno se manifestou, declarando ter obtido o valor de 45.000 J (joules). O professor parabenizou o aluno pela resposta correta e, em seguida, convidou toda a classe a conferir o cálculo juntos. Para resolver o problema, o professor listou os valores fornecidos no enunciado: massa (m) de 90 kg e altura (h) de 50 m. Ele então apontou que, neste caso, não era necessário realizar conversões de unidades, pois todos os valores já estavam de acordo com o S.I. Ao efetuar o cálculo, o professor fez uma ênfase especial em seu método simplificado de realizar a multiplicação. Ele demonstrou como realizou a operação  $9 \times 1 \times 5 = 45$  e, em seguida, acrescentou a quantidade de zeros correspondente, ou seja, três zeros. Esse procedimento resultou nos 45.000 J (joules) que o aluno havia mencionado anteriormente, comprovando a correção do cálculo.

Após concluir o exemplo, o professor propôs uma nova reflexão aos alunos: "*Um meteoro vindo para a Terra e chega com velocidade muito alta. O que podemos afirmar sobre essa situação?*" Essa reflexão tinha como objetivo explorar os fatores que influenciam um sistema físico na realidade. O professor começou apontando que o meteoro esquenta devido ao atrito com o ar. Em seguida, ele pediu aos estudantes para identificarem mais características desse cenário.

O mesmo aluno que havia respondido ao exercício anterior se manifestou novamente, afirmando que o meteoro teria muita energia. O professor aprofundou a pergunta, questionando que tipo de energia o aluno estava se referindo e por que o meteoro possuiria essa energia. O aluno respondeu que o meteoro teria muita energia devido ao seu tamanho ser muito grande. No entanto, o professor pareceu não ficar satisfeito com essa resposta e buscou explorar mais as ideias dos alunos. Para isso, acrescentou mais informações à discussão, destacando que o meteoro está vindo de uma altura muito grande, pois está chegando do espaço e isso confere ao meteoro uma energia potencial gravitacional considerável. Além disso, devido à sua velocidade muito alta, o meteoro possui uma grande quantidade de energia cinética. Concluiu reforçando que, para ambas as formas de energia (potencial e cinética), é necessário que o corpo possua não apenas velocidade e altura, mas também uma massa considerável.

Ao continuar a discussão, o professor explicou que, ao entrar na atmosfera da Terra, o meteoro enfrenta uma alta quantidade de resistência do ar, o que resulta em uma perda significativa de energia. Essa perda de energia é responsável por aquecer o meteoro e, eventualmente, fazê-lo se desmanchar. O professor enfatizou que o impacto do meteoro com a atmosfera resulta na conversão de sua energia cinética em várias formas de energia, incluindo calor e luz, que são observados em fenômenos como as estrelas cadentes. Dessa forma, o professor guiou os alunos por uma exploração detalhada dos fatores que influenciam o comportamento de um meteoro em sua trajetória em direção à Terra, destacando como os conceitos de energia potencial, energia cinética e atrito com o ar desempenham papéis importantes nesse processo.

Após concluir a discussão sobre o meteoro na Terra, o professor decidiu mudar o cenário da situação, transportando-a para a Lua, e perguntou aos alunos o que mudaria nessa nova situação. No entanto, ninguém respondeu à pergunta, indicando uma falta de engajamento por parte dos estudantes. Percebendo isso, o professor tentou novamente engajar os alunos lembrando que a Lua possui uma gravidade menor que a da Terra. Ele destacou que, apesar dessa diferença, os meteoros ainda seriam atraídos pela gravidade lunar. No entanto, mesmo com esse esclarecimento, os alunos continuaram demonstrando apatia em relação à reflexão proposta.

O professor então concluiu a discussão apontando que a energia potencial gravitacional seria menor e que, por consequência, a cinética também seria, enfatizando que a atmosfera lunar é praticamente inexistente, ao contrário da atmosfera densa da Terra. Acrescentou que, apesar de a gravidade lunar ser menor, ainda assim há a queda de meteoros na Lua, o que é evidenciado pelas muitas crateras visíveis em sua superfície.

Além disso, o professor fez um breve comentário sobre a relação entre a baixa gravidade da Lua e a ausência de atmosfera. Explicou que, devido à baixa gravidade, as moléculas na Lua têm maior facilidade para escapar da superfície lunar em comparação com a Terra. Isso contribui para a falta de uma atmosfera densa na Lua e para a presença de uma quantidade significativa de crateras causadas pelo impacto de meteoros. Apesar das tentativas do professor de envolver os alunos na reflexão sobre as diferenças entre a Terra e a Lua em relação aos meteoros, a apatia dos estudantes parece ter prevalecido, tornando difícil a discussão mais interativa e participativa.

Em seguida, o professor apresentou um novo exercício aos alunos. O enunciado do exercício era o seguinte: “*Qual a energia potencial gravitacional de uma pessoa de 60 kg na altura de 1000 m numa montanha?*”. Após passar o exercício, ele deu um tempo para que os alunos trabalhassem na resolução por conta própria, afirmando que resolveriam o problema juntos depois do intervalo.

Após o intervalo, os alunos retornaram para a sala de aula por volta das 15h48min. O professor permitiu que os alunos tivessem mais alguns minutos para tentar resolver o exercício

proposto enquanto ele fazia a chamada. Após esse tempo, o professor conduziu a resolução do exercício. Começou listando os valores que foram dados no enunciado do problema e, em seguida, substituiu diretamente esses valores na fórmula da energia potencial gravitacional. O resultado obtido foi de 600.000 joules (J), então o professor aproveitou esse momento para exercitar o uso de diferentes prefixos das unidades de medida de energia. Ele expressou a resposta também como 600 kilojoules (kJ) e 0,6 megajoules (MJ), demonstrando a equivalência entre essas diferentes unidades de medida de energia.

Na segunda parte da aula, o professor direcionou a discussão para a situação em que a pessoa do problema anterior rolasse montanha abaixo, explorando o conceito de energia cinética e aceleração devido à gravidade. Ele começou fazendo a pergunta: "*E se a pessoa do problema anterior rolasse montanha abaixo, qual seria sua velocidade no pé da montanha?*", e destacou que a velocidade aumentaria à medida que a pessoa descia devido à aceleração da gravidade, que puxa os corpos para baixo.

Ao explorar essa situação com mais detalhes, o professor apresentou um novo exercício: "*Qual a velocidade da pessoa do exercício anterior, ao pé do morro, após descer rolando, sem atrito?*" Ele utilizou uma ilustração que mostrava um morro e um boneco no topo, indicando a altura em que o boneco estava localizado e sua massa.

Para resolver o exercício, o professor dividiu o problema em dois momentos: quando o boneco estava no topo do morro e quando estava no pé do morro. Ele explicou que, no topo do morro, a energia potencial gravitacional era máxima e o objeto estava parado, o que significava que a energia cinética era zero. Ele anotou  $E_{pg} = 600.000 \text{ J}$  e  $E_c = 0 \text{ J}$  para essa situação. Para a parte de baixo do morro, onde o boneco já não tinha mais altura para descer, a altura era zero. Isso implicava que a energia potencial gravitacional foi totalmente convertida em energia cinética. Ele anotou  $E_{pg} = 0 \text{ J}$  e  $E_c = 600.000 \text{ J}$  para essa situação. O professor fez a constatação de que a energia total no topo do morro era igual à energia total no pé do morro. Ou seja, a energia potencial gravitacional no início era igual à energia cinética no final.

Em seguida, ele deduziu matematicamente uma expressão para a velocidade que dependia da altura de onde um corpo foi largado. A dedução partiu da igualdade entre energia cinética e potencial gravitacional, seguindo para o isolamento da velocidade, obtendo  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ . Ao chegar nessa equação, mostrou que agora possuíam uma fórmula que daria a velocidade diretamente quando um corpo fosse largado de uma certa altura. Para concluir o exercício, substituiu os valores de "g" e "h" para encontrar a velocidade de 141,42 m/s.

Na parte final da aula, o professor apresentou um novo exercício aos alunos com o seguinte enunciado: "*Encontrar a altura em que deve estar um carro de 1 ton para possuir (parado) uma*

*energia potencial gravitacional de 300 MJ.*" Ele deu alguns minutos para que os alunos tentassem resolver o problema por conta própria, circulando pela sala para acompanhar o desenvolvimento dos estudantes. Após cerca de 5 minutos de espera, como nenhum aluno havia apresentado a resposta, o professor decidiu resolver o problema com a turma da mesma forma que fez com os exercícios anteriores. Ele começou perguntando se alguém havia conseguido encontrar o valor. O mesmo estudante que já havia participado anteriormente respondeu com uma altura de 3 km. O professor parabenizou o aluno por ter resolvido o problema e sugeriu que todos conferissem juntos.

Em seguida, listou os valores dados no enunciado, que eram uma massa de 1 ton (1000 kg) e uma energia potencial gravitacional de 300 MJ. Nesse caso, foi necessário converter toneladas para quilogramas e megajoules para joules. Feitas as conversões necessárias, o professor substituiu os valores na fórmula da energia potencial gravitacional e encontrou a altura de 30.000 metros, o que corresponde a 30 km. O professor fez uma observação sobre o aluno que havia respondido 3 km, afirmando que possivelmente o aluno havia "*comido*" um zero, já que a resposta correta era muito maior. O sinal tocou às 16h30min, anunciando o encerramento da aula.

No quesito metodologia o professor seguiu utilizando a tradicional. Nesta aula, os conteúdos abordados foram contextualizados a partir de exemplos que fazem alusão ao cotidiano dos estudantes. Além disso, o professor propôs discussões a respeito da mudança de valores nas variáveis presentes nas equações, o que auxilia os estudantes a desenvolverem um pensamento reflexivo sobre os sistemas e uma capacidade de análise no formalismo matemático.

A discussão sobre a chegada de um meteoro a Terra traz uma situação incomum, que dá um toque de emoção à aula e permite a exploração detalhada dos fatores que influenciam na trajetória deste. No entanto, a apatia demonstrada por alguns alunos, especialmente durante a mudança de cenário para a Lua, revelou dificuldades em manter o engajamento ao longo da aula. Apesar disso, a abordagem do professor sempre se mostra ser paciente, trazendo um ambiente agradável e confiável para que os estudantes exponham suas ideias.

### **Observação 9**

**Data:** 30/06/2023

**Turma:** 106

**Horário:** das 13h15min às 14h45min (2 horas-aula)

**Assunto da aula:** Energia Potencial Gravitacional

**Alunos(as) presentes:** 13, sendo cinco meninas e oito meninos.

Chegando à escola junto com o sinal, dirigi-me para a frente da sala e aguardei a chegada do professor. A escola parecia dividida, com alguns alunos já sentados nas salas e outros conversando no pátio. Todos esperaram pelos professores por cerca de 10 minutos. Com a chegada do professor fomos direto para a sala. Como eu já havia visitado esta turma anteriormente, dei apenas um "boa tarde" geral aos alunos e me dirigi ao fundo da sala. No entanto, as mesas da última fileira já estavam ocupadas, então escolhi me sentar na terceira fileira, me colocando de lado para observar a turma e o quadro simultaneamente. No início, havia apenas sete alunos presentes - cinco meninas e dois meninos.

Nesse dia, o professor entrou na sala e cumprimentou a todos. Ele percebeu que havia esquecido suas canetas para o quadro branco, então ofereci as minhas para ajudar na agilidade da aula. Após esse início, o professor começou questionando se havia ficado algum exercício pendente da última aula, mas os alunos negaram. Então, ele anunciou que passaria um último exercício sobre energia cinética para que os alunos se familiarizassem com o novo conteúdo.

O exercício tinha o seguinte enunciado: "*Qual é a energia cinética de um caminhão de 20 toneladas quando se desloca a uma velocidade de 72 km/h?*". Enquanto apresentava o problema, o professor destacou que o prefixo "cine" se refere a movimento, e, portanto, a energia cinética está relacionada com a velocidade de um objeto em movimento. Então deu alguns minutos para que os alunos resolvessem o exercício.

Não demorou muito até que o professor começasse a resolver o exercício. Listou os valores de 20 toneladas para a massa e 72 km/h para a velocidade, e realizou as conversões necessárias para kg e m/s. Em seguida, substituiu os valores na fórmula da energia cinética e encontrou a energia de 4.000.000 J. Como de costume, ele também aproveitou para exercitar o uso de diferentes prefixos nas unidades, indicando que a resposta poderia ser escrita como 4.000 kJ, 4 MJ ou 0,004 GJ.

Durante a correção, cerca de quatro alunas continuaram conversando de forma distraída. O professor interveio, chamando a atenção para a importância de prestar atenção durante a aula. Ele perguntou se as alunas tinham conseguido resolver o problema, e uma delas admitiu que não tinha entendido nada. O professor retrucou brincando que talvez ela tivesse entendido se estivesse prestando atenção, mas rapidamente mudou de abordagem e perguntou especificamente o que a aluna não tinha compreendido. Ela respondeu que não tinha entendido nada mesmo.

Nesse ponto, o professor decidiu verificar o nível de compreensão da aluna e perguntou o que representavam as letras "m" e "v" na equação. A aluna respondeu corretamente, indicando que "m" representava a massa e "v" representava a velocidade. O professor, então, conduziu a aluna através do exercício, buscando os valores no enunciado e explicando o processo passo a passo. A

aluna pareceu acompanhar o raciocínio do professor e afirmou ter entendido a resolução do exercício após receber a orientação.

Para concluir essa primeira parte da aula, o professor apresentou uma reflexão provocativa: "*E se, em vez do caminhão, colocássemos um carro? A energia cinética seria maior ou menor?*" Diante dessa pergunta, um estudante sentado na frente respondeu em voz baixa que a energia cinética deve ser menor para o carro devido à sua massa menor. O professor elogiou a resposta do estudante com a frase "*Mirem-se no colega de vocês!*", ressaltando a importância da participação e da troca de ideias entre os alunos.

Além disso, o professor acrescentou que o conceito de energia mecânica que eles estão estudando, que é a soma das energias cinética e potencial, é aplicável a todos os corpos com massa. Portanto, a massa sempre será um fator relevante a ser considerado nesse contexto. Essa abordagem enfatizou a interação entre os alunos e a promoção de uma atmosfera de aprendizado colaborativo na sala de aula.

Dando continuidade à aula, o professor introduziu um novo tópico com o título "*Energia Potencial Gravitacional (Epg)*". Ele começou explicando o significado da palavra "potencial", que neste contexto se refere a algo armazenado. Nesse sentido, a energia potencial é um tipo de energia que está armazenada em corpos que possuem alguma altura em relação à superfície da Terra.

Para ilustrar esse conceito, o professor pegou a tampa de uma caneta e a ergueu a uma certa altura. Ele perguntou à turma o que aconteceria com o objeto caso ele seja solto, e os alunos respondem em conjunto que ele cairá. O professor então soltou a tampa para observar o movimento de queda. Ele continuou questionando por que a tampa cai, e um estudante que havia recém-chegado à aula responde que é devido à gravidade puxando o objeto para baixo. O professor parabenizou o aluno por sua resposta e confirmou que a gravidade de fato atrai os objetos para baixo. No entanto, ele ressalta que isso não significa que os objetos sempre cairão, pois o movimento de queda depende do professor abrir a mão para que a tampa caia.

Com essa explicação, o professor enfatizou que a energia que a tampa possui enquanto está suspensa está armazenada na forma de energia potencial gravitacional. Quando a tampa é liberada e cai, essa energia potencial é transformada em energia cinética, que está relacionada ao movimento. Com isso, o professor voltou ao quadro e escreveu a definição: "*É a energia que qualquer massa com uma certa altura, em relação a algum referencial, possui.*" Ele seguiu essa explicação com outro ponto: "*Quanto maior a altura em que a massa estiver em relação ao referencial escolhido, maior será sua Epg.*"

Após definir o conceito de energia potencial gravitacional, o professor escreveu a equação correspondente no quadro:  $E_{PG} = m \cdot g \cdot h$  e atribuiu nomes às letras da equação, onde "m"

representa a massa do objeto, "g" é a aceleração da gravidade (considerada como  $10 \text{ m/s}^2$ ) e "h" é a altura em relação ao referencial escolhido. O professor enfatizou que, embora a palavra altura não seja representada pela letra "h", essa é a letra usada para simbolizá-la na equação.

O professor aproveitou a exposição no quadro para fazer alguns comentários sobre a aceleração da gravidade e suas variações. Ele destacou que o valor da aceleração da gravidade não é constante em todos os lugares da Terra, podendo variar devido a fatores como a altitude e a latitude. Para exemplificar, ele perguntou aos alunos, qual o formato da Terra, e algumas respostas bem-humoradas surgiram, como "*a Terra é uma bandeja*", "*Terra Faustão*" e "*Terra Velociraptor*". O professor riu das respostas e explicou que a Terra é, na verdade, um geoide, ou seja, possui uma forma quase esférica, porém com os polos ligeiramente achatados. Isso significa que ela é, nas palavras do professor, "*mais gordinha*" próxima do equador e um pouco mais achatada nos polos. Essa característica influencia na distribuição da massa e afeta ligeiramente a aceleração da gravidade. Então mencionou que a variação da aceleração da gravidade na superfície da Terra é mínima, variando de  $9,75 \text{ m/s}^2$  a  $9,85 \text{ m/s}^2$  aproximadamente.

O professor continuou sua explanação abordando a gravidade em outros corpos celestes. Ele questionou os alunos sobre a gravidade na Lua, e como muitos responderam "*não sei*", ele explicou que a gravidade na Lua é menor do que na Terra, pois a Lua é muito menor em tamanho e massa. Em seguida, ele perguntou sobre a gravidade no Sol, e novamente a resposta foi "*não sei*". O professor esclareceu que a gravidade no Sol é maior do que na Terra, devido à sua enorme massa. O professor propôs um novo exercício aos alunos, escrevendo o seguinte enunciado no quadro: "*Encontrar a Epg de uma pessoa de 90 kg, em relação ao pátio da escola. Essa pessoa está nessa sala.*". Como a sala da turma 106 fica no segundo piso da escola, os alunos precisavam estimar a altura em que a pessoa estaria suspensa para calcular a energia potencial gravitacional.

Após dar algum tempo para resolverem o exercício, o professor perguntou se alguém já havia conseguido encontrar a resposta. Um dos estudantes admitiu que não havia entendido como resolver o problema e sugeriu que o professor talvez tenha esquecido de fornecer algum valor específico para a altura. O professor esclareceu que não havia esquecido, mas que os alunos poderiam pensar em um valor razoável para a altura do segundo andar. Assim, questionou os alunos sobre quantos metros eles acreditavam que havia entre o térreo e a sala. Alguns alunos sugeriram valores em torno de cinco a seis metros.

Naquele momento, o professor explicou que estava interessado na altura do chão do primeiro andar ao chão da sala, não até o teto. Apesar disso, os alunos continuaram a manter a resposta em torno de cinco metros. O professor então explicou que, em prédios padrões, os andares geralmente têm uma altura média de 3,5 m, que aproximou para 3 m a fim de facilitar o cálculo.

Com essa informação, os alunos tiveram mais alguns minutos para tentar resolver o exercício considerando a altura estimada.

Durante o tempo em que os alunos trabalhavam no exercício proposto, o professor aproveitou para fazer a chamada e conferir as notas dos estudantes. Ele abriu o sistema do estado em seu celular e questionou se todos já haviam pego seus boletins e se havia algum problema com as notas. A maioria dos alunos afirmou que suas notas estavam corretas e não havia problemas. No entanto, um aluno se aproximou do professor e informou que havia recebido a nota cinco e precisaria realizar alguma forma de recuperação. O professor perguntou por que o aluno havia recebido essa nota e o aluno explicou que havia faltado algumas vezes devido a questões de saúde, mas não tinha atestado médico para justificar as faltas. O professor então decidiu oferecer uma oportunidade de recuperação para que o aluno pudesse alcançar a nota sete, valendo dois pontos. Ele explicou que o trabalho consistiria em pesquisar sobre diferentes tipos de energia além da energia mecânica. Cada tipo de energia encontrado deveria ser descrito em, pelo menos, duas linhas. O aluno aceitou a proposta e retornou para sua classe.

Após a conferência das notas e a resolução do exercício proposto, o professor perguntou quanto a turma havia encontrado como resposta. O mesmo aluno que já havia participado timidamente respondeu novamente, desta vez mencionando o valor de 2700 J, porém de forma mais audível. O professor o parabenizou mais uma vez, utilizando sua frase característica "mirem-se no colega".

Em seguida, prosseguiu para a resolução do exercício, listando os valores fornecidos no problema e adicionando a altura de 3 m, ressaltando que esse valor foi estimado. Ele substituiu os valores na fórmula da energia potencial gravitacional e aproveitou para mostrar aos alunos um método simplificado de realizar a multiplicação. Ele demonstrou que a expressão  $90 \times 10 \times 3$  poderia ser simplificada para  $9 \times 1 \times 3$ , adicionando os dois zeros que são visíveis na conta. Isso resultou no valor de 2700 J, confirmando a resposta dada pelo colega anteriormente.

Dada a resposta, escreveu um novo problema: "Encontrar a Epg de uma pessoa de 80 kg a uma altura de 40 m". Após introduzir o novo problema, o professor demonstrou um tom satírico ao questionar se os alunos já haviam resolvido o exercício. Os alunos responderam de forma unânime que não haviam concluído. O professor brincou dizendo que daria mais tempo, mas quase que imediatamente repetiu a pergunta, o que gerou risadas e indagações, como "*te acalma sor*", criando um ambiente descontraído na aula.

Depois de mais alguns minutos, o professor voltou a perguntar se agora os alunos haviam concluído o exercício. Nesse momento, apenas o aluno, que tem se mostrado mais participativo, apresentou a resolução do problema. Apesar de ter esquecido da unidade joule no final da resposta,

o professor reconheceu que a resolução estava correta e elogiou o aluno pela sua participação. Procedeu à resolução do exercício no quadro, listando os valores fornecidos no problema e substituindo-os na fórmula da energia potencial gravitacional. Mais uma vez, ele enfatizou o método simplificado de multiplicação, seguindo os passos que ele havia demonstrado anteriormente. O resultado final foi calculado como 32.000 J ou 32 kJ.

Após concluir o segundo exercício, o professor decidiu fazer um comentário sobre a Estação Espacial Internacional e perguntou aos alunos se, nessa altitude onde satélites e "*coisas em órbita*" se encontram, existe gravidade. Alguns estudantes, especialmente os que estavam sentados mais ao fundo da sala, responderam que não, e mencionaram vídeos nos quais objetos pareciam flutuar no espaço. O professor explicou que, na verdade, existe gravidade nesses locais, mas devido à grande altitude, a aceleração da gravidade é muito menor, o que é conhecido como microgravidade. Durante essa explicação, houve um aumento na intensidade das conversas, especialmente em um grupo de alunos que chegaram atrasados e se sentaram nos fundos da sala. Isso levou o professor a elevar o volume de sua voz para tentar retomar o controle. Diante disso, o professor repreendeu os estudantes, apontando que a conversa estava atrapalhando a aula. O grupo respondeu amenizando o tom de suas vozes, mas ainda mantendo uma conversa baixa durante o restante da aula.

Feito o comentário e a advertência, escreveu um novo exercício: "*Qual a altura que uma pessoa deve estar para que possua uma Epg de 5 kJ tendo 100 kg?*". Depois disso, o professor deu alguns minutos para os estudantes resolverem, porém o grupo que anteriormente estava conversando voltou a intensificar a conversa, chegando ao ponto de um dos estudantes cair da cadeira. O professor se aproximou calmamente e repreendeu novamente o grupo, enfatizando que o momento deveria ser dedicado à resolução do exercício. Os alunos tentaram justificar a conversa dizendo que estavam tentando trabalhar juntos, mas o professor não se convenceu, pois apenas um deles tinha o caderno aberto e, mesmo assim, não havia escrito nada.

Nesse momento, a coordenadora da escola entrou na sala junto com três estudantes que, aparentemente, estavam infiltrados em outra turma durante o período de educação física. Com a presença dos estudantes adicionais, o professor sugeriu que todos abrissem os cadernos e tentassem resolver o problema proposto, na tentativa de retomar o foco na aula.

Cerca de dez minutos depois, o professor prosseguiu diretamente para a resolução do exercício, sem perguntar se os estudantes haviam chegado a alguma resposta. Ele começou listando os valores relevantes para a energia potencial gravitacional, massa e aceleração da gravidade, e converteu 5 kJ para 5.000 J. Em seguida, substituiu esses valores na fórmula da energia potencial e, assim como nos exercícios anteriores, focou no passo a passo da operação de divisão.

O professor enfatizou que ao dividir 5.000 por 1.000, era possível cortar a mesma quantidade de zeros em ambos os números, simplificando a fração. Ele então concluiu que a altura necessária para que uma pessoa possua uma energia potencial gravitacional de 5 kJ é de 5 metros. Ao final da explicação, ele encerrou a aula às 14h40min, permitindo que os últimos minutos fossem utilizados para a turma conversar, considerando que eles estavam um pouco agitados naquele dia.

A aula descrita acima, é possível notar que o professor demonstra bom conhecimento sobre os tópicos, sendo capaz de usar métodos claros e práticos para transmitir o conteúdo mesmo de forma tradicional. A interação entre o professor e alunos é marcada por momentos de diálogos e compreensão mútua, fazendo com que haja um ambiente atencioso para a aprendizagem.

### **Observação 10**

**Data:** 30/06/2023

**Turma:** 204

**Horário:** das 13h15min às 14h (1 hora-aula)

**Assunto da aula:** Calorimetria - Calor Latente

**Alunos(as) presentes:** 19, sendo sete meninas e 12 meninos

Entrando na turma 204, é notável a agitação dos alunos que já se mostrou uma característica constante nesse ambiente. Mesmo com a ausência de estudantes no pátio, o clima dentro da sala era tumultuado, com muitos alunos em pé, conversando e gritando. A entrada do professor causa ainda mais animação na turma, com comemorações por parte dos alunos. Alguns alunos se sentaram, mas o professor precisou intervir para que todos voltassem a seus lugares e se acalmassem. Depois de aproximadamente dois minutos, os alunos pareciam ter ficado mais tranquilos, o que permite que o professor começasse a aula.

Apesar da agitação inicial, o professor entrou na sala e rapidamente escreveu um problema no quadro relacionado à quantidade de calor latente necessária para a fusão de gelo com o seguinte enunciado: “*Qual a quantidade de calor latente necessária para se fundir 300 g de gelo d’água já a 0 °C?*”. Nisso questionou os alunos sobre o processo de fusão, obtendo uma resposta rápida e correta: a mudança de estado da água sólida para líquida.

Após apresentar o problema, o professor deu aos alunos um tempo para resolverem enquanto realizou a chamada. Em seguida, partiu para a resolução do exercício. No entanto, a turma ainda demonstrava certa agitação, o que levou o professor a chamar a atenção para que se acalmassem. Ele continuou a aula, listando os valores da massa e do calor latente dados no

problema, sem necessidade de conversão de unidades. Com os valores diretamente substituídos na fórmula, ele encontrou a resposta de 24.000 cal, mas a converteu para 24 kcal para trabalhar com diferentes unidades de medida.

Após concluir a resolução do primeiro exercício, o professor passou para o segundo problema: “*Qual a massa envolvida no processo? Colocou-se 50 Gcal de energia em uma massa d’água líquida, já a 100 °C e ela vaporizou*”. Antes de prosseguir, um estudante fez uma pergunta sobre o prefixo "G" que representa "giga", questionando se ele equivale a um bilhão. O professor envolveu a turma nessa questão, mas ninguém respondeu. Ele então confirmou que sim, o prefixo giga representa um bilhão. Em seguida, os alunos tiveram um curto período de tempo para resolver o problema, mas o tumulto na sala parece dificultar o foco na atividade.

Diante da agitação, o professor optou por não dar muito tempo para a turma resolver o problema. Partiu para a resolução, seguindo os passos habituais de listar os valores dados e substituí-los na fórmula. Neste problema em particular, o professor chamou a atenção para o prefixo "G" (giga) novamente, destacando que ele representa bilhões. Após a substituição dos valores, ele encontrou uma massa de 92592592,5 gramas. Percebendo a grandeza desse valor, sugeriu aos alunos que mudassem a unidade para algo mais acessível. Um estudante sugeriu toneladas como uma unidade mais adequada, considerando a magnitude do valor. O professor elogiou a escolha desse aluno, destacando o raciocínio perspicaz, e converteu a massa para toneladas, chegando a um valor aproximado de 92,59 toneladas.

Após concluir a resolução do segundo exercício, o professor prosseguiu com o terceiro, anunciando que desta vez os alunos precisariam utilizar os dois tipos de calor estudados (sensível e latente) para resolver o problema. Então anunciou: “*Qual energia necessária para se levar 500 g d’água a 30 °C até vapor a 100 °C.*”.

Dando algum tempo para os alunos resolverem o exercício, o professor percebeu que poucos estavam realmente trabalhando e a maioria estava conversando. Após cinco minutos, ele decidiu prosseguir com a resolução. Então ele começou listando os dados fornecidos e fazendo as conversões necessárias. Em seguida, calculou a variação de temperatura, que é de 70 °C, pois a água vai de 30 °C a 100 °C.

