

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Bruna Schons Ribeiro

UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE ONDULATÓRIA EM UMA TURMA DE ENSINO  
MÉDIO COM ENFOQUE NA PLURALIDADE METODOLÓGICA

Porto Alegre

2022

Bruna Schons Ribeiro

UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE ONDULATÓRIA EM UMA TURMA DE ENSINO  
MÉDIO COM ENFOQUE NA PLURALIDADE METODOLÓGICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Comissão de Graduação do Curso de Física –  
Licenciatura do Instituto de Física da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
como requisito parcial e obrigatório para  
obtenção do grau de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Ives Solano Araujo

Porto Alegre

2022

## AGRADECIMENTOS

Sem dúvida alguma, gostaria de começar agradecendo à minha mãe, Anésia, e ao meu pai, Jorge, por absolutamente tudo que sempre fizeram por mim durante toda a minha vida. Sei o quanto, inúmeras vezes, vocês deram mais do que vocês tinham para que eu e a Renata pudéssemos chegar onde estamos hoje. Espero que um dia eu possa retribuir tudo em dobro para vocês. Falando em Renata, minha irmã, eu agradeço pela parceria de vida que construímos. Hoje um pouco mais distantes, mas te digo com toda a segurança do mundo que eu não seria completa sem ti.

Gostaria de agradecer também aos professores que me orientaram durante minha trajetória na Licenciatura. Em primeiro lugar, gostaria de citar o professor Leonardo Albuquerque Heidemann, com quem tenho a honra de trabalhar no Núcleo de Estudos e Ações para a Persistência Estudantil, o NEAPE, e, que sorte a minha, vai continuar me orientando durante o Mestrado Acadêmico em Ensino de Física. Mais que isso, o Leo foi responsável por uma das experiências mais incríveis que vivi em toda a minha vida: o intercâmbio para a Espanha. Quando nem eu acreditava, ele confiou em mim e me deu de presente essa oportunidade. Eu sou extremamente grata por isso!

Em segundo lugar, cito o professor Dioni Paulo Pastorio, com o qual desenvolvi trabalhos sobre metodologias ativas de ensino durante quase todo o curso. Se hoje eu tenho um currículo Lattes que me enche de orgulho, isso se deve quase na totalidade aos incentivos do professor Dioni. Ele sempre me encorajou a escrever, mesmo que no fim o texto ficasse ruim e não desse em nada; hoje nós temos três artigos publicados em revistas e uma participação em evento da área de Ensino de Física.

O último professor que gostaria de citar é o professor Ives Solano Araujo. Eu não havia tido contato com o professor Ives até a disciplina de Estágio. Entretanto, considero que a sua contribuição para a minha formação foi tão relevante que era inevitável citá-lo aqui. O professor Ives é absolutamente incrível no seu trabalho de orientação de estágio; ele sempre tem sugestões a fazer para que o planejamento das aulas fique cada vez melhor; suas críticas são sempre construtivas, incentivando-nos a aperfeiçoar nossa prática. Chega a ser inacreditável que tantas boas ideias possam surgir quase que espontaneamente o tempo todo de um único ser humano.

Com certeza, a qualidade que eu julgo ter alcançado neste trabalho deve-se consideravelmente à orientação que eu tive a honra de receber do professor Ives.

Por fim, gostaria de deixar registrado minha gratidão à coordenadora pedagógica e ao professor supervisor do meu estágio no Colégio Província de São Pedro, por me receberem tão bem durante o estágio, por me darem liberdade de criar e me aventurar como professora em formação e por terem me permitido vivenciar uma experiência inesquecivelmente positiva enquanto estive desenvolvendo meu trabalho na escola. Sem dúvidas, a confiança que vocês depositaram em mim me deu mais segurança para me arriscar e me dedicar a dar o melhor de mim.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	2
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL .....	2
2.2 METODOLOGIA <i>JUST-IN-TIME TEACHING</i> DE GREGOR NOVAK .....	3
2.3 METODOLOGIA <i>PEER INSTRUCTION</i> DE ERIC MAZUR.....	4
<b>3 OBSERVAÇÃO E MONITORIA</b> .....	4
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA.....	5
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS .....	7
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE ENSINO .....	9
3.4 RELATO DAS OBSERVAÇÕES EM SALA DE AULA.....	10
<b>4 PLANEJAMENTO E REGÊNCIA</b> .....	44
4.1 AULA 1 .....	49
<b>4.1.1 Plano de Aula</b> .....	49
<b>4.1.2 Relato de Regência</b> .....	50
4.2 AULA 2 .....	54
<b>4.2.1 Plano de Aula</b> .....	54
<b>4.2.2 Relato de Regência</b> .....	55
4.3 AULA 3 .....	58
<b>4.3.1 Plano de Aula</b> .....	58
<b>4.3.2 Relato de Regência</b> .....	60
4.4 AULA 4 .....	66
<b>4.4.1 Plano de Aula</b> .....	66
<b>4.4.2 Relato de Regência</b> .....	67
4.5 AULA 5 .....	69

<b>4.5.1 Plano de Aula</b> .....	69
<b>4.5.2 Relato de Regência</b> .....	70
<b>4.6 AULA 6</b> .....	76
<b>4.6.1 Plano de Aula</b> .....	76
<b>4.6.2 Relato de Regência</b> .....	77
<b>4.7 AULA 7</b> .....	84
<b>4.7.1 Plano de Aula</b> .....	84
<b>4.7.2 Relato de Regência</b> .....	85
<b>4.8 AULA 8</b> .....	90
<b>4.8.1 Plano de Aula</b> .....	90
<b>4.8.2 Relato de Regência</b> .....	92
<b>4.9 AULA 9</b> .....	96
<b>4.9.1 Plano de Aula</b> .....	96
<b>4.9.2 Relato de Regência</b> .....	98
<b>4.10 AULA 10</b> .....	105
<b>4.10.1 Plano de Aula</b> .....	105
<b>4.10.2 Relato de Regência</b> .....	106
<b>4.11 AULA 11</b> .....	110
<b>4.11.1 Plano de Aula</b> .....	110
<b>4.11.2 Relato de Regência</b> .....	111
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	114
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	116
<b>APÊNDICE A – Apresentação da Unidade Didática (Aula 1)</b> .....	118
<b>APÊNDICE B – Tarefa De Preparação – Ópera (Aula 2)</b> .....	123
<b>APÊNDICE C – Tarefa de Preparação – Instrumentos Musicais e Ondas Estacionárias (Aula 7)</b> .....	125
<b>APÊNDICE D – Tarefa de Preparação – Cosmos (Aula 9)</b> .....	127

<b>APÊNDICE E – Lista de Exercícios 1 (Aula 4)</b> .....	128
<b>APÊNDICE F – Lista de Exercícios 2 (Aula 10)</b> .....	132
<b>APÊNDICE G – Atividade Avaliativa (Aula 11)</b> .....	138
<b>APÊNDICE H – Taxas de acerto das questões de <i>Peer Instruction</i> (Aulas 3 e 7)</b> .....	141
<b>ANEXO A – Questionário de Atitudes Perante a Física</b> .....	142
<b>ANEXO B – Questões <i>Peer Instruction</i> (Aula 3)</b> .....	143
<b>ANEXO C – Questões <i>Peer Instruction</i> (Aula 7)</b> .....	145

## 1 INTRODUÇÃO

O curso de graduação em Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul oportuniza ao seu estudante o contato com o seu local de trabalho – a escola – desde o primeiro semestre. Além disso, programas institucionais como o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e o Residência Pedagógica possibilitam que o licenciando viva a escola antes mesmo de completar sua formação. O ato final de todas essas práticas, entretanto, acontece no último semestre, durante o Estágio de Docência em Física III, em que os estudantes de Licenciatura em Física prestes a se graduar devem atuar temporariamente como professores de Física de uma turma de Ensino Médio. É este ato final que será contado neste Trabalho de Conclusão de Curso.

O estágio começa com a escolha da instituição de ensino onde ele será desenvolvido. Para isso, é preciso que haja concordância entre a escola, a UFRGS, o professor orientador e o estagiário. Passados os trâmites burocráticos, o primeiro momento do estágio é a observação, em que o estagiário acompanha algumas aulas, com o objetivo de ambientar-se e compreender como se dá o funcionamento da escola, como o(s) professor(es) conduz(em) as suas aulas, como é o comportamento dos estudantes, o que dá certo e o que não dá. Posteriormente ao período de observação, ocorre de fato o período de regência. Nesse momento, é o estagiário quem assume como professor de uma turma em particular, colocando em prática uma unidade didática que foi previamente planejada por ele com o auxílio do professor orientador. A partir daqui, tudo é por conta do estagiário: explicações, exercícios, experimentos, avaliações, etc.

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem por objetivo, portanto, relatar todo o processo desde o início do estágio até o último momento. Serão descritos aqui: as discussões teóricas e metodológicas realizadas durante as aulas na UFRGS; a caracterização da escola, das turmas acompanhadas e do tipo de ensino adotado pelo professor supervisor; os relatos detalhados de todas as aulas que presenciei durante o período de observação; o cronograma de regência; os planos de aula e os relatos de regência de todas as aulas ministradas durante o período de regência; as considerações finais a respeito de todo esse processo; e por fim, os materiais desenvolvidos e utilizados durante o período de estágio.

Embora eu já tenha alguma experiência em sala de aula, nunca foi como professora, sempre foi como monitora ou auxiliar. Nesse sentido, todo o processo descrito aqui, do planejamento à avaliação, é uma experiência nova. É bom que a Licenciatura em Física nos proporciona ter essas vivências antes da conclusão do curso.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

David Ausubel, psicólogo estadunidense, formulou, na década de 60 do século passado, uma teoria construtivista de aprendizagem denominada Teoria da Aprendizagem Significativa. Aprendizagem significativa é um termo presente em várias teorias de diversos autores, e por isso é importante ressaltar o nome de Ausubel como referencial deste trabalho.

Como o próprio nome indica, a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante confere algum significado àquilo que está aprendendo. Para Ausubel, essa significação se dá quando o novo conhecimento interage com elementos já presentes anteriormente na estrutura cognitiva do aprendiz. Quando o novo conhecimento é apenas armazenado na memória do estudante, sem que haja uma interação e uma conexão com conhecimentos prévios, o novo saber não adquire significado, e, portanto, Ausubel nomeia esse tipo de aprendizagem de mecânica (PELIZZARI *et al.*, 2002).

Portanto, para que haja aprendizagem significativa, o novo conhecimento precisa se “ancorar” a um conhecimento que já existia previamente na estrutura cognitiva do estudante; esse conhecimento pré-existente é denominado *subsunçor*. Para que essa ligação entre o novo saber e o subsunçor aconteça, Ausubel argumenta que são necessárias duas condições básicas:

- (i) as informações a serem assimiladas devem ser potencialmente significativas para o aprendiz, ou seja, ele tem de ter em sua estrutura cognitiva conceitos relacionáveis, de forma substantiva e não-arbitrária, vinculados diretamente com o conhecimento a ser aprendido, o qual, por sua vez, deve ter significado lógico; (ii) o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar o novo material, de forma substantiva e não-arbitrária, à sua estrutura cognitiva. (ARAUJO, 2005, p.62)

Em suma, para que ocorra a aprendizagem significativa, o estudante precisa ter a sua disposição o conhecimento prévio com o qual o novo conhecimento irá se relacionar, além de estar disposto a aprender. Para isso, é preciso relacionar o conteúdo a ser ensinado com algo que o aluno já saiba (nesse sentido, a contextualização pode ser um caminho), além de despertar a curiosidade dos estudantes para o assunto que será trabalhado (problematização e aspectos fenomenológicos são alternativas.)

Portanto, neste trabalho, será possível enxergar traços da teoria de Ausubel em alguns pontos: proposição de perguntas a serem respondidas com os conteúdos que serão ensinados;

contextualização dos tópicos, expondo onde os fenômenos podem ser visualizados ou aplicados na natureza, além de relações com temas de interesse dos estudantes, investigados a partir de um questionário (ver Anexo A) e observações. Outra maneira possível de fomentar a aprendizagem significativa é através de metodologias ativas de ensino, que tiram o estudante da passividade em sala de aula e o colocam no centro do processo de ensino-aprendizagem.

## 2.2 METODOLOGIA *JUST-IN-TIME TEACHING* DE GREGOR NOVAK

Gregor Novak e colaboradores desenvolveram, ao final da década de 90 do século passado, uma metodologia ativa de ensino denominada *Just-in-Time Teaching* (JiTT), ou Ensino sobre Medida na adaptação para o português, que tinha dois objetivos principais: fomentar o estudo no momento pré-classe, de forma que os estudantes chegassem à aula mais preparados para o conteúdo que seria visto, e possibilitar ao professor uma adaptação do seu momento expositivo de acordo com as características de cada grupo particular de estudantes.

Para isso, a metodologia se desenvolve da seguinte forma: o professor propõe um material de estudo (texto, vídeo, simulação computacional...) e algumas questões relacionadas a esse material que devem ser respondidas antes do momento em sala de aula. Essa atividade será realizada em casa pelos estudantes de forma a prepará-los para o conteúdo que será, posteriormente, trabalhado em sala de aula. As respostas às questões devem ser enviadas ao professor pelo menos algumas horas antes da aula. De posse das respostas dos estudantes, o professor pode avaliar que pontos foram bem compreendidos pelos alunos, e em quais pontos houve mais dificuldades. Com esse mapeamento, o professor pode adaptar sua aula para suprir as maiores carências dos estudantes, evidenciadas em suas respostas. Para mais detalhes sobre a implementação do JiTT, veja Oliveira, Araujo e Veit (2016).

Além da preparação prévia dos alunos e da adaptação da aula por parte do professor, estudos sobre o *Just-in-Time Teaching* também apontam outras vantagens na aprendizagem dos estudantes, como melhor entendimento do conteúdo, melhora nas notas e maior engajamento dos alunos, dentre outros (RIBEIRO *et al.*, 2022; GAVRIN *et al.*, 2004; OLIVEIRA, VEIT e ARAUJO, 2015).

### 2.3 METODOLOGIA *PEER INSTRUCTION* DE ERIC MAZUR

Também ao final da década de 90 do século passado, Eric Mazur, professor da Universidade de Harvard, desenvolveu uma metodologia ativa de ensino denominada *Peer Instruction*, ou Instrução pelos Colegas na adaptação para o português. O *Peer Instruction* tem como objetivo fomentar discussões entre os estudantes, de forma a estimular a aprendizagem colaborativa e conceitual.

Essa metodologia é posta em prática da seguinte maneira: o professor intercala momentos de exposição oral do conteúdo e questões conceituais de múltipla escolha que versem sobre o tema recém abordado. Ao serem apresentados a uma questão, os estudantes terão que mobilizar conceitos que foram discutidos anteriormente para respondê-la. Em um primeiro momento, os alunos devem pensar sobre ela de forma individual, se comprometendo com alguma resposta e elaborando um raciocínio que possa convencer os colegas que pensarem diferente. Utilizando algum sistema de votação – neste estágio foi utilizado o *app Plickers*<sup>1</sup> – os estudantes escolhem a resposta que acreditam ser a mais adequada, e se houver divergência entre as respostas da turma, o próximo passo é os alunos discutirem entre si, tentando convencer colegas que escolheram outra resposta. Depois de alguns minutos de debate, o professor faz uma nova votação; em geral, a turma tende a convergir para a resposta correta (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

É interessante como essa metodologia fortalece o conhecimento com o qual o estudante teve um primeiro contato recente, pois ele precisa estabelecer relações para responder às questões conceituais. Além disso, as discussões entre os colegas é uma poderosa forma de aprendizagem, tanto para quem explica quanto para quem ouve. Para quem explica, porque é preciso formular uma linha de raciocínio que faça sentido e que seja compreensível pelos pares. Para quem ouve, porque escuta a explicação de alguém que até minutos atrás também não tinha domínio desse conhecimento; essa proximidade cognitiva e linguística facilita a comunicação (ARAUJO; MAZUR, 2013).

### 3 OBSERVAÇÃO E MONITORIA

Antes de mais nada, gostaria de fazer uma breve contextualização.

---

<sup>1</sup> Disponível em <<https://get.plickers.com/>>. Acesso em 18 de setembro de 2022.

Trabalhei no Colégio Província de São Pedro de novembro de 2020 até junho de 2022 como professora auxiliar de Física. Minha função era acompanhar as aulas dos dois professores de Física da escola (os chamarei de J e G), apoiando-os em suas atividades didáticas e principalmente dando suporte aos estudantes quando estes necessitavam de alguma ajuda, seja durante a explicação do conteúdo pelo professor, seja em momentos em que os alunos resolviam exercícios. Além disso, uma tarde por semana, eu estava disponível no Plantão de Reforço, momento extraclasse não-obrigatório em que os estudantes poderiam tirar dúvidas, revisar conteúdos e estudar para trabalhos e provas.

Precisei deixar meu trabalho no Colégio Província em junho de 2022 após ter sido aprovada com bolsa no Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS. Apesar de ser um trabalho cansativo, essa despedida foi bastante difícil por quebrar uma rotina diária de quase dois anos, mas principalmente porque o convívio com alunos, professores e funcionários da escola sempre foi muito afetuoso e divertido, o que me fez sentir muita saudade de lá, ainda que estivesse realizando um sonho de poder me dedicar à carreira acadêmica.

Entretanto, ainda faltava um último semestre para minha formatura na Licenciatura em Física, precisava realizar o Estágio de Docência em Física III, e não havia lugar melhor para que eu pudesse desenvolver o estágio que o lugar onde eu passei todas as manhãs e algumas tardes nesses últimos dois anos. Propus o meu retorno, dessa vez para o estágio obrigatório, e fui novamente muito bem recebida. Felizmente, pude voltar ao Colégio Província menos de um mês depois de ter me despedido de todos. Melhor do que isso, é ter a certeza de que sou muito valorizada neste ambiente de trabalho, que meus superiores, colegas e alunos podem confiar em mim, e que essa confiança é a base para o desenvolvimento do melhor trabalho que eu posso fazer.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

A escola onde escolhi realizar meu estágio é, certamente, bastante distinta das escolas onde normalmente os estágios são realizados. Trata-se do Colégio Província de São Pedro, uma instituição privada frequentada pela elite de Porto Alegre, em que muitos estudantes são filhos de empresários muito bem-sucedidos ou de jogadores de times de futebol como Grêmio e Internacional. A escolha por essa escola deu-se pelo fato de eu haver trabalhado nessa instituição entre novembro de 2020 e junho de 2022 como monitora da disciplina de Física; portanto, já conhecia a escola, a coordenação, o corpo docente e os estudantes.

O Colégio Província de São Pedro é, originalmente, uma escola de Educação Infantil, que posteriormente passou a oferecer os níveis Fundamental e Médio da Educação Básica. Na Educação Infantil e nos Anos Iniciais, é bastante forte a presença da metodologia Montessori, em que as crianças são mais livres para interagir com o ambiente e com os pares, de forma a permitir um desenvolvimento natural e no tempo de cada criança. Já nos Anos Finais, e em especial no Ensino Médio, a implementação dessa metodologia vai se perdendo, tendo em vista as próprias características do método, além da necessidade de dar conta de um currículo mais conteudista. Levando em consideração que o Colégio Província é uma instituição destinada à elite, também é uma exigência das famílias dos estudantes do Ensino Médio que o ensino seja mais propedêutico, ou seja, que os prepare para o ingresso em uma universidade. Um fator que também se destaca nesse sentido é que o Colégio Província de São Pedro oferece, ao menos nos segundo e terceiro anos do Ensino Médio, três períodos semanais de Física; isso o diferencia da maioria das escolas, em que o mais comum é haver apenas dois períodos semanais para esta disciplina.

A estrutura física do Colégio é excelente. As salas de aula contam com mesas e cadeiras de boa qualidade; todas são equipadas com computador, projetor e ar-condicionado; há armários individuais para os alunos guardarem seus materiais; há também estantes com materiais e livros que podem ser usados pelos estudantes e pelos professores. Uma característica muito interessante da escola também são as “salas ambiente”, em que cada disciplina possui uma sala equipada com diversos materiais que permitem uma aula diferenciada, com diversos recursos que enriquecem a aprendizagem. Infelizmente, desde o começo da pandemia, com a necessidade de se evitar uma grande circulação de estudantes a cada troca de período, as salas ambiente acabaram se tornando salas de aula comuns. Entretanto, os materiais ainda estão disponíveis e são utilizados por alguns professores, especialmente os de química, física e matemática.

Já sobre a estrutura geral da escola, é possível citar: quadras poliesportivas (abertas e cobertas), biblioteca, cantina, enfermaria, sala de recursos, auditório, laboratórios de química, física e biologia. Não há um laboratório de informática propriamente dito, mas há disponível um número grande de notebooks, que podem ser emprestados a uma turma quando um professor precisar.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS TURMAS

Observei, ao longo do meu estágio, cinco turmas: três de segundo ano (200, 201 e 202) e duas de terceiro (300 e 301). Chama bastante a atenção como cada turma possui um perfil muito particular que a diferencia das demais.

A turma 200 é uma turma bastante heterogênea. Há nela estudantes bastante dedicados, que demonstram interesse nas aulas, participam e fazem perguntas, e contribuem para o bom andamento das aulas. Há também estudantes que não participam, que apenas frequentam as aulas, mas sem de fato apreender alguma coisa, que passam a maior parte do tempo no celular ou dormindo. Por fim, há ainda alguns estudantes que são o problema de todos os professores: casos de indisciplina, de desrespeito com os professores e os colegas, de cola nas provas e cópia dos trabalhos. A turma possui alguns grupos de amigos, mas não percebi nenhuma inimizade entre eles. Há nessa turma, alguns estudantes que foram, no passado, da turma 202, mas pediram para trocar por conta de alguns desentendimentos que ocorreram. Atualmente, isso parece ter sido solucionado.

A turma 201 também é um pouco heterogênea, mas não tanto quanto a 200. Na turma 201 há poucos estudantes que se destaquem por serem exemplo de comportamento. Há um estudante em particular que é referência para os colegas, por ser extremamente inteligente e dedicado; em algumas disciplinas, inclusive, os professores dão a ele conteúdos mais avançados do que para o resto da turma. Há poucos estudantes que notadamente empenham-se nas tarefas escolares. O perfil comum da turma é de um típico adolescente de 16/17 anos: faz o mínimo para passar de ano, enquanto está preocupado com festas e redes sociais. Essa turma também apresenta um grave problema de cópia das atividades e trabalhos: poucos alunos de fato fazem as atividades, a grande maioria apenas copia da internet ou dos colegas. Por fim, essa turma também apresenta diversos grupos de amigos, ela não parece muito unida, embora não haja conflitos evidentes entre os estudantes.

A turma 202 foi a turma que escolhi para a regência, e isso não foi por acaso. Essa turma é menor que as demais: enquanto as outras giram em torno de 30 alunos, essa possui apenas 17. Além disso, essa turma é o xodó de todos os professores da escola: em geral, os estudantes são dedicados, interessados e respeitosos. Há alguns alunos que são mais desmotivados, passam a maior parte da aula fazendo outras coisas (usando o celular, desenhando, lendo, etc.), mas são notadamente a minoria. A maioria dos estudantes são participativos, fazem perguntas interessantes e se empenham para aprender tudo que for possível. Por isso escolhi essa turma:

além de ser mais fácil lidar com 17 alunos do que com 30, com certeza as metodologias diversas e as atividades que eu iria propor seriam muito melhor aceitas nessa turma do que em qualquer outra.

Vale ressaltar que essa turma foi ficando menor aos poucos. No ano passado, houve alguns casos de discussões calorosas entre alguns estudantes, por possuírem opiniões políticas e ideológicas muito fortes e opostas. Uma aluna que era pivô nessas discussões acabou trocando de escola, mas não sem antes diversos colegas escolherem trocar de turma; por isso há estudantes que hoje estão na 200 e na 201 que foram anteriormente alunos da 202. Hoje os ânimos se acalmaram, e a turma convive harmoniosamente, mesmo que ainda existam essas divergências políticas.

Passando para o terceiro ano, a turma 300 é uma turma bastante tranquila. É uma turma grande, mas os alunos entendem perfeitamente bem o momento de conversar e o momento de prestar atenção no professor. Não há casos de indisciplina nessa turma, e quase a totalidade de estudantes dedica-se ao menos o suficiente aos estudos. Uma característica marcante da 300 é que os estudantes são, em geral, bastante imaturos, em especial os meninos. A maioria deles não se interessa por assuntos que são próprios da idade e do contexto deles, como redes sociais, relacionamentos e festas; eles têm mais interesse em vídeo games e animes. O senso de humor deles também é bastante infantil.

É importante destacar que nessa turma há um estudante com Transtorno do Espectro Autista bem acentuado. Ele é acompanhado integralmente por uma monitora, que desenvolve atividades específicas para ele, mas muitas vezes ele não acompanha as aulas com os colegas, passando grande parte no tempo na sala de recursos da escola. Em todas as outras turmas há estudantes com particularidades, mas eles conseguem acompanhar as aulas, tendo apenas avaliações diferenciadas. Entretanto, este estudante da turma 300 é o caso mais relevante de um aluno que precisa de um atendimento especializado.

Para finalizar, a turma 301 é, com certeza, a turma mais complicada do Ensino Médio do Colégio Província. A grande maioria da turma é composta por alunos que não apresentam nenhum interesse pela escola, nem mesmo como forma de ingressar em uma universidade. Como consequência, são raros os alunos que demonstram disposição e empenho na realização das atividades escolares. A maioria deles são típicos estudantes de “terceirão” de elite: preocupados apenas em sair o mais rápido possível da escola, aproveitar a vida em festas e

viagens e ser populares nas redes sociais. Há também vários casos de indisciplina na turma, especialmente vindos de um grupo de meninos, que já resultaram em algumas suspensões.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE ENSINO

Por questões de relevância e contexto, analisarei aqui apenas o tipo de ensino praticado pelo professor G, professor de Física das turmas de segundo e terceiro anos da escola.

O professor G é licenciado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestre em Ensino de Física pela mesma universidade. Claro que essa excelente formação não é condição suficiente para garantir que, na prática, ele seja um excelente professor. Entretanto, por sorte minha e, principalmente dos seus estudantes, posso dizer que ele o é.

Ele é um professor que, em geral, baseia suas aulas em dois momentos: primeiro um momento de exposição do conteúdo, e posteriormente um momento de resolução de exercícios. Durante o momento de exposição, ele sempre tenta trazer uma contextualização histórica inicial, além de discutir onde na natureza podemos visualizar ou aplicar o fenômeno estudado. Apesar disso, é sempre importante lembrar o contexto em que ele está inserido: uma escola privada de elite de Porto Alegre. Nesse estrato social, ainda se espera por parte das escolas um ensino muito tradicional, conteudista, neutro e livre de opiniões. Sendo uma escola privada, que não deixa de ser uma empresa que visa lucros, é difícil fugir dessa tônica.

Já nos momentos de resolução de exercícios, o professor G costuma selecionar questões do livro didático para serem respondidas pelos alunos, que devem entregá-las como parte da nota do trimestre. Tendo em vista uma preparação para o vestibular e o ENEM, também é comum que o professor selecione questões no estilo desses exames, para oportunizar um estudo mais direcionado aos estudantes. Mas o que eu acho mais interessante é que o professor disponibiliza muitos momentos ao longo do trimestre para que os alunos resolvam exercícios, compreendam como os conteúdos apresentados podem ser cobrados e tirem dúvidas. Ele intercala aulas de exposição do conteúdo com aulas de resolução de exercícios.

É interessante citar que, como Física é uma disciplina em que historicamente os estudantes apresentam bastante dificuldade, o Colégio Província dispõe de uma estagiária que auxilia o professor G e os estudantes em algumas aulas. Assim, nas aulas de resolução de exercícios, como há duas pessoas ajudando os alunos, é menos provável que algum estudante

termine a aula sem ter conseguido tirar suas dúvidas – claro, quando for do seu interesse e necessidade.

Sobre a avaliação: diferentemente de algumas outras instituições das quais tenho conhecimento, o Colégio Província valoriza bastante o trabalho desenvolvido em sala de aula pelos estudantes ao longo do trimestre, não apenas as provas formais. Em geral, o professor G distribui a pontuação do trimestre da seguinte forma: trabalho (um ponto), controle (dois pontos), teste (dois pontos) e prova trimestral (cinco pontos). O trabalho varia de trimestre para trimestre; o controle são pequenas atividades que os estudantes fazem ao longo do trimestre, por exemplo, os exercícios que o professor propõe para serem resolvidos em aula; o teste é uma prova com conteúdo parcial do trimestre, e a prova trimestral é outra prova, mas que abrange todo o conteúdo do trimestre. Assim, além de possuir uma forma de avaliação mais formal e individual, o professor também valoriza as pequenas atividades que vão sendo realizadas pelos estudantes ao longo do trimestre.

Em suma, tendo em vista o contexto, avalio as aulas do professor G como muito boas. É verdade que não há uma variedade metodológica muito grande, mas sabemos que na prática essa diversidade é, por vezes, difícil de ser aplicada. A partir de um olhar bem pessoal, como uma estudante que gosta de aulas expositivas, eu gostaria muito se o professor G tivesse sido meu professor na época em que eu estava na escola.

### 3.4 RELATO DAS OBSERVAÇÕES EM SALA DE AULA

#### **Observação 1**

**Data:** 06/07/2022

**Ano:** 2º ano    **Turma:** 202

**Horário:** das 9h25min às 10h05min (1 hora-aula).

**Assunto da aula:** Resolução de exercícios (transformações gasosas e 1ª Lei da Termodinâmica)

**Estudantes presentes:** 13 (10 meninas e 3 meninos)

Cheguei na escola por volta das 9h05min, alguns minutos antes de iniciar o primeiro intervalo (a grade de horários do Ensino Médio é dividida da seguinte forma: dois períodos – intervalo de 15 minutos – dois períodos – intervalo de 10 minutos – dois períodos). Estava ansiosa para retornar à escola onde havia trabalhado durante os últimos dois anos. Passei

primeiro na sala da coordenação para abraçar a coordenadora pedagógica, ela estava tão feliz quanto eu de eu ter retornado, mesmo que já com um prazo para ir embora. Depois fui para a sala dos professores. Havia dois professores que ficaram muito surpresos e felizes com a minha presença. Expliquei o porquê de ter voltado e me receberam muito bem. O sinal para o intervalo tocou e a sala dos professores começou a ficar mais cheia. Todos que entravam se surpreendiam ao me ver, alguns demonstrando mais carinho vinham me abraçar e dizer que estavam felizes por eu ter voltado. Respondi algumas vezes que estava começando o último estágio da Licenciatura, e por isso estava retornando ao colégio, mas que ficaria apenas até setembro.

Passado esse momento de confraternização e reencontro, o sinal tocou para o fim do intervalo. Os professores ainda permaneceram cerca de dois minutos na sala até se dirigirem às suas turmas. Eu e o professor de Física G nos encaminhamos para a sala da turma 202; é a primeira sala em um corredor com as três turmas de segundo ano. É interessante comentar que quase todas as salas das turmas de Ensino Médio têm paredes de vidro, voltadas para o corredor; assim, quando chegamos na frente da sala, alguns alunos que não haviam saído para o intervalo já me reconheceram e vieram rapidamente falar comigo e me abraçar. Foi uma recepção muito carinhosa, fiquei muito feliz! Quase todos perguntavam, com uma entonação alegre: “*Tu voltou, sora?!*”. Eu respondia que sim, mas que só ficaria até setembro, pois não havia voltado para trabalhar na escola como antes, e sim fazer o estágio da faculdade.

Enquanto eu conversava com alguns alunos, o professor foi ligando o computador. Outro grupo de alunos conversava sobre que cursos pretendem fazer quando chegarem ao Ensino Superior. Enquanto isso, os estudantes que haviam saído da sala durante o intervalo retornaram, se surpreendendo também com a minha presença, e me dando boas-vindas. Passados uns três minutos depois de termos chegado à sala de aula, o professor pediu a atenção da turma e que os grupos que ainda estavam em pé e conversando se desfizessem e cada um sentasse em seu lugar, sendo prontamente atendido. Ele então fez a chamada e depois escreveu o roteiro da aula no quadro (i. definir a data do teste; ii. resolver a lista 2; iii. marcar a lista 2 no controle). Os alunos ainda conversavam um pouco, mas em um tom moderado, e por serem poucos estudantes na turma não era algo que atrapalhava muito. O professor escreveu algumas datas no quadro para conversar com os alunos em qual delas eles preferiam que fosse marcado o teste do segundo trimestre, algumas delas antes do recesso (que aconteceria de 18 a 29 de julho) e outras depois. A única condição dada pelo professor é que, se o teste fosse marcado para depois do recesso, ele passaria mais conteúdo antes do recesso, e que seria cobrado no teste. Achei bem interessante o professor ter aberto a possibilidade de os alunos darem suas

opiniões e poderem decidir democraticamente a data do teste. Os alunos discutiram durante alguns minutos, alguns argumentando a favor do teste antes do recesso, e alguns a favor do teste após. O professor propôs, então, uma votação entre as datas que os estudantes estavam mais divididos; entretanto, a votação terminou empatada entre duas datas – uma antes e outra depois do recesso – e então o professor deu o voto de minerva pelo dia 15/07, antes do recesso.

Depois de decidida a data do teste, o resto do período foi destinado ao trabalho dos alunos, resolvendo a lista 2 do trimestre. Essa lista envolvia exercícios do livro didático sobre Termodinâmica, mais especificamente sobre a 1ª Lei da Termodinâmica e transformações termodinâmicas. As questões eram bem matemáticas, envolvendo aplicação de equações e análise de gráficos. Os alunos precisavam diferenciar transformações isotérmicas, isovolumétricas e isobáricas; calcular trabalho realizado pelo/sobre o gás a partir de gráficos de pressão x volume; utilizar as equações  $pV=nRT$ ,  $U=3/2 nRT$ ,  $W=p.\Delta V$ ,  $\Delta U=Q-W$ .

Alguns estudantes já haviam feito todos os exercícios em casa, então apenas mostraram para o professor que já haviam terminado, ele deu o visto no caderno e marcou no controle; estes alunos ficaram livres o resto do período – alguns ficaram conversando, outros lendo. Enquanto isso, os estudantes que não haviam terminado ficaram resolvendo as questões e tirando dúvidas; como os alunos já me conheciam, eles não hesitaram em me pedir ajuda – me deixou feliz o fato de eles não terem se distanciado de mim apesar do tempo que fiquei fora. Assim, eu e o professor G ficamos circulando pela sala, passando pelas mesas dos estudantes e perguntando se eles estavam conseguindo fazer ou precisavam de alguma orientação. Os alunos estavam bem concentrados em tentar fazer e entender os detalhes.

Quando o sinal da troca de período tocou, os estudantes continuaram resolvendo os exercícios, tentando tirar as últimas dúvidas. O professor precisou pedir que os alunos guardassem seus materiais e fossem para a aula de Educação Física, porque eles queriam continuar fazendo a atividade. Foi bom ver os alunos tão focados em fazer a lista e entender os pormenores do conteúdo.

Alguns pontos que me chamaram a atenção durante a aula foram: achei muito interessante a atitude do professor G de escolher junto com os alunos a data do teste; em geral avaliações provocam uma ansiedade nos estudantes, então permitir que possam escolher o dia que fica melhor para eles pode ajudá-los a se prepararem melhor e com mais tranquilidade. Além disso, me agrada bastante a ideia de aulas voltadas para a resolução de exercícios; são nesses momentos que os estudantes apresentam mais dúvidas e maior necessidade de auxílio

por parte do professor, então deixar essas atividades para serem desenvolvidas apenas fora da sala de aula tendem a dificultar a aprendizagem por parte dos alunos.

## **Observação 2**

**Data:** 06/07/2022

**Ano:** 2º ano **Turma:** 200

**Horário:** das 10h05min às 11h40min (2 horas-aula) (10min de intervalo: 10h45min – 10h55min).

**Assunto da aula:** Resolução de exercícios (transformações gasosas e 1ª Lei da Termodinâmica)

**Estudantes presentes:** 23 (6 meninas e 17 meninos)

A sala da turma 200 fica ao lado da 202, assim, eu e o professor G saímos de uma e fomos rapidamente para a outra. Como comentei anteriormente, as paredes das salas voltadas para o corredor são feitas de vidro, então antes mesmo de entrarmos na sala os alunos já me viram e demonstraram estarem muito felizes com a minha volta. Novamente, precisei explicar que eu estava retornando apenas para fazer o estágio obrigatório, e que não voltaria para trabalhar na escola como antes.

Alguns alunos já estavam fazendo exercícios da lista 2 – a mesma lista da turma 202 – e antes mesmo de a aula começar efetivamente eles já queriam tirar dúvidas: *Sora, já que tu tá aqui, me ajuda com esse exercício.* Enquanto isso, o professor G foi se organizando, pegou seus materiais e começou a fazer a chamada.