Para ilustrar o processo, o professor desenhou três quadrados no quadro, um ao lado do outro com um espaço entre eles. Ele explicou que o primeiro quadrado representava a água líquida a 30 °C, o segundo representava a água líquida a 100 °C e o terceiro representava o vapor d’água a 100 °C. Em seguida desenhou uma seta do primeiro para o segundo quadrado, indicando que há aumento na temperatura, o que corresponde a um calor sensível. Depois, desenhou uma seta do

segundo para o terceiro quadrado, indicando a mudança de estado de líquido para vapor, o que corresponde a um calor latente.

Com essa representação, o professor anotou a equação  $Q_t = Q_s + Q_l$ , onde  $Q_t$  representa o calor total do processo,  $Q_s$  é o calor sensível e  $Q_l$  é o calor latente. Com isso ocorreu uma pergunta de um estudante sobre o sufixo "t" para representar o calor total, e outro aluno respondeu de forma agressiva. O professor repreendeu o aluno pela atitude e confirmou que o sufixo "t" realmente representa "total".

Seguindo para o final da aula, o professor expandiu a equação para  $Q_t = m \cdot c \cdot \Delta t + m \cdot L$ , onde  $m$  é a massa,  $c$  é o calor específico,  $\Delta t$  é a variação de temperatura e  $L$  é o calor latente. Ele substituiu os valores dados no problema na equação e encontrou uma energia total de 305.000 calorias, que ele converteu para 305 kcal. Após concluir a resolução do exercício, o professor perguntou se haviam mais dúvidas e encerrou a aula às 15h25min.

A aula destaca a importância de contextualizar conceitos complexos com uma abordagem prática. Isso se mostra necessário uma vez que os estudantes apresentam dificuldades, mas raramente buscam por respostas para suas dúvidas. Mesmo assim, o professor demonstrou domínio e preocupação com este entendimento, tentando sanar as dúvidas e sempre propondo mais questionamentos.

Além disso, assim como nas aulas anteriores, é notável que existe uma forte preocupação por parte do professor em reforçar o uso de diferentes unidades de medida, já que sempre propõe várias possibilidades para os valores obtidos nos exercícios. Ainda, nesta aula o professor disponibilizou um método de resolução de exercícios que facilita a organização das ideias e auxilia o estudante no momento da resolução. Isso, em acréscimo dos questionamentos sobre a variação da massa e altura na equação para a energia potencial gravitacional, mostra que o professor possui uma preocupação voltada para a argumentação e como os estudantes formulam e organizam seus pensamentos sobre o conteúdo.

## **Observação 11**

**Data:** 30/06/2023

**Turma:** 303

**Horário:** das 15h45min às 17h30min (2 horas-aula)

**Assunto trabalhado:** Corrente elétrica e potência

**Alunos(as) presentes:** 16, sendo cinco meninas e 11 meninos

O professor e eu estávamos na sala dos professores durante o intervalo. Nesse dia, era o aniversário de outro professor, que trouxe alguns lanches para celebrar com seus colegas. O intervalo acabou se estendendo por cerca de 15 minutos devido à comemoração. Após esse tempo, o professor e eu fomos direto para a sala de aula.

Ao chegarem na sala de aula, era quase 16h, e alguns estudantes aguardavam do lado de fora. O professor pediu para que entrassem, e os alunos obedeceram. Para começar a aula, o professor perguntou se havia algum exercício pendente da semana anterior. Um dos estudantes próximos ao quadro indicou que havia um exercício e entregou o caderno (confira ao final da observação 5). Ao ver o problema, o professor anunciou que faria a correção e se dirigiu ao quadro para começar a resolver.

Ele começou listando as informações dadas no problema: intensidade da corrente elétrica ( $i$ ) = ?, quantidade de carga elétrica ( $q$ ) = 1 TC e tempo ( $t$ ) = 1 semana. Ele ressaltou a importância de verificar as unidades utilizadas e converteu a quantidade de carga para  $10^{12}$  C (coulombs) e o tempo para 604.800 s (segundos), usando o Sistema Internacional de Unidades. Em seguida, escreveu a equação da corrente elétrica, e substituiu os valores, obtendo uma corrente de  $0,000001653439 \times 10^{12}$  A (ampères), ou seja,  $i = 1653439$  A. O professor explicou que essa resposta parecia ser um valor fictício obtido a partir de parâmetros completamente aleatórios. Ele afirmou que uma corrente elétrica dessa magnitude não poderia circular em circuitos convencionais, pois geraria um aquecimento muito intenso devido ao efeito Joule.

Concluída a correção do exercício anterior, o professor passou para o primeiro tópico da aula, abordando a questão dos raios de tempestades. Ele perguntou à turma se os raios de tempestades sobem do solo em direção ao céu ou descem do céu em direção ao solo. Alguns alunos responderam que os raios descem, um aluno mencionou ter ouvido algo sobre raios subindo, e outro apontou que a resposta dependeria.

O professor voltou sua atenção para o aluno que mencionou que a resposta dependeria, e perguntou o que exatamente essa dependência significava. O aluno explicou que a direção dos raios depende da distribuição das cargas elétricas, ou seja, se os elétrons estiverem na Terra, o raio subirá, mas se estiverem nas nuvens, o raio descerá. O professor ficou satisfeito com a resposta do aluno e o parabenizou pela explicação clara.

O professor então se dirigiu ao quadro para dar sua própria explicação visual. Ele desenhou uma ilustração no quadro, com um solo extenso e duas nuvens acima. Na nuvem da esquerda, ele desenhou sinais negativos, representando as cargas negativas (elétrons), e no solo desenhou sinais

positivos. Na nuvem da direita, fez o desenho oposto, com sinais positivos em cima e sinais negativos no solo.

Com os desenhos feitos, o professor explicou que os elétrons são mais facilmente movimentados, uma vez que os prótons estão fixos no núcleo dos átomos. Na situação da nuvem da esquerda, onde há cargas negativas na nuvem e cargas positivas no solo, os elétrons se movimentarão em direção ao solo, resultando em um raio que desce do céu para o solo. Na nuvem da direita, onde há cargas positivas na nuvem e cargas negativas no solo, os elétrons da Terra se movimentarão em direção à nuvem, fazendo com que o raio suba do solo em direção ao céu. O professor também aproveitou o desenho das nuvens lado a lado para explicar que é possível um raio permanecer no céu. Isso aconteceria se as cargas da nuvem à esquerda conseguissem passar para a nuvem à direita, buscando sempre o equilíbrio eletrostático.

Após explicar o processo dos raios de tempestade, o professor questionou se era possível atribuir uma carga elétrica ao planeta Terra. No entanto, nenhum aluno soube responder. O professor então explicou que, de forma geral, o planeta Terra é eletricamente neutro, o que significa que a quantidade total de cargas positivas é igual à quantidade total de cargas negativas. Prosseguiu explicando que, embora o planeta seja neutro em sua totalidade, existem regiões onde podem ocorrer desequilíbrios temporários de cargas. Por exemplo, algumas áreas da Terra podem ficar carregadas negativamente, enquanto outras podem ficar carregadas positivamente. Essas diferenças de carga podem ser causadas por diversos fatores climáticos, como temperatura e ventos.

Um aluno então perguntou sobre como os ventos surgem, e o professor explicou que há vários fatores envolvidos na formação dos ventos, apontando que uma das principais causas é a diferença de pressão atmosférica entre diferentes regiões. Quando há uma diferença de pressão, o ar tende a se mover das áreas de alta pressão para as áreas de baixa pressão, gerando os ventos. Além disso, o professor acrescentou que as mudanças de temperatura ao longo do dia também podem contribuir para a formação dos ventos, uma vez que o ar quente tende a subir e o ar frio a descer, criando fluxos de ar.

Após a discussão sobre raios e a explicação sobre os ventos, um estudante trouxe à tona a questão dos raios globulares, também conhecidos como bolas de fogo ou raio-bola. Ele mencionou ter visto um vídeo sobre esse fenômeno e perguntou se esses raios realmente existem na realidade e como eles são formados. O professor demonstrou interesse na pergunta e admitiu nunca ter presenciado pessoalmente um raio-bola, mas disse ter ouvido falar sobre eles como eventos raros. Ele também confessou que não possuía um conhecimento aprofundado sobre a formação desse fenômeno, mas que tinha curiosidade a respeito. Ele compartilhou suas próprias especulações sobre as condições necessárias para a ocorrência dos raios globulares, mencionando fatores como

temperatura, umidade, espaço e outros que ele julgou serem relevantes. Apesar de não ter uma resposta definitiva sobre o assunto, o professor reconheceu a importância de questionar e explorar fenômenos científicos intrigantes e pouco compreendidos, e encorajou os estudantes a investigarem mais sobre o assunto se estivessem interessados.

Após a discussão sobre os raios globulares, o professor propôs um novo exercício e escreveu no quadro: "*Qual a corrente elétrica devido a atravessarem 500 C de carga, numa secção transversal de um condutor, em 1 dia?*" Ele deu alguns minutos para os estudantes resolverem o exercício enquanto aproveitava o momento para falar sobre carros elétricos.

Para descontraír, o professor iniciou uma conversa com os estudantes sobre carros elétricos, perguntando qual era a opinião deles sobre essa tecnologia. A turma pareceu indiferente, mas levantaram questões relacionadas aos custos elevados de aquisição e manutenção desses veículos. Nesse contexto, o professor abordou o tema das baterias presentes nesses carros, mencionando que sua produção e descarte envolvem grandes quantidades de materiais e resíduos, o que pode representar um desafio para o meio ambiente. Ele trouxe à tona a ideia de que, embora os carros elétricos possam contribuir para reduzir a presença de veículos a combustão nas ruas, eles também podem apresentar impactos ambientais significativos devido à gestão das baterias.

O professor introduziu uma situação hipotética aos alunos, questionando o que eles fariam caso estivessem em um carro durante uma viagem no campo e o veículo fosse atingido por um raio. Ao fazer essa pergunta, os alunos prontamente entenderam que descer do carro seria perigoso e responderam que deveriam permanecer dentro do veículo para se protegerem. Entretanto, o professor não parou por aí e provocou os estudantes, questionando se eles ficariam dentro do carro para sempre e como agiriam se, por algum motivo, precisassem sair do veículo. Algumas sugestões surgiram, como pedir a alguém de fora para jogar uma corrente no carro, mas o professor fez questão de destacar que estavam em uma área remota, sem ninguém por perto para ajudar. Diante dessa situação, os alunos ficaram sem saber como responder.

O professor, então, explicou o motivo pelo qual permanecer dentro do carro é seguro. Ele mencionou que as cargas provenientes do raio ficam concentradas na superfície externa do veículo, criando um campo elétrico externo. No interior do carro, não há uma diferença de potencial significativa, portanto, não há risco de choque elétrico. No entanto, ao sair do carro, os alunos criariam um caminho para que as cargas elétricas se movessem através deles e atingissem o solo. O professor enfatizou a importância de tomar cuidado ao sair do carro, mantendo as pernas afastadas e usando calçados de borracha para evitar o contato direto com o solo e, conseqüentemente, a diferença de potencial.

Ele usou a analogia dos passarinhos nos fios elétricos para exemplificar o conceito. Assim como no caso do carro, não há uma diferença significativa de potencial entre as patas de um pássaro quando está em um fio elétrico. No entanto, ao pousar no solo, cria-se uma diferença de potencial e as cargas podem se mover através do pássaro, resultando em um choque.

Após a resolução do exercício anterior, o professor passou para a próxima etapa da aula. Ele iniciou relendo o exercício proposto no quadro, que envolvia calcular a corrente elétrica gerada pela passagem de 500 C de carga através de um condutor em um período de 1 dia. O professor explicou cada valor fornecido pelo problema e, em seguida, converteu o tempo de 1 dia para 86.400 segundos. Utilizando a fórmula da corrente elétrica, ele substituiu os valores e obteve um resultado de 0,005787 A ou 5,787 mA.

A partir desse ponto, o professor direcionou a discussão para o conceito de "*sinapses*". Ele perguntou aos alunos se eles sabiam o que eram sinapses, mas ninguém conseguiu responder corretamente, indicando um nível de desconhecimento sobre o termo. Percebendo isso, o professor fez uma breve explicação, indicando que sinapses são os sinais emitidos pelo cérebro enquanto pensamos e realizamos movimentos corporais. Ele usou essa oportunidade para fazer uma comparação entre o funcionamento das sinapses e o conceito de eletricidade. O professor então fez uma pergunta aos alunos: se algum deles já havia sentido dor de cabeça após realizar uma atividade que exigia muito esforço mental, como um teste ou um dia de estudo intenso. O professor usou esse exemplo para explicar o efeito Joule na eletricidade. Ele fez uma analogia entre a corrente elétrica passando por um condutor e as sinapses liberando calor no cérebro durante atividades mentais intensas. O docente ainda fez uma conexão interessante ao mencionar o chuveiro elétrico, explicando que, quando a água passa pelo chuveiro e fecha o circuito com a rede elétrica, ocorre o efeito Joule, aquecendo a água rapidamente.

Após a explicação sobre as sinapses e o efeito Joule, o professor introduziu um novo conceito: os supercondutores. Explicou que existem materiais chamados supercondutores que não sofrem os efeitos da resistência elétrica e possuem resistência igual a zero. Esses materiais são compostos por elementos específicos da tabela periódica. No entanto, o professor enfatizou que, até o momento, os supercondutores não existem em temperatura ambiente. Para que esses materiais apresentem supercondutividade, é necessário resfriá-los a temperaturas muito baixas, como a do nitrogênio líquido, que é cerca de 70 K ou -200 °C.

Em seguida, o professor aproveitou o momento para atribuir uma tarefa aos alunos. Ele propôs um trabalho intitulado "*Supercondutores e Usos*" que deveria ser realizado até a próxima semana. Os alunos foram instruídos a escrever um trabalho de, pelo menos, duas páginas, que

deveria ser escrito à caneta. O objetivo do trabalho era que os alunos pesquisassem e explorassem mais sobre os supercondutores, sua natureza, funcionamento e aplicações na vida real.

Dando continuidade, introduziu um novo tópico sobre Potência Elétrica (Pot), o professor fez uma conexão com um conceito familiar, a potência mecânica, que já havia sido abordado no primeiro ano. Ele escreveu o título "*Potência Elétrica (Pot)*" no quadro e logo abaixo colocou a fórmula  $Pot = V \cdot i$ , que representa a potência elétrica. O professor então explicou que a potência elétrica é uma medida da taxa na qual a energia elétrica está sendo convertida ou transferida. Ele fez um paralelo com a potência mecânica, que é a relação entre o trabalho realizado e o tempo necessário para fazê-lo, representada pela fórmula  $P = \frac{T}{t}$ . Em seguida, ele listou o significado de cada parâmetro presente nas duas equações. Para a fórmula da potência elétrica, ele explicou que:

- Pot: Representa a potência elétrica em Watts (W).
- V: Representa o potencial elétrico ou diferença de potencial em Volts (V).
- i: Representa a corrente elétrica em Ampères (A).

Já para a fórmula da potência mecânica, ele explicou que:

- P: Representa a potência mecânica em Watts (W).
- T: Representa o trabalho mecânico em Joules (J).
- t: Representa o tempo em segundos (s).

Após apresentar o conteúdo sobre Potência Elétrica e explicar a fórmula, o professor propôs um exercício para os alunos resolverem: "*Calcular a potência de um aparelho elétrico por onde passa uma corrente de 5 mA, quando ligado a uma fonte de d.d.p. de c.c. de 2 pilhas ligadas em série*". Ele deu um tempo para que os alunos resolvessem o exercício enquanto realizava a chamada.

Nesse momento, alguns alunos já estavam ansiosos para irem embora, pois sairiam um período mais cedo naquele dia. Diante disso, o professor optou por prosseguir com a resolução do exercício para poder liberá-los mais cedo. Ele seguiu o processo padrão, listando todos os dados fornecidos pelo problema e fazendo as devidas conversões, como transformar a corrente elétrica de 5 mA para 0,005 A. Quanto à tensão, o professor explicou que, em geral, os modelos de pilhas fornecem uma tensão de 1,5 V cada. Portanto, ao ligar duas pilhas em série, a tensão total seria de 3 V, uma vez que as tensões se somam nessa configuração. Com todos os valores devidamente listados, o professor substituiu-os na fórmula da potência elétrica e calculou o resultado, encontrando uma potência de 0,015 W, ou seja, 15 mW (milésimos de Watt).

Após a resolução do exercício, ele perguntou à turma se havia restado alguma dúvida. Com a resposta negativa dos alunos, o professor encerrou a aula e liberou os estudantes às 17h14min, permitindo que saíssem mais cedo conforme o combinado.

Esta turma já havia se mostrado participativa anteriormente, onde os estudantes são engajados e buscam compreender os exercícios e conceitos propostos. Além disso, o professor refirmar ser capaz de trazer uma atmosfera dinâmica e interativa para a aula. Durante a explicação, os estudantes fazem questionamentos que nem sempre possuem relação direta com o tema da aula, mas abordam situações onde este tema é abordado, como os raios-bola. Nestas dúvidas, o professor aproveita para dialogar sobre a subjetividade da ciência e a complexidade de se explicar certos fenômenos físicos, mas sempre deixando claro que é possível trazer algumas hipóteses, mesmo desconhecendo o fenômeno propriamente.

Já o tipo de explanação e o uso de exercícios idealizados, corrobora mais uma vez com a metodologia tradicional. Apesar disso, o professor sempre aborda os conteúdos fazendo vínculo com situações do dia a dia, como o exemplo em que os estudantes deveriam ter o conhecimento que a tensão de uma pilha comum é de 1,5 V. Esse tipo de relação auxilia para que os estudantes tenham uma aprendizagem potencialmente significativa.

#### **4 PLANEJAMENTO**

A unidade didática foi pensada a partir das observações e conversas com os professores, alunos e corpo administrativo. Além disso, ficou definido que assumiria as turmas 105 e 106 para trabalhar o tema “Ondas”. Para isso, foram analisados fatores como conversas e conteúdos abordados, tornando possível a escolha de problematizações e contextualizações que são descritas a seguir.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa discutida no referencial teórico, um dos principais pontos que se destacam é a ideia de ensinar de acordo com o que o estudante já sabe, ou seja, seus subsunçores. Para isso, deveríamos realizar o mapeamento dos subsunçores dos estudantes para, assim, planejar a sequência didática de forma mais adequada. Entretanto, esta é uma tarefa complexa, para não dizer impossível, já que estamos falando de duas observações para cada turma (duas horas-aula para a turma 105 e duas horas-aula para a turma 106). Pensando nisso, buscou-se compreender quais características poderiam ser extraídas das observações e que trazem alguma informação sobre os conhecimentos prévios dos estudantes e um pouco sobre seus interesses pessoais. Essa prática tem como objetivo não apenas buscar subsunçores, mas

problematizações que façam sentido para os estudantes e, caso não possuam, incentive a predisposição para aprender antes de apresentar os conceitos formais.

Essas informações foram utilizadas, principalmente, nas três primeiras aulas. Na primeira aula, que se trata da introdução dos conceitos da ondulatória, utilizei como problematização inicial o Sinal WoW!, que se trata de um sinal captado por um observatório nos Estados Unidos e que se acredita haver uma possível conexão com vida extraterrestre. Este sinal por si só não é algo que está inserido no cotidiano de muitas pessoas, mas traz a curiosidade dos estudantes pela possibilidade de se discutir vida alienígena.

Já na segunda aula, sobre ondas mecânicas, utilizei duas problematizações. A primeira delas referente às reclamações que podem surgir quando perturbamos a paz, ou seja, realizamos sons muito intensos. Esta problematização está diretamente ligada a muitos dos estudantes que possuem o hábito de ouvir música em locais públicos e sem o cuidado com a intensidade sonora, podendo trazer, inclusive, problemas com a justiça. Ou, ainda, para aqueles que se sentem incomodados com estes sons, dando a oportunidade de buscarem seus direitos caso sintam a necessidade. A segunda problematização traz a baleia 52 como objeto de estudo, que se tratava de uma baleia incapaz de se comunicar com outras de sua espécie. Com esse contexto, alguns estudantes se relacionam com a baleia de forma mais sentimental, apresentando compaixão e, algumas vezes, semelhança com sua história.

Na terceira aula, sobre ondas eletromagnéticas, novamente foram apresentadas duas contextualizações. A primeira trazia o rádio como objeto de estudo, onde tentamos entender como a informação é transportada usando a amplitude e frequência modulada. Junto dessa problematização, retorno ao sinal WoW para esclarecer como poderíamos identificar alguma mensagem nele, entretanto, mostro que não há nenhum tipo de modulação. Ao utilizar o rádio, traz-se um objeto que está presente no cotidiano direto dos estudantes, visto que muitos não possuem condições de pagar por serviços de *streaming*.

Ainda nesta aula, planejei utilizando o sinal 5G como tema central. Para isso, apresentei notícias falsas sobre os riscos a saúde que este sinal supostamente traria. Com isso, contextualiza-se o conteúdo de física com informações já conhecidas pelos estudantes, a *internet*, e que facilitaram a ancoragem dos novos conceitos a sua estrutura cognitiva.

O início da regência ocorreu no dia 01/08 e o cronograma montado para as aulas pode ser encontrado no Apêndice F.

## 4.1 AULA 1

### 4.1.1 PLANO DE AULA 1 – Apresentação e Introdução à Ondulatória

**Data:** 01/08/2023

**Duração:** 2 horas-aula

**Tópicos:**

- Apresentação da unidade didática e dos tópicos que serão trabalhados;
- O que é o sinal Wow?
- Problematização a partir do sinal WoW e do Wi-Fi;
- Definição de ondas;
- Características gerais das ondas (amplitude, comprimento de onda, frequência e período);

**Objetivos docentes:**

- Apresentar os tópicos que serão trabalhados ao longo de toda a regência relacionando com os conteúdos já vistos, ressaltando suas aplicações e relevância;
- Contextualizar a partir do sinal WoW e do Wi-Fi;
- Apresentar os conceitos de comprimento de onda, frequência, período e amplitude;

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 30 min):

Neste primeiro momento se espera conhecer os estudantes. Para tanto, será realizado um pequeno momento de apresentações onde eles poderão falar seus nomes e algo que eles acreditam que possa caracterizá-los. Este momento servirá para demonstrar que, apesar de ser autoridade na sala de aula, não sou soberano sobre os assuntos que discutiremos e que aquele será um espaço de diálogo e debate bilateral. Além disso, serão expostos os tópicos que serão trabalhados no mês de agosto para que os alunos se situem do que há de vir. Para conferir o que foi exposto nessa etapa, veja o Apêndice A.

Desenvolvimento (~ 40 min):

O segundo momento será dedicado à introdução da ondulatória. Para isso, será mostrado diversas situações onde as ondas estão presentes, como ondas do mar, rádio, wi-fi e ondas em corda. Esta exposição deverá possuir menos de 5 minutos por se tratar de uma amostra sem contexto, mas que dará abertura para a problematização da aula: “*o que o sinal WoW tem de especial?*” e “*como meu celular sabe quando recebi mensagem e que mensagem é essa?*”.

A partir da apresentação da problematização, pretendo realizar duas pequenas demonstrações, uma com uma corda simples e outra com uma mola longa. Com o auxílio de um dos alunos, pedirei que segure a corda simples na posição de 5 metros enquanto eu farei pulsos com diferentes amplitudes na outra extremidade. Em seguida, pedirei para que o estudante segure a corda na posição de 8 metros e farei os mesmos pulsos, agora com a finalidade de mostrar que o período que a onda leva para percorrer a corda aumenta. Essa exibição tem como objetivo extrair as grandezas que podem ser medidas em uma onda que se propaga numa corda.

Já para a demonstração com a mola, serão postas três mesas em série e a mola será esticada por dois voluntários nas extremidades. Em seguida, farei o movimento inicial na para que seja visto uma onda longitudinal se propagando de uma extremidade a outra. Esta demonstração tem o mesmo objetivo da anterior: visualizar grandezas que podem ser medidas num pulso que se propaga em uma mola.

Há uma expectativa em que os estudantes serão capazes de perceber tais características (comprimento de onda, amplitude, frequência e período) em ambas as ondas. Independente do que for apontado pelos alunos, estas características serão formalizadas com uma exposição nos slides, mostrando representações gráficas das ondas onde são apontadas as características de interesse, além de caracterizar de acordo com sua natureza e propagação.

#### Fechamento (~ 20 min):

Para concluir esta primeira aula, será dado uma pequena lista com alguns exercícios fechados e conceituais. Nestes exercícios, os alunos serão confrontados com diferentes tipos de gráficos e deverão apontar a amplitude e o comprimento de onda. Será dado, também, situações reais onde é possível distinguir as ideias de período e frequência. Estas situações não são necessariamente relacionadas com os movimentos ondulatórios, mas apresentarão características de repetição (exemplo: frequência com que uma pessoa se alimenta e período entre uma refeição e outra). Além disso, por se tratar de uma primeira interação, pretendo finalizar a aula disponibilizando meu contato para que os estudantes possam tirar dúvidas ao longo da regência.

#### **Recursos:**

- Quadro branco, apagador e canetas;
- Corda longa (8 metros)(já possuo);
- Mola (já possuo);
- Lista de exercícios (Apêndice B);

**Avaliação:**

Para que a unidade seja alinhada às aulas do professor titular, a avaliação quantitativa exigida pela escola será realizada através da participação efetiva dos estudantes. Ou seja, aqueles que fizerem questionamentos, comentários, indagações, apresente hipóteses e semelhantes.

Já a avaliação da unidade será realizada a partir da devolução dos exercícios resolvidos, onde espera-se observar se houve uma compreensão conceitual das características das ondas.

**4.1.2 RELATO DE REGÊNCIA****4.1.2.1 Regência 1 - Turma 106**

**Data:** 01/08/2023

**Turma:** 106

**Horário:** das 14h45min às 16h30min (2 horas-aula)

**Alunos(as) presentes:** 13, sendo oito meninos e cinco meninas

Apesar de a regência ser no terceiro período, cheguei à escola no início da aula para garantir a ausência de mudanças nos horários do dia. Todos os professores estavam presentes. No entanto, fui informado de que o período de recesso foi aproveitado para reorganizar os horários da escola. Assim, descobri que não ministraria aula para a turma 105 conforme o esperado, mas sim para a turma 106, que estava originalmente programada somente para sexta-feira.

Cerca de cinco minutos antes do início do período, procurei pelo professor para que ele entrasse em sala comigo. No entanto, quando o sinal tocou, ele ainda estava finalizando sua aula em outra turma. Com a sua autorização, encaminhei-me à sala de aula. No caminho, deparei-me com três estudantes da turma que assumiria no pátio, os quais, ao me avistarem, perguntaram se a aula seria ministrada por mim hoje. Confirmei a informação, e imediatamente eles se levantaram para retornar à sala. Ao entrar na sala, cumprimentei a todos e todas com um "*boa tarde*". Notei alguns olhos arregalados, aparentemente surpresos ou impressionados por ser eu a cumprimentá-los, em vez do professor. Assim, anunciei que, a partir daquele dia até o final de agosto, seria eu quem ministraria as aulas.

Uma pequena apresentação pessoal já estava planejada nos próprios slides para o início desta primeira aula, então evitei falar qualquer coisa enquanto instalava o projetor e meu *notebook* para dar início à exposição. Após finalizar a instalação, apaguei as luzes e fechei a porta, visando facilitar a visualização da apresentação, já que o projetor possui uma intensidade de brilho baixa.

Iniciando a aula, fiz minha apresentação novamente, exibindo nos slides alguns detalhes sobre mim, como o curso que estudo, minha paixão por jogos, música e, evidentemente, pelos meus gatos.

Após a exposição pessoal, prossegui com a exposição de algumas respostas coletadas no questionário sobre concepções em relação à física. Muitos deles responderam que a física tem uma forte relação com o cotidiano e que alguns cálculos são interessantes, como eles mesmos destacaram. No entanto, também salientaram que a física pode envolver uma quantidade excessiva de cálculos, tornando-se complexa e, frequentemente, desinteressante. Muitos demonstraram concordância com o que foi dito, confirmando com acenos de cabeça e até mesmo algumas risadas, possivelmente desencadeadas pelo uso de memes na apresentação.

Nesse contexto, expliquei minha intenção de realizar algumas mudanças nas aulas de física. Meu objetivo é reduzir a ênfase nos cálculos e dar mais destaque a questões contextualizadas e conceituais, estabelecendo conexões com o cotidiano e tornando o tema mais acessível para a compreensão dos conceitos.

Logo após, apresentei o fato de que muitos deles não percebiam a utilidade de aprender física. Assim, decidi expor cinco razões para isso, ressaltando que esses motivos eram apenas alguns dos quais muitas pessoas se identificam. No entanto, salientei que minha intenção não era persuadir ninguém a desenvolver um gosto pela disciplina.

O primeiro motivo que expus foi a presença constante da física no cotidiano, o que está relacionado às respostas trazidas no questionário. Demonstrei que a física está presente em diversos aspectos, independentemente dos sistemas que sejam considerados. Nesse momento, peguei o apagador e exemplifiquei como ele poderia ser um sistema físico, no qual aplicamos desde conceitos simples, como o movimento uniforme, até ideias mais complexas, que nem sequer seriam abordadas no ensino médio, como a possibilidade de decaimento das partículas alfa e beta nos átomos presentes no plástico do apagador.

O segundo motivo está relacionado à preparação para vestibulares, ENEM e concursos em geral. Comentei que muitas vezes esse motivo pode ser percebido quase como uma pressão, tornando o ensino de qualquer disciplina um tanto áspero e desgastante, mas que ainda assim muitas pessoas encontram motivação suficiente para estudar.

O terceiro motivo enfatiza que a física é uma das áreas da ciência que nos possibilita estudar e compreender melhor o universo em que vivemos. Essa justificativa é particularmente significativa para mim, pois me identifico com ela. Comentei que muitas vezes as pessoas buscam conhecimento pelo simples prazer de saber, explorando os porquês da natureza.

O quarto motivo envolve o desenvolvimento do pensamento crítico, que se trata de “[...] *uma atividade prática e reflexiva, centrada na resolução de problemas, essencial para a formação*

*do cidadão crítico e participativo na sociedade, [...]*” (Santos, 2021, p. 102). Para ilustrar esse ponto, utilizei o seguinte exemplo: suponha que o governo do estado do RS conceda permissão a uma mineradora para explorar o solo próximo a Porto Alegre visando extrair carvão. Nesse contexto, seria anunciado que isso criaria mais empregos e melhoraria a situação econômica do estado e da população. Após apresentar essa situação, questionei os estudantes sobre suas opiniões. Alguns disseram que parecia ser benéfico, então comentei com certo tom de obviedade: "*Mais empregos, então deve ser bom, certo?*" No entanto, aponte para as implicações ambientais desse tipo de mineração, mencionando que a qualidade do ar seria prejudicada e muitas pessoas poderiam sofrer problemas de saúde. Destaquei que o pensamento crítico é fundamental para considerar todos os aspectos de uma decisão tão impactante, e é por meio do aprendizado científico que podemos identificar essas ramificações positivas ou negativas.

O quinto motivo está relacionado ao desenvolvimento do raciocínio lógico. Expliquei que, mesmo que os estudantes nunca mais apliquem os conceitos físicos fora da escola, a maioria dos exercícios realizados em sala de aula contribui para o aprimoramento da habilidade de solucionar problemas. Os estudantes são apresentados a situações que exigem esforço para aplicar os conceitos de maneira prática.

Chegando à conclusão da apresentação da unidade didática, expliquei como seriam conduzidas nossas aulas. Um dos principais pontos mencionados nos questionários está relacionado à quantidade de cálculos envolvidos. Nesse sentido, afirmei que "*nossas aulas não serão focadas em cálculos! Mas haverá um pouco sim.*" Expliquei que o formalismo matemático desempenha um papel importante para evitar desvios conceituais, especialmente ao traduzir conceitos de um idioma para outro. Mencionei que a matemática não enfrenta esse problema, uma vez que é universal em todos os lugares.

Além disso, apresentei um cronograma das aulas e forneci uma breve explicação sobre o *Peer Instruction*, um método desenvolvido na universidade de Harvard. Também destaquei o funcionamento dos *Plickers*. Por fim, esclareci que a avaliação continuaria sendo responsabilidade do professor, que manteria o mesmo critério de avaliação anterior, com base na participação ativa de todos em sala de aula. Acrescentei que haveria uma complementação por meio de listas de exercícios, que eu utilizaria para avaliar a eficácia da unidade didática.

Finalmente, avançamos para o conteúdo da aula sobre ondas. Introduzi o tema mostrando uma imagem de uma vídeoaula de dança da música “Onda Onda” do grupo Tchakabum, o que provocou algumas risadas entre os alunos. Em seguida, expliquei que, apesar da referência à dança, nosso foco não seria aprender a coreografia, mas sim compreender os conceitos relacionados às ondas.

Para isso, deixei claro que o estudo da ondulatória abrange qualquer sistema que exiba comportamento repetitivo, como a corda de um violão vibrando, uma pedra lançada em um lago ou a voz que sai da minha boca e chega aos ouvidos deles. Prosseguindo, apresentei situações que não estão tão diretamente ligadas à física, mas que também podem ser entendidas através do conceito de ondulatória, como o ato de escovar os dentes com uma frequência específica.

Após essa introdução, prossegui explicando as problematizações da aula. A primeira delas tratou do Wi-Fi, destacando que se trata de um tipo de onda imperceptível para os humanos, não tangível em nossa percepção cotidiana. No entanto, enfatizei que todos estão cientes de sua presença na sala, uma vez que estamos constantemente nos comunicando e utilizando nossos *smartphones*, que dependem da conexão com a rede para a maioria de suas funcionalidades. A partir dessa perspectiva, apresentei a seguinte indagação: "Como o meu celular sabe quando recebi uma mensagem e qual mensagem é essa?".

Logo em seguida, introduzi a segunda problematização relacionada ao sinal Wow!, buscando criar um clima de suspense ao descrever um evento ocorrido em 15 de agosto de 1977, quando o observatório da Universidade de Ohio captou um sinal. Apesar de ninguém estar presente no momento da detecção, o sinal só foi identificado alguns dias depois. Os valores captados normalmente se mantinham entre 1 e 4, com predominância do valor 1, enquanto ocorrências isoladas de valores maiores, como 6 e 7, eram raras. Curiosamente, os valores medidos foram "6 E Q U J 5". Inicialmente, os alunos manifestaram estranheza, mas esclareci que se tratava de um sistema hexadecimal, amplamente utilizado na computação para representar números maiores. Com isso, expliquei que muitas pessoas acreditam que esse sinal possa representar o primeiro contato com uma civilização inteligente extraterrestre, mas ressalttei que essa hipótese não é definitiva e que minha intenção não era insinuar a existência ou inexistência de vida alienígena. Na sequência, apresentei o seguinte questionamento: "*Por que o sinal Wow! é tão especial?*"

Após apresentar a problematização da aula, expliquei que era necessário começar com algo mais simples para compreender o que é mais complexo. Para ilustrar esse conceito, peguei a corda que tinha levado e pedi a ajuda de alguém, uma estudante logo se prontificou, para segurar a outra ponta da corda enquanto eu criava ondas nela. Realizei movimentos de vai e vem para gerar pulsos contínuos ao longo da corda e então perguntei aos estudantes sobre fatores que poderiam influenciar nas ondas que estávamos produzindo.

Inicialmente, não houve respostas. Reforçando a questão, mencionei que quando estudaram velocidade e energia com o professor, eles sempre consideravam características como distância percorrida, tempo e massa nos exercícios. Dessa forma, questioneei novamente o que eles achavam que deveríamos observar naquele sistema e que fatores influenciavam a formação das ondas. Duas

respostas surgiram simultaneamente, um estudante apontou a intensidade com que eu movimentava a corda, enquanto outro mencionou a velocidade com que eu a balançava.

Aproveitando a ideia da intensidade, mudei a forma como movimentava a corda, tornando os pulsos mais fracos, ou seja, criando ondas menores e depois maiores, perguntando se eles notavam alguma diferença, e obtive uma resposta afirmativa. Em seguida, complementei que a velocidade com que eu movia minha mão e, conseqüentemente, a corda, teria o mesmo efeito que a intensidade, mas que a velocidade com que as ondas se propagam em geral seria, de fato, um fator de influência. Para ampliar o debate, questionei se havia outras características que poderiam ser mencionadas, porém não houve mais respostas.

Após guardar a corda, peguei duas molas malucas (molas de brinquedo) que estavam unidas por uma fita adesiva nas extremidades, criando uma mola maior. Essas molas seriam usadas para exemplificar as ondas. Organizei três mesas lado a lado no centro da sala, em direção ao fundo, e convidei a mesma estudante para me auxiliar na demonstração. Para garantir a visibilidade de todos, convidei os alunos a se aproximarem das mesas, uma vez que a altura delas e a minha auxiliar poderiam obstruir a visão de alguns.

Comecei a demonstração mostrando que as ondas não precisavam se movimentar como uma "*cobrinha*", como a aluna havia expressado no caso da corda, e, para isso, estiquei a mola para observarmos uma onda longitudinal. Perguntei se alguém poderia fazer apontamentos semelhantes aos feitos anteriormente com a corda, mas não houve resposta. Nesse momento, percebi que a onda gerada na mola pode não ter sido suficientemente clara para visualização do movimento. Decidi então criar um pulso transversal, que possibilitava uma observação mais nítida. Refiz a pergunta e dessa vez outro estudante apontou o material da mola como um fator influente. Reforcei que era um bom palpite e expliquei que, de fato, as ondas apresentam comportamentos distintos quando os materiais são mais ou menos densos, ressaltando que isso seria reforçado na segunda aula.

Como não surgiram mais apontamentos, questionei se a intensidade com que eu puxava a mola para o lado teria alguma influência no pulso. Os estudantes concordaram, e enquanto eu fazia a demonstração gerando pulsos com amplitudes diferentes, expliquei como isso impactava o movimento das ondas. Para finalizar a demonstração, apresentei uma simulação que permitia visualizar uma onda sonora percorrendo um mar de moléculas. Aproveitei para explicar que as ondas não transportam matéria, mas apenas energia. Na simulação, era evidente que as partículas estavam apenas se empurrando, transmitindo a informação até nossos ouvidos. Concluí enfatizando que esse formato era mais higiênico, pois não envolvia partículas saindo da boca das pessoas e chegando aos nossos ouvidos.

Após a conclusão da demonstração e com aproximadamente três minutos restantes até o intervalo, liberei os estudantes, informando que continuaríamos em seguida. O intervalo teve início às 15h30min e estava programado para terminar às 15h45min. No entanto, de acordo com os estudantes, havia pipoca disponível para o lanche, o que levou a um atraso na retomada das atividades até as 15h55min. Mesmo assim, apenas alguns estudantes retornaram à sala. No segundo período, estavam presentes cerca de oito alunos, sendo quatro meninos e quatro meninas.

Na segunda parte da aula, retornei aos slides com o objetivo de formalizar os conceitos abordados. Iniciei explicando que as ondas possuem uma representação padrão, frequentemente exibida em um gráfico senoidal, com um padrão de formato ondulado, que chamei de "*cobrinha*", como uma colega já havia sugerido. Os eixos do gráfico podem representar várias características, mas geralmente usamos a intensidade (como volume sonoro e pressão) na vertical e o tempo ou a distância na horizontal. Para ilustrar isso, apresentei dois gráficos: um representando ondas sonoras, onde a parte mais alta do gráfico indica um ponto onde as moléculas estão mais agrupadas, e a parte mais baixa indica uma região onde as moléculas estão menos agrupadas; e outro gráfico de um eletrocardiograma, explicando que ele representa os batimentos cardíacos de uma pessoa.

Em seguida, procedi com a formalização das características das ondas. Iniciei explicando a existência de dois tipos de ondas: as longitudinais e as transversais, ambas das quais já tínhamos observado. Nas ondas transversais, como as da corda, a vibração ocorre de um lado para outro, enquanto os pulsos se propagam para frente, ou seja, a vibração e a propagação são perpendiculares entre si. Em contraste, nas ondas longitudinais, que foram mais difíceis de visualizar na mola, a vibração ocorre para frente e para trás, enquanto a propagação se dá na mesma direção, ou seja, tanto a vibração quanto a propagação são paralelas. Utilizei o som como exemplo desse tipo de onda, mencionando que minhas cordas vocais, combinado a meus lábios e língua, formam a onda na frente da minha boca, que viaja pela sala até alcançar os ouvidos de todos. Embora essa informação já constasse nos slides, achei válido reforçá-la no quadro, escrevendo "*transversal*" com uma seta lateral ( $\leftrightarrow$ ) indicada por "V" (de vibração) e uma seta para cima ( $\uparrow$ ) indicada por "P" (de propagação); ao lado, coloquei "*longitudinal*" com uma seta lateral ( $\leftrightarrow$ ) indicada por "V" e outra seta apontando para a direita ( $\rightarrow$ ) indicada por "P".

Dando sequência, abordamos o conceito de amplitude. Para melhor ilustrar a amplitude de uma onda, organizei minha corda em um padrão de zigue-zague sobre as três mesas que tinha disposto anteriormente. Utilizei essa configuração para demonstrar a amplitude observada nesse contexto. Neste ponto, destaquei que a amplitude é medida a partir do ponto de equilíbrio, ou seja, o centro do movimento (na maioria dos casos), até a extremidade. Portanto, pude mostrar que existiam pontos de  $+A$  para cima e  $-A$  para baixo, partindo do ponto zero.

O próximo conceito abordado foi o comprimento de onda. Utilizando a corda novamente, expliquei que o comprimento de onda representa o tamanho da própria onda, ou seja, a distância entre duas repetições consecutivas. Nesse contexto, enfatizei que é bastante comum usarmos as cristas e os vales da onda como pontos de referência para medir o comprimento, uma vez que a crista corresponde ao ponto mais alto e o vale ao ponto mais baixo. Isso torna a medição mais prática, pois esses pontos estão nas extremidades da amplitude da onda.

O conceito subsequente abordado foi o de frequência. Introduzi esse conceito com um trocadilho, mencionando “falamos frequência com muita frequência” sem realmente compreender o que ela significa. Para ilustrar isso, fiz algumas perguntas à turma, inicialmente sobre com que frequência eles vão à aula, mas percebi que a mensagem não foi clara para todos. Então, reformulei a pergunta para algo mais concreto, como "*Com que frequência você escova os dentes?*". Mesmo assim, notei alguma hesitação em responder.

Para esclarecer o conceito, parti para uma explicação mais detalhada. Usei o exemplo das refeições ao longo do dia e expliquei que a frequência se refere ao número de vezes que algo se repete em uma unidade de tempo específica. No exemplo da escovação, o ato de escovar os dentes é a ação que se repete, e o dia é a unidade de tempo. Ampliei a compreensão utilizando outros exemplos, como a quantidade de refeições realizadas por dia ou a frequência de banhos por semana. Além disso, aproveitei para introduzir as unidades de medida mais comuns, destacando o Hertz como a unidade padrão do sistema internacional de unidades. Também mencionei que, em contextos de rotação, são utilizadas unidades como RPM (rotações por minuto) e RPS (rotações por segundo), frequentemente associadas a motores automotivos e similares.

O próximo conceito que abordei foi o de período. Para introduzi-lo, expliquei que ele é o oposto da frequência, pois suas definições são inversas. "*Se a frequência diz respeito às repetições por tempo, o período se trata do tempo por repetições*", afirmei, e dei exemplos para ilustrar essa ideia, como "*Quanto tempo dura um período aqui na escola?*", que foi respondido por um estudante. Além disso, utilizei exemplos diferentes, como o período de férias e o período menstrual, para abordar diferentes contextos em que o termo é usado.

Destaquei também como esses conceitos se manifestam em um gráfico de onda. Enfatizei que, para visualizar adequadamente a frequência e o período em um gráfico, é necessário que um dos eixos (geralmente o eixo horizontal) represente unidades de tempo. Isso permite a compreensão da relação entre a quantidade de repetições e a duração de cada repetição ao analisar a forma da onda.

A última característica que abordei foi a velocidade de propagação das ondas. Para facilitar a compreensão desse conceito, relacionei-o com a velocidade escalar média que os alunos haviam

aprendido no primeiro trimestre e que também apareceu nas respostas do questionário inicial. Expliquei que a velocidade é a variação da distância em relação ao tempo e, a partir disso, perguntei qual das características apresentadas poderia representar um deslocamento. No entanto, não obtive resposta dos alunos.

Para complementar a pergunta, adicionei que essa característica deveria representar um tamanho e ser expressa em unidades de medida, como metros e centímetros. Nesse momento, um estudante sugeriu a amplitude como uma possibilidade, eu confirmei que era um palpite válido por representar um tamanho, mas expliquei que a amplitude não afeta a velocidade. Logo em seguida, outro estudante mencionou rapidamente o comprimento de onda como uma possível resposta. Confirmei a resposta e expliquei que o comprimento de onda é uma boa opção para representar o tamanho da onda por se tratar do tamanho de uma repetição.

Depois, apresentei a pergunta: "*Se o comprimento de onda é a distância percorrida, qual seria o tempo para percorrer essa distância?*" Percebi que a pergunta pode ter sido um pouco complexa para o momento, e realmente não houve respostas. Para esclarecer, expliquei que se o comprimento de onda representa o tamanho de uma repetição, tínhamos outra característica que representava o tempo por repetições, que é o período. A partir disso, deduzi a velocidade das ondas como a razão entre o comprimento de onda e o período, ou o produto do comprimento de onda pela frequência, já que vimos que essas duas grandezas são inversamente relacionadas.

Após a apresentação dos conceitos, retornei às problematizações que foram introduzidas no início da aula. Em relação ao Wi-Fi, expliquei que ele se baseia em protocolos nos quais a frequência sincronizada entre dois dispositivos possibilita a comunicação e a transferência de informações. Para ilustrar essa ideia, convidei três colegas para participarem de um pequeno experimento.

Primeiro, escrevi algumas letras aleatórias no quadro e expliquei o que cada aluno faria. O primeiro aluno lia as letras devagar, o segundo em uma velocidade média e o terceiro o mais rápido possível. Antes de começar o experimento, fiz uma contagem regressiva e dei o sinal para iniciar. Durante essa etapa, alguns colegas da turma começaram a rir e a confusão reinou, com ninguém entendendo o que estava sendo dito. Enquanto um voluntário já havia terminado, outro estava no início e a falta de sincronia ficou evidente.

Então, pedi que eles lessem mais pausadamente, acompanhando as minhas marcações. contei até três e bati palmas em uma frequência mais baixa para que os colegas pudessem acompanhar. Dessa vez, os voluntários conseguiram realizar a tarefa com sucesso, o que me permitiu demonstrar o ponto que queria transmitir. Expliquei que as três falas sincronizadas possibilitaram a compreensão do que estava sendo dito, assim como ocorre na comunicação entre

um roteador e um dispositivo celular, onde a sincronização das frequências permite a troca eficiente de informações.

Por fim, o sinal WoW! apresentava características intrigantes, como sua amplitude e frequência. A amplitude desse sinal era notavelmente intensa em comparação com outros astros e objetos celestes observáveis. Isso levantou a possibilidade de ser uma onda com amplitude modulada, onde informações são transmitidas por meio da variação da amplitude da onda. No entanto, esse tópico será abordado na aula 3.

Quanto à frequência do sinal, ela era de 1420,3556 MHz, o que é muito próxima à frequência do átomo de hidrogênio. Essa informação é relevante por dois motivos principais: 1º) O hidrogênio é muito abundante no universo, o que significa que qualquer civilização inteligente teria conhecimento das propriedades desse átomo; 2º) Essa frequência tem pouca interferência com obstáculos como nuvens de gases, nebulosas, aglomerados e similares, tornando-a uma excelente opção para comunicações de longa distância. Salientei que não estava ali para afirmar a existência ou não de vida extraterrestre, e que o sinal captado levanta especulações, mas não possui evidências suficientemente fortes para sustentar essa hipótese. Nesse ponto, a aula já estava quase no fim, então tive que acelerar a explicação para concluir a aula. Guardei meus materiais e finalmente encerrei a aula às 16h33min.

#### 4.1.2.2 Regência 1 - Turma 105

**Data:** 04/08/2023

**Turma:** 105

**Horário:** Das 13h15min às 14h45min (2 horas-aula, período antecipado)

**Alunos(as) presentes:** 11, sendo cinco meninos e seis meninas

Neste dia, o período de física da turma 105 estava programado para acontecer nos dois últimos períodos, das 16h30min às 18h. Entretanto, devido à ausência de alguns professores, várias turmas tiveram suas aulas reorganizadas. Cheguei à escola por volta das 13h30min quando fui informado dessa mudança. Fui rapidamente para a sala de aula, onde o professor estava revisando o conteúdo visto antes das férias. Cheguei à sala às pressas e cumprimentei a todos com um “*Boa tarde, meus caríssimos e minhas caríssimas!*” Quando um estudante perguntou se eu que daria a aula, confirmei a informação e pedi que alguém apagasse o quadro enquanto instalava meus equipamentos.

Após instalar meu *notebook* e o projetor, apaguei as luzes e fechei as cortinas para melhorar a visualização dos slides. Da mesma forma que fiz na turma 106, evitei fazer comentários antes de expor os slides, pois já haveria uma breve apresentação pessoal planejada. Comecei me apresentando novamente, mostrando alguns de meus interesses, como meu amor pela música, por jogos de RPG e, obviamente, pelos meus gatos. Em seguida, expliquei como ocorreria a disciplina de física nas próximas quatro semanas, começando com algumas ideias extraídas do questionário sobre atitudes em relação à física. Mostrei que eles acham a física interessante por estar presente no dia a dia e que alguns cálculos são relevantes, mas ao expor que eles acham a física complicada e desinteressante devido a muitas fórmulas, pelo menos cinco deles se identificaram com isso, demonstrando através de acenos com a cabeça e alguns sorrisos durante minha fala. Com isso em mente, expliquei que estava ali para tentar mudar um pouco essa perspectiva.

Segui para a pergunta “*Você vê alguma utilidade em aprender física?*” da qual a grande maioria respondeu que não sabia. Assim, apresentei cinco motivos para isso, deixando claro que não estava ali para convencer ninguém e que cada indivíduo tem suas motivações. Os motivos apresentados foram: i) é onipresente na vida humana; ii) é matéria de vestibular; iii) é importante para entender a vida e o universo; iv) é crucial para o desenvolvimento do pensamento crítico e; v) auxilia no raciocínio lógico dos estudantes. Para entender melhor o que foi dito para cada tópico, veja o relato de regência 1.

Continuando com a apresentação da unidade didática, expliquei como ocorreriam nossas aulas, apontando que seriam “*SEM CÁLCULOS!*”, o que arrancou sorrisos de todos, mas que foi quebrado quando disse “mas um pouquinho sim”, explicando que o formalismo matemático é importante para que não tenhamos perda de informações ocasionadas por traduções malfeitas ou carência de conceitos em idiomas distintos. Acrescentei que as aulas seriam predominantemente conceituais, buscando entender os conteúdos a partir de situações cotidianas e que façam sentido para eles. Por fim, disse que resolveríamos problemas conceituais através de um método chamado *Peer Instruction*. Expliquei que este era um método desenvolvido em Harvard e perguntei se eles gostavam de conversar em aula; alguns acenaram positivamente com a cabeça. Com essa resposta, expliquei que o método é centrado na instrução entre colegas, permitindo que conversem bastante durante alguns momentos da resolução de problemas. Aproveitei para explicar o funcionamento dos *Plickers*, mostrando que cada lado indica uma alternativa entre as letras A e D, e que eu faria a coleta das respostas com o celular.

Ao concluir a explicação da unidade, mostrei um pequeno cronograma que incluía as quatro aulas, já mostrando esta como introdução, a segunda dedicada a ondas mecânicas, a terceira a ondas eletromagnéticas e a última como uma prática que preferi não comentar naquele momento. Além

disso, expliquei que a avaliação continuaria sendo de responsabilidade do professor, que nos acompanharia durante as aulas e seria predominantemente baseada na participação. No entanto, eu passaria algumas listas de exercícios que eles me devolveriam para que eu pudesse avaliar a unidade didática propriamente.

Como o período foi antecipado e a aula teve início com 15 minutos de atraso, notei que acelerei minha fala nesse primeiro momento. Parei um pouco para respirar e aproveitei para abrir alguns vídeos e uma simulação que comporiam a aula. Isso deveria ter sido feito antes do início do período, mas dada a correria, não foi possível antecipar o material.

Segui para o tema do dia e anunciei que o conteúdo central das nossas aulas seriam as ondas. Mostrei a capa de uma vídeoaula da dança “Onda Onda” do grupo Tchakabum. Diferentemente da outra turma, esta se mostrou um pouco mais apática e não reagiu a piada. Expliquei que as ondas são sistemas nos quais existe um comportamento repetitivo. Exemplifiquei com ondas formadas na corda de um violão, com a voz, com um objeto sendo arremessado na superfície de um lago calmo e com uma corda que é agitada. Citei também as ondas do mar, ressaltando que essas podem não ser consideradas ondas em algumas situações onde se observa uma onda isolada, que seria, na verdade, um pulso. Adicionei exemplos que não se referem diretamente a sistemas físicos, mas a ideias com comportamentos repetitivos que podemos usar os conceitos da ondulatória, como o ato de escovar os dentes com frequência e os períodos de aula que estávamos vivenciando naquele momento.

Após apresentar as ondas, expliquei brevemente o conceito de Wi-Fi como sendo um tipo de onda que não podemos perceber, mas sabemos que nos permeia graças à conectividade proporcionada nos *smartphones*. Apresentei a seguinte problematização para a aula: Como meu celular sabe quando recebi uma mensagem e que mensagem é essa?

Em seguida, mostrei uma nova situação sobre o sinal WoW!. Tentei criar um clima de suspense ao descrever que "*um sinal foi recebido em 15 de agosto de 1977 no Observatório da Universidade de Ohio, nos Estados Unidos, mas ninguém estava lá...*". Descrevi o sinal captado, no qual se esperava receber valores entre 1 e 4, com algumas aparições raras de 6 e 7. Entretanto, o sinal captado foi muito mais intenso do que o esperado, mostrando os valores "6 E Q U J 5". Expliquei que esses valores se referem a um sistema hexadecimal, frequentemente usado na computação quando são necessários dígitos maiores que 9. Em seguida, mencionei que o sinal foi percebido por apenas 72 segundos devido à própria rotação da Terra e que existe a possibilidade de o sinal ser maior e conter mais informações do que captamos. Por fim, comentei que esse sinal é uma das maiores evidências registradas de uma possível tentativa de contato de uma civilização extraterrestre. No entanto, ressaltei que não estava ali para convencer ninguém de que realmente existe alguma forma de civilização inteligente além da Terra e que essa evidência ainda não é

suficiente para confirmar ou negar a existência de tais formas de vida. Neste momento, uma estudante me questionou se eu acreditava na existência de extraterrestres. Respondi que sim, mas que não acreditava que o sinal WoW seja realmente uma tentativa de comunicação. Acredito que, se houver uma civilização inteligente, ainda não tivemos contato e talvez não tenhamos tão cedo. Encerrei essa parte expondo uma segunda problematização: Por que o sinal WoW é tão especial?

Apresentadas as problematizações da aula, segui para a formalização do conteúdo. Comecei com uma demonstração utilizando uma corda longa e uma mola de brinquedo. Pedi a ajuda de alguém para segurar a corda, e após um momento de hesitação, um colega se ofereceu. Com a corda esticada no chão, convidei alguns colegas a se aproximarem para ver a demonstração. Comecei a oscilar a corda de um lado para outro, criando pulsos contínuos. Perguntei: "*O que vocês acham importante fisicamente no movimento que estão vendo?*" A pergunta era ampla, e os alunos tiveram dificuldade em responder. Para ajudá-los, mencionei que poderiam pensar da mesma forma que nos conteúdos já aprendidos. Apontei que, para a velocidade, eles procuravam parâmetros como distância percorrida e tempo. Para a energia cinética, consideravam a massa e a velocidade do sistema. Perguntei novamente: "*Pensando nesses valores que vocês usam para calcular velocidade e energia, podemos encontrar valores importantes para calcular algo relacionado às ondas?*", mas não houve respostas claras. Expliquei que poderíamos observar tamanhos, como o quanto movimento a corda lateralmente e a distância entre duas oscilações. Acrescentei que a velocidade com que eu faço o movimento de vai e vem também pode influenciar na frequência e no período, conceitos estes que foram apresentados em seguida.

Depois, guardei a corda e organizei três mesas em série no corredor entre as classes em direção ao fundo da sala. Pedi ao mesmo aluno que me ajudasse novamente e expliquei que ele faria a mesma coisa que fez com a corda, mas dessa vez com uma mola. Peguei o brinquedo e estiquei-o ao longo das mesas. Pedi que observassem as mesmas características que mencionamos para a corda. Em seguida, estiquei a mola de maneira que um pulso longitudinal se formasse. Infelizmente, era difícil observar o pulso indo de uma ponta a outra, então perguntei se faria diferença o quanto eu puxava a mola antes de soltá-la para o movimento final. Vários alunos entenderam que isso afetaria a intensidade do movimento. Continuei demonstrando uma onda transversal na mesma mola, onde um pulso viajava isoladamente, diferente da corda que necessitava de movimentos contínuos para formar ondas.

Para finalizar a demonstração, mostrei uma simulação de ondas sonoras. Na simulação, vimos a movimentação das moléculas que compõem um meio. Expliquei que as partículas não são transportadas de um ponto a outro, mas oscilam ao redor de um ponto fixo. Ainda acrescentei como

uma partícula vibrante empurra a partícula da frente e assim por diante. Retornei à apresentação para formalizar os conceitos visualizados.

Para a formalização dos conceitos, comecei falando sobre a representação das ondas em gráficos, destacando que todas as ondas têm representações semelhantes. Essas representações mostram um comportamento senoidal em um gráfico que relaciona duas grandezas, como intensidade, amplitude, tempo, posição ou pressão. Para exemplificar, mostrei dois gráficos, um representando ondas sonoras e um representando um eletrocardiograma.

Continuei falando sobre as características das ondas, explicando a diferença entre ondas transversais e longitudinais. Usei a corda exposta como exemplo, explicando que a onda transversal possui oscilação e propagação em direções diferentes, enquanto a onda longitudinal tem sua oscilação paralela à propagação.