Quando o professor terminou a chamada, ele escreveu algumas datas no quadro – datas possíveis para a realização do teste. Ele explicou que os alunos poderiam escolher qual a melhor data para eles, mas os alertou que, se o teste fosse marcado para antes do recesso, o conteúdo da avaliação iria até 1ª Lei da Termodinâmica; em contrapartida, se fosse depois, ele explicaria a 2ª Lei da Termodinâmica antes do recesso, e ela então também seria cobrada na avaliação. Além disso, ressaltou que nas quartas-feiras a turma possui dois períodos de Física, e nas sextas-feiras apenas um; assim, se o teste fosse realizado em uma quarta-feira, ele teria mais questões, e em uma sexta-feira teria menos. A partir dessa argumentação, os alunos entraram rapidamente em consenso, optando por fazer o teste no dia 13/07, quarta-feira antes do recesso. Em geral, já

percebi nessa escola (não sei dizer se em outras é assim também) que os estudantes preferem provas com mais questões, de forma que cada questão tenha um valor menor, de forma que um erro não se torna tão significativo na nota final.

Após a definição do dia do teste, o professor G liberou o resto da aula para a resolução da lista 2 e o esclarecimento de dúvidas. Diferentemente da turma 202, na qual todos os estudantes estavam engajados em fazer a lista, na turma 200 muitos alunos (talvez metade da turma) utilizaram o tempo destinado aos exercícios jogando no celular. Em compensação, a outra metade da turma, que estava fazendo as questões propostas, estava muito concentrada e tirando várias dúvidas. O professor G ficou sentado em sua mesa, e chamou alguns alunos que estavam com dúvidas para se sentarem com ele, de forma que eles foram resolvendo a lista em grupo. Enquanto isso, eu fiquei circulando pela sala auxiliando os demais estudantes. Eu e o professor quase não demos conta de ajudar todos os alunos que apresentavam alguma dificuldade, pois os que estavam resolvendo a lista não hesitavam em perguntar quando algum obstáculo surgia; acredito ser por isso também que o professor não se importou tanto com o fato de alguns alunos estarem desperdiçando esse momento de resolução de exercícios jogando no celular, já que os que se dedicaram a fazer e entender as questões o fizeram com muito empenho.

Os dois períodos de Física na turma 200 são separados por um intervalo de dez minutos. Quando tocou o sinal, a maioria dos alunos saiu da sala, enquanto alguns permaneceram; eu e o professor nos dirigimos à sala dos professores. Quando chegamos lá, um representante do Sinpro-RS (Sindicato dos Professores do Ensino Privado do Rio Grande do Sul) estava falando resumidamente sobre salários, benefícios, reajustes, etc. O sinal para o fim do intervalo soou, e ainda permanecemos mais alguns poucos minutos na sala dos professores, até que o representante do Sinpro-RS terminasse sua fala.

Retornando para a sala da turma 200, muitos alunos ainda não tinham voltado do intervalo. Alguns alunos que já estavam na sala me perguntaram o porquê de eu estar de volta ao colégio, então expliquei brevemente que precisei me desligar da escola por ter ingressado no mestrado, mas que estava retornando apenas para fazer o estágio obrigatório, última etapa para a formação na Licenciatura. Os estudantes, aos poucos, foram voltando do intervalo, e o segundo período também foi destinado à resolução da lista 2. O padrão que se viu no primeiro período se repetiu no segundo: a turma dividida entre o grupo que apenas estava passando o tempo no celular e o grupo que estava focado em fazer os exercícios, tirando todas as dúvidas

que apareciam. As principais questões que apareceram envolviam a interpretação de gráficos pressão x volume (os alunos esqueciam de olhar as unidades dos eixos, que muitas vezes vinham acompanhadas de potências de 10 que precisavam ser levadas em conta na hora do cálculo; não se atentavam ao sentido da transformação, se era uma compressão ou uma expansão) e também os sinais na 1ª Lei da Termodinâmica ( $\Delta U > 0$ : aumento da temperatura;  $\Delta U < 0$ : diminuição da temperatura;  $\Delta U = 0$ : transformação isotérmica;  $Q > 0$ : recebe calor;  $Q < 0$ : cede calor;  $Q = 0$ : transformação adiabática;  $W > 0$ : expansão;  $W < 0$ : compressão;  $W = 0$ : transformação isovolumétrica).

É interessante perceber como cada turma tem um perfil próprio e bem distinto das outras. Enquanto a turma 202 se mostrou uma turma mais homogênea e, como um todo, mais comprometida com a tarefa, a turma 200 se mostrou mais heterogênea, com alunos pouco ou nada empenhados em realizar a atividade e tirar dúvidas, enquanto outros se dedicaram bastante. Entretanto, na turma 200 chamam a atenção alguns alunos que perguntam muito. Pode ser um mau sinal, de que eles não têm confiança para resolverem as questões sozinhos, ou um bom sinal, de que estão tão interessados que não basta apenas fazer a tarefa de qualquer maneira, ou copiar de algum colega que tenha conseguido realizá-la, mas precisam compreender cada passo, cada detalhe. Minha percepção leva a crer que a segunda hipótese é mais provável.

Por fim, gostaria de comentar sobre o uso do celular por parte dos estudantes. Apesar de a escola ter combinados com os alunos e os pais sobre o uso consciente do celular em sala de aula, me parece uma “lei para inglês ver”. Quando eu ainda trabalhava no Colégio Província, o professor G costumava ser mais rigoroso quanto ao uso do celular em momentos de explicação de conteúdo, mas não tanto quando os alunos precisavam trabalhar, como pudemos perceber neste relato. Acredito que ele faz o que está ao alcance dele, já que proibir o uso do celular não é o caminho, mas também competir com jogos e redes sociais é bastante complexo.

### **Observação 3**

**Data:** 07/07/2022

**Ano:** 3º ano **Turma:** 300

**Horário:** das 7h40min às 9h10min (2 horas-aula).

**Assunto da aula:** Resolução de exercícios (conceitos iniciais de Eletrodinâmica)

**Estudantes presentes:** 31 (11 meninas e 20 meninos)

Chegamos na sala da turma 300 às 7h40min, mas ainda havia poucos alunos na sala. A escola não costuma ser muito rigorosa com atrasos, por isso muitos estudantes acabam chegando alguns minutos depois do horário de início da aula.

O professor G iniciou fazendo a chamada, mesmo com alunos ainda chegando na sala; ele conhece todos os alunos pelo nome, então ele fez a chamada oral, mas registrou posteriormente aqueles que chegaram atrasados. Após esse momento, o professor escreveu o roteiro da aula no quadro e conversou com a turma a respeito da data do teste. Assim como havia feito anteriormente com as turmas da segunda série, ele escreveu no quadro algumas opções de datas em que o teste poderia ser realizado, e permitiu que os estudantes escolhessem a que fosse mais interessante para eles. Entretanto, desta vez, o professor deu previamente alguns argumentos pela escolha de uma data específica, quais sejam: data do recesso (segunda quinzena de julho) e quantidade de conteúdo a ser cobrado. Os alunos se convenceram facilmente frente a estes argumentos e concordaram com a proposta do professor de fazer o teste no dia 11/08, pós recesso.

Após a definição da data do teste, o professor G registrou na chamada os alunos que haviam chegado posteriormente, e então pediu que os estudantes utilizassem os dois períodos de aula para realizar a lista 2; esta lista continha exercícios sobre conceitos iniciais de eletrodinâmica (corrente, resistência, potência). Entretanto, antes de os alunos começarem a resolver a lista sozinhos, o professor G pediu a atenção dos estudantes para que ele pudesse desenvolver junto com eles dois exercícios desta lista, como forma de exemplo – um exercício era sobre consumo de energia elétrica, enquanto outro era sobre a potência dissipada por um aquecedor de água, relacionando a eletrodinâmica com calorimetria. Dessa forma, ele revisou alguns tópicos do conteúdo enquanto discutia com os alunos esses dois exercícios.

Quando o professor começou a resolver os exercícios no quadro, uma aluna me chamou até a sua classe; ela disse que não havia assistido às aulas de física na semana anterior, e por isso não havia visto este conteúdo, se sentindo muito perdida. Ela perguntou se eu poderia fazer um breve resumo sobre os tópicos mais importantes, de forma que ela pudesse começar a resolver a lista 2. Peguei uma cadeira e me sentei ao lado dela; pedi emprestado a ela seu caderno e um lápis, para que pudesse escrever um resumo o qual ela pudesse consultar depois.

Expliquei a ela os conceitos básicos de corrente, resistência e potência, além de anotar no seu caderno as equações relativas a cada um desses tópicos. Quando terminei esse breve resumo, perguntei se ela tinha alguma dúvida, ao que ela respondeu negativamente. Disse a ela, então, que me chamasse novamente em caso de qualquer necessidade para resolver a lista 2.

Mesmo concentrada em explicar o conteúdo a esta aluna, pude perceber que a grande maioria dos estudantes estava bastante atenta às explicações do professor. Poucos estudantes estavam distraídos com outras coisas (celular, livro...). Após terminar os dois exemplos no quadro, o professor liberou o resto da aula – cerca de 50 minutos – para que os alunos pudessem trabalhar nos exercícios. Alguns estudantes sentaram-se em grupos para resolvê-los em conjunto, outros preferiram fazer sozinhos; três estudantes sentaram-se em uma mesa circular que fica do lado de fora da sala (como a parede e a porta voltadas para o corredor são de vidro, era possível acompanhá-los tranquilamente, eles preferiram sentar-se fora da sala de aula em função do barulho provocado pelas discussões dos colegas que estavam trabalhando em grupo). Eu e o professor G ficamos circulando pela sala, auxiliando os estudantes quando alguma dúvida surgia. Essa turma também possui alguns estudantes em particular que perguntam bastante, então eu e o professor tivemos bastante trabalho neste momento.

Próximo do fim da aula, alguns alunos foram terminando a lista e já pediram para o professor G marcar como concluído no controle. Os estudantes ainda teriam um prazo maior para finalizar esta lista, mas alguns deles já preferiram garantir a nota referente a esta atividade. Cerca de cinco minutos antes do fim do período, a turma começou a ficar mais agitada, devido à proximidade do intervalo e aos estudantes, que foram terminando os exercícios e passaram a conversar em um tom mais elevado. Apesar disso, não foi algo que atrapalhou os alunos que ainda estavam fazendo a atividade. Faltando dois minutos para o intervalo, o professor liberou os estudantes para aproveitarem o recreio.

Essa turma de terceiro ano é, em geral, uma turma bastante comprometida com os estudos. Os alunos fogem um pouco do padrão “adolescente rebelde” que por muitas vezes se vê em escolas privadas de elite; inclusive, nota-se que alguns estudantes, em especial os meninos, são bastante imaturos para a sua idade. O professor G já possui uma relação bem estabelecida com eles, visto que dos quatro anos de física que tiveram na escola (do 9º ano do Ensino Fundamental à 3ª série do Ensino Médio), ele foi o professor em três. Assim, a aula se desenvolve muito bem, o professor e os alunos têm a liberdade de fazer brincadeiras para descontrair a aula sem que o foco seja perdido. Tendo em vista esse comprometimento,

exemplificado pela atenção que a turma deu ao professor no momento em que ele estava fazendo os exemplos, e também pela dedicação em resolver a lista de exercícios, acredito que a grande maioria dos estudantes dessa turma possuem um grande potencial para se tornarem adultos muito bem-sucedidos no que desejarem fazer.

#### **Observação 4**

**Data:** 07/07/2022

**Ano:** 3° ano **Turma:** 301

**Horário:** das 9h25min às 10h45min (2 horas-aula).

**Assunto da aula:** Potência dissipada em um resistor e resolução de exercícios (conceitos iniciais de Eletrodinâmica)

**Estudantes presentes:** 22 (12 meninas e 10 meninos)

Eu e o professor G chegamos na sala de aula da turma 301 após o intervalo, mas estavam na sala apenas um grupo de meninas que passaram o recreio ali mesmo, conversando, além de um menino que estava sozinho, mexendo no celular e usando fones de ouvido. Logo mais algumas meninas chagaram. Entretanto, apenas cerca de cinco minutos após o sinal ter tocado que o grupo dos meninos chegou. Essa turma é bem mais complicada que a turma 300, isto ficará claro neste relato.

O professor G já começou a aula com uma postura bem diferente da que eu pude perceber nas outras turmas até então: mais firme, com o tom de voz mais elevado, sem o ar de descontração que era possível perceber ser característico dele. Ele fez a chamada depois que os alunos voltaram do intervalo, escreveu o roteiro da aula no quadro (que envolvia finalizar a explicação do conteúdo e fazer a lista 2, com prazo para marcar no controle até o dia seguinte) e marcou o teste para o dia 11/08. Chamou minha atenção que, diferentemente das outras turmas, o professor G não abriu para debate a data do teste, apenas informou-a aos alunos.

Nesta turma, o professor precisou ficar pedindo silêncio a todo momento, além de pedir que alguns estudantes guardassem o celular. Os meninos conversavam mais alto, mas um pequeno grupo de meninas também estava falando bastante. Mesmo quando o professor pedia silêncio, os alunos baixavam o tom de voz, mas conversas paralelas continuaram acontecendo.

O professor G estava começando a explicar o conteúdo no quadro quando, neste momento, a coordenadora pedagógica L entrou na sala, com uma postura muito firme e disse “*Alguém tem alguma coisa para me dizer?*”, mas a turma permaneceu em silêncio absoluto. Ela falou “*então tá bom*” e saiu da sala. O professor G comentou “*mais uma que vocês aprontam*”. Após esse episódio, o professor G seguiu a aula naturalmente, mas alguns alunos ficaram comentando este fato.

O tema desta aula era potência dissipada em um resistor. A maioria dos estudantes estava copiando o conteúdo do quadro, mas alguns continuavam no celular, ignorando completamente o andamento da aula. O professor começou falando sobre potência de uma forma mais geral, dizendo que era a taxa de consumo de energia em função do tempo, mas que na eletrodinâmica utilizaríamos mais uma equação que relaciona as características de um circuito elétrico:  $P=i.U$ . Depois, ele explicou que a partir da 1ª Lei de Ohm, era possível chegar em outras duas relações úteis:  $P=i^2.R$  e  $P=U^2/R$ . A ideia do professor G era apenas apresentar as equações, mas uma aluna ficou curiosa sobre como chegar nelas a partir da 1ª Lei de Ohm, então o professor se voltou a ela e mostrou-a as deduções. Como o professor, neste momento, se dirigiu mais particularmente a esta aluna, para responder à sua pergunta, quase todos os outros estudantes se dispersaram e começaram a conversar em um tom de voz mais elevado. Quando o professor G pediu silêncio à turma, os alunos voltaram a prestar atenção na aula, de forma que dois deles se assustaram com os cálculos no quadro e perguntaram o que o professor estava fazendo. Ele explicou que estava apenas mostrando como chegar nas equações da potência em função da resistência, mas que não era necessário saber aqueles passos.

O professor G levou cerca de quinze minutos para explicar esse conteúdo sobre potência elétrica. Após a exposição, ele resolveu os mesmos dois exercícios como exemplos que havia resolvido mais cedo na turma 300. Nesse momento, a maior parte da turma estava concentrada na explicação, prestando atenção e copiando as resoluções – eles sabiam que posteriormente teriam que entregar esses exercícios. Pude ouvir, entretanto, enquanto o professor explicava a resolução do primeiro exemplo, uma aluna comentar baixinho com suas amigas sobre os exercícios “*ninguém quer saber disso*”. Apesar desse comentário, ela estava copiando o que o professor escrevia no quadro.

Quando o professor G terminou de resolver o primeiro exemplo e ia começar a resolver o segundo, os estudantes se dispersaram novamente; o professor precisou pedir algumas vezes para que os alunos fizessem silêncio. Mais uma vez, alguns alunos, em especial os meninos,

continuaram conversando, apenas em um tom de voz mais baixo. Um dos alunos que estava sentado neste grupo pegou seu caderno e um lápis e mudou de lugar, sentando-se mais próximo ao quadro, demonstrando que queria prestar atenção nas explicações do professor, mas não estava conseguindo devido às conversas paralelas de seus colegas.

Durante a resolução do segundo exemplo, uma aluna teve um pensamento em voz alta “*eu vou passar na faculdade sem saber transformar de quilograma para grama*”. O professor G escutou este comentário, então ele parou de fazer o exercício para abrir um parêntese e revisar com os estudantes essa transformação de unidades. Após terminar de resolver esse exemplo, ainda havia 35 minutos de aula; assim, o professor liberou esse tempo para os estudantes trabalharem e resolverem a lista 2.

Entretanto, diferentemente da turma 300, a maioria dos estudantes da turma 301 não utilizou esse tempo disponibilizado pelo professor para fazer os exercícios. Muitos deles ficaram apenas conversando e mexendo no celular. Infelizmente, um hábito que os alunos fortaleceram durante a pandemia é copiar as resoluções dos exercícios uns dos outros ou da internet. Por isso, se não há por parte dos estudantes um interesse genuíno pela aprendizagem do conteúdo, eles ignoram essas atividades que deveriam realizar. Em meio a essas conversas casuais, um estudante se dirigiu ao professor perguntando se este sabia como funcionava e o que era necessário para que um estudante fosse expulso da escola. Ele perguntou isso com uma ponta de apreensão, visto que havia sido suspenso recentemente. O professor não soube responder à pergunta.

Eu estava circulando pela sala, a fim de auxiliar os alunos com os exercícios, mas poucos estavam de fato fazendo. Respondi algumas dúvidas, mas consideravelmente menos do que na turma 300. Dentre o grupo dos meninos, apesar de conversarem bastante, havia alguns alunos que estavam trabalhando, de forma vagarosa, mas estavam fazendo.

Quase no final da aula, três meninas foram sair da sala sem avisar o professor G; ele viu, as chamou de volta e disse: “*vocês não podem sair assim como se nada estivesse acontecendo*”. Elas retornaram, e o professor perguntou aonde elas estavam indo. Cada uma das três meninas disse que ia em um lugar diferente (banheiro, coordenação e cantina), e então o professor disse que elas poderiam ir, mas uma de cada vez.