Abordei o conceito de amplitude, explicando que é o tamanho vertical da onda, contado do ponto de equilíbrio até uma extremidade. Expliquei que o ponto de equilíbrio é uma configuração em que a corda fica esticada e que a amplitude é positiva do meio para cima e negativa do meio para baixo. Destaquei que a amplitude está relacionada com a intensidade das ondas, seja na corda, seja no volume sonoro.

Expliquei o conceito de comprimento de onda, a distância entre duas repetições da onda, que podem ser duas cristas, dois vales ou quaisquer pontos onde ela se repete. Mostrei onde estavam essas repetições na corda exposta.

Apresentei os conceitos de frequência e período, usando exemplos cotidianos para mostrar que o termo frequência está presente no nosso dia a dia, como a frequência com que escovamos os dentes ou vamos à escola. Destaquei que a frequência descreve quantas vezes algo se repete por unidade de tempo e que usamos a unidade hertz para problemas de física. Mostrei dois gráficos e expliquei como encontrar a frequência contando as repetições em um intervalo de tempo.

Para o período, expliquei que é o tempo a cada repetição, o inverso da frequência. Usei exemplos como o período escolar, o período de férias e o período menstrual. Mostrei outro gráfico e indiquei como medir o período entre repetições.

Abordei o conceito de velocidade das ondas. Deduzi a equação a partir da velocidade escalar média, substituindo a distância pelo comprimento de onda e o tempo pelo período, chegando à equação  $v = \lambda.f$ . Expliquei que a velocidade das ondas depende da frequência e do comprimento de onda.

Retornei às problematizações feitas no início mostrando que o Wi-Fi é um sinal sincronizado, onde o roteador e o celular têm a mesma frequência de comunicação para trocar informações. Fiz uma demonstração com três colegas lendo letras aleatórias sem sincronia num

primeiro momento e sincronizados no segundo. Na primeira situação, os colegas tinham bastante dificuldade em entender o que era dito, já na segunda tentativa todos entenderam as letras que eram ditas, e é a partir disso que eu aponto a importância da sincronia entre os aparelhos conectados na rede.

Finalizei explicando que o sinal WoW é especial devido à sua amplitude e frequência. O sinal possui intensidade maior do que o esperado para qualquer corpo celeste, o que sugere uma origem artificial. Além disso, sua frequência é próxima à do átomo de hidrogênio, um elemento que qualquer civilização inteligente deve conhecer. Expliquei que, hipoteticamente, uma civilização inteligente usaria essa frequência por ter pouca interação com a matéria, permitindo que o sinal viaje longas distâncias. Conclui apontando que a aula estava encerrada às 14h45min.

## 4.2 AULA 2

### 4.2.1 PLANO DE AULA 2 – Ondas Mecânicas

**Data:** 08/08/2023 e 11/08/2023

**Duração:** 2 horas-aula

**Tópicos:**

- Ondas Mecânicas;
- Ondas sonoras;
- Relação entre as características gerais de uma onda e as ondas mecânicas;

**Objetivos docentes:**

- Apresentar os conceitos básicos das ondas mecânicas associando com as características gerais vistas na aula 1;
- Relacionar os conceitos a partir de duas situações: a Lei do Silêncio para falar sobre a relação da amplitude com a intensidade e; a Baleia 52 para falar da relação entre a frequência e o espectro audível;
- Aplicar o método *Peer Instruction* para estimular a argumentação e a interação entre os estudantes.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~10 minutos)

No primeiro momento, necessitarei de alguns minutos para instalar o projetor e meu *notebook*. Aproveitarei para perguntar se ficaram dúvidas depois da última aula e passarei uma folha para que todos assinem como chamada. Com os equipamentos instalados, farei uma breve revisão a partir dos exercícios deixados na lista de exercícios da primeira aula.

#### Desenvolvimento (~70 minutos)

Esta aula será dividida em três momentos principais: i) associação do conceito de amplitude com a intensidade do som; ii) associação do conceito de frequência com o espectro audível e; iii) caracterização geral das ondas mecânicas.

Na primeira parte, será apresentada uma situação fazendo referência a uma festa com som muito alto, onde um vizinho revoltado exige que o volume seja reduzido. Essa situação nos remete aos artigos 42 da Lei de Contravenções Penais e 1277 do Código Civil, que dizem respeito à perturbação da tranquilidade do trabalho alheio. Esses artigos atribuem à ABNT a função de estipular e limitar os valores aceitáveis de nível de intensidade sonora que os cidadãos podem produzir. A partir dessa ideia, busca-se conectar o conceito de intensidade sonora com a amplitude das ondas, mostrando que quanto maior a amplitude, maior será o volume ouvido. Para isso, serão apresentados exemplos de situações e seus níveis de intensidade sonora, como um sussurro a 20 dB e uma conversa normal a 50 dB. Além disso, serão demonstrados os níveis de 30 dB e 60 dB através do alto-falante do próprio projetor. A primeira parte será concluída apresentando um aplicativo que possui decibelímetro, e permitiria aferir valores em decibéis para a situação proposta no início.

Na segunda parte, será apresentada a Baleia 52, que nadou pelo sul da Califórnia entre os anos de 1989 e 1992, deixando os militares receosos devido ao seu som único. Essa baleia emitia sons na frequência de 52 Hz e não podia se comunicar com outras da sua espécie, sendo essa situação utilizada para abordar o espectro audível dos seres humanos e mostrar que existe uma margem que delimita os limites da audição. Junto com essa problematização, serão apresentadas as células especiais no ouvido interno, responsáveis por vibrar e enviar informações para o cérebro, e que são as responsáveis por termos um limite na audição e por interpretarmos os sons que ouvimos.

Feita essa exposição, será estabelecida a ligação entre a frequência e a nossa capacidade de distinguir notas musicais, ressaltando que a nossa fala depende, além da movimentação da língua e lábios, da frequência produzida pelas cordas vocais. Nessa etapa, também será abordada a definição de sons altos/agudos e baixos/graves, com o objetivo de proporcionar uma mudança conceitual, onde os estudantes compreendem a ideia de "alto" e "baixo" como níveis de intensidade sonora, ao invés de se referirem apenas à frequência.

Concluídas as duas primeiras partes, será realizado um momento com os *plickers*. Para isso, distribuirei os cartões com o código QR e explicarei como utilizá-los, mostrando que cada orientação do cartão representa uma alternativa. Reforçarei as seguintes regras: i) não conversem nem troquem qualquer ideia no primeiro momento, este questionário não vale nota e é importante serem sinceros com suas respostas para que eu possa identificar e revisar os conceitos de maior dificuldade; ii) busquem argumentos para suas respostas, isso será importante para convencer um colega da validade de suas respostas; iii) a tarefa principal aqui é convencer um colega de que sua resposta está correta, apresentando uma justificativa plausível. Feitas as observações, serão propostas 5 questões que envolvem o conceito de amplitude e frequência no contexto do som e na sensação fisiológica que o corpo experiencia.

Para finalizar a exposição, a terceira parte da aula será dedicada à caracterização geral das ondas mecânicas, apresentando diferentes tipos e suas respectivas propagações. Para isso, será utilizada uma corda, que permitirá demonstrar novamente um pulso se movimentando ao longo dela e uma onda estacionária. Também será mostrado, através de simulações computacionais, que o meio de propagação é fundamental, pois influencia diretamente na velocidade com que a onda se propaga.

#### Fechamento (~10 minutos)

Para finalizar esta aula, farei uma revisão verbal dos conceitos trabalhados, abrindo espaço para perguntas sobre quaisquer dúvidas que tenham surgido. Em seguida, distribuirei uma nova lista de exercícios (anexo) para que os estudantes possam praticar em casa. Além disso, farei uma introdução à próxima aula, abordando as ondas eletromagnéticas que nos cercam e permitem o acesso instantâneo à informação, mas como isso é possível?

#### **Recursos:**

- *Notebook* com *slides*, simulações e vídeos;
- Projetor;
- Canetas e apagador para quadro branco;
- Corda de 8 metros;
- Lista de exercícios 2 (Apêndice C)

#### **Avaliação:**

Para que a unidade seja alinhada às aulas do professor titular, a avaliação quantitativa exigida pela escola será realizada através da participação efetiva dos estudantes. Ou seja, aqueles que fizerem questionamentos, comentários, indagações, apresente hipóteses e semelhantes.

Já a avaliação da unidade será realizada a partir da devolução dos exercícios resolvidos, onde espera-se observar se houve uma compreensão conceitual das características das ondas.

### **Observações:**

Para a primeira parte da aula não houve modificações. Entretanto, não foi possível concluir os tópicos planejados, ficando pendentes para a terceira aula.

## **4.2.2 RELATO DE REGÊNCIA**

### **4.2.2.1 Regência 2 - Turma 106**

**Data:** 08/08/2023

**Turma:** 106

**Horário:** das 14h45min as 16h30min (2 horas-aula)

**Alunos(as) presentes:** 17, sendo sete meninas e dez meninos

Neste dia, cheguei à escola no primeiro período para evitar qualquer possibilidade de antecipação de aula, mas não houve imprevistos e todos os professores estavam presentes. Aguardei até o horário da aula e fui em busca do professor titular, mas ele ainda estava concluindo seus afazeres na turma anterior. Com sua autorização, dirigi-me para a sala da turma 106. O professor de geografia estava recolhendo seus materiais; então, aguardei e logo entrei, já organizando meus equipamentos. Enquanto fazia isso, pedi a um colega que distribuísse as listas de exercícios que havia esquecido na aula 1, além dos *clickers* que seriam utilizados no dia.

Com a aula aberta, dei o bom tarde devidamente e anunciei que continuaríamos falando sobre ondas. Desta vez, abordaríamos um tipo específico: as ondas mecânicas. Antes de entrarmos no novo assunto, revisei os principais conceitos vistos na primeira aula. Para isso, desenhei um eixo cartesiano, indicando que esse eixo seria a referência para descrever as ondas. Em seguida, acrescentei uma onda senoidal no plano, indicando que essa era uma possível representação de onda. Marquei ambos os eixos do gráfico como medidas de tamanho e, em seguida, perguntei à turma quais características poderíamos identificar. Um estudante ao fundo mencionou a amplitude, o que foi elogiado, e indiquei as amplitudes positiva e negativa no desenho. Quando questionei "O

*que mais?"* não houve respostas. Por isso, expliquei sobre o comprimento de onda e como podemos determiná-lo.

Em seguida, alterei o eixo horizontal para uma unidade de tempo (segundos) e perguntei quais características poderíamos extrair. Desta vez, outro colega mencionou o período e a frequência, o que foi parabenizado. Acrescentei uma breve descrição de cada um, trazendo exemplos semelhantes aos vistos na primeira aula. Neste momento, fiquei satisfeito porque alguns colegas demonstraram que de fato prestaram atenção e entenderam os tópicos discutidos.

Feita a revisão inicial, passei para a apresentação propriamente dita, anunciando novamente "*Ondas Mecânicas!*" e comecei relembando o conceito de mecânico, que havia sido trabalhado antes das férias. Comentei que tudo o que é mecânico pertence a um meio com massa. Para entrar no conteúdo, apresentei uma situação em que eles estão em uma festa, churrasco ou show, mas um vizinho incomodado começa a reclamar do som intenso e ameaça chamar a polícia. Perguntei quem estava correto. Para responder a isso, expliquei que podemos recorrer à Lei do Silêncio, que na verdade consiste em dois artigos específicos: o primeiro é o artigo 42 da Lei de Contravenções Penais (Lei 3.688/41), e o segundo é o artigo 1.277 do Código Civil. Esses artigos focam na perturbação à tranquilidade do trabalho alheio e atribuem à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) a responsabilidade de determinar valores aceitáveis de nível de intensidade sonora. Foram determinados 55 decibéis das 7h às 20h e 50 decibéis das 20h às 7h, com a ressalva de que nos domingos e feriados o horário noturno se estende até as 9h. Assim, afirmei que já estava tudo resolvido, uma vez que os valores máximos permitidos estavam definidos por lei. No entanto, perguntei: "*Mas espere, o que é um decibel? Será que 50 decibéis é muito?*" Usei essa problematização para embasar a primeira parte da aula.

Para formalizar o assunto, retornei à simulação que demonstra o comportamento de uma onda sonora. Nesta simulação, busquei visualizar o que é o som e como as partículas se movem para transmitir a informação. Indiquei onde cada característica apareceria, variando a amplitude e a frequência da simulação. Pensando nisso, perguntei qual característica das ondas está associada à intensidade que ouvimos, embora já tivesse dado a resposta acidentalmente durante a explicação, reforcei que era a amplitude.

A amplitude de qualquer onda está relacionada à sua intensidade de alguma forma, e isso não é diferente para o som. Nesse caso, a amplitude influencia diretamente no que chamamos de nível de intensidade sonora, medido em decibéis, a mesma unidade proposta pela ABNT. Aproveitei este momento para ressaltar que a distância que estamos da fonte sonora também influencia diretamente nesse nível. Para exemplificar, mencionei que a pessoa logo à minha frente escutaria melhor do que aquelas sentadas ao fundo da sala. Em seguida, abri a porta e fui para o corredor,

continuando a explicação de que o nível sonoro era menor para todos, pois estava mais afastado. Completei mostrando dois gráficos com amplitudes diferentes, indicando que a maior amplitude estava relacionada a um "*som forte*" e a menor amplitude a um "*som fraco*". Além disso, em vários momentos, modulei a intensidade da minha fala para ilustrar na prática o que estava sendo explicado.

Agora que havíamos entendido que a amplitude está relacionada aos decibéis, apresentei nove exemplos com diferentes níveis de intensidade sonora. O primeiro era sussurros a 30 dB, seguido por uma conversa entre amigos a 60 dB e uma caixa de som a 80 dB. Expliquei que a partir deste nível, o ouvido humano pode começar a sofrer irritação, como acontece com a poluição sonora nos centros urbanos a 90 dB e o som de trovoadas a 100 dB. Em seguida, mencionei um show com nível sonoro de 110 dB, comentando que nestes eventos é muito comum as pessoas acordarem no dia seguinte com um zunido, sinal de dano no ouvido interno. Prossegui com os aviões a jato a 120 dB e o lançamento de foguetes a 150 dB, como situações em que o perigo já é predominante, podendo causar danos permanentes à audição caso experimentadas de perto. Concluí os exemplos com o som mais intenso já registrado, proveniente da quarta explosão do vulcão Krakatoa. Essa explosão foi tão forte que estourou os tímpanos dos marinheiros num raio de 64 km. Acredito que, mesmo com os exemplos, ainda possa ser difícil ter uma boa compreensão do que um decibel representa. Por isso, convidei todos a se levantarem e se aproximarem da minha mesa, onde estava o projetor. Em seguida, coloquei um som contínuo em um volume que eu havia calibrado anteriormente para ser 20 dB e depois para 50 dB. Dessa forma, os estudantes teriam uma experiência sensorial do nível de intensidade sonora.

Para concluir a primeira problematização e encerrar a discussão com o vizinho, mostrei que podemos medir o nível de intensidade sonora usando um decibelímetro, que é um aparelho capaz de medir a intensidade do som por meio de sensores. "*Mas quem aí tem um desses? Será que dá para comprar ali na conveniência da esquina? Ou alguém já sequer ouviu falar?*", perguntei retoricamente. Em seguida, mostrei que poderíamos usar o microfone do celular para fazer a medição por meio de um aplicativo. Apresentei um aplicativo genérico como exemplo, destacando a importância da calibragem que deve ser ajustada antes do uso, além de reforçar a ideia de que a distância da fonte sonora é muito relevante para a precisão da medida.

Partindo para a segunda parte da aula, expliquei uma nova situação: o ano era 1989 e a Guerra Fria estava em curso, com muitas tensões entre americanos e soviéticos. Em certo momento, ao sul do estado da Califórnia (EUA), foi detectado um som inesperado vindo do Oceano Pacífico. Apresentei o som captado para os estudantes ouvirem e expliquei que o sinal foi perdido rapidamente. Em 1990 e 1991, o sinal foi captado novamente, e nas duas detecções foi possível

perceber que se tratava de uma baleia, mas ela apresentava comportamentos diferentes, como nadar sozinha e em profundidades diferentes das demais espécies de baleias. Além disso, os sons emitidos por essa baleia eram na frequência de 52 Hz, o que a fez ser conhecida como a Baleia 52 - a baleia mais solitária do mundo. A partir disso, introduzi a seguinte pergunta: Por que essa baleia era solitária?

Para responder a essa pergunta, parto da anatomia do ouvido humano e comento que tanto os humanos quanto as baleias são mamíferos, o que significa que a anatomia de ambos é muito semelhante, embora haja diferenças de tamanho e forma. Explico que todos têm acesso ao ouvido externo e médio, que constituem a parte exterior e o canal auditivo, respectivamente. No entanto, o ponto onde nossa audição é limitada é o ouvido interno. Utilizo imagens para mostrar que o ouvido interno possui células sensíveis capazes de converter energia sonora em sinais para o cérebro, permitindo-nos ouvir.

Ao explicar que essas células vibrantes são essenciais para a audição, faço uma associação entre os diferentes sons que percebemos e suas frequências. Pergunto se há músicos na sala, mas ninguém se manifesta. Mesmo assim, indico que cada nota musical possui uma frequência específica e que a variação dessa frequência resulta em notas mais agudas ou graves.

Em seguida, comento que essas células têm um limite para a quantidade de vibração que podem suportar, e esse limite é definido pelo espectro audível. Para exemplificar, exibio um vídeo que abrange de 20 Hz a 20 kHz e peço aos estudantes que observem duas coisas: primeiro, quando começam a ouvir o som, e depois quando param de escutá-lo. Ao introduzir o som de uma nota musical para demonstrar os níveis de intensidade sonora, percebi que duas estudantes eram sensíveis ao som, por isso, antes de iniciar o vídeo, aviso a quem tiver sensibilidade que cubram os ouvidos.

Após a exibição do vídeo, perguntei onde eles começaram e pararam de ouvir. A média indicada foi de 150 a 200 Hz para começar a ouvir e de 10 a 15 kHz para parar de ouvir. Utilizei essas informações para mostrar que esse é o espectro audível de cada pessoa, ou seja, uma faixa que delimita a capacidade das pessoas de perceber os sons ao seu redor. Em seguida, mostrei uma série de exemplos com o espectro audível de alguns animais, como o morcego, cachorro, gato e as baleias. Expliquei que para os seres humanos, o espectro vai de 20 Hz a 20 kHz, mas destaquei que esse valor é especialmente válido para bebês que nascem com audição perfeita, e que à medida que envelhecemos, essa faixa diminui.

Depois, propus que fizéssemos um breve exercício. Nesse exercício, expliquei que os seres humanos têm a fala dentro de uma faixa de 200 a 1000 Hz. Comparei essa faixa com o miado de um gato a 1200 Hz, o canto de uma baleia a 25 Hz e um apito em um jogo de futebol a 3452 Hz. Pedi

aos estudantes para indicarem se esses sons eram mais agudos/altos ou graves/baixos. Concluí essa etapa voltando à imagem do ouvido interno, aproveitando para mostrar que as células responsáveis por captar o som possuem cílios para capturar as vibrações sonoras, e que o espectro audível depende diretamente desses cílios.

Por fim, retomei a questão de por que a baleia 52 era solitária. Expliquei que, devido ao fato de as baleias se comunicarem em uma frequência mais baixa do que a baleia 52, as outras baleias não ouviam ou consideravam que ela estava se comunicando com sua própria espécie. Ao concluir essa explicação, anunciei que finalmente era a hora de usar os *plickers*. Expliquei novamente como eles funcionavam, enfatizando que todos deveriam buscar argumentos para convencer seus colegas de que suas respostas estavam corretas. O primeiro problema está anunciado na imagem abaixo:

As ondas “A” e “B” são representações de uma nota musical. O que podemos afirmar sobre a onda “B” em comparação a onda “A”? (confira a figura 4)

- A) O som é mais baixo.
- B) Níveis de intensidade sonora diferentes.
- C) A nota musical é diferente.
- D) O som é mais alto.

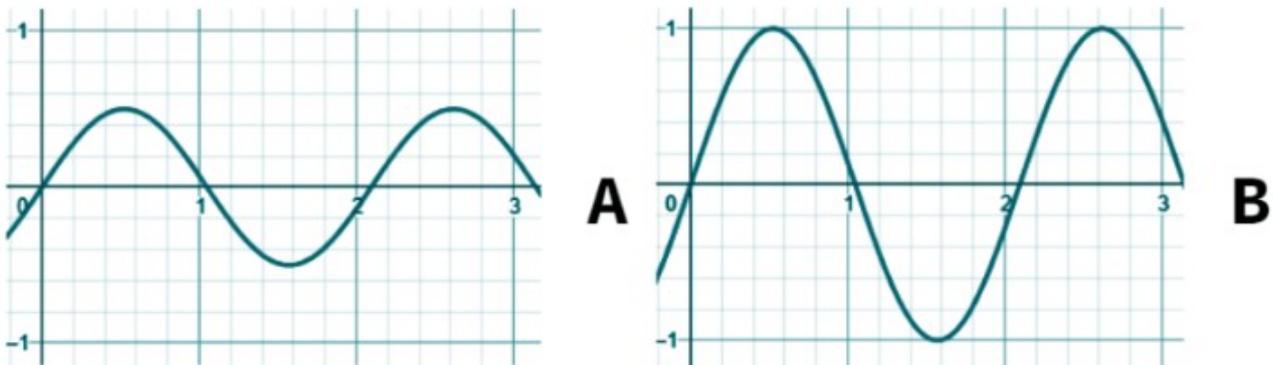


Figura 4: Gráficos das ondas “A” e “B” propostas em questão.

Os estudantes demonstraram entender o método e, inicialmente, não trocaram ideias. Após cerca de dois minutos, conduzi a primeira votação. Nesse momento, percebi que os estudantes se dividiram entre as alternativas A, B e D, indicando que ainda havia dúvidas sobre o significado de alto e baixo em relação aos sons. Dei um tempo para que eles conversassem, mas notei que alguns preferiram não compartilhar suas opiniões e permaneceram em seus lugares. Ao realizar a segunda votação, observei que muitos ainda estavam indecisos entre as alternativas B e D, mas a maioria estava inclinada para a alternativa correta (letra B).

Ao avançar para a explicação, destaquei que os termos alto e baixo se referem à frequência das ondas sonoras. Expliquei que podemos usá-los para indicar sons agudos ou graves, dependendo da frequência da onda sonora. A segunda questão é anunciada como na imagem abaixo:

Os gatos estão habituados a miar com uma frequência média de 1100 Hz. Se uma pessoa conversar com este gato com a voz na frequência próxima de 500 Hz, o gato terá a sensação de que esta pessoa tem uma voz \_\_\_\_\_ .

- A) Ampla
- B) Alta
- C) Aguda
- D) Grave

Realizei o procedimento de ler a questão e esclarecer claramente o que estava sendo pedido. Em seguida, concedi mais alguns minutos para que os alunos pensassem na resposta. Nesse momento, alguns estudantes retornaram do intervalo, que já havia terminado há mais de 20 minutos. Um desses alunos leu rapidamente a questão e gritou para a turma: "*É a letra D, rapaziada, confia*". No entanto, o adverti, explicando que ele deveria esperar pelo segundo momento para argumentar por que achava a letra D correta. Apesar disso, ele apenas respondeu que estava certo e que todos deveriam confiar nele, revelando uma atitude de revolta e desrespeito em sala de aula.

Segui para a primeira votação, na qual os votos foram distribuídos de forma um tanto variada, mas com uma tendência para a alternativa D. Embora essa alternativa seja a correta, é difícil determinar se os estudantes realmente acertaram ou se foram influenciados por esse colega. De qualquer modo, sugeri que agora eles poderiam discutir sobre a questão. Nesse momento, me dirigi ao estudante que havia anunciado a alternativa e pedi que ele explicasse melhor seu raciocínio, na tentativa de compreender sua postura desafiadora. Ao questioná-lo, ele afirmou que simplesmente sabia que estava certo, ao que eu repliquei que, por essa razão, ele estava errado, pois deveria apresentar um argumento que fundamentasse sua resposta. Ele não conseguiu responder e optou por permanecer em silêncio.

Continuamos com as discussões e, em seguida, realizei uma nova votação que obteve um resultado positivo. A maioria dos alunos indicou a alternativa D como correta, o que demonstrou que haviam compreendido o conceito abordado. O terceiro problema tinha o seguinte enunciado:

Um professor dando aula percebe que precisa vencer a conversa alheia dos estudantes, e para isso aumenta o volume da sua voz. Qual característica das ondas foi alterada nos sons emitidos pelo professor?

- A) Altura
- B) Amplitude
- C) Período
- D) Velocidade

Novamente, o estudante interrompeu o processo, dessa vez indicando que a alternativa correta era a B. Essa situação pode gerar certo desconforto, uma vez que a resposta correta já foi dada por ele previamente. Reforcei a importância de seguir o método, pedindo ao colega para segurar a resposta para que o processo fosse coerente e permitisse que todos os alunos pudessem pensar sobre as alternativas antes de escolherem.

No entanto, mesmo após esse pedido, dois alunos começaram a gritar suas respostas, um votando na alternativa B e outro na alternativa D. Dado o cenário tumultuado, concedi dois minutos para que os demais colegas pensassem sobre a questão antes de realizar uma nova votação. Após a votação, a maioria das respostas foi para a alternativa B. Diante desse resultado, optei por não realizar a discussão, visto que a resposta correta já havia sido determinada. Para finalizar, expliquei que a alternativa correta era a letra B, mostrando que a amplitude está diretamente relacionada ao nível de intensidade sonora com o qual as pessoas falam. O terceiro enunciado era o seguinte:

As ondas “A” e “B” são representações de uma nota musical. O que podemos afirmar sobre a nota tocada por “B” em comparação a nota tocada por “A”? (confira a figura 5)

- A) Possuem alturas diferentes.
- B) Possuem intensidades sonoras diferentes.
- C) A velocidade é maior em “A”.
- D) A velocidade é maior em “B”

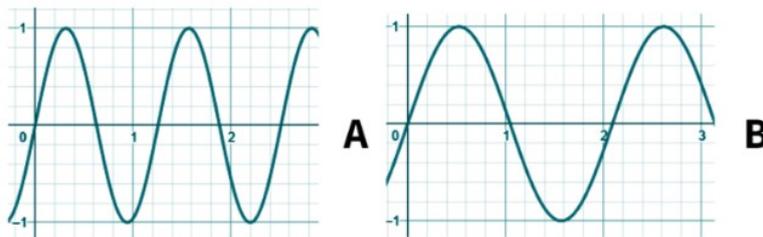


Figura 5: ondas “A” e “B” mostradas em questão.

Alguns estudantes não se habituaram tão bem ao processo e acabaram conversando antes da primeira votação. Reforcei constantemente que não deveriam conversar, já que teriam a oportunidade de discutir em breve. Após ler a questão e confirmar que todos haviam entendido, dei-lhes tempo para pensar na resposta. Quando anunciei a votação, um estudante mais uma vez falou sua alternativa para a turma. Mais uma vez, reforcei que ele deveria respeitar o método para não prejudicar seus colegas. Apesar disso, minha reorientação foi ignorada, mas prossegui com a votação.

A votação resultou em uma divisão da turma entre as letras C e A. Quando permiti que eles dialogassem, um estudante apontou que eu havia acabado de explicar aquele conceito e que era óbvio que a letra A era a correta. Outro estudante, mais ao fundo, discordou, argumentando que a letra C era a correta porque a onda "A" era mais rápida. Perguntei o que o levou a pensar que a onda "A" tinha maior velocidade e ele mencionou que eu havia dito que quanto mais repetições uma onda tinha, mais rápido ela era. Nesse momento, percebi que a questão abordava uma característica das ondas mecânicas que eu ainda não havia explicado, que é a velocidade dessas ondas.

Expliquei que a lógica dele estava correta, mas reconheci que falhei em transmitir um detalhe: a velocidade das ondas mecânicas é constante para um mesmo meio e, no caso do som, a velocidade é de 343 m/s. Reforcei que ainda não havia abordado esse conceito, mas que o faria em seguida. Logo, indiquei que a alternativa correta era a letra A, destacando que as frequências são diferentes para ambas as ondas. Infelizmente, devido ao tempo limitado, não foi possível concluir a formalização das ondas mecânicas, e essa parte ficará para a próxima aula. O período de aula encerrou às 16h30min.

Esta aula foi marcada por alguns resultados observados e uma dinâmica única e desafiadora. O desenvolvimento do *Peer Instruction* desempenhou um papel crucial para estimular a participação ativa dos estudantes, onde eles tiveram a oportunidade de colocar em prática os conceitos discutidos em aula. Além disso, foi possível perceber que muitos deles se envolveram ativamente na resolução dos problemas propostos. Apesar disso, alguns alunos demonstraram certa resistência ao método, o que resultou em interrupções prematuras para a divulgação de respostas. Por esse motivo, foi crucial a constante ênfase na importância de respeitar o método proposto e permitir que todos pudessem compartilhar suas opiniões.

Além disso, durante os momentos expositivos, a turma demonstrou estar focada em minha explicação, com poucas distrações para conversas paralelas e espiadas no celular. Isso pode ser um indício de que o uso dos contextos e problematizações escolhidos foi efetivo para eles, trazendo a curiosidade e disposição para o aprendizado.