Quando a primeira menina que saiu voltou para a sala de aula, ela disse que um colega da turma estava na coordenação e que a coordenadora pedagógica L estava furiosa. Nesse

momento, o grupo dos meninos começou a falar o porquê de a coordenadora L estar furiosa (e ter entrado na sala anteriormente buscando explicações): alguns deles estavam matando aula para dormir em algum lugar da escola em que não é permitida a entrada de alunos. Mais uma vez, a coordenadora L entrou na sala de aula, e de forma bastante enérgica disse: “*o grupo de alunos que fez o que vocês sabem passa na minha sala*”, e saiu. Imediatamente, a postura dos estudantes mudou: antes, eles estavam achando graça, contando o acontecido como se não fosse relevante, desdenhando da situação; depois da nova entrada da coordenadora, eles ficaram mais sérios, aparentando até mesmo um certo constrangimento por terem sido descobertos e receio pelo que poderia acontecer. O sinal para o intervalo soou, o professor G organizou seu material e nós saímos da sala de aula da 301 em direção à sala dos professores. Não soube o desfecho dessa história.

Foi muito interessante assistir a essa aula logo em seguida da aula da turma 300, pois pude perceber que os perfis das duas turmas são completamente diferentes e, portanto, as atitudes do professor G também o são. Enquanto a turma 300 é mais imatura, mas também mais disciplinada e focada nos estudos, a turma 301 é o oposto de tudo isso. Achei importante reparar em como o professor já possui uma postura diferenciada para as duas turmas: enquanto na 300 ele é mais descontraído e tolerante, na turma 301 ele precisa ser mais rigoroso e firme. Serviu como lição para entender que a conduta de um professor está muito condicionada ao comportamento da turma; uma turma mais leve pode ter um professor mais flexível, enquanto uma turma mais complicada necessita de um professor mais rígido.

### **Observação 5**

**Data:** 07/07/2022

**Ano:** 2º ano    **Turma:** 201

**Horário:** das 10h55min às 12h20min (2 horas-aula).

**Assunto da aula:** Resolução de exercícios (transformações gasosas e 1ª Lei da Termodinâmica)

**Estudantes presentes:** 30 (13 meninas e 17 meninos)

Chegamos na sala da turma 201, e a primeira coisa que me chamou a atenção foi a organização das classes. Diferentemente das outras turmas, e até mesmo de como era no período em que eu trabalhei na escola, em que as classes eram organizadas em fileiras de duplas, agora

as classes estavam organizadas em grupos de quatro, de forma que dois estudantes se sentavam de frente para outros dois, e todos os estudantes estavam de lado para o quadro. Eu achei interessante, pois assim facilita o trabalho em grupo (apesar de facilitar a conversa também).

O professor G iniciou fazendo a chamada. Depois, escreveu o roteiro no quadro e conversou com os alunos sobre a data do teste. Assim como nas outras turmas (exceto na 301), o professor disponibilizou algumas datas, deixando livre para a turma se decidir por alguma delas. Ele apontou que o teste poderia ser realizado antes ou depois do recesso, mas que se fosse depois, ele cobraria mais conteúdo na avaliação. Enquanto nas outras turmas o consenso foi atingido rapidamente, na turma 201 foi bem mais complexo. Um grupo de alunos preferia que o teste fosse realizado antes do recesso, pois abrangeeria menos conteúdos, mas outro grupo preferia que fosse depois do recesso, para adiar mais a avaliação. Estudantes desses dois grupos tentavam convencer uns aos outros de suas ideias, sem muito sucesso. Para dar conta dessa confusão, o professor G decidiu fazer uma votação. Após muito debate, a maioria da turma votou por fazer o teste no dia 11/08, após o recesso, diferenciando-se das outras duas turmas de segunda série, que optaram por datas antes do recesso.

Passada essa discussão fervorosa sobre a data do teste, que durou cerca de quinze minutos, o professor G liberou o resto da aula para que os estudantes pudessem fazer a lista 2, sobre termodinâmica. A maioria dos alunos utilizou o tempo de fato para fazer a lista; estavam bastante concentrados, trabalhando nos grupos e tirando dúvidas. Tanto o professor G quanto eu fomos bastante solicitados pelos alunos para esclarecer as dúvidas. Fiquei com um misto de sensações devido a isso: sensações positivas pelo fato de estarem fazendo os exercícios e perguntando aquilo que não entendiam, além de demonstrarem sentir falta da minha presença em sala de aula, em especial nesses momentos de trabalho; mas também sensações negativas de que tantas perguntas, às vezes concentradas dos mesmos estudantes, passavam a impressão de uma certa preguiça dos alunos de pensar sobre as questões e associar com o conteúdo visto, de que era mais fácil perguntar para mim ou para o professor já que nós “mastigávamos” os exercícios para eles. Não sei dizer se essas sensações têm fundamento, mas em alguns momentos essas percepções surgiam em mim.

Apesar disso, também pude perceber um outro comportamento oposto: embora a maioria da turma estivesse realmente trabalhando, alguns alunos estavam, sem tentar esconder ou disfarçar, copiando as resoluções dos exercícios de outros colegas ou da internet. Como havia comentado no relato anterior, da turma 301, a cópia dos exercícios tornou-se prática

rotineira entre alguns estudantes durante a pandemia e o ensino remoto, e infelizmente persistiu mesmo com o retorno do ensino presencial. Além disso, havia também alguns alunos que estavam jogando no celular, ou seja, sem nem mesmo se preocupar em conseguir a nota de controle.

Após o meio-dia, a turma começou a se dispersar um pouco. Poucos estudantes continuaram fazendo os exercícios, e muitos que antes estavam trabalhando passaram a conversar. Pude perceber que o professor G não se importou, só pediu para os alunos não falarem muito alto para não atrapalhar a turma ao lado. Quando faltavam cerca de cinco minutos para o final da aula, a maioria dos estudantes já estava até com as mochilas nas costas. O professor esperou mais um pouco, e então os liberou para irem embora.

Me chamou a atenção nessa turma que há alunos de todos os tipos: os bem interessados e que compreendem a matéria rapidamente, de forma que resolvem todos os exercícios imediatamente; os bem interessados, mas que apresentam maiores dificuldades, e por isso precisam de um auxílio maior no momento de resolver as questões; os que não estão interessados no conteúdo, mas se preocupam em entregar a atividade, e por isso copiam dos colegas; os que não estão interessados no conteúdo e também não estão interessados na nota, apenas ignorando a existência de uma atividade a ser realizada e aproveitando o momento para se divertir no celular. Me interessou também a postura do professor G com respeito a essa diversidade: era uma batalha perdida ficar insistindo que os desinteressados fizessem a atividade; por isso ele investiu seu tempo em auxiliar aqueles que tinham dúvidas e gostariam de saná-las – e eram vários alunos, tanto que nem ele e nem eu paramos um minuto de ajudá-los.

### **Observação 6**

**Data:** 08/07/2022

**Ano:** 2º ano **Turma:** 202

**Horário:** das 10h05min às 11h40min (2 horas-aula) (10min de intervalo: 10h45min – 10h55min).

**Assunto da aula:** Resolução de exercícios (transformações gasosas e 1ª Lei da Termodinâmica)

**Estudantes presentes:** 14 (11 meninas e 3 meninos)

Chegamos à sala da turma 202, e instantaneamente os estudantes pegaram seus materiais de Física e começaram a resolver a lista de exercícios 2 (sobre transformações gasosas e 1ª Lei da Termodinâmica), mesmo sem que o professor pedisse. O professor G já havia avisado na aula anterior, e reforçou assim que entrou na sala, que esses dois períodos seriam destinados à resolução da lista. Alguns estudantes já haviam resolvido todos os exercícios, por isso pediram para que o professor G registrasse no controle. Estes alunos que já haviam finalizado ficaram fazendo outras coisas, como mexer no celular, ler, fazer atividades de outras disciplinas. Apenas um ou outro aluno estava distraído fazendo outras coisas sem ter terminado os exercícios. Eu e o professor G ficamos circulando pela sala para auxiliar os estudantes que tivessem alguma dúvida.

Assim como nas outras turmas, os questionamentos eram muito semelhantes. As dúvidas que os estudantes tinham giravam sempre em torno dos sinais que deveriam ser usados em cada termo da 1ª Lei da Termodinâmica – em especial do trabalho, caracterizando a expansão ou a compressão do gás – além da falta de atenção com as unidades nos eixos dos gráficos, já que em quase todos os exercícios apareciam potências de 10 que precisavam invariavelmente ser levadas em consideração no momento de escrever a equação e fazer os cálculos.

Eu aproveitei que essa era uma aula apenas de resolução de exercícios e perguntei ao professor G se eu poderia utilizar alguns minutos para aplicar o questionário de atitudes perante a Física (ver Anexo A). Ele disse que sim, e ficamos pensando em que momento seria mais adequado. Como os estudantes estavam bem concentrados fazendo a atividade, concordamos que seria melhor aplicá-lo logo após o intervalo que divide os dois períodos de Física. Assim, não correríamos o risco de os alunos se dispersarem e não retornarem mais a atenção à lista. Após esse combinado, continuei auxiliando os estudantes até o sinal para o intervalo tocar.

No retorno à sala, o professor G anunciou para a turma que eu iria falar um pouquinho sobre o motivo de eu estar ali, antes que eles voltassem a resolver os exercícios que estavam fazendo. Apesar de já haver explicado brevemente a alguns estudantes que haviam me perguntado, comecei falando que estava de volta à escola, mas não na mesma condição de antes, e para ficar apenas um período bem estabelecido. Falei que estava no último semestre da graduação em Licenciatura em Física, e para me formar, eu precisava realizar um estágio. Nesse estágio, parte do tempo seria apenas de observação das turmas – que era o que eu estava fazendo naquele momento – e outra parte seria de regência, ou seja, eu assumiria a turma e ministraria

as aulas. Pela primeira vez, contei a eles que a turma 202 tinha sido a minha escolhida – em comum acordo com o professor G e a coordenadora pedagógica L – para a regência. “*Tu vai dar aula pra gente?!*”, uma aluna perguntou; quando eu respondi que sim, os alunos demonstraram ficar bastante alegres. Apesar de ter trabalhado durante mais de dois anos do Colégio Província, eu nunca havia dado nenhuma aula “oficial” para nenhuma turma, então seria uma experiência nova para eles e, principalmente, para mim.

Continuando, eu disse que gostaria de construir uma unidade didática que fosse interessante para eles, tanto do ponto de vista de conteúdos quanto de metodologias. Para isso, eu iria propor a eles um questionário para entender, dentre outras coisas, o que eles mais/menos gostam na Física, o que eles têm curiosidade de estudar, o que eles têm mais dificuldade, o que eles gostariam que tivesse mais nas aulas. Assim, com base em suas respostas, eu poderia tentar adequar o conteúdo programático às necessidades e aos desejos deles; por isso, pedi que fossem sinceros e que respondessem às perguntas de forma completa. Distribuí o questionário, e enquanto eles o preenchiam, fiquei conversando com o professor G sobre os tópicos que eu abordaria na minha unidade didática (dentro da temática ondulatória) e também sobre o melhor dia para iniciar a regência. Acabamos decidindo pelo dia 12/08. Os alunos levaram em torno de dez minutos para finalizar o questionário, e conforme eles iam acabando, foram retornando à resolução da lista de exercícios.

Uma aluna pegou sua cadeira e sentou-se à mesa do professor junto dele, para tirar dúvidas; mas ela não tinha dúvidas pontuais, ela precisava basicamente de uma revisão de todo o conteúdo de Termodinâmica. Sendo assim, o professor G focou sua atenção em auxiliá-la, fazendo inclusive pequenos resumos no quadro-branco, enquanto eu continuei circulando pela sala como antes, ajudando alguns estudantes que ainda estavam fazendo a lista. Nesse momento, menos alunos estavam precisando de apoio, pois mais alguns já estavam concluindo os exercícios. Quando faltavam apenas dez minutos para o final do período, quase todos os estudantes já haviam terminado e mostrado para o professor G, para que ele pudesse fazer o registro no controle. Dessa forma, a turma se dispersou um pouco, mas sem fazer bagunça, e os estudantes ficaram conversando ou usando o celular. Eu e o professor G ficamos apenas esperando dar o sinal para que pudéssemos nos despedir da turma.

É muito agradável trabalhar nessa turma. É uma turma menor, e os estudantes são, na quase totalidade, muito interessados e dedicados. Mesmo para uma escola privada, de elite, é uma turma fora da curva. Por isso mesmo a escolhi para ser minha turma de regência, por saber

que as minhas propostas seriam bem aceitas, e que eles iriam contribuir da melhor forma possível para que minha unidade didática se desenvolvesse muito bem.

Um ponto que parece óbvio, mas nesta aula em especial me chamou bastante a atenção, é o quanto uma segunda pessoa (um professor auxiliar, monitor ou estagiário) pode ser relevante para a aprendizagem dos estudantes. Principalmente neste último momento, em que uma aluna se sentou junto ao professor, isso ficou bem claro, porque se eu não estivesse ali, ele teria que optar por ignorar parcialmente o resto da turma para atendê-la, ou não proporcionar a ela esse momento particular importantíssimo para sanar suas dúvidas. Em ambos os casos, alguém ficaria negligenciado, não por culpa do professor, mas pelo simples fato de ser uma pessoa só. É claro que essa é uma realidade utópica para a grande maioria das escolas, em que muitas vezes não há nem sequer um professor, quem dirá dois; contudo, é interessante repararmos como um investimento maior em educação é fundamental para a qualidade da aprendizagem dos nossos estudantes.

### **Observação 7**

**Data:** 13/07/2022

**Ano:** 2º ano    **Turma:** 202

**Horário:** das 9h25min às 10h05min (1 hora-aula).

**Assunto da aula:** Revisão para o teste

**Estudantes presentes:** 13 (10 meninas e 3 meninos)

Chegamos à sala da turma 202, e nem bem entramos na sala uma aluna já me perguntou: “*tu que vai nos dar aula hoje, sora?*”, aparentando estar bastante animada com essa possibilidade. Respondi que ainda não, que eu só começaria a regência após o recesso. Enquanto o professor G organizava seu material para começar a aula, eu circulei um pouco pela sala para cumprimentar os alunos e conversar com eles. Um grupo de estudantes dialogava sobre o jogo *The Sims*, e por eu ter jogado muito esse jogo quando era mais nova, ingressei na conversa. Rimos bastante falando sobre coisas estranhas (“*bugs*”) que costumam acontecer nesse jogo.

Passados esses minutos iniciais de descontração, o professor G iniciou a aula fazendo a chamada. Posteriormente, como esse era o último período de aula antes do teste, o professor reservou esse momento para fazer uma revisão do conteúdo, indicando os pontos mais relevantes, e para falar um pouco como seria a prova.

Conforme ele ia relembando todos os tópicos que foram vistos desde o começo do trimestre, ele foi montando no quadro uma espécie de mapa mental (Figura 1). Assim, ele organizou o conteúdo em tópicos, de maneira a facilitar o estudo por parte dos alunos. A cada novo tópico, ele explicava os conceitos principais e as equações, destacando o que os estudantes precisariam lembrar no momento da prova. Ele também ia associando cada ponto com algum exercício que foi resolvido em aula, como exemplo ou como parte das listas.

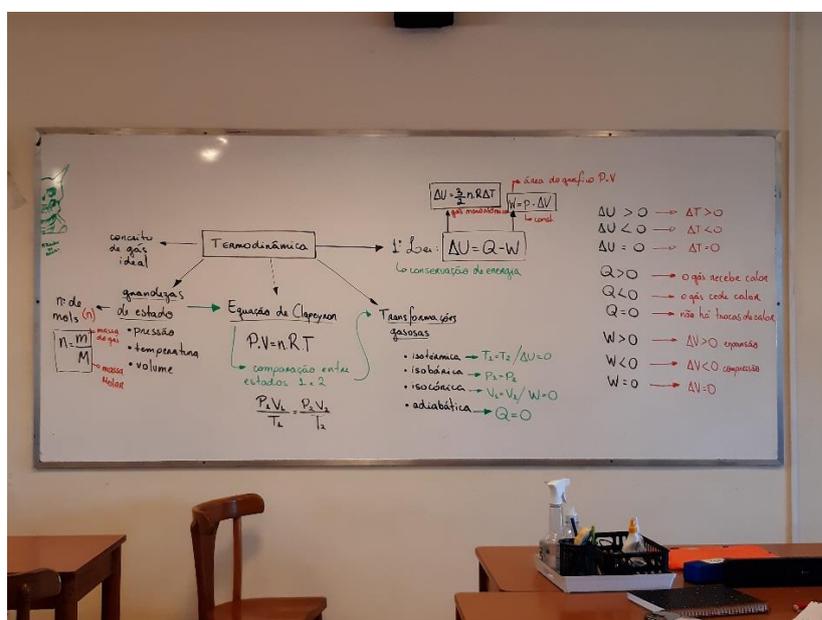


Figura 1: mapa mental de revisão para o teste.

Depois de finalizar a revisão do conteúdo, o professor G começou a falar mais especificamente sobre o teste. Essa é uma característica dele: sempre antes de uma prova, ele fala, em linhas gerais, qual tópico será cobrado em cada questão. Eu acho uma estratégia bem interessante, pois assim os alunos conseguem direcionar melhor seus estudos, além de se tranquilizarem um pouco a respeito da avaliação. Além disso, ele foi ressaltando, ao longo desse mapeamento das questões, conceitos que os estudantes necessariamente precisariam saber, como por exemplo o que significa uma transformação isotérmica / isobárica / isovolumétrica / adiabática.

Durante toda a fala do professor G, os alunos ficaram em silêncio absoluto, muito concentrados em anotar todos os detalhes que ele escrevia e falava. Eles também aproveitavam para fazer perguntas, em especial sobre o tipo de questão que o professor poderia cobrar na prova. Uma aluna perguntou se era preciso decorar o valor da constante universal dos gases; o professor G respondeu que não, que se o valor fosse necessário em alguma questão, ele forneceria o valor. Outra pergunta que os estudantes fizeram várias vezes foi que tipo de conteúdo ele cobraria na questão conceitual e dissertativa. Essa é uma característica das provas do professor G: ele sempre finaliza com uma questão dissertativa mais conceitual, que envolve a compreensão de algum fenômeno físico, fugindo um pouco das questões mais tradicionais, voltadas apenas para cálculos e aplicações de equações.

Foi muito interessante ver que, ao longo das explicações do professor G, foram surgindo algumas dúvidas, mas que os próprios colegas se antecipavam e respondiam. Isso me chamou a atenção porque, primeiramente, indica uma unidade na turma, em que os estudantes entendem que é melhor e mais eficiente aprender em conjunto do que sozinhos; além disso, demonstra que a turma como um todo estava muito atenta a tudo que estava acontecendo em sala de aula, desde as explicações do professor, até comentários dos colegas de classe.

### **Observação 8**

**Data:** 13/07/2022

**Ano:** 2º ano **Turma:** 200

**Horário:** das 10h05min às 11h40min (2 horas-aula) (10min de intervalo: 10h45min – 10h55min).

**Assunto da aula:** Teste do 2º trimestre

**Estudantes presentes:** 22 (6 meninas e 16 meninos)

Nesses dois períodos foi aplicado o teste do segundo trimestre na turma 200. Quando chegamos à sala da turma, uma aluna brincou, fechando a porta, dizendo que não nos deixaria entrar para que não houvesse teste. Assim que eu e o professor G entramos na sala, começamos a organizar as classes em filas, de forma a espaçá-las pela sala (em geral, as classes ficam organizadas em duplas ou em fileiras horizontais que atravessam a sala).

Alguns alunos utilizaram os minutos antes de a prova começar para ir ao banheiro e pegar água. Além disso, aproveitaram para tirar as últimas dúvidas; como aconteceu nas aulas de resolução da lista 2, as principais perguntas eram sobre o sinal do trabalho, em que o sinal positivo significa expansão e o sinal negativo, compressão. Quando todas as classes estavam organizadas, o professor G pediu que os estudantes guardassem todo o material, inclusive estojo, deixando sobre a mesa apenas lápis, borracha e caneta. Além disso, pediu que os celulares fossem deixados sobre a mesa do professor. Após cerca de dez minutos do início do período, os alunos estavam finalmente organizados para iniciar o teste. Assim, eu e o professor G distribuimos as provas e os desejamos boa sorte.

O professor G auxiliava, em certo nível, os estudantes que faziam perguntas durante a prova. Ele era bem prestativo nesse sentido. Claro, ele não ajudava a resolver toda a questão do zero, mas ele dava algumas dicas para que os estudantes conseguissem pensar e talvez relembrar o que era necessário para fazer a questão. Como eu percebi que o professor estava dando algumas dicas, eu passei a circular pela sala para auxiliá-los, se necessário.

Uma aluna perguntou o valor da constante universal dos gases, e o professor G o escreveu no quadro. Ele colocou dois valores, que mudavam de acordo com as unidades utilizadas. Essa foi justamente a pergunta que um estudante me fez: *“por que tem dois valores?”*, e eu apenas respondi que dependia das unidades. Ao circular pela sala, observando as provas dos estudantes, percebi que muitos estavam esquecendo de converter as unidades de temperatura, de Celsius para Kelvin. Além disso, precisei ajudar alguns alunos com cálculos matemáticos, inclusive relembrando a tabuada. Essa é mais uma sequela que infelizmente ficou do ensino remoto: os alunos perderam algumas habilidades matemáticas, como fazer contas no papel, porque em casa eles só usavam calculadora. Como resultado, eles não sabiam mais (ou não lembravam) principalmente como fazer divisão. Se houvesse um número decimal, então, a situação só piorava.

Circulando pela sala, percebi um estudante escondendo o celular na cadeira, entre as pernas. Provavelmente estava colando, pois não haveria outro motivo para o uso do celular naquele momento. Pedi que me entregasse o aparelho; ele tentou argumentar, dizendo que não estava usando, mas eu insisti para que me entregasse. *“Se tu não está usando, não vai fazer diferença ele ficar comigo”*, afirmei. Então, sem ter o que dizer, ele me entregou o celular, e eu o coloquei sobre a mesa do professor, junto com os outros aparelhos. Fiz tudo isso discretamente, para não constranger o aluno perante os colegas.

Alguns alunos da turma ao lado estavam no corredor conversando alto. Os estudantes da turma 200 começaram a se incomodar e se distrair, pois com o barulho não conseguiam mais se concentrar no teste. O professor G precisou sair da sala e pedir que eles fizessem silêncio ou fossem para outro lugar, já que a nossa turma estava em prova e precisava de um ambiente tranquilo. Os alunos respeitaram o pedido do professor e foram para outro lugar. Enquanto isso, eu continuei circulando pela sala, de olho nos estudantes e em suas provas. Mais de um aluno me fez a mesma pergunta, sobre uma questão que envolvia um gráfico pressão x volume, e fazia uma pergunta relacionada à temperatura. Disse para ambos que, infelizmente, eu não poderia falar nada a respeito dessa questão, porque qualquer coisa que eu falasse seria demais e quase responderia o exercício.

Uma aluna me chamou até a sua classe e começou a dizer que não tinha estudado para o teste, pois em agosto iria para um intercâmbio no Canadá e não iria terminar o ano letivo aqui. Por isso, ela passou o tempo todo do teste desenhando na prova, nem tentou resolver as questões. Outro estudante – o mesmo que eu flagrei com o celular escondido – disse que só havia estudado a parte conceitual, e não os cálculos, e perguntou o que poderia fazer. Acredito que ele tinha se planejado para colar os exercícios da internet, e depois que eu tirei o celular dele, ele ficou sem rumo. Eu disse que agora não poderia ajudá-lo, visto que, mesmo que ele chutasse as questões de cálculo e acertasse, o desenvolvimento era necessário para que o professor considerasse a questão como certa. Ele aparentava estar bastante triste, mas realmente, naquele momento não havia nada que eu pudesse fazer. Disse a ele que o importante era que, a partir daquele momento, já que ele tinha consciência de que não estava preparado para aquela avaliação, ele começasse a fazer as atividades e estudar mais para se preparar para o prova trimestral, que ocorreria no final de agosto. Ele aceitou meu conselho, mas continuou cabisbaixo, sem tentar avançar na resolução do teste.

Algo que aconteceu durante todo o tempo foi alunos pedindo para que eu olhasse a resolução que eles estavam fazendo de alguma questão e dissesse se eles estavam no caminho certo ou não. Para todos que me perguntaram isso, eu respondi a mesma coisa: que não poderia dizer nada sobre isso. Eles ficavam chateados quando eu respondia isso, mas no fundo eles sabiam que eu não poderia dizer; apesar disso, eles tentavam.

Uma aluna, que é bastante conhecida entre os professores por ficar bastante nervosa, chorar muito facilmente quando o assunto é avaliações e notas, e ser bastante dramática, sempre dizendo que vai ir mal, independente do quanto ela estude, finalizou a prova feliz porque havia

conseguido resolver todas as questões. Ela inclusive contou, rindo, que havia tomado um calmante fitoterápico antes da prova, para tentar ficar mais tranquila, e disse que tinha a impressão de que havia ajudado. Aliás, no primeiro dia que eu retornei ao Colégio, essa aluna me contou, bastante feliz, que estava estudando muito; me mostrou seu caderno de Física, que estava todo completo, com todos os conteúdos, resumos e exercícios feitos. Fiquei bem feliz por ela, principalmente por saber que ela tem potencial, mas precisava apenas se dedicar um pouco mais.

Quando faltavam apenas dez minutos para o fim dos períodos, ainda restavam dois estudantes fazendo a prova. Como os alunos não tiveram o intervalo entre os dois períodos, o professor G deixou os estudantes saírem da sala quando terminassem o teste, desde que não fizessem muito barulho para não atrapalhar as outras turmas. Isso era bom, também, para que os alunos não ficassem conversando na sala de aula, atrapalhando os colegas que ainda estavam fazendo a prova.

Enquanto esses dois estudantes terminavam a avaliação, e quase toda a turma estava fora da sala, duas alunas insistiram muito para que o professor G dissesse quais eram as respostas de cada questão. No começo ele relutou, mas foi vencido pelo cansaço; ele não falava as respostas, apenas apontava em uma prova em branco, para que os dois estudantes que ainda estavam fazendo as questões não ouvissem. Ao final, as duas alunas ficaram um tanto quanto chateadas, pois achavam que haviam apresentado um desempenho melhor. Uma delas reclamou para mim, posteriormente, que havia errado todas as questões conceituais, e que o professor G havia cobrado nas listas apenas questões de cálculo, de forma que ela não conseguiu se preparar bem para esse tipo de pergunta.

Ao final do período, havia apenas uma estudante ainda com o teste. Ela parecia bastante aflita, pois não conseguia terminar a última questão. O professor G, então, olhou para mim e disse baixinho: *“vai lá ajudar ela”*. Cheguei próxima a ela e, sem dizer explicitamente o que ela deveria fazer, fui fazendo perguntas para que, com base nas respostas, ela conseguisse traçar o caminho que deveria seguir para resolver a questão. Dessa forma, consegui auxiliá-la a chegar ao resultado final; quando ela terminou, ela deu um suspiro de alívio tão grande, que foi um alívio para mim também ter podido ajudá-la. No fim, eu brinquei com o professor G, sem que os estudantes pudessem ouvir: *“metade da pontuação dessa questão é minha”*, disse rindo.

Foi uma experiência interessante acompanhar o teste na turma 200. Primeiramente porque é uma turma que historicamente tenta (e normalmente consegue) colar, e não foi

diferente dessa vez, por isso, era preciso estar sempre muito atenta. Em segundo lugar, porque é uma turma bastante heterogênea, há alunos muito dedicados e outros que não dão importância para nada, e isso se manifestou também ao longo da avaliação.

Mas com certeza o que mais me chamou a atenção foi a quantidade de perguntas que os estudantes fizeram durante a prova. Eu não sei se eu concordo com essa política de auxiliar os alunos, mesmo que parcialmente. Acredito que o grande problema, nesse caso, seja: como se estabelece o limite sobre o que se pode falar e o que não se pode? Será que não é injusto dar algumas informações a alguns estudantes, e negar outras a outros alunos? Além disso, os estudantes vão testando o quão tolerante o professor é, de forma que eles perguntam tudo, o que o professor responder é lucro. Vale ressaltar também que houve aulas destinadas à resolução de exercícios das listas, e nessa turma em especial muitos estudantes não aproveitaram bem esse tempo; porém durante a prova, surgiram todas as dúvidas possíveis. Não sei responder a esses questionamentos, foi algo que eu fiquei pensando e não consegui chegar a uma conclusão; teria que refletir bastante sobre isso no momento que eu me tornasse professora.

### **Observação 9**

**Data:** 15/07/2022

**Ano:** 2º ano **Turma:** 202

**Horário:** das 10h05min às 11h40min (2 horas-aula) (10min de intervalo: 10h45min – 10h55min).

**Assunto da aula:** Teste 2º Trimestre

**Estudantes presentes:** 13 (10 meninas e 3 meninos)

Nesta aula estava marcado o teste da turma 202. Quando chegamos à sala, uma aluna nos disse, em tom de brincadeira: *“eu sei onde vocês moram”*. Aparentemente o pessoal do segundo ano gosta de fazer piadas nesse sentido. Ao entrarmos na sala, a primeira coisa que o professor G fez foi largar seu material sobre a sua mesa e escrever no quadro os valores de R, a constante universal dos gases. Logo depois disso, eu e o professor organizamos as classes para que os estudantes ficassem mais distantes uns dos outros. Nessa turma, isso foi mais fácil do que na 200, pois havia uma quantidade significativamente menor de alunos. O professor

pediu que os estudantes guardassem o material, e só deixassem lápis, borracha e caneta sobre a mesa. Quando os alunos já estavam organizados, eu e o professor G distribuimos as provas.

Essa turma é bem mais tranquila que a turma 200, então o professor nem pediu para que os estudantes deixassem seus celulares sobre a sua mesa. Além disso, o cuidado para evitar a cola era praticamente dispensável, já que era perceptível que os estudantes não tentariam isso, nem se possível. Essa característica da turma ficou visível quando o professor G, após distribuir as provas aos estudantes e se certificar de que todos estavam concentrados na resolução do teste, sentou-se em sua cadeira e começou a ler um livro que havia trazido em sua mochila. Esporadicamente ele observava um pouco a turma, mas como tudo continuava tranquilo, ele voltava a sua leitura.

Duas estudantes pediram ao professor para irem ao banheiro (em momentos distintos, não simultaneamente), e o professor permitiu. Enquanto isso, uma aluna me chamou até sua classe para perguntar qual era a relação entre massa e massa molar de um gás. O que ela queria saber era a equação  $n = \frac{m}{M}$ , onde  $n$  é o número de mols,  $m$  é a massa total e  $M$  é a massa molar de uma substância. Como isso fazia parte do conteúdo e os estudantes deveriam saber para o teste, disse a ela que não poderia responder a essa pergunta.

Em dado momento, o professor guardou seu livro e passou a circular pela sala. Ele até brincou com os alunos, como se estivesse procurando colas escondidas, para descontrair o ambiente mais pesado de uma prova. Nesse momento, uma estudante chamou o professor, dizendo que havia terminado o teste. Havia se passado menos de um período (40 minutos) do início da prova, o que talvez não fosse um bom sinal. Entretanto, cerca de dez minutos depois, mais algumas alunas também finalizaram e entregaram o teste ao professor.

Mesmo depois de estas estudantes terem entregado o teste, alguns alunos começaram a perguntar sobre a mesma questão: nela havia um gráfico, contudo, por falha de impressão, a imagem não estava nítida, e não era possível ter clareza das unidades expressas nos eixos do gráfico. Por esse motivo, o professor G conferiu o gráfico no computador, e o desenhou no quadro, destacando quais eram as unidades que não estavam visíveis na impressão. Dois aspectos me chamaram a atenção aqui: o primeiro é que foram três estudantes que questionaram isso praticamente ao mesmo tempo, dando a entender que a turma estava resolvendo a prova em um ritmo semelhante; já o segundo é que nenhuma das meninas que finalizaram a prova rapidamente perguntou sobre isso, talvez corroborando minha ideia de que não fizeram o teste com tanto empenho.

Quando faltava cerca de meia hora para o final dos períodos, a maior parte da turma já havia finalizado a prova. Como os estudantes não tiveram o intervalo de dez minutos entre um período e outro, o professor G liberou os alunos para que eles fossem à cantina da escola, ou se sentassem no “mesão” do lado de fora da sala para lanchar. Alguns estudantes, entretanto, preferiram ficar na sala de aula, usando o celular ou o computador.

Cerca de quinze minutos antes do período acabar, duas alunas que estavam do lado de fora da sala me chamaram. Elas fazem parte do Grêmio Estudantil da escola, e estavam planejando colocar uma caixa grande de madeira na estrada da escola onde as pessoas pudessem descartar papel, que seria posteriormente destinado à reciclagem. Elas me pediram ajuda para estimar quantos quilogramas de papel caberiam na caixa, já que a empresa de reciclagem com a qual entraram em contato só recolhia acima de uma determinada quantidade. Eu as auxiliiei, usando dados como o volume da caixa e a gramatura do papel. Após essa discussão, conversamos sobre outras ações do grêmio estudantil, que está sendo bem ativo este ano na escola, propondo várias atividades, especialmente de cunho social.

Não pude ver o final do teste dentro da sala, já que estava do lado de fora ajudando as meninas. Porém, diferentemente da turma 200, todos os estudantes finalizaram a prova antes do fim do período. Com certeza o que mais chama a atenção nessa turma é a maturidade que eles têm, possibilitando uma relação de muita confiança com o professor. O fato de ele ter levado um livro para ler, pois sabia que não precisaria se preocupar em ficar fiscalizando os alunos durante a prova, é um retrato muito claro disso. Seria muito legal se todas as turmas fossem assim. Além disso, os estudantes quase não fizeram perguntas durante a avaliação, em um contraste claro com a turma 200; praticamente só o fizeram quando foi extremamente necessário, como no caso do gráfico ilegível. Isso também demonstra que a turma compreende melhor o caráter de uma prova como uma avaliação individual e sem consulta.

### **Observação 10**

**Data:** 03/08/2022

**Ano:** 2º ano    **Turma:** 202

**Horário:** das 8h25min às 9h10min (1 hora-aula)

**Assunto da aula:** Transformações cíclicas

**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

Quando estávamos chegando à sala da turma 202, o professor G parou no corredor para conversar com o professor de Filosofia; essa conversa durou cerca de três minutos. Enquanto isso, eu entrei na sala e me sentei em uma classe que estava desocupada. Quando o professor G terminou sua conversa com o professor de Filosofia e entrou na sala, vários alunos foram ao encontro dele, perguntando se ele havia corrigido o teste, mas ele disse que não, que entregaria na aula seguinte.

O professor G sentou-se a sua mesa, organizou seu material e fez a chamada. Enquanto isso, foi conversando sobre música com alguns estudantes que estavam mais próximos dele. Ele conhece e gosta bastante de MPB, e estava falando sobre algumas referências que ele achava que os alunos deveriam conhecer, por considerá-las muito boas. Antes de começar a aula, uma aluna que havia retornado de um intercâmbio de um mês na Alemanha perguntou ao professor se ele havia avançado muito no conteúdo desde que ela havia se ausentado das aulas; o professor G respondeu que não, visto que nesse período houve aulas de resolução de exercícios, aula de revisão para o teste, o teste em si e ainda duas semanas de recesso. Na prática, aparentemente ela não perdeu nada do conteúdo.

O professor G começou escrevendo o roteiro das próximas aulas no quadro. Tendo em vista que havíamos combinado que eu começaria a regência no dia 12/08, ele precisaria terminar o conteúdo de Termodinâmica até a aula do dia 10/08. Ele tinha ainda quatro períodos para ensinar sobre transformações cíclicas, 2ª Lei da Termodinâmica, máquinas térmicas e Ciclo de Carnot. Confesso que, nesse momento, me senti um pouco incomodada, por ter a sensação de estar fazendo o professor “correr” com o conteúdo e talvez não ensinar da maneira que gostaria por ter que dar espaço para mim, apesar de saber que ele não estava de fato se importando com isso, por ser muito generoso e atencioso com as outras pessoas.

Uma aluna, ao ver no quadro-branco o termo “transformações cíclicas”, perguntou ao professor se a chuva poderia ser considerada uma transformação cíclica. Acredito que ela tenha feito uma relação com o ciclo da água. A resposta do professor G foi justamente nessa linha, que a chuva não seria uma transformação cíclica como a Termodinâmica a define, mas pode ser considerada um ciclo se pensarmos no ciclo da água.

O professor G começou, então, a falar sobre transformações cíclicas. Ele disse que não haveria nenhuma transformação nova, além das que já tinham sido explicadas (isotérmica,

isovolumétrica, isobárica e adiabática), mas a partir deste momento haveria várias transformações juntas. Ele também destacou que entender transformações cíclicas seria fundamental para, posteriormente, entender como funcionam as máquinas térmicas. O professor fez uma breve introdução histórica, destacando como as máquinas térmicas foram essenciais para a Revolução Industrial.