Por fim, apesar das diversas advertências necessárias, a aula se revelou como um ambiente de aprendizado valioso para todos os envolvidos. Os estudantes foram confrontados com situações que tentaram dar sentido aos conceitos aprendidos e em todos os casos (até o momento) foi possível observar suas evoluções. Ainda, essa experiência destacou a importância de lidar com os desafios de aprendizado de forma colaborativa e respeitosa.

#### 4.2.2.2 Regência 2 - Turma 105

**Data:** 11/08/2023

**Turma:** 105

**Horário:** das 16h30min às 18h (2 horas-aula)

**Alunos(as) presentes:** 11, sendo sete meninas e quatro meninos.

Por precaução, cheguei à escola no primeiro período com o intuito de evitar perder a aula devido a quaisquer antecipações no horário. Entretanto, isso não se mostrou necessário, então permaneci na sala dos professores até o horário designado.

Cerca de cinco minutos antes do sinal para o quinto período, dirigi-me para a sala de aula. Aguardei o sinal e, assim que o professor de geografia liberou a sala, entrei cumprimentando todos e preparei meu equipamento. Com projetor e *notebook* prontos, distribuí os cartões *plickers* e comentei que finalmente usaríamos o "*famoso método de Harvard*". Além disso, aproveitei para entregar a lista de exercícios da aula anterior, que havia esquecido no primeiro dia.

Após a distribuição dos materiais, iniciei a aula perguntando se havia restado alguma dúvida da semana anterior, mas não houve comentários, então passei para uma breve revisão. Nessa revisão, retomei os principais conceitos que seriam necessários para a aula, ou seja, a amplitude, o comprimento de onda, a frequência e o período. Para isso, apresentei alguns exemplos simples, como a variação de volume na minha voz, a frequência de piscar os olhos e a duração de uma aula. Após a revisão, introduzi o tópico do dia: "*Ondas Mecânicas!*". Relembrei com eles o conceito do que é mecânico, relacionando-o ao conteúdo aprendido com o professor titular antes das férias, indicando que todo sistema mecânico é composto por corpos que possuem massa e são tangíveis no nosso dia a dia. É importante ressaltar que, embora essa descrição seja superficial, ela é suficiente para este momento.

Para iniciar, apresentei uma situação na qual os estudantes estariam em uma festa, churrasco ou show com música em um volume que incomoda um vizinho. Esse vizinho, por sua vez, vai até o

local e alega que o som estava excessivamente alto, ameaçando chamar a polícia para tomar medidas. A pergunta que coloco nessa situação é: Quem está correto?

Para responder a essa indagação, podemos recorrer ao artigo 42 da Lei de Contravenções Penais (Lei 3.688/41) e ao artigo 1.277 do Código Civil. Esses artigos abordam a perturbação da tranquilidade alheia no trabalho e repouso, atribuindo à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a responsabilidade de estabelecer os limites de níveis de intensidade sonora permitidos. Dessa forma, fica estabelecido o seguinte: no período diurno (das 7h às 20h), é permitido até 55 dB, e durante o período noturno (das 20h às 7h), é permitido até 50 dB, com a observação de que esse horário é estendido até as 9h quando o dia seguinte for um domingo ou feriado.

Com essas informações apresentadas, mencionei que o problema já estava resolvido e poderíamos encerrar a discussão por aí. Entretanto, essa conclusão serviria apenas como um ponto de partida para levantar a questão real: O que é um decibel? Seriam 50 decibéis muito ou pouco?

Nos slides, havia a pergunta "*Qual característica das ondas está associada à intensidade que ouvimos?*", mas como eu já havia fornecido a resposta segundos antes, prossegui para a formalização. Expliquei que a amplitude do som está relacionada ao nível de intensidade sonora, que mensura a relação entre o que ouvimos e o ruído do ambiente, sendo quantificado em decibéis, a mesma unidade mencionada na norma da ABNT. Além disso, acrescentei que esse nível está diretamente ligado à distância entre o observador e a fonte sonora, de modo que os que estavam sentados à frente da sala percebiam minha voz com mais intensidade do que os que estavam mais ao fundo. Para exemplificar essa diferença, exibi um gráfico que representava um som forte com uma grande amplitude em comparação a outro gráfico de som fraco. No entanto, como obtive esses gráficos da internet, destaquei que os termos fraco e forte não são comumente usados para descrever o som, sendo mais apropriado utilizar "*mais intenso*" e "*menos intenso*".

A seguir, apresentei alguns exemplos de níveis de intensidade sonora. Iniciei com um sussurro suave como uma fonte de 30 dB e cheguei ao som mais intenso registrado, a quarta explosão do vulcão Krakatoa, que atingiu um nível de intensidade sonora de 310 dB, capaz de dar quatro voltas ao redor do planeta. Para mais detalhes sobre esse exemplo, consulte o terceiro relato de regência. Em seguida, busquei trazer um exemplo sensorial, convidando todos a se levantarem e se aproximarem do meu projetor, que serviria como fonte sonora. Expliquei a importância de todos se aproximarem, pois, como mencionei anteriormente, a distância da fonte sonora afeta diretamente nossa percepção. Com todos prontos, reproduzi um som contínuo com frequência de 440 Hz e ajustei o volume no computador para emitir cerca de 20 dB. Em seguida, aumentei o volume para atingir aproximadamente 50 dB.

Após estabelecer essa relação, fiz algumas observações. A primeira dizia respeito à escala de decibéis, enfatizando que ela não é linear. Portanto, poderia parecer estranho que um som com um nível de intensidade quatro vezes maior do que o som apresentado pudesse causar surdez permanente. A segunda observação relacionava-se às diretrizes da ABNT. Os 50 dB estabelecidos como limite poderiam parecer insuficientes para uma festa, na qual estamos acostumados a reproduzir música com volume alto. Entretanto, reforcei que há uma relação com a distância, de modo que esse volume não representa o limite que a caixa de som poderia alcançar, mas sim o limite para o som que poderia chegar até o vizinho, já que este estaria em casa a pelo menos alguns metros de distância.

Como mencionei e dei vários exemplos sobre a unidade decibéis, além de fornecer exemplos sensoriais, concluí a primeira parte da aula respondendo à pergunta "*afinal, como resolver o problema com o vizinho?*". Expliquei que poderiam utilizar um dispositivo chamado decibelímetro. Esse dispositivo não é facilmente encontrado em lojas físicas, mas mostrei que todos já tinham o aparelho em seus bolsos, nos celulares, e que poderiam baixar aplicativos que ofereciam essa funcionalidade na loja de aplicativos. Abri um destes que utilizava os sensores do aparelho celular para realizar medidas diversas. Ao abrir o aplicativo, foi possível perceber que minha voz estava sendo registrando entre 70 dB e 90 dB, o que deveria causar desconforto aos ouvidos. Mencionei que esses dispositivos precisam ser calibrados de acordo com o ambiente, e que as medidas naquele momento estavam cerca de 30 dB acima do real. Em seguida, expliquei que, como estava segurando o celular muito perto da minha boca, a distância era inadequada, o que resultava em uma intensidade maior do que o normal.

Para a segunda parte da aula, introduzi uma nova situação. O ano era 1989, e a Guerra Fria estava em andamento, gerando muitas tensões entre a União Soviética e os Estados Unidos. Ao sul do estado da Califórnia (EUA), foi detectado um sinal sonoro específico vindo do Oceano Pacífico. Apresentei essa narrativa e reproduzi o som captado pelos militares americanos, mas ressalttei que o sinal foi perdido logo em seguida. Em 1990 e 1991, o sinal foi captado novamente, o que possibilitou uma investigação mais aprofundada e revelou que se tratava de uma baleia com características peculiares. Além de nadar sozinha e em diferentes profundidades em comparação com outras espécies de baleias, essa se comunicava em uma frequência de 52 Hz, sendo chamada de Baleia 52, a baleia mais solitária do mundo. Com essa história, apresentei a problematização: Por que essa baleia era solitária?

Com o novo problema proposto, iniciei a explicação de que todos os animais têm limitações, incluindo limitações em sua anatomia auditiva. Mostrei uma imagem da anatomia do ouvido humano, explicando que, apesar de estarmos discutindo baleias, o fato de ambos os grupos serem

mamíferos resulta em uma anatomia semelhante, com algumas diferenças de tamanho e formato do órgão auditivo.

Apontei as partes do ouvido, destacando o foco no ouvido interno, especialmente nas células ciliadas que vibram com as ondas sonoras para transmitir as informações ao cérebro. Essas células são capazes de detectar tanto a intensidade quanto a frequência do som. Em seguida, expliquei que a principal diferença que percebemos no som é determinada pela frequência, a qual também está relacionada com as notas musicais. Aqui, busquei esclarecer que o termo altura sonora não se refere ao volume, uma vez que estamos acostumados a associar alto ou baixo ao nível de intensidade sonora, quando, na verdade, esses termos se referem à frequência de um som. Para ilustrar, perguntei se eles consideravam minha voz grave ou aguda. Alguns responderam que parecia "*um pouco grave*", então expliquei que isso depende. Sempre que descrevemos um som como agudo/alto ou grave/baixo, precisamos fazer comparações com outros sons. Para exemplificar sem confundir, modifiquei o tom da minha voz, tornando-a mais grave, e perguntei se, em comparação com minha voz normal, minha voz estava mais alta ou mais baixa. Em seguida, fiz o mesmo processo, mas ajustei minha voz para um tom mais agudo. Os alunos já demonstraram compreender o conceito, mas decidi dar três exemplos comparativos entre o miado de um gato, o canto de uma ave e o apito em um jogo de futebol, em relação ao tom da voz humana.

Com isso esclarecido, expliquei que a capacidade auditiva dos animais é resumida pelo que chamamos de espectro audível, que engloba a gama de frequências que cada espécie é capaz de ouvir. Mostrei exemplos de espectros audíveis para seres humanos, cães, gatos, morcegos e baleias. Retornei ao diagrama do ouvido interno para enfatizar que esse espectro é definido pelas células ciliadas.

Dado que eu já tinha apresentado o espectro audível das baleias, antecipei que os alunos pudessem compreender o motivo da Baleia 52 ser solitária. Entretanto, quando perguntei sobre isso, eles não pareceram ter feito a conexão entre as informações. Então, finalizei apontando esse aspecto: a Baleia 52 se comunicava em uma frequência diferente das outras baleias, o que a impedia de se comunicar com seus semelhantes e, conseqüentemente, a levou a viver isolada.

Continuando com a aula, avançamos para a atividade utilizando os *plickers*. Expliquei os procedimentos, descrevendo como os cartões funcionavam, e pedi que não trocassem nem discutissem as respostas no primeiro momento. Deixei claro que eles teriam a oportunidade de discutir e trocar respostas no segundo momento. Expliquei também que deveriam escolher a alternativa correta e pensar em um argumento que pudessem usar para convencer um colega.

Com tudo preparado, passamos para a primeira pergunta. Para visualizar a forma como as questões foram apresentadas, consulte as imagens do terceiro relato de regência. A primeira

pergunta abordava a diferença entre duas ondas que representavam notas musicais. As propriedades eram idênticas, exceto pela amplitude, o que deveria levar à conclusão de que havia uma diferença no nível de intensidade sonora. Li o problema em voz alta e perguntei se estava claro o que estava sendo solicitado.

Dei um tempo para que refletissem sobre a pergunta e elaborassem seus argumentos. Ao fazer a primeira votação, notei uma distribuição entre três alternativas: uma que indicava que o som era mais alto, outra que apontava para uma nota musical diferente e a alternativa correta, que indicava a diferença no nível de intensidade sonora. Comentei sobre essa variedade de respostas sem revelar quais alternativas foram escolhidas, e concedi um momento para que apresentassem seus argumentos. Nesse dia, a turma tinha um número reduzido de alunos presentes, e percebi certa hesitação em compartilhar argumentos. Dos 11 presentes, uma colega havia saído por motivos pessoais, outra preferiu ficar isolada e não interagir, um casal optou por trabalhar apenas entre eles, restando dois grupos que demonstraram maior interação. Após essa etapa, conduzi a nova votação e, agora, as respostas estavam divididas entre duas alternativas, com predominância para a alternativa correta. Então, expliquei a situação, indicando qual alternativa era a correta, e segui para a próxima questão

Na sequência da aula, avançamos para a próxima pergunta. Nessa questão, foi apresentada uma situação em que um professor precisava aumentar o volume de sua voz para superar o barulho das conversas dos alunos. A pergunta questionava qual característica do som esse ato representava. Li a questão, garantindo que todos tinham compreendido, e dei alguns minutos para que pensassem na resposta. Ao realizar a primeira votação, as respostas se dividiram entre duas alternativas: amplitude (a correta) e período. Indiquei que havia uma distribuição variada entre as alternativas, incentivando-os a discutirem a resposta. No entanto, a discussão ainda parecia um pouco contida. Tentei motivar a interação ao questionar a estudante que estava sozinha sobre qual alternativa ela havia escolhido e depois fazer o mesmo com o casal, na esperança de que pudessem discutir entre si. Entretanto, ambos preferiram permanecer isolados em seus lugares. Os grupos que se formaram pareciam mais engajados e se podia ouvir suas conversas sobre a questão. No entanto, muitos alunos ainda pareciam confiar nas respostas de colegas sem buscar argumentos para resolver o problema. Após a nova votação, a alternativa correta foi unânime, então abri espaço para que alguém defendesse alguma alternativa diferente, mas ninguém se manifestou. Expliquei a alternativa correta e prossegui para a próxima questão.

Percebendo que o tempo estava se esgotando, pulei uma questão e avancei para a última, que abordava um conceito diferente das duas primeiras. Nesse problema, tratava-se de uma pessoa conversando com um gato e, ao comparar as frequências da voz humana e do felino, perguntava

qual sensação o gato teria em relação à voz da pessoa. As respostas se dividiram entre "ampla" e "grave" na primeira votação. Dei tempo para que apresentassem seus argumentos. Tentei dialogar com a estudante que estava sozinha para ver se ela havia pensado em algum argumento, e ela explicou diretamente que a voz da pessoa tinha uma frequência menor que a do miado do gato, e por isso a resposta correta era "grave". Eu indiquei que a lógica parecia fazer sentido, mas não afirmei se estava correta. Tentei o mesmo com o casal, mas eles apenas mencionaram que já haviam convencido um ao outro e não demonstraram tanto interesse em discutir mais. Procedi à nova votação, que não apresentou grande mudança, com apenas duas trocas para a resposta correta. Expliquei o problema indicando que a amplitude estava relacionada com a mudança no volume sonoro, ilustrando com exemplos, ajustando o nível de intensidade da minha fala para auxiliar na compreensão.

Perguntei se havia dúvidas e expliquei que continuaria o conteúdo na próxima aula, visto que faltavam várias informações a serem abordadas. A aula encerrou às 18h.

Esta aula é realizada nos dois últimos períodos das sextas-feiras, por este motivo acredito que exista um grande desafio em trazer o engajamento dos estudantes. Apesar disso, a utilização dos *pickers* demonstrou ser uma estratégia interessante para estimular a reflexão e discussão com níveis diferentes em cada grupo. Algumas questões estimularam mais discussões que outras, onde mais da metade da turma se dedicou em discutir o que era proposto. Alguns preferiram se manter isolados, possivelmente por falta de confiança ou por não se sentirem confortáveis em contribuir com o grupo. Isso mostra a importância de criar um ambiente onde todos se sintam incentivados a compartilhar suas perspectivas e argumentos.

Outro ponto a ser destacado é a gestão do tempo, que se mostrou um desafio. Ao longo da regência, tive que ajustar o ritmo da aula devido à complexidade das discussões e para trazer uma diversidade de exemplos. Apesar disso, mesmo tendo conseguido cobrir parte significativa do conteúdo, precisaria realizar uma pequena mudança no plano de aula seguinte.

### 4.3 AULA 3

#### 4.3.1 PLANO DE AULA 3 – Ondas Eletromagnéticas

**Data:** 15/08/2023 e 18/08/2023

**Duração:** 2 horas-aula

**Tópicos:**

- Ondas eletromagnéticas;
- Ondas de rádio AM e FM;

- O perigo das ondas e o 5G;

### **Objetivos docentes:**

- Apresentar as características das ondas para as ondas eletromagnéticas;
- Identificar as diferenças entre as ondas de rádio AM e FM;
- Discutir o aspecto ionizante de algumas ondas eletromagnéticas a fim de mostrar que o 5G é seguro;
- Aplicar o método *Peer Instruction* para estimular a argumentação e a interação entre os estudantes.

### **Procedimentos:**

#### Atividade Inicial (~ 10 minutos)

Inicialmente, perguntarei aos estudantes se ficaram dúvidas ou se têm algum comentário sobre a última aula. Aproveitarei esse momento para fazer a instalação dos meus equipamentos e realizar a chamada. Antes de introduzir o novo tema, farei uma breve retomada dos conceitos de amplitude, frequência e comprimento de onda estudados nas últimas aulas. Essa revisão será feita com a participação dos estudantes, estimulando-os a recordarem os aspectos mais importantes.

#### Desenvolvimento (~ 70 minutos)

Para iniciar o novo tópico, lembraremos o que foi visto sobre o sinal WoW na primeira aula, enfatizando que foi a amplitude desse sinal que despertou o interesse dos cientistas. Após revisarmos essa ideia geral, questionaremos se esse sinal possui alguma informação que possamos extrair e, caso exista, por que ainda não foi feito. Essa discussão tem como objetivo introduzir a problematização da aula, que está relacionada com a transmissão de informações. Nesse contexto, serão apresentadas as diferenças entre os sinais analógicos AM e FM e o sinal digital de Wi-Fi.

Feita a introdução da aula, discutiremos a ideia de transporte de informação pelas ondas, destacando que elas não transportam matéria, apenas informações por meio da modelagem da frequência e amplitude. A partir do sinal AM, relacionaremos a modificação da amplitude como a informação que pode viajar longas distâncias, mas com perda de qualidade do sinal devido a múltiplos fatores naturais, banda estreita e necessidade de maior potência em comparação ao sinal FM. Quanto ao sinal FM, explicaremos que ele transmite informações através da frequência modulada, proporcionando melhor qualidade para pequenas distâncias, mas sendo vulnerável à redução gradual da qualidade, podendo apresentar chiados e mau funcionamento. Essas duas situações servirão para introduzir a primeira problematização da aula: "*Como o rádio sabe o que*

*tocar?*". A partir dessa situação, pretende-se associar os conceitos de amplitude e frequência às ondas eletromagnéticas, reforçando os conceitos já trabalhados.

Concluída a explicação sobre a frequência e amplitude moduladas, ressaltarei que esses sinais são do tipo analógico, ou seja, possuem uma margem de valores que podem variar dentro de todo o conjunto de números reais. Em contraste, o sinal de Wi-Fi, segundo objeto de estudo desta aula, é um sinal digital, ou seja, a informação transmitida é constituída apenas de 0 ou 1 (código binário). Esse comentário introduzirá a segunda problematização da aula: "*Como o Wi-Fi consegue transportar informação?*". A partir dessa situação, pretende-se apresentar a necessidade de sincronia entre dois equipamentos para que eles possam trocar informações, ou seja, é necessário que ambos estejam calibrados na mesma frequência.

Concluída a exposição dos problemas e relacionadas as características das ondas, passarei à aplicação de problemas com o *peer instruction*. Distribuirei as folhas com o código QR e explicarei novamente o funcionamento dos cartões. Nesse momento, é válido lembrar que: i) na primeira tentativa, não conversem nem troquem alternativas, pois é importante eu entender o que vocês estão errando; ii) escolham uma alternativa e pensem em um argumento para ela, pois terão que convencer um colega de que sua resposta é a correta.

Em seguida, partirei para a finalização da aula, na qual apresentarei a ideia de velocidade da luz como um valor constante para o vácuo e a influência do meio na propagação das ondas eletromagnéticas, por meio de uma exposição dialogada. É relevante ressaltar que esses conceitos não são o foco da unidade e, portanto, não serão avaliados propriamente.

#### Fechamento (~ 10 minutos)

Para concluir a aula, distribuirei uma lista de exercícios conceituais (anexo) que abordem o conteúdo trabalhado, reforçando que podem entrar em contato caso tenham quaisquer dúvidas. Por fim, lançarei uma provocação, anunciando que a próxima aula será prática, a fim de despertar o interesse dos estudantes.

#### **Recursos:**

- Canetas e apagador para quadro branco;
- *Notebook* e projetor;
- Lista de exercícios 3 (Apêndice D);

#### **Avaliação:**

Para que a unidade seja alinhada às aulas do professor titular, a avaliação quantitativa exigida pela escola será realizada através da participação efetiva dos estudantes. Ou seja, aqueles que fizerem questionamentos, comentários, indagações, apresente hipóteses e semelhantes.

Já a avaliação da unidade será realizada a partir da devolução dos exercícios resolvidos, onde espera-se observar se houve uma compreensão conceitual das características das ondas.

### **Observações:**

Para esta aula foi necessário retomar os assuntos propostos no Plano de Aula 2 para ambas as turmas. Por este motivo, iniciei a regência a partir da formalização das ondas mecânicas, trazendo a necessidade de um meio material para sua propagação, assim como a influência deste meio para a velocidade e amplitude das ondas mecânicas ao trocar de meio.

## **4.3.2 RELATO DE REGÊNCIA**

### **4.3.2.1 Regência 3 - Turma 106**

**Data:** 15/08/2023

**Turma:** 106

**Horário:** das 15h45min às 17h15min (2 horas-aula)

**Alunos(as) presentes:** 15, sendo sete meninas e oito meninos

Como de costume, cheguei à escola no primeiro período para evitar quaisquer antecipações indevidas. Ao questionar sobre essas mudanças, um dos professores informou que naquele dia eu assumiria a turma somente no quarto período e que eles estariam em uma sala diferente. Isso ocorreu porque o professor em questão aplicaria uma prova. Diante dessa situação, percebi que teria apenas um período para a regência. Assim, conversei com a professora que assumiria após a minha aula para negociar um ajuste, e ela concordou, permitindo que eu ficasse com a turma no quinto período também.

Dado o horário, dirigi-me à sala de aula e, ao entrar, cumprimentei a todos com um "*boa tarde*". Prossegui com a instalação dos meus equipamentos enquanto os estudantes retornavam do intervalo. Durante a instalação, perguntei se havia restado alguma dúvida remanescente e expliquei que concluiríamos os tópicos da semana anterior neste primeiro período antes de passarmos para o novo assunto. Além disso, inquiri se eles haviam realizado as duas listas de exercícios que foram

deixadas na aula passada. No entanto, somente um aluno me entregou a tarefa, enquanto os demais se comprometeram a entregá-la na próxima aula.

Com o *notebook* e o projetor devidamente instalados, fiz uma breve revisão no quadro, destacando as principais características das ondas. Apresentei a amplitude e o comprimento de onda em um gráfico com eixos representados em unidades de comprimento. Além disso, expliquei a relação entre a frequência e o período em um segundo gráfico, com o eixo das abscissas representando o tempo. Concluída a revisão, avancei para a finalização dos tópicos que ficaram pendentes da aula anterior.

Comecei lembrando que abordamos principalmente as ondas sonoras, destacando que elas dependem de um meio para se propagarem, no caso, o ar. Com isso, estabeleci a conexão de que todas as ondas mecânicas necessitam de um meio, já que o próprio termo “mecânico”, como mencionamos, refere-se a algo com massa. Além disso, mencionei que as ondas mecânicas podem ser tanto longitudinais quanto transversais. Reforcei esses conceitos ao ilustrar ambas as configurações usando uma mola de brinquedo. Fiz isso balançando-a lateralmente para exemplificar ondas transversais e movendo-a para cima e para baixo para representar uma onda longitudinal. Também exemplifiquei essa distinção com a voz, uma onda longitudinal, e com a corda de um violão, uma onda transversal.

Em seguida, apresentei uma cena de um filme de ficção científica em que ocorre uma explosão no espaço, onde prevalece o vácuo e não há meio para a propagação do som. Entretanto, no filme, o som é perceptível, o que torna a representação cinematográfica imprecisa em relação à realidade. Antes de fazer esse comentário, indaguei se os alunos conseguiriam identificar algo incorreto no vídeo. De fato, cerca de três alunos prontamente apontaram que não deveria haver som, e um deles também observou que a explosão não poderia ocorrer, pois no vácuo do espaço não haveria oxigênio para sustentar o fogo.

Prosseguindo para os últimos conceitos, expliquei a influência da densidade do meio na velocidade e amplitude das ondas. Para isso, destaquei que em meios mais densos as ondas tendem a viajar mais rapidamente, uma vez que as moléculas apresentam uma tendência a estar mais próximas umas das outras. Isso resulta em uma menor distância percorrida e, conseqüentemente, em um menor intervalo de tempo entre colisões, em comparação com meios menos densos. Nos meios menos densos, as moléculas estão mais afastadas, o que resulta em um intervalo maior entre colisões e, por conseqüência, em uma velocidade menor das ondas.

Além disso, demonstrei que, ao mudar de meio, a amplitude das ondas se alterará com base na diferença de densidade. Procurei vincular essa ideia ao conteúdo discutido com o professor titular antes das férias (energia mecânica). Para isso, pedi que considerassem uma corda de

espessura uniforme em toda a sua extensão e expliquei que, quando a onda passa de uma região menos densa para uma região mais densa, é como se a corda se tornasse mais pesada. Como eles já haviam abordado energia potencial gravitacional, apresentei a equação no quadro ( $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ ) e mostrei que, ao aumentar a massa, a altura deve diminuir para manter a conservação de energia. Expliquei de forma semelhante a transição entre meios mais densos e menos densos, e então prosseguimos com as questões utilizando os *plickers*.

Devido à minha pressa em concluir este tópico e passar para o próximo, optei por abordar apenas duas das três questões que havia preparado. Como já havia utilizado esse tipo de atividade na aula anterior, apenas lembrei o funcionamento dos *plickers* e do método, explicando como escolher a alternativa correta e solicitando que eles apresentassem argumentos para convencer um colega. Reforcei a instrução para que não conversassem nesta primeira etapa, deixando para conversar à vontade na segunda. Abaixo, apresento o primeiro problema proposto:

Duas pessoas estão conversando enquanto aproveitam uma tarde de Sol numa piscina. Repentinamente uma delas mergulha enquanto a outra fala e percebe que não consegue mais ouvir a conversa. O que pode ter acontecido?

- A) Não é possível ouvir porque o som não se propaga na água.
- B) Como a água é mais densa que o ar, a amplitude do som diminui.
- C) O som foi completamente refletido pela água e não penetra no meio.
- D) Há uma mudança na frequência de um meio para o outro.

Expliquei a questão e me certifiquei de que todos haviam compreendido o que estava sendo solicitado. Após alguns minutos, procedi à primeira votação, que resultou em uma distribuição quase uniforme entre todas as alternativas. Diante disso, sugeri que dialogassem sobre o problema antes de prosseguir. Ao permitir a discussão, um aluno prontamente se dispôs a responder, argumentando que a água é mais densa que o ar, e por isso deveria ser a opção B. Nesse momento, questionei se ele poderia explicar por que isso acontece, mas ele não soube fornecer uma resposta. Outro colega então tomou a palavra e explicou que a água é mais pesada, o que levaria à redução da amplitude para compensar esse peso. Elogiei a explicação dada, sem confirmar se estava correta ou não. Abri espaço para que mais alguém quisesse contribuir com o entendimento da turma, mas a maioria estava engajada em diálogos em grupos pequenos, então optei por conceder mais tempo para reflexão.

Após esse intervalo, procedi à segunda votação, que agora indicou um foco na opção B e, em menor medida, na alternativa C. Expliquei que a justificativa fornecida pelos colegas estava correta e que a alternativa correta era a letra B. No entanto, discuti todas as alternativas, apontando

os motivos pelos quais as demais estavam incorretas. Em seguida, passamos para a segunda questão, que é apresentada abaixo:

Um chicote é uma ferramenta construída de tal forma que seu cabo é a parte mais grossa e vai afinando cada vez mais até chegar na extremidade. O que podemos afirmar sobre a ponta oposta ao cabo deste chicote?

- A) Terá mais pressão.
- B) Terá mais energia.
- C) Ficará mais rápida.
- D) Ficará mais devagar.

Apresentei adequadamente o problema e dei o tempo necessário para que os alunos refletissem sobre ele. Na primeira votação, as respostas se dividiram entre as alternativas A e C. Nesse momento, mencionei que havia uma divisão quase equitativa nas respostas, mas não revelei quais opções foram selecionadas. Depois de permitir a discussão, outro aluno se manifestou e sugeriu que a alternativa A era a correta, argumentando que uma pessoa sentiria muito mais o impacto da ponta do chicote em comparação com uma parte mais espessa. Logo após, um colega fez uma objeção, lembrando que eu havia explicado anteriormente que essa situação se tratava de uma mudança na velocidade e que isso ocorria porque a ponta do chicote é mais leve. Nesse momento, optei por não tomar partido e observei que ambas as respostas pareciam ter uma lógica interessante. Perguntei se alguém tinha mais contribuições e concedi alguns segundos para que os outros alunos se manifestassem.

No segundo momento de votação, houve novamente uma distribuição semelhante entre as mesmas alternativas, embora com uma maior concentração na resposta correta. Confirmei a observação do colega sobre a alternativa C e forneci uma explicação mais detalhada usando minhas próprias palavras. Além disso, fiz uma breve exposição do conceito de pressão para aqueles que ainda estavam inclinados a escolher a alternativa A. Após esclarecer essa questão, perguntei se restavam mais dúvidas sobre as ondas mecânicas em geral e, diante da ausência de questionamentos, prossegui para o novo tópico.