O professor G usou uma apresentação de *slides*, mas também ia fazendo anotações no quadro sobre os pontos que eram mais importantes, de forma que os estudantes pudessem fazer anotações no caderno. Enquanto ele escrevia, os alunos puxavam assuntos fora de contexto para conversar com o professor: “*sor, qual teu personagem preferido de Chaves?*”, e o professor respondeu que era o Seu Madruga, mas sem continuar a conversa para não dispersar muito os estudantes do foco da aula. Enquanto ele escrevia no quadro, os alunos conversavam bastante sobre vários temas diferentes, mas era interessante perceber que, assim que o professor voltava à explicação oral, os estudantes rapidamente retomavam o silêncio e voltavam a prestar bastante atenção no que o professor estava falando.

Os alunos estavam muito concentrados nas explicações do professor. Era possível perceber isso por diversos fatores: eles mantinham o silêncio durante a exposição; copiavam tudo o que o professor escrevia no quadro; além de perceberem um erro que havia nos *slides* do professor, uma palavra que não estava empregada adequadamente, e que o professor ainda não havia se dado conta. Quando o professor G falou sobre a análise do sinal do trabalho a partir dos gráficos das transformações cíclicas ( $W > 0$  quando o ciclo é horário e  $W < 0$  quando o ciclo é anti-horário), foi muito interessante ver que os estudantes queriam entender exatamente o porquê de ser assim. O professor ia apenas informar que quando é horário é positivo e quando é anti-horário é negativo, mas os alunos queriam saber mais profundamente a razão por trás disso. O professor G, então, explicou detalhadamente os motivos que justificavam essa regra, analisando individualmente o trabalho em cada transformação que constituía uma transformação cíclica. Os estudantes compreenderam e ficaram satisfeitos com a explicação mais minuciosa deste ponto do conteúdo por parte do professor.

Duas alunas em particular faziam muitas perguntas; não porque não estavam entendendo o que o professor explicava, mas porque queriam saber detalhes além do que o professor estava expondo. Uma delas até mesmo pediu silêncio algumas vezes a alguns colegas que estavam conversando, pois queria compreender o que o professor explicava. Isso me chamou bastante a atenção, pelo fato de elas estarem demonstrando muito interesse e curiosidade pela aula e pelo

assunto tratado. Acredito que o professor tenha ficado bastante feliz com esse comportamento e essa demonstração de entusiasmo por parte delas, por perceber que a aula estava sendo verdadeiramente relevante para elas.

Quando o sinal tocou para o intervalo, o professor G organizou seu material e apagou o quadro. Antes de sair da sala, ele se dirigiu a um estudante novo na escola, que havia ingressado naquela semana, após o recesso. Os colegas aparentemente o receberam bem na turma, mas ele disse que estava bastante perdido com os conteúdos; disse que não havia aprendido muita coisa na escola em que estudava anteriormente, e que nestes primeiros dias estava tendo dificuldades para acompanhar as aulas. O professor G disse que isso era normal, e que ele precisaria se dedicar bastante nesse momento para conseguir dar conta das demandas do colégio e preencher essas lacunas que existiam. Ele se ofereceu para ajudá-lo quando necessário, dizendo que sempre que ele quisesse, ele poderia e deveria fazer perguntas durante a aula. Além disso, o professor disse a ele que logo mais a escola iria voltar a oferecer o reforço de Física – momentos no turno inverso em que os estudantes podem comparecer para estudar e tirar dúvidas – e que seria muito importante que ele comparecesse, pois isso o ajudaria a recuperar os conteúdos perdidos. O estudante agradeceu, e disse que pediria ajuda ao professor se precisasse. Eu e o professor nos despedimos da turma e fomos para o intervalo.

Foi muito interessante observar essa aula, especialmente devido aos aspectos que já destaquei ao longo deste relato. É muito satisfatório perceber os estudantes entusiasmados e atraídos pela exposição do professor, demonstrando querer saber cada vez mais, até mesmo mais do que o professor havia se planejado para explicar. Mais do que apenas uma curiosidade pelo assunto, me parece também uma demonstração de respeito pelo trabalho que o professor desempenha na sala de aula e também fora dela. Eu acharia muito gratificante ter dado essa aula, da maneira como foi, pois perceberia meu trabalho sendo extremamente valorizado pelos estudantes.

### **Observação 11**

**Data:** 05/08/2022

**Ano:** 2º ano    **Turma:** 202

**Horário:** das 9h25min às 10h45min (2 horas-aula)

**Assunto da aula:** 2ª Lei da Termodinâmica

**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

Quando cheguei ao corredor onde se localizam as salas das três turmas de segundo ano da escola, alguns alunos da turma 200 me viram e vieram falar comigo: “*sora, por que tu prefere a 202 do que a gente?*”. Eles demonstraram estar chateados porque depois do recesso eu passei a observar apenas a turma 202, visto que esta seria a minha turma de regência. Provavelmente esta última informação também já havia chegado até eles, o que fortalecia o questionamento que fizeram. Eu esclareci, diplomaticamente, que não preferia nenhuma turma, que também gostava muito da turma 200, mas que eu precisava escolher apenas uma turma para a regência, e sendo assim, eu escolhi a turma 202 por ser uma turma menor e mais tranquila, o que facilitaria o meu trabalho. Eles continuaram tristes, mas aceitaram e concordaram com a minha justificativa. Disse a eles que o sinal já havia soado, que eles deveriam ir para a sala deles, enquanto eu me dirigi a sala da turma 202.

Ao chegar à sala da 202, o professor G havia chegado poucos instantes antes, e estava organizando seu material para iniciar a aula; ligou o computador e o projetor, abriu a apresentação de *slides* e fez a chamada. Antes de começar a explicação, alguns estudantes pediram ao professor G que lhes informasse como estavam seus registros no controle, se alguma atividade ainda estava pendente. Como o trimestre estava se encaminhando para o fim, começam a surgir essas preocupações com atividades que não foram entregues e que podem, no final das contas, prejudicar a nota dos estudantes.

Após esse momento de verificações do controle, o professor G iniciou a explicação sobre a 2ª Lei da Termodinâmica. Ele começou retomando o que foi visto na aula anterior, sobre transformações cíclicas, e que seria relevante para o acompanhamento desta aula. Depois dessa breve revisão, o professor passou a discutir conceitualmente o que a 2ª Lei da Termodinâmica diz. Ele disse que ela pode ser enunciada de diversas formas, mas que daria mais foco para algumas e menos para outras. Primeiramente explicou a 2ª Lei de acordo com o Enunciado de Clausius: o calor sempre flui, de forma espontânea, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Dispendeu um tempo falando sobre esse enunciado, mas também deu exemplos de quando o calor flui no sentido oposto, citando a geladeira e o ar-condicionado; ele destacou, entretanto, que isso nunca acontece de forma espontânea, e que, portanto, para que esse fenômeno ocorra, é preciso gastar energia (i.e., ligar os aparelhos na rede elétrica).

Brevemente, o professor G falou sobre o conceito de entropia. Ele definiu como um grau de desordem das partículas, e usou como exemplo a imagem de um copo com bolinhas amarelas e vermelhas inicialmente separadas (vermelhas embaixo e amarelas em cima) e depois misturadas, dizendo que a entropia é maior no segundo caso. Os estudantes pareceram confusos com essa definição, então o professor a reexplicou algumas vezes; no fim, me pareceu que os alunos mais aceitaram do que compreenderam o conceito de fato. Para tranquilizá-los, o professor G disse que entender perfeitamente o que é entropia não era o objetivo principal desta aula.

Dando seguimento à explicação sobre a 2ª Lei de Termodinâmica, o professor G disse que o mais importante dessa aula era uma “consequência” ou “aplicação” do sentido natural do calor, ou seja, do fato de o calor fluir sempre do corpo mais quente para o mais frio. Essa consequência era a impossibilidade de uma máquina térmica apresentar rendimento igual ou superior a 100%. A partir daqui, ele definiu o que é uma máquina térmica, que ela opera entre duas fontes de calor (quente e fria) e que seu objetivo é transformar calor em trabalho – por isso ela foi crucial para a Revolução Industrial.

Os estudantes estavam prestando muita atenção, estavam bastante concentrados e copiando tudo que o professor escrevia no quadro. Até esse momento, eles estavam mais quietos, mas quando o professor G explicou sobre as fontes quente e fria, isso gerou várias dúvidas nos alunos. Em especial, eles queriam saber o que seria uma fonte quente e uma fonte fria na “vida real”. Para respondê-los, o professor disse que a fonte quente é o que fornece o calor, por isso poderia ser uma caldeira ou a combustão da gasolina em um carro; já a fonte fria é onde se desperdiça o calor, ou seja, qualquer região ao redor da máquina térmica. No caso do carro, ele ainda citou como exemplos de fonte fria o cano de escapamento ou o capô, que esquentam após o veículo ser utilizado.

Esses exemplos geraram outra dúvida em parte dos estudantes: como pode a fonte ser fria se ela está quente? Vários alunos questionaram quase simultaneamente sobre isso. O professor lembrou que no primeiro trimestre houve uma discussão sobre os termos “quente” e “frio”, e que eles são adjetivos muito subjetivos. Ele explicou que essas palavras são usadas uma em comparação com a outra, de forma que a fonte quente é a fonte que está a uma temperatura maior, e, portanto, fornece calor, enquanto a fonte fria é aquela que está a uma temperatura menor, consequentemente recebendo calor; entretanto, isso não significa que essa temperatura é baixa.

O professor G passou, então, para a parte mais matemática da aula. Ele escreveu no quadro-branco a equação de conservação de energia para as máquinas térmicas ( $Q_q = W + Q_f$ ) e a equação do seu rendimento ( $\eta = \frac{W}{Q_q} = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$ ). Assim como já havia observado na aula anterior, os estudantes conversavam um pouco enquanto o professor escrevia no quadro, mas assim que ele voltava à exposição oral, os alunos retomavam o silêncio para acompanhar a explicação. Às vezes o professor precisava chamá-los, para que eles percebessem que ele iria voltar a falar, mas uma vez bastava para que as conversas paralelas cessassem.

Em dado momento da aula, os estudantes se dispersaram um pouco pois começaram a perguntar coisas diversas sobre Física (velocidade da luz, como os cientistas “descobrem” as coisas, etc.). Inicialmente, o professor estava respondendo a todas as perguntas, mas vendo que eles estavam se empolgando demais com as curiosidades, perdendo o foco do assunto da aula, ele chamou a atenção dos alunos de volta para a Termodinâmica, dizendo que em outro momento, quando ele tivesse mais tempo, ele poderia explicar outros temas da Física para a turma.

Retornando ao quadro, o professor G passou para o último tópico desta aula: o Ciclo de Carnot. Definiu esse ciclo como o ciclo ideal, ou seja, aquele que apresenta o máximo rendimento possível, este dependendo apenas das temperaturas das fontes quente e fria. Novamente, ele apresentou o contexto histórico da época, isto é, da França do Século XIX, e como ele ajudou a fomentar a idealização deste ciclo. Após defini-lo, o professor mostrou como é a forma do gráfico pressão x volume do Ciclo de Carnot, e explicou que ele era composto por duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas. Ele detalhou bem cada uma das quatro transformações, usando como exemplo o funcionamento simplificado do motor de um carro. Os alunos continuavam prestando bastante atenção e copiando o que o professor escrevia no quadro. Para finalizar esse tópico, o professor escreveu a equação para o rendimento do Ciclo de Carnot ( $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q}$ ), dando muita ênfase ao fato de que ela só poderia ser utilizada para o Ciclo de Carnot, e que os valores de temperatura deveriam sempre estar em Kelvin.

Quando o professor encerrou a explicação do conteúdo, ele passou a lista de exercícios 3 para os estudantes (sobre transformações cíclicas, 2ª Lei da Termodinâmica e Ciclo de Carnot) e disse que eles deveriam começar a fazer em casa, mas que disponibilizaria tempo no período da aula seguinte para que eles pudessem terminar e tirar dúvidas. Nos últimos cinco minutos de

aula, o professor distribuiu os testes corrigidos, que os alunos haviam realizado antes do recesso.

Enquanto o professor G devolvia os testes, uma estudante me chamou até sua classe. Chegando lá, ela me perguntou: “*sora, tu pode trazer pra aula algumas coisas mais interativas?*”, falando sobre o meu período de regência. Eu disse que estava planejando fazer algumas coisas diferentes sim, algumas atividades, dinâmicas e experimentos que pudessem tornar a aula mais interessante. Ela agradeceu e disse que já estava ansiosa para ter aula comigo. Fiquei bastante feliz com esse comentário. Quando o sinal tocou, ainda levamos alguns minutos para sair da sala, já que o professor estava tirando algumas dúvidas dos alunos sobre a correção do teste.

Essa aula foi um pouco mais acelerada do que as anteriores, certamente porque eu já começaria a regência dentro de uma semana. Entretanto, o professor G conseguiu finalizar o conteúdo que planejava, além de que os estudantes pareceram compreender bem os tópicos apresentados, apesar de a quantidade de conteúdo ter sido elevada para apenas dois períodos. Acredito que essa aula funcionou principalmente porque era essa turma em especial; os alunos precisaram manter a atenção durante toda a aula, além de permanecerem em silêncio a maior parte do tempo, durante as explicações do professor, e isso não foi uma dificuldade para eles. Contudo, me parece que em outra turma mais agitada, que em geral é a regra, o professor G não teria conseguido avançar tanto no conteúdo e de forma clara para que os estudantes compreendessem.

Não é o tipo de aula ideal, nem é o tipo de aula que o professor G costumava fazer, mas nesse momento foi necessário para dar conta de todos os tópicos faltantes a tempo de eu poder iniciar a regência no dia 12/08. Nesse sentido, me senti muito grata por o professor G ter feito esse esforço para conseguir abordar todos os assuntos programados sem prejudicar o meu cronograma. Imagino que teria sido melhor para ele e para os alunos se todos esses temas fossem espalhados em mais aulas e intercalados com exercícios. Mesmo assim, fiquei com a sensação de que o professor G fez um ótimo trabalho em conseguir prender a atenção dos estudantes, e que eles também se esforçaram bastante para conseguir acompanhar e compreender de forma genuína tudo o que o professor apresentou.

**Observação 12****Data:** 10/08/2022**Ano:** 2º ano **Turma:** 202**Horário:** das 8h25min às 9h10min (1 hora-aula)**Assunto da aula:** Resolução de exercícios**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

Quando cheguei à sala da turma 202, o professor G ainda não havia chegado. Fiquei conversando com os estudantes enquanto o aguardávamos. Ele se atrasou cerca de cinco minutos, pois estava finalizando uma explicação em outra turma. Quando o professor chegou, ele disse aos alunos que esta aula seria dedicada à resolução da lista 3, sobre transformações cíclicas, 2ª Lei da Termodinâmica e Ciclo de Carnot. Enquanto os estudantes organizavam seus materiais, o professor ligou o computador para poder projetar as questões da lista. Ele também fez a chamada.

Antes de liberar os estudantes para trabalharem sozinhos, o professor fez uma breve revisão sobre a 2ª Lei da Termodinâmica, que havia sido explicada na aula anterior. Além disso, ele resolveu no quadro, junto com os alunos, a primeira questão da lista. Como na aula anterior ele apenas explicou o conteúdo que faltava para finalizar a Termodinâmica e não houve tempo para resolver nenhum exemplo, o professor G quis fazer uma questão com os estudantes para mostrar como em geral são os exercícios deste conteúdo. Essa questão que ele escolheu resolver pedia para calcular o rendimento de uma máquina térmica. Enquanto o professor resolvia e explicava os detalhes da questão, os alunos prestavam bastante atenção e copiavam a resolução em seus cadernos. Surgiram algumas dúvidas, mas eram mais com relação a como resolver as contas matemáticas, principalmente a divisão, do que propriamente o conteúdo de Física.

Depois de resolver essa questão no quadro, o professor liberou os estudantes para fazerem a lista por conta própria. Ele começou a circular pela sala para auxiliar os alunos que apresentavam alguma dúvida. Eu estava sentada em uma classe, fazendo as observações, próxima a uma aluna muito interessada e dedicada, e ela aproveitou para me fazer várias perguntas. Os questionamentos dela eram muito interessantes, porque mostravam que ela estava de fato pensando e refletindo sobre o que estava aprendendo. Ela fez perguntas sobre o

funcionamento do Ciclo de Carnot, sobre transformações de Celsius para Kelvin e sobre a relação entre as temperaturas das fontes quente e fria e o rendimento das máquinas térmicas.

Após um tempo circulando pela sala, o professor voltou ao quadro-branco e chamou a atenção dos estudantes. Havia uma questão na lista que trazia o conceito de “potência”, e como o professor G não havia falado sobre isso, ele achou melhor explicar a questão para a turma. Ele foi resolvendo o exercício, explicando detalhadamente cada passo. Quando falou sobre o conceito de potência, lembrou que os estudantes já haviam aprendido sobre isso no ano anterior, quando estudaram energias, e que potência é um conceito que aparece em diversas áreas da Física. Apesar de variar um pouco dependendo do contexto, o professor explicou que o conceito geral de potência é sempre o mesmo: uma razão da energia pelo tempo ( $P = \frac{E}{t}$ ). A partir dessa explicação, ele seguiu resolvendo o exercício até o final, deixando claro para os estudantes cada passo que realizava.

Enquanto os alunos copiavam a resolução que o professor havia feito no quadro e discutiam entre si alguns pontos sobre a questão, o professor foi conversar com o aluno novo. A conversa girou em torno, principalmente, de que curso ele pensa em fazer quando ingressar na universidade. Achei legal da parte do professor G tentar se aproximar mais desse estudante, como forma de ganhar sua confiança e para que ele se sinta acolhido no novo ambiente. Esse aluno demonstrou espontaneidade durante a conversa, então acredito que a estratégia do professor G funcionou. Depois de alguns minutos, o professor voltou a circular pela sala e responder algumas perguntas dos estudantes.

Próximo ao final do período, um estudante recorreu a mim para tirar uma dúvida. Havia uma questão sobre transformações cíclicas, em que era exposto um gráfico de pressão x volume de uma transformação, e cada uma das cinco alternativas fazia uma afirmação sobre essa transformação. Para saber qual estava correta, era necessário ir testando uma por uma. Fui explicando detalhadamente cada passo ao aluno, mas ele tinha um raciocínio bem rápido, de forma que depois de compreender o que precisava ser feito na questão, ele conseguiu resolvê-la quase que por conta própria.

Ao terminar de ajudá-lo, o período já havia acabado. O professor G também estava auxiliando algumas estudantes em suas últimas dúvidas quando percebeu que o sinal para o intervalo já havia soado. Guardamos os nossos materiais, e quando estávamos saindo da sala, uma aluna perguntou: “*tu que vai nos dar a próxima aula, né sora?*” e eu respondi que sim, as

próximas até o final de setembro. Ela pareceu entusiasmada com a informação, e eu também demonstrei estar animada para começar logo a regência.