Iniciei a nova seção com a declaração “*Vamos agora para as ondas eletromagnéticas!*”. Nessa apresentação, estava planejada uma breve revisão, mas como já havia realizado essa recapitulação no quadro no início da aula, optei por pular essa etapa e seguir diretamente para a primeira problematização. Para isso, retomei brevemente o que havia sido discutido sobre o sinal WoW! na primeira aula, explicando que se tratava de um sinal intrigante proveniente do espaço, possivelmente representando uma tentativa de comunicação de vida extraterrestre. Também

relembrei as características desse sinal, como sua intensa amplitude e frequência específica, que são aspectos notáveis desse sinal. Tendo lembrado o conteúdo relacionado a esse sinal, pedi aos alunos para retomarem brevemente essas ideias enquanto eu apresentava uma nova situação.

Exibi um vídeo sobre o centenário da primeira transmissão de rádio no Brasil. Esse vídeo serviu como introdução para um novo tópico de estudo: os sinais AM e FM. Para isso, apresentei a seguinte questão: *“Como o rádio é capaz de receber informações sem a necessidade de cabos (exceto o cabo de energia) conectados a ele? E qual é a relação entre o sinal WoW! e esses aparelhos?”*

Continuando a exposição do conteúdo, iniciei contextualizando brevemente a história das ondas eletromagnéticas, explicando que James Clerk Maxwell teorizou sobre essas ondas em 1862. Perguntei se alguém sabia o que significava Maxwell ter teorizado essas ondas, e um aluno, que já havia participado ativamente em momentos anteriores, respondeu que não havia evidências concretas da existência delas. Elogiei a resposta do aluno e adicionei que Maxwell havia concebido a existência dessas ondas com base em cálculos e interpretações, mas que naquele momento elas ainda não haviam sido observadas. Em seguida, expliquei que Heinrich Hertz foi o responsável por projetar um experimento capaz de detectar essas ondas. Reforcei também que esse cientista é homenageado na unidade de medida de frequência que já havíamos mencionado.

O experimento consistia em carregar eletricamente duas esferas de modo a criar uma faísca entre dois terminais muito próximos. Essa faísca geraria um pulso eletromagnético que seria detectado por um aro circular. Esse aro, ao ser atingido pelo pulso, produziria outra faísca, validando o que havia sido teorizado por Maxwell. Nesse momento, expliquei que as ondas eletromagnéticas surgem principalmente devido ao movimento de elétrons. Para ilustrar esse conceito, apresentei uma simulação sobre a transmissão de ondas de rádio em uma estação. Na simulação, era possível observar um elétron sendo agitado em uma antena transmissora. Essa agitação gerava ondas que se propagavam no espaço até alcançar outra antena, agora receptora, que entrava em ressonância com a antena transmissora, permitindo que fosse possível assistir à televisão ou ouvir rádio.

Além da simulação, apresentei dois alto-falantes aos estudantes para ilustrar a relação entre o movimento de cargas elétricas e a geração de campos magnéticos. Destaquei que essa relação se torna evidente ao discutir a composição das ondas eletromagnéticas, uma vez que essas ondas são constituídas por um campo elétrico e outro magnético. Acrescentei também que, ao contrário das ondas mecânicas, que podem adotar uma variedade de configurações, as ondas eletromagnéticas exibem somente comportamento transversal.

Prossigui realizando uma demonstração gráfica dessas ondas, ilustrando como a onda elétrica está diretamente ligada à onda magnética. Por essa razão, características como comprimento de onda, período e frequência eram idênticas para ambas as ondas. No entanto, ressaltai que a amplitude seria diferente, uma vez que estamos tratando de grandezas distintas.

Em seguida, apresentei a questão: "*Se as ondas mecânicas requerem um meio para se propagar, será que as ondas eletromagnéticas também necessitam?*" Essa pergunta introduziu o conceito do éter luminífero, que foi uma ideia adotada durante o desenvolvimento dessas teorias e que sugeria a existência de um meio invisível no qual essas ondas se propagariam. Expliquei que ao longo do tempo, muitos experimentos, possivelmente dezenas ou até milhares, foram conduzidos na tentativa de determinar as propriedades desse éter, mas nenhum deles conseguiu efetivamente confirmar sua existência. A partir disso, aponte que as ondas eletromagnéticas não dependem de um meio material para se propagarem.

Continuando, abordei brevemente o tema da velocidade da luz. Para ilustrar a complexidade de acompanhar sua velocidade, realizei uma ação de ligar e desligar a luz da sala de aula algumas vezes, questionando se eles conseguiam perceber a velocidade da luz. Naturalmente, todos responderam que não era possível. Comentei então que essa era uma tarefa extremamente desafiadora, que levou anos para que valores razoáveis fossem obtidos. Mencionei algumas figuras históricas que tentaram determinar esse valor, como Romer em 1676, Fizeau em 1849 e Foucault em 1862, até chegar aos experimentos de Michelson-Morley, que finalmente obtiveram valores precisos.

Retomando a pergunta central sobre como o rádio consegue receber informações sem a necessidade de cabos (exceto o cabo de energia), expliquei que isso é viabilizado através de uma técnica de modulação que atua na frequência e/ou na amplitude das ondas, o que conhecemos como ondas FM e AM. Detalhei o significado de cada sigla e forneci algumas informações gerais, como: i) a frequência de operação no Brasil; ii) alcance maior para AM e menor para FM; iii) suscetibilidade a interferências e; iv) qualidade de transmissão para cada tipo. Além disso, destaquei as características visuais de cada tipo, exibindo gráficos para ilustrar a amplitude constante e a frequência variável nas ondas FM, e a amplitude variável com frequência constante nas ondas AM. Finalmente, expliquei que o sinal WoW! não apresenta nenhum tipo de modulação, pois sua amplitude aumenta e diminui de forma constante. Como resultado, não é possível interpretar informações da mesma maneira que nos rádios AM. Além disso, a frequência do sinal é específica e constante, correspondendo à frequência do átomo de hidrogênio. Isso significa que o sinal também não pode transportar informações da mesma forma que os rádios FM.

Encerrando a exposição, passamos para mais algumas questões com *plickers*. O primeiro enunciado segue abaixo:

O que podemos afirmar sobre o sinal da figura que foi emitido por uma estação de rádio?

(confira a figura 6)

- A) Se trata de uma onda com frequência modulada.
- B) Se trata de uma onda com amplitude modulada.
- C) Não podemos afirmar nada por não conhecer o eixo vertical.
- D) Não podemos afirmar nada por não conhecer o eixo horizontal.

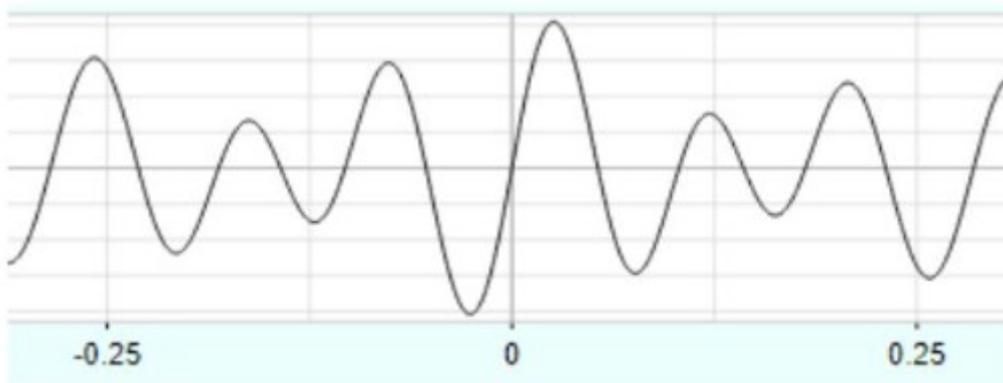


Figura 6: sinal representado para um problema.

Conduzi a explicação da questão permitindo que os alunos tivessem tempo para refletir sobre a alternativa correta. Observei uma divisão de respostas entre as alternativas A e B após a primeira votação, em seguida um dos alunos trouxe à tona uma dúvida sobre a modulação entre amplitude e frequência e a qualidade da imagem mostrada. Pensando nisso, adicionei pontos acima de cada crista no gráfico para demonstrar a constância da frequência, assim esclarecendo a questão e permitindo que os estudantes compreendessem a situação mais claramente. Na segunda votação, todos acertaram a alternativa, então realizei a explicação e dei seguimento.

Agora, seguindo para a próxima questão, orientei os alunos da mesma forma. Lembrando de sempre criar um ambiente propício para perguntas e discussões. O próximo enunciado da questão está aguardando para ser compartilhado.

Sobre as ondas eletromagnéticas, qual afirmativa está errada?

- A) Sua amplitude depende da intensidade dos campos elétrico e magnético.
- B) Sua propagação depende de um meio chamado Éter Luminífero.
- C) Elas são capazes de viajar pelo espaço por não precisar de um meio de propagação.
- D) São capazes de transportar informação ao modular sua frequência e/ou amplitude.

Mais uma vez, expliquei o problema com clareza, assegurando que todos compreendessem o que estava sendo questionado. Nesse momento, um estudante apontou que a questão era óbvia, então o intimei, e ressaltai que nem sempre o que é óbvio para um pode ser óbvio para todos.

A primeira votação indicou uma divisão entre as alternativas B e C, então percebi a existência de uma confusão ou falta de entendimento dos alunos quanto à existência do éter luminífero. Ao dar espaço para diálogo, alguns colegas indagaram que apenas chutaram na alternativa B porque lembraram do termo que eu havia dito, com isso, alguns riram da simplicidade do argumento. Ao realizar a nova votação, as respostas foram quase totais para a alternativa C, então expliquei brevemente que até poderiam haver cientistas que ainda acreditam no éter, mas atualmente não temos evidências concretas de sua existência nem de suas características, e por isso, consideramos que as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio de propagação.

Infelizmente, como já havia utilizado o primeiro período quase que completo para retomar a segunda aula, esta também careceu de tempo e ficamos com a segunda parte para ser concluída na semana seguinte. A aula teve fim às 17h15min, quando a professora que me permitiu usar o período chegou, então encerrei a aula agradecendo o espaço cedido.

Para esta aula fui obrigado a adequar o plano de ensino para cumprir com os objetivos propostos na aula dois. Em princípio, acreditava que tal adaptação poderia dificultar a relação entre os conceitos por se tratar de uma mudança abrupta das ondas mecânicas para eletromagnéticas. Apesar disso, essa turma já demonstrou uma boa compreensão e engajamento em aprender os tópicos propostos e não houve dificuldades aparentes.

Ainda, a primeira questão apresentada para o *peer instruction* se mostrou eficaz em trazer o engajamento e a argumentação dos estudantes onde, mesmo com uma divisão entre duas alternativas, houve uma variedade maior de argumentos apresentados além de possuir certa subjetividade no gráfico, mas que foi sanada com uma pequena modificação. Já a segunda questão se mostrou menos eficaz por apresentar uma ideia mais direta e que poderia ser respondida ao decorar as informações sobre o éter luminífero, apesar disso, também trouxe discussão e engajamento para a aula.

Acredito que, apesar do baixo número de participantes, o método tenha cumprido com o objetivo de trazer o engajamento e argumentação em cima dos conceitos trabalhados. Para a aula seguinte, precisaria incluir os tópicos que não conseguimos trabalhar nesta, portanto será realizado um pequeno manejo no tempo da atividade final na quarta aula, como já ocorreu para esta.

#### 4.3.2.2 Regência 3 - Turma 105

**Data:** 18/08/2023

**Turma:** 105

**Horário:** das 16h30min às 18h (2 horas-aula)

**Alunos(as) presentes:** nove, sendo seis meninas e três meninos

Como de costume, cheguei à escola no primeiro período para garantir que não houvesse alterações no horário, mas todos os professores estavam presentes. Neste dia, recebi a visita do professor orientador deste trabalho, que acompanhou a aula do fundo da sala e não interferiu de forma alguma. Fomos para a sala de aula e, ao entrar, cumprimentei a todos e segui para instalar meus equipamentos. Feito isso, solicitei a elaboração de uma lista de chamada que seria entregue ao professor supervisor, visto que ele não poderia estar presente naquele dia por motivos pessoais.

Para iniciar a aula, realizei uma breve revisão sobre os principais conceitos com os quais estávamos trabalhando, tais como frequência, amplitude, período e comprimento de onda. Concluída a revisão, retomei os tópicos da aula sobre ondas mecânicas, uma vez que não tínhamos conseguido finalizá-los na semana anterior. Para concluir, ainda era necessário realizar uma formalização das ondas mecânicas, então expliquei algumas características gerais, como a possibilidade de serem ondas longitudinais ou transversais. Ao abordar essa característica, relembrei o comportamento desses tipos de onda usando uma mola na vertical, onde illustrei a onda transversal com movimentos de um lado para o outro e a onda longitudinal com movimentos de cima a baixo. Esse procedimento já tinha sido realizado nas aulas anteriores, mas acredito que uma recordação seja válida.

Em seguida, mencionei a necessidade que essas ondas têm de se propagar em um meio material, uma vez que estávamos tratando de sistemas mecânicos e, como já tínhamos discutido, esses sistemas dependem da presença de objetos com massa. Adicionei que o som, que tinha sido o objeto de estudo da primeira parte dessa aula, utiliza as moléculas do ar para se propagar, assim como tínhamos observado em uma simulação. Além disso, apresentei um vídeo da explosão da Estrela da Morte no filme *Star Wars*, onde é possível ouvir essa explosão. Com o vídeo exibido, questionei o que estava incorreto ali, mas a turma parecia desmotivada para participar, aparentemente cansada e ansiosa pelo fim de semana, visto que era uma sexta-feira. Expliquei então que o som não poderia se propagar no espaço, uma vez que não há atmosfera, portanto, poderíamos até perceber o brilho da explosão, mas ela não deveria produzir som.

Agora que havia demonstrado a necessidade do meio de propagação, comecei a explicar quais propriedades sofrem alterações ao passar de um meio para outro, considerando diferentes densidades. Antes disso, introduzi brevemente a ideia de densidade como a quantidade de partículas presente em um determinado volume fechado. Iniciei abordando a velocidade das ondas mecânicas, destacando que essa velocidade será constante, mas dependerá da aglomeração das partículas. Em seguida, expliquei que em meios menos densos, as moléculas se encontram mais distantes umas das outras, resultando em intervalos maiores entre colisões e, por consequência, uma velocidade menor. Por outro lado, em meios mais densos, as partículas estão mais próximas umas das outras, levando a intervalos menores entre colisões e, conseqüentemente, uma velocidade maior.

Prosseguindo para a influência da mudança de meio na amplitude das ondas, estabeleci uma relação com a energia potencial gravitacional que a turma havia estudado previamente. Ao demonstrar que a amplitude diminui ao passar de um meio menos denso para um mais denso, expliquei que a corda se torna "*mais pesada*", o que leva a uma redução na amplitude para preservar a energia. Quando a corda muda de um meio mais denso para um menos denso, a corda fica "*mais leve*", resultando em um aumento na amplitude. Importante ressaltar que, ao usar os termos "*mais pesada*" ou "*mais leve*" para descrever a corda, esclareci que esses conceitos não eram os mais adequados para a explicação. O correto seria referir-se ao meio como mais ou menos denso. No entanto, utilizei o termo "*peso*" para facilitar a compreensão das ideias, pois é mais familiar. Na sequência, abordei questões relacionadas aos *plickers*. A primeira questão apresentada é descrita abaixo:

Duas pessoas estão conversando enquanto aproveitam uma tarde de Sol numa piscina. Repentinamente uma delas mergulha enquanto a outra fala e percebe que não consegue mais ouvir a conversa. O que pode ter acontecido?

A) Não é possível ouvir porque o som não se propaga na água.  
B) Como a água é mais densa que o ar, a amplitude do som diminui.  
C) O som foi completamente refletido pela água e não penetra no meio.  
D) Há uma mudança na frequência de um meio para o outro.

Realizei a leitura do problema e questionei se haviam compreendido a pergunta. Após conceder alguns minutos, perguntei se haviam conseguido elaborar um argumento para a solução do problema. No entanto, duas estudantes apontaram que haviam selecionado uma resposta, mas estavam com dificuldade em explicá-la. Busquei incentivá-las a refletirem sobre o conteúdo que eu havia explicado anteriormente, a fim de identificarem algum conceito que se alinhasse com a alternativa escolhida por elas.

Na primeira rodada de votação, as respostas foram distribuídas de maneira equilibrada entre todas as alternativas, o que me levou a permitir a fase de argumentação. Algumas pessoas pareciam hesitantes em apresentar seus argumentos. Diante disso, direcionei perguntas a uma aluna isolada no lado direito da sala e a um casal no lado esquerdo, indagando sobre as alternativas que eles haviam marcado. Meu objetivo era estimular a discussão, então solicitei que apresentassem as razões por trás de suas escolhas e os incentivei a dialogarem entre si. Além disso, consultei toda a turma para verificar se alguém tinha algum argumento que desejava debater. Apesar de não ter recebido justificativas substanciais, pelo menos três alunos estavam convencidos de que a alternativa B estava correta, o que de fato era o caso, embora eu não tenha confirmado isso naquele momento.

Avançando para a segunda rodada de votação, as respostas se concentraram nas alternativas B e C. Nesse momento, expliquei que a resposta correta era a B, devido à densidade maior da água em relação ao ar. Isso provoca uma redução na amplitude do som, resultando na impossibilidade de ouvirmos claramente. Além disso, mencionei que a velocidade do som na água é maior, porém nossos ouvidos não são tão eficazes em interpretar essa informação, o que pode causar confusão em relação aos sons subaquáticos.

Com base nisso, prossegui para a segunda questão, cujo enunciado é apresentado abaixo:

Um chicote é uma ferramenta construída de tal forma que seu cabo é a parte mais grossa e vai afinando cada vez mais até chegar na extremidade. O que podemos afirmar sobre a ponta oposta ao cabo deste chicote?

- A) Terá mais pressão.
- B) Terá mais energia.
- C) Ficarà mais rápida.
- D) Ficarà mais devagar.

Expliquei o conteúdo e certifiquei-me de que todos haviam compreendido. Dado que a imagem no problema era meramente ilustrativa, criei um esboço simples com um cabo mais espesso que afinava em direção à extremidade oposta do chicote. Depois de conceder o tempo necessário para a reflexão, realizei a primeira votação, observando que as respostas estavam divididas entre as alternativas A, B e C. Ao abrir espaço para a argumentação, ocorreu um cenário semelhante ao problema anterior: alguns alunos afirmavam estar certos em suas respostas, mas tinham dificuldade em desenvolver um argumento. Novamente, tentei estimular o diálogo entre aqueles que estavam mais isolados, porém, pareceu haver algumas barreiras pessoais que impediam a colaboração. Ao conduzir a segunda votação, a alternativa B não foi escolhida, mas as alternativas A e C

continuaram recebendo votos equilibrados. Quando perguntei se alguém desejava defender sua resposta, não recebi respostas, então prossegui para explicar as alternativas.

Durante a explicação, mostrei que a pressão não se alteraria ao longo do chicote devido à relação entre força e área. Entretanto, ressaltai que, devido ao chicote afinar em sua extremidade, poderíamos associar isso a uma diminuição de densidade. Isso implicaria que a velocidade na ponta do chicote deveria ser maior do que no cabo, levando à conclusão de que a alternativa C era a correta. Após essa explicação, questionei se havia mais alguma dúvida sobre as ondas mecânicas em geral. Sem receber perguntas, avancei para o tópico central do dia.

Procedi à troca de slides para iniciar a discussão sobre as ondas eletromagnéticas. Embora os slides incluíssem uma revisão que já havíamos abordado no início da aula, aproveitei as imagens disponíveis para proporcionar uma visualização mais clara do conceito de frequência e período por meio de um gráfico.

Para dar início ao tópico, recapitulei o que havíamos aprendido na primeira aula sobre o sinal WoW!, enfatizando principalmente as ideias de que a amplitude do sinal era excessivamente intensa para ter sido gerada por algum fenômeno natural e que sua frequência era extremamente específica, correspondendo à frequência do hidrogênio. Em seguida, exibí uma breve reportagem em comemoração aos 100 anos da primeira transmissão de rádio no Brasil. O vídeo não tinha a intenção de apresentar uma situação particular, mas sim de contextualizar historicamente o rádio. Completada essa etapa, introduzi o seguinte questionamento: "*Como é possível que o rádio receba informações sem a necessidade de cabos (exceto para energia)? Qual é a relação entre o sinal WoW e esses dispositivos?*"

Após apresentar a pergunta, iniciei a explanação sobre as ondas eletromagnéticas, que foram teorizadas por James Clerk Maxwell em 1862. Perguntei se alguém sabia o significado do termo teorizado, e um aluno prontamente respondeu que se referia a algo que não havia sido observado experimentalmente. Eu mencionei que essa era uma abordagem interessante, mas que a palavra comprovado poderia ser muito forte, então sugeri usar o termo observado como uma descrição mais precisa.

Adicionei que essa necessidade de observação foi satisfeita em 1888 por Heinrich Hertz, que foi homenageado com a unidade de frequência Hertz (Hz). Expliquei que Hertz foi capaz de conceber um experimento para emitir e captar ondas eletromagnéticas. Nesse experimento, dois terminais conectados a esferas carregadas eram aproximados até gerarem uma faísca. Essa faísca gerava ondas elétricas e magnéticas devido ao movimento das cargas. Próximo a esse dispositivo faiscante, era colocado um receptor, que consistia em um anel sensível a essas ondas, e na sua presença, gerava uma corrente elétrica. Com essa base, apresentei uma simulação com duas antenas,

uma emissora e outra receptora, onde um elétron podia ser controlado pelo cursor ou induzido a oscilar. Usei essa simulação para explicar que as ondas eletromagnéticas surgem devido ao movimento dos elétrons em um condutor, como um fio, semelhante ao que Hertz havia demonstrado.

Antes de mostrar como esse conhecimento é empregado para transmitir informações, forneci informações gerais sobre essas ondas. Mencionei que elas são compostas pelos campos elétrico e magnético e são exclusivamente transversais. Além disso, apresentei sua representação gráfica, destacando que é um gráfico tridimensional, com uma dimensão representando o campo elétrico, outra o magnético e a terceira a direção de propagação. Em seguida, abordei a questão da necessidade de um meio de propagação. Relatei que durante o desenvolvimento desses conceitos, acredita-se que, uma vez que as ondas mecânicas precisavam de um meio, as ondas eletromagnéticas também precisariam, levando à ideia do "Éter Luminífero", um meio intangível que permitiria a propagação dessas ondas. Entretanto, diversos experimentos não conseguiram confirmar a existência desse Éter, levando à conclusão de que as ondas eletromagnéticas não dependem de um meio para se propagarem.

Concluí com uma breve observação sobre a velocidade da luz, destacando que a luz é um tipo de onda eletromagnética e que todas as ondas desse tipo têm a mesma velocidade no vácuo, podendo ser menor em meios materiais, mas nunca maior.

Em seguida, retornei à problematização inicial da aula: "Como o rádio é capaz de receber informações sem cabos (fora o cabo de energia) ligados a ele?". Para responder a essa pergunta, expliquei que existem duas maneiras de transportar informações: através das ondas AM (Amplitude Modulada) e FM (Frequência Modulada). No caso das ondas AM, elas abrangem a faixa de 530 a 1710 kHz, possuindo um alcance maior, mas podendo sofrer interferências, como ruídos de trovões e motores elétricos, além de proporcionar uma qualidade inferior. Utilizei um gráfico para visualizar dois sinais com amplitude modulada, apontando que a distância entre cristas consecutivas era constante, indicando que a frequência não variava nesse caso.

Ao abordar as ondas FM, mencionei que elas operam na faixa de frequência de 88 a 108 MHz. Destaquei que, em comparação às ondas AM, a faixa de operação é substancialmente maior. Isso ocorre devido à modelagem da frequência, permitindo que as estações de rádio tenham espaço suficiente para operar sem interferir nos sinais de outras estações. Comentei também que as ondas FM têm um alcance mais limitado, o que as torna mais adequadas para uso em áreas urbanas. Além disso, por serem utilizadas em curtas distâncias, elas são menos suscetíveis a interferências e proporcionam uma maior qualidade de som. Assim como fiz com as ondas AM, exibi um gráfico de

um sinal FM, destacando as áreas onde as cristas consecutivas estão mais próximas ou mais afastadas, representando as diferentes frequências em um único sinal.

Para concluir essa parte da aula, estabeleci a conexão com o sinal WoW, explicando que, na realidade, o sinal não transportava informações de forma alguma. Isso se deve à sua frequência constante, que indica a ausência de informações moduladas em frequência, e à sua amplitude, cujo crescimento e decrescimento seguem taxas constantes, eliminando a possibilidade de modulação em amplitude. Com base nisso, prosseguimos para novas questões com os *plickers*. A primeira delas é apresentada a seguir:

O que podemos afirmar sobre o sinal da figura que foi emitido por uma estação de rádio?

(confira a figura x)

- A) Se trata de uma onda com frequência modulada.
- B) Se trata de uma onda com amplitude modulada.
- C) Não podemos afirmar nada por não conhecer o eixo vertical.
- D) Não podemos afirmar nada por não conhecer o eixo horizontal.

Li e expliquei a questão aos alunos, enfatizando a importância de buscarem argumentos convincentes para persuadir seus colegas em relação às respostas. Depois de alguns minutos, procedi à primeira votação, observando uma distribuição de votos entre as alternativas A e B. Encorajei-os a discutirem entre si, mas apenas dois grupos, cada um com três pessoas, pareciam estar realmente engajados na discussão. Outro grupo composto por um casal e uma aluna isolada não pareciam participar ativamente da conversa. Tentei incentivar a participação perguntando sobre as escolhas deles e encorajando-os a conversar, porém, os grupos continuaram relutantes. Mesmo aqueles que estavam conversando encontravam dificuldades em apresentar argumentos adequados, optando por simplesmente expressar a alternativa em que acreditavam.

Percebendo essas dificuldades, fiz traços na parte superior do gráfico, alegando que havia feito isso para compensar a qualidade do projetor, mas com a intenção real de ressaltar que a frequência era constante. Após realizar a segunda votação, ainda havia uma divisão entre as alternativas A e B, embora a alternativa B estivesse mais forte agora, que era a resposta correta. Ofereci a oportunidade para que alguém defendesse sua resposta, mas não houve voluntários. Nesse momento, expliquei que a resposta correta era a alternativa B, uma vez que podíamos perceber diferentes amplitudes em segmentos distintos do gráfico, enquanto a frequência permanecia constante, como evidenciado pelos traços que fiz na parte superior do gráfico. Em seguida, apresentei o próximo problema:

Sobre as ondas eletromagnéticas, qual afirmativa está errada?

- A) Sua amplitude depende da intensidade dos campos elétrico e magnético.
- B) Sua propagação depende de um meio chamado Éter Luminífero.
- C) Elas são capazes de viajar pelo espaço por não precisar de um meio de propagação.
- D) São capazes de transportar informação ao modular sua frequência e/ou amplitude.

Novamente, expliquei o problema de forma clara para garantir que não restassem dúvidas e dei o tempo necessário para que os alunos refletissem sobre a questão. Ao realizar a primeira votação, a maioria da turma optou pela alternativa B, mas alguns ainda escolheram a alternativa C. Perguntei aos alunos isolados qual alternativa haviam escolhido, e eles acertaram na alternativa B. Enquanto o restante da turma parecia estar envolvido em discussões sobre a questão, dei alguns minutos adicionais e então procedi à correção. Na segunda votação, apenas uma pessoa mudou sua resposta para a alternativa B. Corrigi a questão indicando que a alternativa B era a correta, já que, apesar de ter sido alvo de muita pesquisa e investigação, não foram encontradas evidências do éter luminífero, levando à conclusão de que as ondas eletromagnéticas são capazes de se propagar no vácuo.

Iniciando a segunda parte da aula, introduzi uma nova situação que envolvia o 5G como objeto de estudo. Contextualizei o surgimento do 5G em 2018 e as informações falsas que começaram a circular sobre sua suposta periculosidade. Apresentei uma notícia que mostrava micro-ondas agindo dentro do cérebro de uma criança de 5 anos, uma de 10 anos e um adulto, porém, sem fornecer detalhes sobre a metodologia desses testes. A partir disso, lancei o seguinte questionamento: "*O sinal 5G faz mal?*"

Para iniciar a discussão sobre esse tópico, apresentei o espectro eletromagnético, lembrando que a ideia de um espectro está relacionada a uma faixa, como o espectro audível que foi discutido na aula anterior. Expliquei que esse espectro representa diversas configurações das ondas eletromagnéticas, cada uma atuando de maneira distinta.

Procedi explicando as ondas de rádio, que são ondas longas utilizadas em aparelhos de rádio, televisão e radares. Expliquei que essas ondas possuem um comprimento de onda na ordem de mil metros e uma frequência acima de 1 Hz. Para destacar o tamanho dessas ondas, comparei seus comprimentos de onda com o tamanho de cidades e edifícios, ressaltando que são extremamente grandes para representar apenas uma oscilação.