Apesar de ser uma aula de exercícios, os estudantes não tiveram tanto tempo disponível para trabalharem por si mesmos como em outras aulas que acompanhei. Isso se deve ao fato de o professor haver utilizado toda a aula anterior para explicações e não ter resolvido nenhum exemplo com os alunos; assim, ele precisou de tempo desta aula para fazer isso. Entretanto, esta lista 3 não continha tantos exercícios como a lista 2 anterior; por isso, entendo que não foi prejudicial aos estudantes que eles tivessem menos tempo para resolvê-la.

Além disso, ficou bastante visível que aqueles alunos que estavam dispostos a resolver a lista e tirar dúvidas nesse período conseguiram fazê-lo, apesar do pequeno intervalo de tempo para isso. Vale lembrar também que, apesar de eu assumir a turma na aula seguinte com um conteúdo completamente novo (ondulatória), o professor G continuaria presente, se não nas aulas, na escola, e eu também poderia auxiliá-los em algum momento de necessidade. O importante era que os alunos tivessem consciência de que eles teriam suporte caso precisassem, e acredito que isso ficou bem claro para os estudantes.

#### **4 PLANEJAMENTO E REGÊNCIA**

Com base em conversas com o professor G e no conteúdo programático para o segundo e o terceiro anos do Ensino Médio, ficou decidido que meu momento de regência seria na turma 202. Além dos argumentos já apresentados para essa escolha durante a descrição da turma (ver seção 3.2), outro fator que me influenciou a escolher uma turma de segundo ano foi a área a ser abordada. Para o segundo ano seria ondulatória, enquanto para o terceiro seria circuitos elétricos. Como eu gosto mais do primeiro tema, e me sentia mais confiante para lecioná-lo, a turma 202 foi a escolhida.

Decidi, em conjunto com o professor G, a data de início da regência (12/08) e os principais tópicos a serem abordados. Assim, foi possível montar o cronograma abaixo:

### Cronograma de Regência

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de Ensino
1	12/08 (9h25min – 10h45min)	Apresentação da unidade didática Introdução a Ondas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar os tópicos que serão trabalhados ao longo de toda a regência, ressaltando suas aplicações e relevância.</li> <li>• Aguçar a curiosidade dos alunos para os conceitos de Física envolvidos em alguns fenômenos presentes no dia a dia e que serão discutidos nas próximas aulas.</li> <li>• Discutir com os alunos o que entendem por onda, e quais exemplos eles conseguem citar.</li> <li>• Diferenciar ondas longitudinais de transversais (usando uma mola <i>slink</i>), e ondas mecânicas de eletromagnéticas.</li> <li>• Propor uma atividade de <i>Just-in-Time Teaching</i> para a próxima aula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição dialogada.</li> <li>• Experimentos demonstrativos</li> </ul>
2	17/08 (8h25min – 9h10min)	Acústica - Introdução aos conceitos de altura, intensidade e timbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir os resultados apresentados na atividade de <i>Just-in-Time Teaching</i>.</li> <li>• Introduzir os conceitos de altura, intensidade e timbre (ainda sem relacionar com as propriedades físicas das ondas, apenas com a nossa percepção fisiológica) a partir de discussões sobre instrumentos musicais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Just-in-Time Teaching</i>.</li> <li>• Exposição dialogada.</li> <li>• Experiência sensorial (violão)</li> </ul>

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de Ensino
			e cantores.	
3	19/08 (9h25min – 10h45min)	Acústica – Aprofundamento dos conceitos de altura, intensidade e timbre Período, frequência e velocidade da onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionar os conceitos de altura, intensidade e timbre com os conceitos de frequência, amplitude e formato da onda.</li> <li>Apresentar conceitos e cálculos de período, frequência e velocidade da onda.</li> <li>Propor uma lista de exercícios como tema de casa para preparação para a prova trimestral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposição dialogada.</li> <li><i>Peer Instruction</i>.</li> <li><i>App Frequency Generator</i></li> </ul>
4	24/08 (8h25min – 9h10min)	Revisão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esclarecer dúvidas dos alunos quanto aos exercícios propostos na aula anterior.</li> <li>Rever conceitos principais, que serão fundamentais para a prova trimestral<sup>2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução de exercícios.</li> <li>Discussão de dúvidas.</li> </ul>
5	09/09 (9h25min – 10h45min)	Fenômenos ondulatórios <ul style="list-style-type: none"> <li>Reflexão (eco, reforço, reverberação)</li> <li>Interferência (batimento, ressonância)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mostrar vídeos/áudios dos fenômenos eco, reforço, reverberação, batimento e ressonância.</li> <li>Apresentar aos alunos as primeiras ideias sobre os fenômenos de reflexão e interferência de maneira geral e conceitual.</li> <li>Esclarecer que os cinco fenômenos acústicos citados aqui são casos específicos da reflexão e da interferência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reprodução de vídeos.</li> <li>Simulações computacionais.</li> <li>Exposição dialogada.</li> </ul>

<sup>2</sup> O período de provas trimestrais do Ensino Médio do Colégio Província vai de 25/08 a 02/09, e nesse período não há aulas, apenas as avaliações. Assim, não ministrarei aula nos dias 26/08, 31/08 e 02/09.

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de Ensino
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar em simulações computacionais esses fenômenos acontecendo e suas particularidades (o que os diferencia).</li> <li>• Exemplificar com fenômenos do dia a dia.</li> </ul>	
6	14/09 (8h25min – 9h10min)	Fenômenos ondulatórios <ul style="list-style-type: none"> <li>• Refração</li> <li>• Difração</li> <li>• Polarização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever conceitualmente os três fenômenos.</li> <li>• Demonstrar os fenômenos ocorrendo (buscar rede de difração e polarizador).</li> <li>• Propor uma atividade de <i>Just-in-Time Teaching</i> para a próxima aula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentos demonstrativos</li> <li>• Exposição dialogada.</li> </ul>
7	16/09 (9h25min – 10h45min)	Ondas Estacionárias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir os resultados apresentados na atividade de <i>Just-in-Time Teaching</i>.</li> <li>• Revisar alguns tópicos que foram vistos no vídeo:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discutir graficamente como se obtém uma onda estacionária;</li> <li>- Diferenciar ondas estacionárias em cordas com extremidades fixas ou móveis e em tubos com as extremidades abertas ou fechadas.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Just-in-Time Teaching</i>.</li> <li>• <i>Peer Instruction</i>.</li> <li>• Exposição dialogada.</li> </ul>
8	21/09 (8h25min – 9h10min)	Introdução a Efeito Doppler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduzir conceitualmente o Efeito Doppler, destacando os efeitos que ele causa no som e na luz.</li> <li>• Propor uma atividade de <i>Just-in-Time Teaching</i> para a próxima aula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição dialogada.</li> <li>• Reprodução de vídeos.</li> <li>• Simulação computacional.</li> </ul>
9	23/09 (9h25min – 10h45min)	Efeito Doppler e Lei de Hubble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir os resultados apresentados na atividade de <i>Just-in-Time Teaching</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Just-in-Time Teaching</i>.</li> <li>• Exposição dialogada.</li> </ul>

Aula	Data	Tópicos a serem trabalhado(s)	Objetivos docentes	Estratégias de Ensino
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprofundar a física do Efeito Doppler.</li> <li>• Apresentar a equação para o cálculo da frequência observada e resolver exemplos com os alunos.</li> <li>• Fazer uma discussão histórica e sobre natureza da ciência com base na Lei de Hubble e na expansão do Universo.</li> <li>• Propor uma lista de exercícios como tema de casa para preparação para a avaliação final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão histórica e epistemológica.</li> </ul>
10	28/09 (8h25min – 9h10min)	Revisão para trabalho final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esclarecer dúvidas dos alunos quanto aos exercícios propostos na aula anterior.</li> <li>• Rever conceitos principais, que serão fundamentais para a avaliação final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução de exercícios.</li> <li>• Discussão de dúvidas.</li> </ul>
11	30/09 (9h25min – 10h45min)	Avaliação Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dividir a sala em grupos e propor uma atividade de resolução de problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho em pequenos grupos</li> </ul>

## 4.1 AULA 1

### 4.1.1 Plano de Aula

**Data:** 12/08 – 9h25min às 10h45min

**Tópicos:** Apresentação da Unidade Didática e Introdução a Ondas.

**Objetivos docentes:** fazer uma apresentação da unidade didática, destacando respostas do questionário, metodologias e problematizações; aguçar a curiosidade dos alunos para os conceitos de Física envolvidos em alguns fenômenos presentes no dia a dia e que serão discutidos nas próximas aulas; discutir com os alunos o que eles entendem por onda, e quais exemplos eles conseguem citar; diferenciar ondas longitudinais de transversais (usando uma mola *slink*), e ondas mecânicas de eletromagnéticas; propor uma atividade de *Just-in-Time Teaching* para a próxima aula.

#### **Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): Começarei a aula fazendo uma breve apresentação do roteiro previsto para o dia: apresentação da unidade didática, início da discussão sobre o conceito de onda e algumas classificações, e por fim a proposta de uma atividade para a aula seguinte. Também farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 60 min): A apresentação começará tratando sobre as respostas dadas pelos alunos ao questionário de atitudes perante à Física. Em uma apresentação de *slides*, colocarei algumas das perguntas presentes no questionário e respostas interessantes / comuns dos estudantes. A partir dessas respostas discutirei com os alunos algumas estratégias que implementarei durante o período de regência para dar conta de dificuldades, necessidades e desejos apresentados nas respostas; essas estratégias estarão baseadas em metodologias e problematizações, que começarão a ser expostas já ao longo da análise do questionário, mas serão discutidas mais profundamente logo após essa análise. Por fim, será apresentado o cronograma da disciplina, esclarecendo quantas semanas estaremos juntos e qual será a forma de avaliação.

Ao fim da apresentação da unidade didática, farei uma introdução ao conceito de ondas e a algumas classificações básicas – longitudinal e transversal / mecânica e eletromagnética. Para isso, começarei perguntando aos alunos “o que é uma onda?” e que exemplos eles conseguem citar. Provavelmente a ideia de onda no mar vai surgir, e então explicarei o que

define uma onda (perturbação em um meio, havendo transporte de energia sem transporte de matéria) e porque a onda na beira da praia não é propriamente dita uma onda como a conceituamos na Física.

A partir disso, usando uma mola *slink*, explicarei a diferença entre ondas longitudinais e transversais, além disso, citarei alguns exemplos para cada classificação. Posteriormente, iniciarei uma breve discussão sobre como o Sol aquece e ilumina a Terra (os estudantes aprenderam os processos de transmissão de calor no primeiro trimestre) e indagarei sobre o vácuo: “como essa energia pode vir de lá até aqui se não há ‘nada’ no meio?” E então, seguindo esse raciocínio, explicarei a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas. Darei um foco para a luz e o som.

Fechamento (~ 15 min): Para finalizar a aula, falarei um pouco sobre a metodologia ativa de ensino *Just-in-Time Teaching (JiTT)*. Explicarei quais são os objetivos dessa metodologia e como ela deve ser desenvolvida por mim e pelos estudantes. Farei essa breve explicação para então propor aos alunos uma atividade baseada no *JiTT* para a próxima aula, baseada no vídeo “*What’s a squillo, and why do opera singers need it?*”<sup>3</sup>, do canal no *YouTube Ted-Ed*.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, apresentação de *slides*, mola *slink*.

**Avaliação:** os alunos não serão avaliados nesta aula.

#### 4.1.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 17 (13 meninas e 4 meninos)

Estava indo para a sala da turma 202 quando avistei os estudantes em outra sala. Confusa, perguntei “*o que vocês estão fazendo aqui?*”, e eles me responderam que a escola precisou mudar algumas turmas de sala a fim de acomodar melhor um estudante de outra turma que havia quebrado a perna e, portanto, estava com dificuldades para subir escadas. Nesse momento, o professor de Física G chegou à sala. Ele me perguntou se podia usar os primeiros minutos da aula para marcar no controle os estudantes que fizeram a lista 3, que ele havia passado para os alunos na aula anterior, e propor uma atividade valendo um ponto para o 2º

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/PKengo7y28U>>. Acesso em 11 de agosto de 2022.

trimestre. Ele fez isso em cerca de dez minutos, enquanto isso eu fui preparando a apresentação de *slides* (ver Apêndice A) no meu computador e já deixei a mola *slink* a mãos.

Para começar a aula, eu expliquei o motivo de estar ali, principalmente porque, como já trabalhei no Colégio Província, os alunos ainda estavam um pouco confusos com o fato de eu estar de volta. Falei sobre a necessidade de fazer o estágio para poder me formar e que, felizmente, estava podendo fazer nesta escola. Os estudantes demonstraram felicidade quando eu falei que me formava em outubro. Falei então sobre o questionário, explicando-o para a turma, já que nem todos os alunos o responderam. Conforme fui comentando as questões, era interessante ver que alguns alunos se acusavam quando alguma fala deles aparecia, e quando era uma resposta comum para a turma, eles achavam engraçado e concordavam. Por exemplo, eles riram bastante quando falei que a disciplina de Química foi citada pela maioria dos estudantes como a que menos gostavam, e quando reiteradamente apareciam falas sobre cálculos e fórmulas serem a parte mais chata e difícil da Física. Eles se viram e se identificaram nessa exposição sobre a análise do questionário.

Ao longo dessa análise, eu fui propondo aos estudantes algumas atitudes, atividades e metodologias para dar conta de algumas necessidades e anseios que eles expuseram nos questionários. Os alunos demonstraram entusiasmo ao saber que faremos algumas demonstrações experimentais e quando eu propus fazermos ao menos uma discussão histórica sobre a evolução do conhecimento. Nesse momento, uma aluna perguntou se poderíamos fazer seminários sobre isso. Não estava no meu planejamento, mas se assim a turma desejasse, encontraria um momento para fazer uma atividade desse tipo; entretanto, todos os outros alunos rejeitaram a ideia, então não levamos para frente essa sugestão. Quando propus a metodologia do *Peer Instruction*, um aluno chamou a atenção de que eu preciso ter cuidado com as discussões que serão promovidas, pois é possível que em algum momento elas desandem. Já é de conhecimento da escola e dos professores que a turma 202 tem a capacidade de “polemizar” assuntos que parecem despreziosos, então realmente terei que fazer um bom papel de mediadora durante essas atividades para evitar que a metodologia perca seu objetivo principal.

Após expor os resultados dos questionários e as metodologias propostas, mostrei alguns questionamentos que vamos tentar responder ao longo da unidade didática. Em um primeiro momento, me surpreendeu o fato de os estudantes conseguirem responder as perguntas que apresentei, de forma simples e nem sempre com os termos mais adequados, é verdade, mas com uma boa linha de raciocínio. Até comentei, em tom descontraído, que nem precisava mais

ministrar as aulas que tinha preparado, pois os alunos já sabiam tudo, entretanto uma aluna me lembrou que eles já haviam aprendido alguns tópicos de ondulatória quando estavam no nono ano do Ensino Fundamental.

A última parte da apresentação da unidade didática versou sobre o cronograma e a avaliação. Ao longo da apresentação, os alunos já tinham feito algumas perguntas sobre como seria a avaliação, mas disse que falaria sobre isso neste momento. Expliquei que ficaríamos juntos até o dia 30 de setembro, e que a avaliação seria feita da seguinte forma: algumas questões na prova trimestral (marcada para o final de agosto) seriam sobre o conteúdo visto na unidade didática até o momento; tarefas realizadas ao longo das aulas iriam contar como atividades de controle; e por fim, no nosso último encontro, realizaríamos um trabalho em grupo valendo um ponto para o terceiro trimestre sobre tudo que teremos visto nas nossas aulas. Expliquei para os alunos que a avaliação é necessária, mas que a pontuação não é o mais importante, o nosso foco deve ser no processo de aprendizagem.

Partindo então para a introdução ao conteúdo de ondas, perguntei aos alunos o que era uma onda. A primeira resposta foi o que eu esperava: onda no mar. Depois os estudantes foram citando outros exemplos, como onda sonora, luz, onda eletromagnética, onda mecânica. Defini, então, o que é uma onda para a Física, e por qual motivo a onda na beira da praia não é propriamente uma onda – ressaltai que ondas não transportam matéria, e que a onda que quebra na beira da praia transporta, devido a movimentos turbulentos próprios de fluidos, e por isso ela não poderia ser considerada uma onda. Posteriormente, deixei claro que os outros exemplos estavam adequados.

Iniciei a classificação das ondas quanto à direção de vibração e propagação (ondas longitudinais e transversais). Para isso, usei a mola *slink*. Pedi auxílio a uma aluna sentada próxima a mim, para que ela me ajudasse a segurar a mola. Posicionei-a sobre a mesa do professor, que é uma mesa grande, e demonstrei o que seria uma onda longitudinal e transversal. Realizei os movimentos diversas vezes, para que todos os alunos pudessem enxergar e compreender bem a diferença entre as duas. Perguntei se todos haviam conseguido perceber a diferença, e recebi respostas afirmativas. No *slide* também havia uma imagem animada que mostrava os dois tipos de onda ocorrendo. Posteriormente, falei sobre a classificação das ondas quanto à natureza. Expliquei a diferença de ondas mecânicas e eletromagnéticas, ressaltando o fato de que mecânicas precisam de um meio material para se propagarem – justamente por uma onda mecânica se dar pela vibração da matéria – enquanto ondas eletromagnéticas podem

se propagar no vácuo. Citei como exemplos o som para a onda mecânica e a luz para a onda eletromagnética. Falei também que a onda na mola que vimos anteriormente era uma onda mecânica, pois a mola era um meio material que vibrava para transmitir energia. Comentei, por fim, sobre o espectro eletromagnético, de forma bastante breve, mas ressaltai a faixa do infravermelho como forma de o Sol aquecer a Terra, retomando o que os alunos aprenderam no primeiro trimestre sobre processos de propagação de calor (nesse caso, lembrando a irradiação).

No último momento da aula, passei para os alunos a atividade planejada de *Just-in-Time Teaching* (ver Apêndice B). Abri o arquivo onde estava o texto, o *link* para o vídeo e as perguntas e também o formulário Google no qual eles deveriam enviar as respostas para que eles pudessem ver como era a estrutura da atividade. Expliquei os objetivos da metodologia para eles, ressaltando os pontos de preparação para a aula e a possibilidade de eu adaptar a aula especialmente para a turma deles, de acordo com suas particularidades. Combinei, então, o prazo de entrega da atividade para às 17h30min do dia anterior a próxima aula, de forma que eu pudesse usar o período da noite para preparar as adaptações. Chamei a atenção dos alunos de que eles não seriam avaliados por correção, e sim por dedicação, além de que respostas completas e originais me ajudariam bastante a preparar a aula. Por fim, fiz a chamada que não havia feito no começo da aula (de forma rápida e silenciosa, pois já sabia os nomes dos alunos) e liberei os estudantes para o intervalo.