A próxima parte do espectro eletromagnético abrange as micro-ondas, que são as mesmas ondas geradas nos fornos de micro-ondas que temos em nossas casas. Expliquei que, devido ao seu

comprimento de onda, as micro-ondas interagem com as moléculas de água, tornando-as mais agitadas e, conseqüentemente, aquecendo os alimentos. Além disso, mencionei que essas ondas são amplamente utilizadas para comunicações.

Na terceira parte do espectro, abordei as ondas infravermelhas. Mostrei seus comprimentos de onda e frequências, enfatizando que essas ondas são normalmente utilizadas para comunicações em curtas distâncias, como em controles remotos. Aproveitei a ocasião para realizar uma demonstração prática: dado que o meu projetor possuía um controle remoto com um LED frontal, mostrei que esse LED emite luz infravermelha que não é visível aos nossos olhos. No entanto, ao usar a câmera de um celular, é possível captar essa luz e enxergar o controle remoto piscando. Expliquei como esse princípio pode ser usado para verificar se o controle está com pilhas fracas quando não está funcionando adequadamente.

Prossigui com a explicação da quarta parte do espectro eletromagnético, que abrangia a luz visível. Como não havia muitos detalhes a serem discutidos, mostrei apenas o comprimento de onda e a frequência da luz visível, destacando que essa é a faixa de ondas que interage com nossos olhos e é responsável pela formação das cores do arco-íris. Além disso, indiquei que o comprimento de onda da luz visível se assemelha ao tamanho de protozoários, sinalizando que comprimentos de onda menores podem ser prejudiciais para nós.

Na sequência, abordei a quinta parte do espectro, que engloba as ondas ultravioletas. Comentei que essas ondas são a mesma radiação emitida pelo Sol e que nos protegemos dela usando protetores solares. Mostrei a frequência e o comprimento de onda das ondas ultravioletas, destacando que o comprimento de onda está próximo do tamanho de moléculas. Também apresentei uma imagem de uma lâmpada de luz negra, frequentemente usada para verificar a autenticidade de notas de dinheiro. Fiz um breve comentário sobre um bar que visitei e que usava essas lâmpadas como decoração, mencionando que isso poderia ser perigoso, especialmente para os funcionários, uma vez que estas lâmpadas emitem raios ultravioletas (UV) que podem causar doenças graves nas pessoas.

Para a sexta parte do espectro, acelerei o ritmo da explicação devido à proximidade do término da aula. Introduzi os raios-X, que são a mesma forma de radiação usada em exames de raios-X. Comentei sobre o comprimento de onda e a frequência dessas ondas, enfatizando sua capacidade de penetração. Expliquei que os raios-X não conseguem atravessar materiais densos, como os ossos, mas passam facilmente por materiais de baixa densidade, como a pele e os tecidos. Por fim, apresentei a radiação gama, que é a mesma radiação que supostamente concedeu os poderes ao incrível Hulk, um super-herói dos quadrinhos no universo Marvel. Expliquei a frequência e o comprimento de onda das ondas gama, comparando-os ao tamanho de um núcleo

atômico. Salientei que essa é uma das formas mais perigosas de radiação que conhecemos. Apesar de ser extremamente perigosa, quando utilizada de forma controlada, a radiação gama é muito empregada na medicina nuclear para descontaminação e tratamento de cânceres e tumores.

Em seguida, informei aos alunos que estava encerrando a explicação por ali e que retomariamos na próxima aula. Encerrei a aula às 18h.

## 4.4 AULA 4

### 4.4.1 PLANO DE AULA 4 – Prática e Encerramento

**Data:** 22/08/2023 e 25/08/2023

**Duração:** 2 horas-aula

**Tópicos:**

- Características das ondas em uma situação suposta como real;

**Objetivos docentes:**

- Ver em situações reais as principais características das ondas, tal como amplitude, frequência e período;
- Identificar as características das ondas presentes no movimento de pular corda.
- Realizar uma prática experimental para medir e calcular a frequência e o período dos saltos dos estudantes.

**Procedimentos:**

#### Atividade Inicial (~ 10 minutos)

Iniciarei realizando a chamada e perguntando se restaram quaisquer dúvidas ou questões da última aula. Caso não haja colocações, farei uma breve revisão dos conceitos aprendidos, ressaltando as características comuns a todas as ondas, ou seja, amplitude, frequência, período e comprimento de onda.

#### Desenvolvimento (~ 70 minutos)

Nesta aula, trabalharemos os conceitos discutidos em uma prática experimental. Para isso, iniciarei apresentando a seguinte situação: Vocês farão parte de um campeonato de pular corda, portanto teremos atletas e juízes. Os atletas devem saber pular corda e o farão o mais rápido possível, por isso, os juízes serão responsáveis por realizar as medidas de frequência e período dos saltos. Feita a apresentação da prática, colocarei no quadro a seguinte tabela:

Participante	Saltos em 30 segundos	Período (s)	Frequência (Hz)

Cada coluna da tabela será explicada individualmente e exposta no quadro da seguinte forma:

1. O “participante” se trata do nome da pessoa que pulará;
2. “Saltos em 30 segundos” já sugere que o competidor deverá permanecer pulando durante o tempo determinado e, neste campo, deverá ser incluído o número de saltos realizados;
3. O “período” pode ser calculado a partir da equação  $T = 30/n$ , onde "n" representa o número de saltos registrado em "2";
4. A “frequência” dos saltos pode ser calculada por  $f = n/30$  ou por  $f = 1/T$ .

Na tabela, serão preenchidos os dados para cada participante, onde os saltadores deverão pular o máximo de vezes dentro de um tempo de 30 segundos. Em seguida, o juiz fará a contagem de saltos, o que permitirá realizar os cálculos de período e frequência. Para isso, serão distribuídas quatro cordas de 2 metros e os juízes poderão utilizar o próprio celular para cronometrar cada etapa e realizar os cálculos. Durante esta prática, circularéi entre os grupos para fazer o acompanhamento, garantindo que ninguém tenha dificuldade.

Com o término das medidas, cada grupo apontará o melhor competidor, ou seja, aquele que possui a maior frequência. Os quatro competidores selecionados deverão saltar novamente a fim de determinar aquele que salta mais rapidamente dentre os colegas.

#### Fechamento (~ 10 minutos)

Para finalizar a aula, anunciarei o estudante campeão do torneio de pular corda, entregando como prêmio uma barra de chocolate. Além disso, por se tratar da última aula, tenho a intenção de esclarecer quaisquer dúvidas ou outras curiosidades que tenham ficado do nosso tempo juntos.

Agradecerei a participação e colaboração de todos, presenteando-os com bombons e deixando claro que estarei à disposição caso tenham quaisquer problemas com física, pois para mim, uma vez professor, sempre professor.

#### **Recursos:**

- Quatro cordas de 2,5 m e uma de 8 m;
- Caneta e apagador para quadro branco;
- Celular com cronômetro e calculadora;
- Guia de atividade prática (Apêndice E)

**Avaliação:**

Para que a unidade seja alinhada às aulas do professor titular, a avaliação quantitativa exigida pela escola será realizada através da participação efetiva dos estudantes. Ou seja, aqueles que fizerem questionamentos, comentários, indagações, apresente hipóteses e semelhantes.

Já a avaliação da unidade será realizada a partir da devolução dos guias de prática devolvidos com as tabelas preenchidas.

**Observações:**

Devido aos atrasos ocasionados desde a segunda aula, para esta também foi necessário realizar uma reestruturação. Para isso, trabalhei com a turma 105 apenas a finalização da terceira aula, concluindo a problematização sobre o 5G e trazendo alguns problemas para usarmos os *clickers*. Já para a 106, necessitei voltar ainda mais, partindo da problematização sobre o 5G e apresentando todo o espectro eletromagnético até concluir a regência. Apesar disso, dado o teor da quarta aula, foi possível concluir a unidade sem pendências.

#### 4.4.2 RELATO DE REGÊNCIA

##### 4.4.2.1 Regência 4 - Turma 106

**Data:** 21/08/2023

**Horário:** das 14h45min às 16h30min (2 horas-aula)

**Turma:** 106

**Alunos(as) presentes:** 12, sendo sete meninos e cinco meninas

Novamente, cheguei à escola no primeiro período, mas não havia modificações nos horários para aquele dia. Dirigi-me para a sala e o professor titular já estava me esperando na porta. Entrei, desejando boa tarde a todos, e passei a organizar meus equipamentos. Neste dia, enquanto organizava os materiais, fiz o seguinte acordo: após o intervalo, aqueles que retornassem em até cinco minutos após o sinal ganhariam um pirulito. Fiz essa proposta porque, nas aulas anteriores,

era notável uma evasão ou grande atraso dos estudantes após o intervalo, fazendo com que chegassem quase no final da aula apenas para receber presença. Além disso, também como incentivo para retornarem, informei que no segundo período realizaríamos uma atividade prática no pátio, e que quem participasse concorreria a uma caixa de bombons. Quando informei isso, todos os alunos demonstraram ter se agradado da proposta e comemoraram os doces.

Com as informações dadas e os equipamentos instalados, informei que precisaríamos concluir o conteúdo pendente da aula anterior e logo poderíamos seguir para esta prática. Antes de começar, realizei uma breve revisão, aproveitando algumas imagens do próprio slide. Nestas imagens, pude revisar os conceitos de amplitude e comprimento de onda em um gráfico com dimensões de comprimento, e os conceitos de frequência e período em outro gráfico, com o eixo horizontal representando o tempo.

Após a revisão, passei para a problematização do dia, que envolvia a tecnologia 5G. Para isso, comentei que essa tecnologia foi apresentada ao mundo em 2018 e, desde então, surgiram diversas notícias apontando o 5G como algo nocivo à saúde das pessoas. Como exemplo, trouxe uma notícia que mostrava como as micro-ondas interagem com o cérebro de uma criança de cinco anos, outra de dez anos e um adulto sem idade informada. No entanto, a mesma notícia não traz informações sobre outros dados importantes, como a fonte e a intensidade das micro-ondas utilizadas nos testes. Com isso apresentado, fiz o seguinte questionamento: “*O sinal 5G faz mal para a saúde?*”

Para iniciar a discussão, apresentei o espectro eletromagnético completo, enfatizando que a finalidade desse espectro é servir como uma referência abrangente. Esse espectro ilustra as diversas configurações que as ondas eletromagnéticas podem assumir e lhes atribuí nomes distintos. Vou tentar ser sucinto ao descrever cada segmento do espectro nesta seção, mas caso o leitor tenha interesse em mais detalhes, pode encontrar informações adicionais no relato 6.

Percorri as três primeiras faixas do espectro, exibindo seus comprimentos de onda e frequências, sempre estabelecendo relações que permitissem aos leitores associar esses tamanhos, como comparar as ondas de rádio ao tamanho de edifícios, as micro-ondas ao tamanho de insetos e alguns animais, e o infravermelho ao tamanho da ponta de uma agulha. Além disso, apresentei algumas aplicações específicas para cada tipo de onda, ressaltando que essas ondas são predominantemente usadas para comunicação.

Ao abordar a faixa da luz visível, segui a mesma abordagem, expondo a frequência e o comprimento de onda, e esclarecendo que essa faixa engloba qualquer luz que nossos olhos possam perceber. Portanto, suas utilidades são limitadas principalmente à capacidade visual. Acrescentei também que essa luz possui dimensões semelhantes às de protozoários e algumas células.

Nas últimas três categorias de ondas, apresentei como sendo as mais perigosas devido aos seus comprimentos de onda com tamanhos na escala atômica. Em seguida, expliquei o ultravioleta como uma onda com tamanho próximo ao das moléculas, os raios-X com tamanho comparável ao dos átomos e os raios gama com dimensões próximas ao núcleo atômico. Como esses comprimentos de onda já estão na escala atômica, essas ondas são capazes de interagir com certas moléculas, tornando-as perigosas. Apesar disso, mencionei que suas aplicações são principalmente voltadas para a medicina, como radiografias, diagnósticos e tratamentos para o câncer, além de serem usadas em processos de descontaminação.

Após apresentar o espectro, levantei a seguinte pergunta: "*Mas afinal, radiação faz mal?*" e prontamente respondi: "*Depende!*". Iniciei a explicação destacando que todas as ondas eletromagnéticas são uma forma de radiação. Com essa questão, introduzi o conceito de radiação ionizante e não ionizante. Para isso, elucidei o significado da ionização, ilustrando com uma imagem uma partícula ionizante colidindo com um elétron em um átomo e removendo esse elétron. Em seguida, relacionei a ionização ao processo de retirar ou doar elétrons dos átomos por meio de reações químicas, como em uma pilha, ou por interações físicas, como abordarei a seguir.

No contexto da radiação não ionizante, expliquei que se tratam de ondas que não têm a capacidade de interagir com os átomos de maneira a realizar a ionização. Essas ondas não ionizantes incluem a luz visível, micro-ondas, infravermelho e ondas de rádio. Anteriormente, eu já havia mencionado que as micro-ondas interagem com as moléculas de água, fornecendo energia e aquecendo os alimentos, enfatizei, porém, que são incapazes de alterar a estrutura molecular, e por isso não são consideradas ionizantes.

Nas radiações ionizantes, que são as perigosas, expliquei que elas têm a capacidade de interagir com os átomos, transferindo energia e, como resultado, removendo elétrons. Essas radiações incluem o ultravioleta, os raios-X e os raios gama. Neste ponto, mencionei que a realização frequente de exames de raios-X pode ser arriscada. Também destaquei a profissão de técnico em radiologia, que oferece diversos benefícios, dado o caráter arriscado do trabalho, expondo os profissionais à radiação diariamente, e é por isso que esses profissionais trabalham em salas protegidas da radiação.

Então, expliquei a razão pela qual essa ionização é prejudicial, mostrando que a radiação ionizante pode afetar as pontes de hidrogênio presentes em nosso DNA, as quais mantêm a estrutura de dupla hélice. No entanto, ao quebrar essas pontes, o DNA pode se regenerar, mas nem sempre esse processo de regeneração ocorre de maneira adequada, resultando em danos que transformam as células em zumbis ou cancerosas. Essas células retêm a capacidade de realizar funções orgânicas, como reprodução, mas se tornam prejudiciais ao se transformarem em cânceres e tumores.

Finalmente, retomei a questão inicial: "*Afinal, o sinal 5G faz mal para a saúde?*", respondendo: "*Não!*". Expliquei que o 5G opera na frequência de 5 GHz e possui um comprimento de onda de 0,06 m, o que o classifica como uma micro-onda. Nesse sentido, o sinal é incapaz de interagir com as moléculas do corpo, não acarretando problemas de saúde para a população. Adicionei que a coincidência da frequência de 5 GHz no 5G não se aplica ao 4G e 3G, que operam em frequências da ordem de mega hertz.

Para concluir a aula, trouxe duas questões que usamos os *plickers*, então relembrei brevemente o procedimento de escolher uma alternativa e pensar em uma justificativa para convencer um colega. Segue o primeiro enunciado abaixo:

O tema “radiação” muitas vezes leva as pessoas a pensarem em aplicações destrutivas deste assunto, como bombas atômicas, usinas nucleares, cânceres e outros. Entretanto, não surge este tipo de pensamento quando se mencionam radiações específicas, como a luz visível. Por que a luz visível, que também é uma forma de radiação, não é tratada como algo perigoso?

- A) Porque a luz que estamos expostos é de baixa intensidade.
- B) Porque se trata de uma radiação pura.
- C) Porque se trata de uma radiação não-ionizante.
- D) Porque a luz é composta apenas de radiação beta.

Após a leitura do problema, assegurei que todos tinham compreendido a situação e dei o tempo necessário para que refletissem. Na primeira votação, as respostas se dividiram entre as alternativas A, B e C, então permiti que compartilhassem suas opiniões. Nessa turma, os estudantes preferiam expressar suas visões para toda a classe em vez de conversar entre si, evidenciando um alto nível de confiança. Assim que autorizei o diálogo, um aluno, que já havia demonstrado envolvimento anteriormente, sugeriu que a alternativa C era correta, pois a luz visível não era capaz de interagir com átomos. Ele ilustrou esse ponto afirmando que, se a luz visível pudesse interagir dessa forma, qualquer lanterna poderia causar câncer. Achei que esse raciocínio era interessante e solicitei a opinião de outros colegas sobre suas escolhas.

Outro aluno opinou que a alternativa A era a correta. Quando questionado sobre a razão, ele argumentou que se fossemos expostos a uma luz muito intensa, poderia ocorrer queimaduras. Ele fundamentou sua afirmação com um exemplo pessoal: um parente que trabalha com eventos mencionou que os canhões de luz utilizados aquecem consideravelmente quando permanecem ligados por um longo período. Indiquei que essa observação parecia interessante, mas não indiquei a alternativa correta. Concedi mais alguns segundos para que todos pudessem dialogar e, em seguida, conduzi outra votação.

Na segunda votação, a maioria das respostas se inclinou para a alternativa C, embora algumas ainda tenham escolhido a alternativa A. Expliquei que o argumento apresentado pelo colega era plausível: um canhão de luz pode emitir energia suficiente para aquecer materiais, mas essa luz não é ionizante, portanto não levaria a doenças como câncer ou tumores, mas poderia causar queimaduras de primeiro ou segundo grau. Expliquei ainda que a alternativa C estava correta, pois a luz visível não interage com moléculas, não causando danos ao DNA capazes de originar doenças. Com isso, passamos para o segundo problema:

A radiação UV, proveniente dos raios solares, é uma das principais causas de câncer de pele. Este câncer surge porque \_\_\_\_\_ .

- A) Os raios UV esquentam o DNA, ferindo as células.
- B) Os humanos são alérgicos a radiação UV.
- C) Ocorre a quebra do DNA, tornando em células zumbis.
- D) Os raios UV destroem o DNA.

Novamente, expliquei o problema garantindo que todos haviam entendido. Dei alguns minutos e realizei a primeira votação; no entanto, apenas uma pessoa marcou a alternativa D, enquanto os demais escolheram a alternativa C, que era a correta. Devido a isso, passei diretamente para a explicação da resposta correta, enfatizando que os raios UV são um tipo de radiação ionizante e, por isso, capazes de afetar o DNA, embora não o destruam completamente. Acrescentei que, se o DNA fosse destruído, a célula não sobreviveria, mas esse não é o caso, visto que as células se tornam cancerosas. Neste ponto, a palavra "zumbi" provavelmente tornou a relação com a resposta correta mais clara, sugerindo que a formulação da questão pode não ter sido completamente eficaz. Faltavam cerca de três minutos para o intervalo, então lembrei aos alunos que quem retornasse até cinco minutos após o sinal receberia um pirulito.

Após o intervalo, recolhi as listas de exercícios da segunda e terceira aulas e distribuí instruções para a atividade prática que faríamos. Essa prática consistia em um torneio de pular corda, onde o atleta campeão ganharia uma caixa de bombons. Sugeri que formassem grupos pequenos e escolhessem um membro para ser o atleta e outro para ser o juiz. Expliquei que os atletas teriam 30 segundos para saltar o máximo de vezes possível, enquanto os juízes cronometrariam o tempo e auxiliariam na contagem de pulos, por isso foi sugerido que os grupos tivessem três membros. Como havia quatro grupos, esclareci quaisquer dúvidas antes de nos dirigirmos para a quadra.

Chegando ao local, distribuí cordas de 2,5 metros para cada grupo, mas percebi que alguns estavam tendo dificuldades, pois a corda era curta. Sugeri então que utilizássemos outra corda, com oito metros de comprimento. Nesse caso, duas pessoas girariam a corda, enquanto outra pessoa saltaria no centro. Dois grupos se juntaram para usar a corda mais longa, e eu ajudei a contar e cronometrar. Outros dois grupos conseguiram usar as cordas menores e fazer a contagem sozinhos.

No final, pedi que calculassem as frequências de cada atleta e me entregassem para que eu pudesse anunciar os vencedores. O primeiro lugar alcançou uma frequência de 2,03 Hz, pulando 61 vezes em 30 segundos; o segundo lugar atingiu 2 Hz, com 60 pulos; e o terceiro lugar obteve 1,53 Hz, com 45 pulos no mesmo período. Premiei o primeiro lugar com a caixa de bombons e o segundo e terceiro lugares com pirulitos adicionais.

Ao final da aula, por ser a minha última vez, agradei a todos pela receptividade e reforcei que "*uma vez professor, sempre professor*", estando disponível para eles sempre que tivessem dúvidas de física. Concluí a aula por volta das 16h25min.

Nesta aula pudemos revisitar as características das ondas a fim de concluir a unidade se apropriando de tais conceitos. Durante o momento expositivo, a turma se mostrou ativa e buscava compreender os problemas passados a todo momento, apresentando suas visões e interpretações do que era peço. Além disso, foi possível conferir que muitos dos estudantes que participavam ativamente demonstraram ter compreendido a maioria dos tópicos trabalhados, já que se posicionaram e davam suas colocações a todo momento.

Além da parte expositiva, o momento prático revelou que não houve dificuldade com os conceitos que eram peços, ou seja, a frequência e período. Afirmo isso pelo motivo de que todos foram capazes de calcular os valores peços pela “comissão organizadora”, ou seja, eu mesmo. Ainda, a prática se mostrou afetiva para que todos participassem, incluindo mesmo aqueles que não quiseram realizar o exercício físico através do auxílio com a corda e com a contagem de saltos e controle do tempo.

Por fim, acredito ter concluído a unidade didática com êxito e resultados satisfatórios, conseguindo concluir todos os objetivos propostos nos planos de ensino.

#### **4.4.2.2 Regência 4 - Turma 105**

**Data:** 25/08/2023

**Horário:** das 13h15min às 14h45min (2 horas-aula)

**Turma:** 105

**Alunos(as) presentes:** oito, sendo três meninos e cinco meninas

Como de costume, cheguei à escola para o primeiro período. Logo na entrada, encontrei a diretora, que me informou que os períodos seriam antecipados, então a turma 105 teria apenas os dois primeiros períodos comigo e, após a aula, eles estariam liberados. Cheguei junto do sinal e fui direto para a sala de aula, onde entrei saudando a todos com um "*boa tarde*". O professor titular veio ao meu encontro na sala e perguntou se eu precisaria de algo, pois estaria em outra turma substituindo outro professor. Disse que estava tudo certo e que levaria a chamada para ele ao final da aula. Em seguida, organizei meus equipamentos.

Enquanto me organizava, um dos estudantes verificou se eu havia trazido pirulitos e bombons para a turma, pois havia ficado sabendo da prática na turma 106. Tranquilinei-o, dizendo que sim, e que concluiríamos a matéria antes de irmos para o pátio realizar a prática. Esse aluno, em tom de brincadeira, disse que eu já poderia dar a caixa de bombons para ele, pois certamente seria o campeão. Respondi que, nesse caso, não haveria problema em aguardar para ver o resultado.

Enquanto terminava de preparar o projetor e o *notebook*, dois alunos da outra turma perguntaram se poderiam assistir à minha aula novamente, já que estariam sem professor naquele período. Senti-me lisonjeado com o pedido e confirmei com o professor titular se poderia permitir. Ele autorizou, então deixei que assistissem à aula. Vale ressaltar que havia se passado alguns minutos desde o sinal e minha chegada à sala de aula. Contando o tempo de organização e a conferência com o professor sobre os estudantes poderem ficar na minha aula, já tínhamos perdido cerca de 20 minutos.

Comecei realizando a revisão dos conceitos gerais de amplitude, comprimento de onda, frequência e período da mesma maneira que já fiz em outras aulas. Com isso, percorri os slides da aula três, pedindo auxílio para lembrar onde havíamos parado. Apesar de já termos visto os tipos de ondas eletromagnéticas, decidi revisá-los também, uma vez que não tínhamos concluído a segunda problematização da aula anterior. Passei então pelo espectro eletromagnético até chegar à pergunta: "*Afinal, a radiação faz mal?*", para a qual já possuía a resposta: "Depende!".

Com essa nova pergunta, introduzi a existência de dois tipos de radiação: a ionizante e a não-ionizante. Como substituí o termo "*onda*" por "*radiação*", expliquei que todas as ondas eletromagnéticas constituem um tipo de radiação. Por isso, optei por usar esse termo mais comum para citar os diversos tipos de ondas possíveis. Antes de aprofundar esse tópico, apresentei o significado de ionização. Para isso, utilizei uma imagem que mostrava um átomo e uma partícula ionizante colidindo com um dos elétrons desse átomo, resultando na ejeção do elétron de sua órbita, tornando-o livre. Expliquei que o processo de arrancar ou fornecer elétrons a um átomo ou molécula é chamado ionização, e que esse fenômeno é mais comum na química quando se trabalha com cátions e ânions.

Após esclarecer a ionização, abordei a radiação não-ionizante, explicando que esse tipo de onda não é capaz de interagir com os átomos e moléculas a ponto de ionizá-los. Alguns exemplos desse tipo de radiação são: a luz visível, as micro-ondas, o infravermelho e as ondas de rádio. Acrescentei que, no caso das micro-ondas, para aquecer os alimentos, elas precisam interagir com as moléculas de água, aumentando a temperatura. No entanto, essa interação não é suficiente para arrancar elétrons das moléculas, caracterizando-a como uma forma de radiação não-ionizante.

Em seguida, abordei a radiação ionizante, destacando que o ultravioleta, os raios-X e os raios gama são os mais perigosos, pois têm a capacidade de alterar a estrutura dos átomos e moléculas. Isso se torna possível devido ao comprimento de onda dessas radiações, que é próximo ao tamanho de moléculas, átomos e do núcleo atômico. Expliquei que essa propriedade é nociva para a saúde, pois essas radiações interagem com as ligações presentes em nosso DNA. A radiação ionizante pode romper as pontes de hidrogênio no nosso material genético. Embora o DNA consiga reestruturar-se após essa quebra, nem sempre ele retorna à sua configuração original, o que pode resultar em mutações. Essas alterações no DNA podem levar as células a se tornarem cancerosas. Embora elas ainda possam executar suas funções orgânicas, como a reprodução, perdem sua capacidade de beneficiar o corpo, potencialmente desenvolvendo câncer e tumores.

Finalizando, retomei a pergunta feita na aula anterior: "*O sinal 5G faz mal para a saúde?*" e respondi: "*Não!*". Para justificar essa resposta, apresentei as características do 5G, destacando sua frequência de 5 GHz e seu comprimento de onda de 0,06 m, ou seja, 6 cm. Com base nisso, podemos afirmar que o 5G é uma micro-onda e, portanto, não é capaz de interagir com as moléculas do nosso corpo. Prosseguimos com algumas questões adicionais usando os *Plickers*. A primeira questão aplicada é a seguinte:

A radiação UV, proveniente dos raios solares, é uma das principais causas de câncer de pele. Este câncer surge porque \_\_\_\_\_ .

- A) Os raios UV esquentam o DNA, ferindo as células.
- B) Os humanos são alérgicos a radiação UV.
- C) Ocorre a quebra do DNA, tornando em células zumbis.
- D) Os raios UV destroem o DNA.

Como de praxe, li o enunciado da questão, buscando garantir que não surgissem dúvidas, e dei o tempo necessário para que refletissem e buscassem argumentos. Na primeira votação, as respostas se concentraram nas opções C e D. Abri espaço para discussões, incentivando especialmente aqueles que estavam mais isolados nos cantos. No entanto, com a baixa quantidade de estudantes, tornou-se ainda mais desafiador fomentar o engajamento entre eles. Durante a

segunda votação, apenas um estudante mudou sua resposta para a alternativa correta. Nesse momento, perguntei se alguém gostaria de defender sua resposta. Um estudante da outra turma se prontificou a explicar que, tal como eu havia mencionado, esse tipo de radiação é capaz de danificar o DNA, transformando-o em algo semelhante a um "zumbi". Comentei que essa linha de raciocínio parecia interessante, mas não revelei qual alternativa estava correta, aguardando para ver se mais alguém desejava acrescentar algo. Infelizmente, não houve outros voluntários.

Expliquei a questão, abordando cada alternativa e identificando a alternativa C como a correta. No caso da alternativa A, expliquei que, embora ao tomar banho de sol nossa pele realmente aqueça, esse aquecimento é causado não apenas pelo ultravioleta, mas também pela intensidade luminosa e pela soma de outras ondas do espectro eletromagnético que se misturam. Em relação à alternativa B, mencionei a existência de uma condição extremamente rara chamada hipersensibilidade eletromagnética. No entanto, visto que são poucos os casos conhecidos, não podemos generalizar tal sensibilidade para a população em geral. Quanto à alternativa D, ressalttei que a destruição do DNA levaria à morte celular, impossibilitando a ocorrência de mutações que poderiam resultar em células cancerosas. A segunda questão apresentada é a seguinte:

O tema "radiação" muitas vezes leva as pessoas a pensarem em aplicações destrutivas deste assunto, como bombas atômicas, usinas nucleares, cânceres e outros. Entretanto, não surge este tipo de pensamento quando se mencionam radiações específicas, como a luz visível. Por que a luz visível, que também é uma forma de radiação, não é tratada como algo perigoso?

- A) Porque a luz que estamos expostos é de baixa intensidade.
- B) Porque se trata de uma radiação pura.
- C) Porque se trata de uma radiação não-ionizante.
- D) Porque a luz é composta apenas de radiação beta.

Realizei a leitura e a explicação, proporcionando o tempo necessário para compreensão. Na primeira votação, as respostas foram distribuídas entre as alternativas A, B e C, então permiti que interagissem. Durante as discussões, foquei especialmente nos estudantes que estavam mais isolados, começando por uma aluna que estava sentada sozinha. Perguntei qual alternativa ela havia escolhido e, em seguida, sugeri que interagisse com os colegas da outra turma. Ao perceberem minha tentativa de engajamento, os alunos da outra turma apresentaram suas perspectivas à aluna isolada, resultando em um breve diálogo. Embora todos já concordassem com a alternativa C, estavam buscando uma maneira mais sólida de justificar sua escolha. Após isso, conduzi a segunda votação, e houve uma mudança significativa, com a maioria selecionando a alternativa C. Perguntei se alguém gostaria de fundamentar suas respostas, mas a única resposta que obtive foi: "Ah,

*professor; o senhor estava falando daquela radiação ionizante e não-ionizante, então escolhi a C que fala sobre isso*". Essa resposta sugere que o problema poderia não estar totalmente claro, uma vez que a resposta correta foi identificada por meio da busca de palavras-chave, dificultando a avaliação do entendimento conceitual. Respondi a essa aluna que, embora não fosse uma justificativa ideal do ponto de vista físico, seu raciocínio era plausível.

Para concluir esta etapa, repassei todas as alternativas para reforçar os conceitos. Quanto à alternativa A, expliquei que poderíamos criar ou adquirir uma lanterna com uma intensidade tão alta que pudesse queimar a pele, mas isso seria extremamente difícil, portanto, não seria uma resposta adequada. Em relação à alternativa B, destaquei que não tínhamos discutido a pureza da radiação e mencionei que em exames como o raio-X, a radiação emitida é filtrada para minimizar os efeitos colaterais. Esse processo, no entanto, diz respeito a eliminar outros tipos de radiação, não ao raio-X propriamente dito, portanto, não se aplicaria à luz visível. Sobre a alternativa D, mencionei que não havíamos abordado esse tipo de radiação e expliquei que as partículas betas são elétrons emitidos por certos núcleos atômicos radioativos.

Nesse momento, o primeiro sinal já havia tocado e tínhamos cerca de 30 minutos para a prática. Perguntei se havia alguma dúvida em relação às aulas de forma geral e comecei a guardar meus materiais. Também questionei se alguém mais precisaria me entregar as listas de exercícios, porém, dos oito presentes, apenas três entregaram. Enquanto me organizava, comecei a explicar o funcionamento do torneio de pular corda. Nesse torneio, teríamos juízes e atletas, com os juízes sendo responsáveis por cronometrar 30 segundos e contar o número de saltos dos atletas. Sugeri que formassem trios e expliquei que a comissão organizadora do torneio, ou seja, eu, exigia que os resultados fossem apresentados em termos de frequência, indicando quantos saltos cada atleta realizou por segundo.

Após concluir a explicação, perguntei quem estaria interessado em concorrer a uma caixa de bombons e participar como atleta. No entanto, muitos estavam vestidos de maneira inadequada para uma atividade esportiva, o que levou a apenas dois interessados inicialmente. Posteriormente, nos dirigimos à quadra e distribuí as cordas. Devido ao número reduzido de voluntários, sugeri que utilizássemos uma corda mais longa. Dessa forma, duas pessoas girariam a corda em movimento circular enquanto o atleta pularia no meio, tendo a opção de pedir para aumentar ou diminuir a velocidade. Isso permitiria envolver mais pessoas, considerando que muitos não teriam condições de participar diretamente.

Os dois atletas que se dispuseram a participar competiram entre si, fazendo diversas tentativas e superando constantemente seus próprios recordes. Observando isso, outra aluna e os dois estudantes da outra turma também demonstraram interesse em participar. Ao término da

prática, o primeiro colocado alcançou uma frequência de 2,06 Hz, conquistando a caixa de bombons. A segunda colocada atingiu uma frequência de 1,6 Hz e o terceiro colocado registrou 1,45 Hz. Ambos ganharam cinco pirulitos como prêmio, enquanto os demais estudantes receberam um pirulito em reconhecimento à participação.

À medida que o período se aproximava do fim, agradei a todos pela receptividade e informei que estaria à disposição para responder a dúvidas sobre física ou temas da cultura popular, disponibilizando meu contato para eventuais consultas. Despedi-me e encerrei a aula, liberando a turma às 14h40min.

As aulas com esta turma costumam ser um pouco menos movimentadas quando comparada a turma 106. Associo o motivo disso ao fato da aula ocorrer nas sextas-feiras nos últimos períodos, quando os estudantes estão exaustos de uma semana de trabalho e estudos e desejam apenas as suas camas e um final de semana proveitoso. Apesar disso, os estudantes demonstraram interesse e participação durante a maior parte da aula, apresentando suas dúvidas, colocações e argumentos para os problemas propostos. Isso traz sentido à unidade e corrobora com os resultados esperados da metodologia aplicada, mesmo considerando o baixo número de participantes.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo dar encerramento ao curso de Licenciatura em Física. Para isso, é proposto a realização de um estágio obrigatório e monitorado a fim de dar a experiência da docência aos concluintes do curso. Apesar disso, somos confrontados com situações atípicas a todo instante, das quais nunca haverá formação completa suficiente para saná-las.

Ao longo do estágio, participei do dia a dia de uma escola da rede estadual de ensino. Nesta escola, pude observar as dificuldades que professores e servidores passam todos os dias, tanto com infraestrutura quanto com a população no geral, que é muito afetada pelas desigualdades do país. Ao longo das observações, pude constatar que as aulas são predominantemente tradicionais e fazem uso de situações que tangenciam o cotidiano, mas muitas vezes já são situações muito idealizadas e inexistentes na realidade do estudante. Pensando nisso, foi possível desenvolver uma sequência de aulas sobre ondas que envolveu situações contextualizadas e que, mesmo algumas não fazendo parte do cotidiano direto dos estudantes, geravam a curiosidade e a vontade de compreender os fenômenos físicos.

Para isso, foi utilizado o método *Peer Instruction*, que em conjunto dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, desenvolve não apenas o conhecimento, mas o

engajamento dos estudantes. Então, o presente trabalho objetificou a compreensão dos conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência e período, dos quais foram amplamente trabalhados ao longo das quatro aulas. Ao final, com a análise das regências e com as listas de exercícios entregues, é possível afirmar que houve um entendimento satisfatório de tais conceitos, visto que os estudantes foram capazes de resolver exercícios conceituais e matemáticos, do tipo que é comumente cobrado em vestibulares. Além disso, o uso dos *plickers* possibilitou uma avaliação imediata, onde, na maioria das vezes, os estudantes eram capazes de dialogar e compreender, através de seus colegas, os conceitos que desenvolvemos.

O método utilizado nas aulas se mostrou satisfatório, visto que o engajamento dos estudantes melhorou da primeira para a última aula. Nesse método, os estudantes deveriam buscar por argumentos para responder aos problemas propostos, então acredita-se que possa ter ocorrido um desenvolvimento na criticidade e na promoção do diálogo. Apesar disso, não é possível afirmar tal constatação por dois motivos: i) fora a análise dos discursos em aula, não foi desenvolvido nenhum método de avaliação que corrobore com isso e; ii) o método foi aplicado durante quatro aulas, então mesmo que seja esperado, não é provável que tal benefício tenha sido efetivado em tão pouco tempo.

Além disso, ao longo da regência foram experienciadas algumas situações de cunho comportamental, onde a formação em física se mostra mais carente. Exemplo disso são casos de desentendimentos entre os alunos, rebeldia e resistência às aulas, desmotivação proveniente de anos de ensino sem significado e, em caso mais amplo, uma cultura de aversão à escola e exaltação do crime de diversas formas. Apesar disso, a experiência que o estágio me proporcionou foi enriquecedora, já que, como formando, entrarei neste mercado cheio de desafios e recompensas. Assim, espero ser tão grande professor, quanto aqueles que me fizeram professor.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis. v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helle. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, David Paul. **Algumas limitações psicológicas e educacionais da aprendizagem por descoberta.** In: NELSON, L. N. O ensino: textos escolhidos. Trad. de Joshua de Bragança Soares. São Paulo: Saraiva, 1980.

GOMES, Érica Cupertino; FRANCO, Xaieny Luiza de Souza Oliveira; ROCHA, Alexsandro Silvestre. **Uso de Simuladores para Potencializa a Aprendizagem no Ensino de Física. Associação Brasileira de Editores Científicos.** Araguaína – TO. 2020.

MOREIRA, Marco Antonio; MISINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel 2º ED.** Centauro. 2001.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente.** Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learnig Review. V1(3). pp. 22-46, 2011.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa de; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física.** Física na Escola. São Paulo. Vol. 14, n. 2, p. 4-13, 2016.

SANTOS, Diego Marlon. **Um Levantamento Bibliográfico sobre os Conceitos e Estratégias Promotoras de Pensamento Crítico no Ensino de Ciências.** Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – ReLAPEQ. v. 5, n. 2, p. 100-117. 2021.

SILVA, Isadora Santos. **Ensino de Óptica em uma Perspectiva Ausubeliana: Uma experiência didática no Colégio de Aplicação da UFRGS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2019.

SILVA, Sani de Carvalho Rutz; SCHIRLO, Ana Cristina. **Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social.** Imagens da Educação, v.4, n. 1, p. 36-42, 2014.

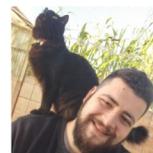
## APÊNDICE A – Apresentação inicial

### Como serão nossas aulas?

Prof. Leonardo Vanin

#### Sobre mim

- Curso licenciatura em física na UFRGS;
- Toco violão, guitarra e baixo
  - Spotify: Teoria das Cordas
- Jogos:
  - Far Cry (3 a 6);
  - Hogwarts Legacy;
  - Fallout (3, Las Vegas e 4);
- GATOS!



#### De acordo com vocês

Física ...

- faz parte do dia-a-dia.
- alguns cálculos são legais.

Mas...

- é complicado.
- tem muito cálculo.
- é desinteressante.

PODEMOS  
MUDAR ISSO!  
(OU TENTAR...)



#### Você vê alguma utilidade em aprender física?



#### 5 motivos para estudar física

- Onipresente na vida humana;
- Matéria de vestibular;
- Entender o Universo;
- Pensamento crítico;
- Raciocínio lógico;

5 motivos para estudar física

- Onipresente na vida humana;
- Matéria de vestibular;
- Entender o Universo;
- Pensamento crítico;
- Raciocínio lógico;



5 motivos para estudar física

- Onipresente na vida humana;
- **Matéria de vestibular;**
- Entender o Universo;
- Pensamento crítico;
- Raciocínio lógico;



5 motivos para estudar física

- Onipresente na vida humana;
- Matéria de vestibular;
- **Entender o Universo;**
- Pensamento crítico;
- Raciocínio lógico;



5 motivos para estudar física

- Onipresente na vida humana;
- Matéria de vestibular;
- Entender o Universo;
- **Pensamento crítico;**
- Raciocínio lógico;

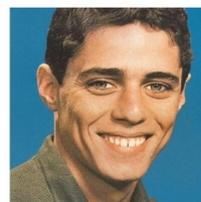


5 motivos para estudar física

- Onipresente na vida humana;
- Matéria de vestibular;
- Entender o Universo;
- Pensamento crítico;
- **Raciocínio lógico;**



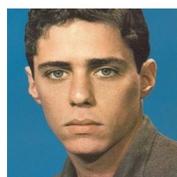
Como acontecerão nossas aulas?



SEM CÁLCULOS!!!

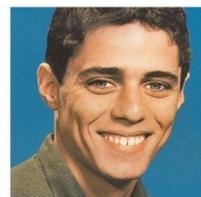
Como acontecerão nossas aulas?

SEM CÁLCULOS!!!  
(mas um pouquinho sim)



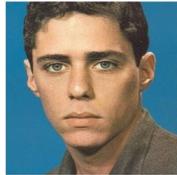
Como acontecerão nossas aulas?

CONCEITUAL  
!!!



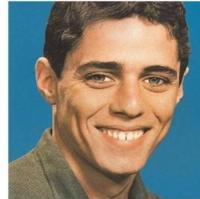
Como acontecerão nossas aulas?

PROBLEMAS!



Como acontecerão nossas aulas?

PRÁTICAS  
E  
DEMONSTRAÇÕES  
!!!

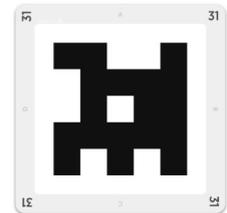


Como acontecerão nossas aulas?

- Serão 4 aulas:
  - Aula 1 - Introdução (hoje né kk)
  - Aula 2 - Ondas Mecânicas
  - Aula 3 - Ondas Eletromagnéticas
  - Aula 4 - Aula prática

Peer Instruction

- Metodologia de ensino baseada no diálogo;



Avaliação

Ondas e Alienígenas  
(???)

Prof. Leonardo Vanin

O que vamos aprender?

ONDAS!



Ondas!



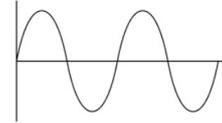
## Demonstração e simulação :)

[https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_all.htm](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_all.htm)

[?locale=pt\\_BR](#)

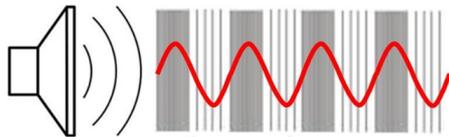
### Representação de uma onda

- Todas as ondas podem ser representadas por um gráfico;
- Cada eixo relaciona uma grandeza como:
  - intensidade;
  - tempo;
  - amplitude;
  - pressão;
  - posição.



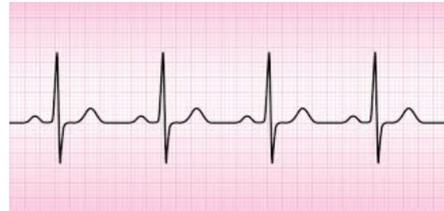
### Representação de uma onda

- Exemplo 1 - Som



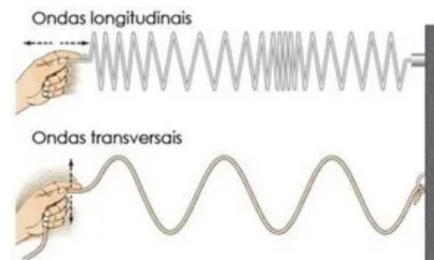
### Representação de uma onda

- Exemplo 2 - Eletrocardiograma



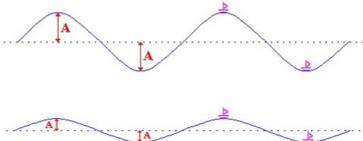
## CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

### Longitudinal x Transversal



### Amplitude

- “É o deslocamento máximo de um ponto em relação à sua posição de equilíbrio”
- Está diretamente relacionada com a intensidade da onda;



### Comprimento de Onda

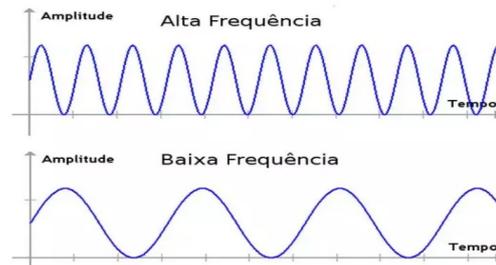
- É a distância entre duas repetições da onda;
- Normalmente é visto entre duas cristas e dois vales;



## Frequência

- Número de repetições por tempo;
- Exemplos:
  - Quantas refeições você faz por dia?
  - Quantos banhos por semana?

## Frequência



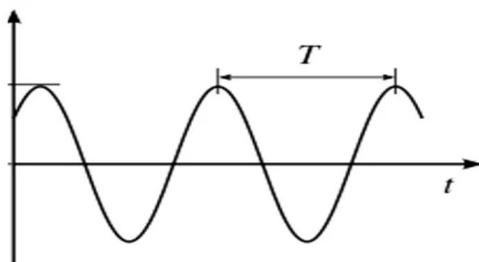
## Frequência

- Unidades usadas:
  - Hertz (Hz): quando tratar de repetições por **segundo**
  - RPS: Rotações Por Segundo
  - RPM: Rotações Por Minuto

## Período

- Tempo por repetições;
- Exemplos:
  - Período na escola: 45 minutos;
  - Período de férias: 1 semana e meia;
  - Período menstrual: de 3 a 7 dias;

## Período



## FREQUÊNCIA x PERÍODO

- Um é o inverso do outro!

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad T = \frac{1}{f}$$

## Velocidade das Ondas

- É a distância que a onda percorre a cada unidade de tempo.

$$v = \frac{D}{t} \quad \longrightarrow \quad v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

Voltando para as perguntas...

Como meu celular sabe quando recebi mensagem e que mensagem é essa?

Exemplificando

D-J-D-C-H-T-Y-J-N-B-D-E-U-J-V-T

### Wi-Fi

- Atualmente é usado um protocolo 802.11 ax que permite uma comunicação na frequência de 20 MHz (20.000.000 Hz);
- Ambos aparelhos (roteador e celular) precisam estar na mesma frequência;
- Com os aparelhos em sincronia é possível captar e emitir informação;
- **FREQUÊNCIA SINCRONIZADA!**

Por que o sinal WoW é tão especial?

### Sinal WoW!

- **Amplitude muito intensa!**
- Captamos por 72 segundos por motivos de infraestrutura, mas pode ter durado mais tempo;
- Amplitude Modulada é um método de transmissão de informações a longas distâncias;



### Sinal WoW!

- **Frequência muito específica;**
- O sinal foi captado na frequência de 1420,3556 MHz;
- É a mesma frequência emitida pelo átomo de hidrogênio;



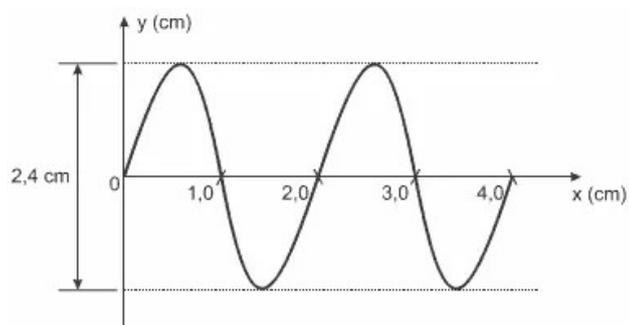
Por hoje é isso!  
:)

## APÊNDICE B – Lista de Exercícios da Aula 1

### Lista de Exercícios da Aula 1 - Características gerais das Ondas

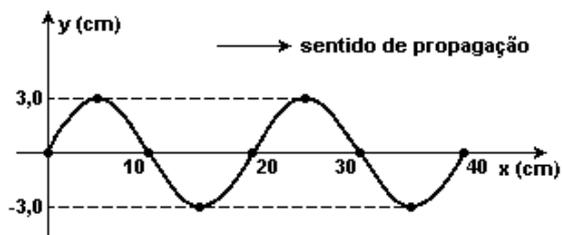
#### Questão 1)

Qual o comprimento de onda e a amplitude da onda descrita pelo gráfico abaixo? Comente como chegou nesta solução.



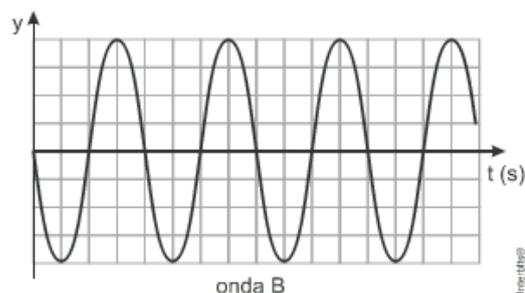
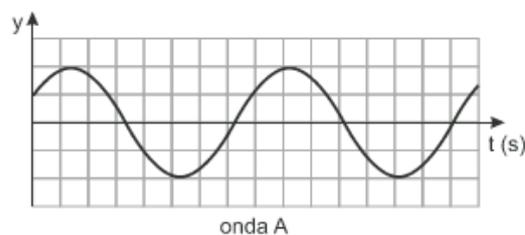
#### Questão 2)

Qual o comprimento de onda e a amplitude da onda descrita pelo gráfico abaixo? Comente como chegou nesta solução.



#### Questão 3)

Das ondas abaixo, qual possui maior frequência e amplitude? E qual possui maior comprimento de onda? Comente como chegou nesta solução.



#### Questão 4)

Houve algum momento da aula que você teve maior dificuldade? Em caso afirmativo, comente. Em caso negativo, qual o ponto que lhe despertou maior interesse?

## APÊNDICE C – Lista de Exercícios da Aula 2

### Questão 1)

Um grupo de estudantes está realizando um experimento para investigar a relação entre a amplitude de uma onda sonora e o volume percebido. Eles ajustam a amplitude de um som emitido por um alto-falante e medem a intensidade sonora em diferentes distâncias do alto-falante.

Com base no experimento realizado pelos estudantes, qual das alternativas abaixo melhor descreve a relação entre a amplitude da onda sonora e o volume percebido?

- A) Quanto maior a amplitude da onda sonora, menor será o volume percebido.
- B) Quanto maior a amplitude da onda sonora, maior será o volume percebido.
- C) A amplitude da onda sonora não tem influência no volume percebido.
- D) O volume percebido depende apenas da frequência da onda sonora, não da amplitude.

### Questão 2)

Você e seus amigos estão acampando em uma floresta durante o fim de semana. À noite, enquanto conversam ao redor da fogueira, vocês começam a ouvir alguns sons misteriosos que ecoam pela floresta. Curiosos, vocês decidem investigar a origem dos sons. Ao se aproximarem de uma clareira, vocês percebem que os sons estão vindo de um pássaro cantando em uma árvore próxima. Intrigados, vocês começam a discutir sobre o que torna o canto desse pássaro tão especial e diferente dos outros que já ouviram.

O que pode influenciar a percepção do canto do pássaro pelos campistas em relação à intensidade sonora e ao espectro audível?

- A) A distância entre o pássaro e os campistas pode influenciar na intensidade sonora do canto percebido.

B) O tipo de árvore em que o pássaro está posado pode influenciar nas frequências do espectro audível do canto.

C) O canto do pássaro é sempre percebido com a mesma intensidade sonora, independentemente das condições.

D) A percepção do canto do pássaro não é afetada pela intensidade sonora nem pelo espectro audível.

### Questão 3)

Você está em um parque observando um grupo de crianças brincando e correndo em uma área aberta. De repente, você nota que uma das crianças começa a tocar uma flauta doce próxima a um lago. Você percebe que o som da flauta parece diferente quando está mais próximo da criança tocando e quando está mais distante.

Qual característica relacionada a intensidade das ondas sonoras pode explicar a diferença no som da flauta doce percebida quando está próxima da criança e quando está mais distante?

- A) A velocidade do som é maior quando a flauta está próxima, resultando em uma maior amplitude das ondas sonoras.
- B) A amplitude das ondas sonoras é maior quando a flauta está próxima, resultando em um som mais intenso.
- C) A frequência das ondas sonoras é maior quando a flauta está próxima, resultando em um som mais agudo.
- D) A intensidade sonora do som da flauta é constante, independentemente da distância da criança tocando.

### Questão 4)

Houve algum momento da aula que você teve maior dificuldade? Em caso afirmativo, comente. Em caso negativo, qual o ponto que lhe despertou maior interesse?

## APÊNDICE D – Lista de Exercícios da Aula 3

### Lista de Exercícios da Aula 3 – Ondas Eletromagnéticas

#### Questão 1)

A banda britânica Arctic Monkeys teve seu sucesso intensificado no lançamento de seu álbum intitulado AM (referenciando o nome da banda). A capa deste álbum retrata uma onda eletromagnética modelada, veja a figura abaixo.

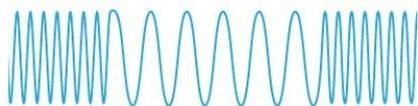


Baseado na capa do álbum, que tipo de modelagem foi feita nesta onda?

- A) Modelagem na amplitude;
- B) Modelagem na frequência;
- C) Modelagem no comprimento de onda;
- D) Modelagem na velocidade;

#### Questão 2)

Baseado no sinal representado no gráfico abaixo, aponte se este é um sinal AM ou FM, comentando como chegou nesta resposta.



#### Questão 3)

O que a frequência das ondas eletromagnéticas utilizadas pelo Wi-Fi representa em relação à transmissão de dados?

- A) A frequência das ondas indica a quantidade de dados que podem ser transmitidos a cada segundo.
- B) A frequência das ondas indica a velocidade com que os dados são transmitidos de um dispositivo para outro.
- C) A frequência das ondas indica a distância máxima que os dados podem percorrer durante a transmissão.
- D) A frequência das ondas indica o número de vezes que os dados são transmitidos em um intervalo específico de tempo.

#### Questão 5)

Quais são as principais diferenças entre as ondas AM e FM?

- A) As ondas AM têm a amplitude variada para transmitir informações, enquanto as ondas FM têm a frequência variada.
- B) As ondas AM têm a frequência variada para transmitir informações, enquanto as ondas FM têm a amplitude variada.
- C) As ondas AM e FM são exatamente iguais, não apresentando diferenças entre si.
- D) As ondas AM e FM utilizam o mesmo tipo de modulação para transmitir informações.

#### Questão 4)

Houve algum momento da aula que você teve maior dificuldade? Em caso afirmativo, comente. Em caso negativo, qual o ponto que lhe despertou maior interesse?

## APÊNDICE E – Guia de atividade prática da Aula 4.

### Guia de Atividade da Aula 4 – Torneio de Pular Corda

#### INSTRUÇÕES

1. Separe os materiais:
  - Caneta ou lápis
  - Celular com cronômetro aberto;
  - Corda de 2 metros;
  - Tabela para anotar os dados;
2. Selecione quem será juiz(a) e quem será atleta (é importante que tenha ao menos um de cada);
3. Para o(a) juiz(a): Prepare o cronômetro de seu celular e ative-o anunciando para o(a) atleta, com o cronômetro acionado, conte quantos saltos foram dados.
4. Para o(a) atleta: se prepare, ao sinal do juiz você deverá pular o máximo de vezes que conseguir;
5. Cronometre 30 segundos ou, se preferir, defina um temporizador. Ao final deste tempo o(a) atleta pode parar de pular e o(a) juiz(a) deve anotar quantos saltos foram dados na tabela abaixo;
6. Feita a medida, troque de atleta e juiz e repita o procedimento até que todos os atletas tenham valores;
7. Cada atleta deverá pegar seu número de saltos e calcular o período e a frequência com as seguintes equações:
 
$$T = \frac{\Delta t}{n} = \frac{30 \text{ segundos}}{\text{número de saltos}} \qquad f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{\text{número de saltos}}{30 \text{ segundos}}$$
8. Caso o atleta perca o salto ou erre de alguma forma, o tempo não deve ser travado e este deverá continuar de onde parou.

Tabela: Valores de saltos, período e frequência para cada participante do torneio de pular cordas.

Participante	Número de saltos	Período (T)(s)	Frequência (f)(Hz)

## APÊNDICE F – Cronograma de Regência

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de Ensino
1	01/08/23 e 04/08/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da unidade didática</li> <li>• Conceitos da Ondulatória</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar os tópicos que serão trabalhados ao longo de toda a regência relacionando com os conteúdos já vistos, ressaltando suas aplicações e relevância;</li> <li>• Contextualizar com situações onde há um comportamento de repetição a partir de uma demonstração usando corda e outra utilizando mola;</li> <li>• Apresentar os conceitos de comprimento de onda, frequência, período e amplitude;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação do conceito a partir de demonstrações com corda e mola;</li> <li>• Exposição dialogada;</li> </ul>
2	08/08/23 e 11/08/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondas Mecânicas;</li> <li>• Ondas sonoras;</li> <li>• Relação entre as características gerais de uma onda e as ondas mecânicas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar os conceitos básicos das ondas mecânicas associando com as características gerais vistas na aula 1;</li> <li>• Relacionar os conceitos a partir de duas situações: a Lei do Silêncio para falar sobre a relação da amplitude com a intensidade e; a Baleia 52 para falar da relação entre a frequência e o espectro audível;</li> <li>• Aplicar o método <i>Peer Instruction</i> para estimular a argumentação e a interação entre os estudantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição dialogada;</li> <li>• Demonstrações sensoriais e uso de simulações;</li> <li>• Uso do método Instruções pelos Colegas;</li> </ul>
3	15/08/23 e 18/08/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondas eletromagnéticas;</li> <li>• Ondas de rádio AM e FM;</li> <li>• O perigo das ondas e o 5G;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar as características das ondas para as ondas eletromagnéticas;</li> <li>• Identificar as diferenças entre as ondas de rádio AM/FM como ondas analógicas e o Wi-Fi como onda digital;</li> <li>• Discutir o aspecto ionizante de algumas ondas eletromagnéticas a fim de mostrar que o 5G é seguro;</li> <li>• Aplicar o método <i>Peer Instruction</i> para estimular a argumentação e a interação entre os estudantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição dialogada;</li> <li>• Uso do método Instruções pelos Colegas;</li> </ul>
4	22/08/23 e 25/08/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características das ondas em uma situação suposta como real;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ver em situações reais as principais características das ondas, tal como amplitude, frequência e período;</li> <li>• Identificar as características das ondas presentes no movimento de pular corda.</li> <li>• Realizar uma prática experimental para medir e calcular a frequência e o período dos saltos dos estudantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prática experimental;</li> </ul>