Ao encerrar a aula, duas alunas vieram até mim para dizer que gostaram muito da aula. Além delas, também ouvi um menino conversando com alguns colegas e comentando que havia gostado da aula. Isso me deixou muito feliz e com a sensação de dever cumprido para o nosso primeiro encontro. Acredito que consegui provocar a curiosidade nos estudantes, de forma que eles vão se interessar pelos assuntos debatidos e pelas propostas de atividades.

Eu tenho consciência de que minha turma é fora da curva, pois é uma turma pequena e com alunos dedicados, mas acredito que essa experiência vai ser muito interessante do ponto de vista metodológico, por me permitir experimentar coisas novas, e saber como elas funcionam – diferente do que seria em uma turma em que os estudantes não comprassem a ideia. A primeira aula foi uma experiência muito positiva, me deixando com expectativas elevadas para o seguimento da unidade didática.

## 4.2 AULA 2

### 4.2.1 Plano de Aula

**Data:** 17/08 – 8h25min às 9h10min

**Tópicos:** Acústica - Introdução aos conceitos de altura, intensidade e timbre.

**Objetivos docentes:** apresentar respostas interessantes dos alunos à tarefa de preparação, discutindo acertos e erros; introduzir os conceitos de altura, intensidade e timbre (ainda sem relacionar com as propriedades físicas das ondas, apenas com a nossa percepção fisiológica) a partir de discussões sobre instrumentos musicais e cantores.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): para começar a aula, perguntarei aos alunos o que eles acharam de fazer uma tarefa relacionada a um tema que eles ainda não aprenderam, o que não é comum acontecer. Enquanto isso, irei organizando a apresentação de *slides* e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 30 min): a aula será dividida em duas partes. A primeira consistirá na apresentação de algumas respostas interessantes dadas pelos estudantes na tarefa de preparação disponibilizada na aula anterior. As respostas serão escolhidas com base no poder de discussão que elas podem fomentar e na presença de conceitos importantes que necessitam ser ressaltados. Nesse momento também serão tiradas dúvidas que ficaram da tarefa.

A segunda parte da aula será destinada a uma introdução aos conceitos de altura, intensidade e timbre. Esses três conceitos serão definidos, nesta aula, com base na sensação auditiva que eles provocam. Para isso, usaremos um violão. A altura será relacionada com sons agudos (altos) e graves (baixos), intensidade será relacionada com sons fortes e fracos (a ideia de volume será trazida aqui também); e timbre será relacionado com o reconhecimento de diferentes instrumentos e da voz de diferentes pessoas. Todos esses conceitos serão discutidos a partir do vídeo proposto para a tarefa de leitura e de perguntas que serão feitas aos estudantes ao longo da aula: “por que temos diferentes tipos de cantores de ópera, e diferentes tipos de instrumentos na orquestra?”, “como conseguimos reconhecer cada instrumento?”, “como até mesmo as pessoas mais distantes no teatro conseguem ouvir a cantora?”.

Fechamento (~ 10 min): para terminar a aula, encaminharei o começo da próxima aula: indicarei que cada uma dessas propriedades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre) está relacionada a uma característica da onda (frequência, amplitude e formato). Assim, na

próxima aula, veremos o que são essas características e como a mudança delas influencia na percepção que temos do som.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, caixa de som, apresentação de *slides*.

**Avaliação:** os alunos serão avaliados por sua participação na atividade de *Just-in-Time Teaching*.

#### 4.2.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

Cheguei na sala da turma 202 cinco minutos antes de começar o período; eles têm aula de Educação Física no período anterior, por isso a maioria dos alunos não estavam na sala - havia cinco estudantes na sala, mas não sei se eles têm liberação da aula de educação física ou se estavam matando a aula. Usei esses cinco minutos para organizar a apresentação, ligar o projetor e já colocar sobre a mesa os materiais que eu iria usar durante a aula. Assim, quando o sinal para a troca de períodos tocou, e os alunos começaram a chegar à sala, eu já estava com tudo organizado.

Apesar de estar tudo pronto, ainda esperei cerca de cinco minutos para começar a aula, para que todos os alunos voltassem da Educação Física e se acalmassem em seus lugares. Ao longo desse período, o professor G e a nova estagiária de Física chegaram à sala. Quando isso aconteceu, eu comecei a aula apresentando a nova estagiária, cuja função é auxiliar os professores e, principalmente, os alunos durante as aulas, além de ministrar o plantão de dúvidas, cargo que eu ocupei anteriormente. Ela também é aluna da UFRGS, por isso já a conhecia. Após a apresentação, fiz a chamada.

Para iniciar as nossas discussões, perguntei o que os estudantes tinham achado de realizar um estudo prévio acerca de um assunto que ainda não haviam estudado (ver Apêndice B). Uma aluna começou comentando que gostou bastante, pois apesar de já ter tentado se preparar para as aulas estudando “por conta” o conteúdo previamente, neste caso o fato de ter um vídeo e um texto diferente e algumas questões para responder foi importante, pois a incentivou a prestar atenção no que estava estudando. Já outras duas estudantes comentaram algo que já haviam expressado em suas respostas nas tarefas: uma delas disse que o fato de o vídeo ser em inglês (mesmo com legenda) e com muita informação e imagens mudando o tempo

todo a deixou confusa; já a outra aluna complementou dizendo que o fato de o vídeo ter legenda a ajudou, pois ela compreende mais lendo do que ouvindo. Fiz um adendo de que prefiro vídeos em português, mas que foi muito difícil encontrar algum que se encaixasse no conteúdo e fugisse do formato de uma videoaula. Por fim, um último estudante também falou que gostou de fazer, mas não deu mais detalhes.

Iniciei a apresentação de *slides* com uma discussão sobre algumas respostas dos estudantes à tarefa de preparação. Na primeira questão tive respostas bem variadas, por isso selecionei termos interessantes que apareceram nas respostas para discutir sobre eles. Em geral, foi possível perceber que os estudantes prestaram atenção no vídeo e no texto para respondê-la. Já na segunda pergunta, as respostas não foram tão variadas, e por isso apresentei aos estudantes duas respostas pertinentes que eles deram e discuti um pouco sobre elas. Por fim, apontei algumas dificuldades e pontos interessantes que os estudantes citaram, em especial ressaltando que aquilo em que eles apresentaram mais dificuldades eu tentarei dedicar uma atenção maior ao longo da unidade didática, e tentarei repetir aquilo que eles gostaram, como o fato de trazer para a aula temas pelos quais eles se interessam. Ao fim desta exposição, perguntei se os estudantes gostariam de fazer mais alguma colocação, obtendo uma resposta negativa.

Passei, então, para a parte do conteúdo em si. Comecei falando sobre características do som, destacando que ele é uma onda mecânica e longitudinal, e a faixa de frequência que o ser humano é capaz de perceber. Nesse momento, alguns alunos comentaram que foram no Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS e viram um experimento sobre o qual eu havia feito um breve comentário na aula anterior – o experimento em que um despertador e uma lâmpada encontram-se dentro de uma campânula de vidro, da qual é retirado o ar, permitindo perceber que a luz continua se propagando na ausência de ar, enquanto o som vai desaparecendo aos poucos. Eles me relataram esse fato com bastante empolgação, acredito que essa reação tenha sido ainda mais intensa ao verificar essa propriedade das ondas mecânicas na prática.

Para começar a discutir as propriedades fisiológicas do som, expliquei para eles que nesta aula nós iríamos nos focar nas percepções auditivas que temos, ainda não falaríamos das propriedades físicas, isso faríamos na aula seguinte. Para relacionar com a tarefa de preparação, eu fiz a seguinte pergunta aos estudantes: “por que temos diferentes tipos de cantores de ópera e diferentes tipos de instrumentos na orquestra?”. Prontamente uma aluna respondeu que era porque cada tipo de cantor era mais adequado para interpretar um papel diferente; eu comentei

que isso é importante, mas é uma consequência, não a causa. Então, outra aluna falou que essas diferenciações se devem ao tom / nota que cada cantor consegue alcançar; essa era a resposta que eu queria ouvir, então respondi “é isso mesmo!”. Parti então para a explicação do conceito de altura, mas sem entrar ainda na ideia de frequência; apenas discuti com eles que altura está relacionado com a classificação de sons como graves ou agudos, dizendo que os sons graves são chamados de baixos, e os sons agudos são chamados de altos.

Após a discussão breve sobre o conceito de altura, fiz outra pergunta, novamente relacionando com o que foi discutido no vídeo da tarefa de preparação: “como até mesmo as pessoas mais distantes no teatro conseguem ouvir a cantora?”. Alguns alunos foram lembrando tópicos que foram citados no vídeo, como por exemplo a arquitetura do teatro, as habilidades da cantora e sua capacidade pulmonar. A frase mais interessante foi “a cantora precisa expandir muito o pulmão dela para ter bastante fôlego para cantar bem alto”. Disse que tudo o que foi comentado era importante, mas que essa última frase era a mais importante. Ressaltei que, apesar de os termos não estarem completamente corretos, e logo veríamos por que, a ideia central era que a cantora precisava de muita energia para que o som conseguisse chegar ao fundo do teatro. Exemplifiquei sussurrando e depois aumentando o volume da minha voz, que da primeira forma pessoas mais distantes têm dificuldade em ouvir, já da segunda maneira fica mais fácil. Falei então que tudo isso está relacionado ao conceito de intensidade, ou o que chamamos no cotidiano de volume: dizemos que ondas mais intensas são chamadas de ondas fortes, enquanto ondas menos intensas são chamadas de fracas. Não discuti ainda a relação com a amplitude, essa explicação ficou para a aula seguinte. Por fim, chamei muito a atenção dos estudantes para o fato de que um som alto e um som baixo não são relacionados à intensidade, e sim à altura. Disse que essa confusão ocorre muito, pois temos o hábito de falar em volume alto ou baixo, o que estaria relacionado com a intensidade, mas na Física os termos alto e baixo estão reservados para a altura.

O último conceito discutido foi o timbre. Iniciei perguntando para os estudantes “como conseguimos reconhecer cada instrumento?”, repetindo, de forma mais simples, uma das perguntas da tarefa de preparação. Uma aluna, que já havia deixado claro que gostava de música, respondeu corretamente “timbre”. Outra aluna, com base no que assistiu no vídeo, falou que era pelas diferenças dos tons e sobretons produzidos por cada instrumento. Respondi que ambas estavam corretas, que essas diferenças de fato produzem sons diferentes em cada instrumento, mas que essa característica que nos permite diferenciá-los recebe o nome de

timbre. Não entrei em muitos detalhes sobre o que é o timbre, pois isso também seria feito na aula seguinte.

Após definir, de forma inicial, o que é altura, intensidade e timbre, pedi a ajuda do professor G para algumas demonstrações. Eu havia pedido que ele levasse para a aula o seu violão, e eu também levei um objeto chamado “sino pin 7 canos”. Usando esses dois instrumentos, mostramos para os estudantes a diferença que nossos ouvidos percebem quando tocamos uma nota mais aguda e depois uma mais grave, destacando o conceito de altura, a percepção que temos quando os instrumentos são tocados de forma suave ou de forma mais abrupta, destacando o conceito de intensidade, e ressaltando que os estudantes conseguem identificar claramente quando o som é proveniente do violão ou do sino pin, ressaltando o conceito de timbre.

Para terminar a aula, encaminhei o que iríamos fazer na aula seguinte: relacionar esses três conceitos da acústica com propriedades físicas das ondas, além de fazer mais algumas demonstrações sobre isso, usando um aplicativo de celular; e fazer algumas contas e exercícios. Os alunos ficaram chateados quando falei dos cálculos, até brincaram comigo: “*sora, tu prometeu*”, se referindo ao fato de eu ter falado que as aulas seriam mais conceituais que matemáticas. Respondi que os cálculos serão simples, e que não serão a parte principal da aula, mas que inevitavelmente eles precisam ser trabalhados.

Novamente, assim como na aula anterior, após eu encerrar a aula e liberar os estudantes para o intervalo, uma aluna chegou até mim para dizer que estava gostando muito das aulas. Fiquei muito feliz com o reconhecimento, agradei fortemente e disse: “*espero que continue gostando!*”. Percebi que os alunos prestaram bastante atenção ao longo da aula – claro, com algumas distrações e mexidas no celular, mas em momentos escassos – e que a turma interagiu bastante quando solicitado – é verdade que não foram todos os alunos, foram alguns, mas isso já me deixou satisfeita pois não fiquei falando sozinha em momento algum. Guardei meu material e me despedi dos estudantes, “*até sexta, pessoal!*”.

### 4.3 AULA 3

#### 4.3.1 Plano de Aula

**Data:** 19/08 – 9h25min às 10h45min

**Tópicos:** Acústica – Aprofundamento dos conceitos de altura, intensidade e timbre.

**Objetivos docentes:** relacionar os conceitos de altura, intensidade e timbre com os conceitos de frequência, amplitude e formato da onda; apresentar conceitos e cálculos de período, frequência e velocidade da onda; propor uma lista de exercícios como tema de casa para preparação para a prova trimestral.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 10 min): ao chegar na sala, abrirei a apresentação de *slides* e farei a chamada. Farei então uma breve retomada dos conceitos de altura, intensidade e timbre, que teremos começado a estudar na aula anterior. Essa revisão será feita com o auxílio dos estudantes, estimulando que eles recordem os aspectos mais importantes.

Desenvolvimento (~ 65 min): começarei, então, a associar as características das ondas às propriedades fisiológicas que percebemos. Em primeiro lugar, falarei sobre a relação entre altura e frequência. Usando o *app* “*Frequency Generator*”, mostrarei aos alunos que frequências mais baixas provocam sons mais graves, enquanto frequências mais altas, sons mais agudos. Discutiremos também o intervalo audível para o ser humano (entre 20Hz e 20kHz) e como ouvimos mais facilmente sons mais agudos do que sons mais graves (assim como comentado no vídeo da tarefa de leitura).

Como ainda não terei apresentado formalmente o conceito de frequência, farei um paralelo com “frequência cardíaca”, ressaltando a ideia de número de batimentos por minuto. Assim, enunciarei que frequência está sempre relacionado a um número de eventos que ocorre em um determinado intervalo de tempo. No caso das ondas, a frequência indica o número de oscilações em um segundo.

Ainda usando o mesmo *app*, mostrarei que quando mudamos o volume do som emitido, acabamos modificando a amplitude da onda representada no *app*. Assim, o volume, que indica a intensidade da onda, está relacionado com a amplitude de oscilação e com a energia que a onda transporta. Ressaltarei aqui a necessidade de prestar atenção ao fato de que sons altos ou baixos dizem respeito à altura, e não à intensidade. Nesse caso, sons mais intensos são chamados de fortes, e sons menos intensos de fracos.

Novamente usando o *app* “*Frequency Generator*”, é possível mudar o formato da onda (senoidal, quadrada, triangular e dente de serra). Mostrarei aos estudantes que ao fazer isso,

mantendo sempre a mesma frequência, obtemos sons ligeiramente diferentes. Definirei, então, que essa percepção diferente que temos devido a ondas sonoras de diferentes formatos caracteriza o timbre.

Após explicar as características da onda que definem cada propriedade fisiológica, aplicarei cerca de três a quatro questões de *Peer Instruction* sobre esses conceitos. Para isso, eu explicarei brevemente como funciona a metodologia e qual seu objetivo.

Depois de uma parte mais conceitual, partirei para um momento de definições e matemática. Utilizando a representação clássica de uma onda senoidal, definirei com os estudantes os conceitos de crista, vale e comprimento de onda. O termo amplitude terá sido tratado quando falarmos de intensidade, mas ele será retomado aqui. A partir dessas definições, trabalharei com os alunos – utilizando simultaneamente o quadro-branco e a apresentação de *slides* – os conceitos e expressões matemáticas para período ( $T=t/n$ ), frequência ( $f=n/t$ ) e velocidade da onda ( $v=\lambda f$ ). A frequência já haverá sido trabalhada quando falarmos de altura, então associarei o período a ela; já a velocidade da onda será compreendida a partir da equação da mecânica  $d=v.t$ . Usarei alguns exemplos numéricos simples para demonstrar as equações matemáticas que serão vistas.

Farei então, por fim, mais cerca de duas a três questões de *Peer Instruction* sobre os conceitos de amplitude, comprimento de onda, período, frequência e velocidade da onda.

Fechamento (~ 5 min): para finalizar a aula, passarei uma lista de exercícios conceituais (alguns poucos tratarão matematicamente de período, frequência e velocidade da onda, mas não será o foco). Esses exercícios terão como foco a revisão do que teremos visto até o momento e preparação para a prova trimestral. Ressaltarei para os alunos que eles devem fazer a lista para a próxima aula para trazerem dúvidas, pois será nossa última aula antes da avaliação.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, apresentação de *slides*, *app Frequency Generator*, cartões e *app Plickers*, lista de exercícios impressa.

**Avaliação:** os alunos não serão avaliados nesta aula.

#### 4.3.2 Relato de Regência

Estava na sala dos professores no intervalo que antecede os dois períodos de Física na turma 202, mas decidi ir para a sala alguns minutos antes do horário para organizar meus

materiais. Como eu havia programado muitas coisas para essa aula – dois tópicos novos de conteúdo, demonstração com o aplicativo, *Peer Instruction* – tinha receio que o tempo fosse curto, por isso já queria deixar tudo pronto para começar a aula assim que os estudantes voltassem do intervalo. O professor G me acompanhou.

Os alunos retornaram do intervalo, e eu estava prestes a começar a aula, quando o professor Ives, orientador do estágio, chegou para assistir à aula acompanhado da coordenadora do Ensino Médio. Ela o apresentou para a turma, disse que era um procedimento padrão nas licenciaturas e que ela também havia passado por isso quando estava se formando. Havia duas poltronas no fundo da sala, onde sentaram-se o professor G e o professor Ives. Entreguei minha pasta de estágio para o orientador, contendo todos os planos de aula, e então iniciei a aula.

Comecei fazendo a chamada, e expliquei que conforme fosse chamando os nomes, ia entregar um cartão com um tipo de *QR Code* – os cartões do *app Plickers*. Cada um teria o seu, e mais para frente na aula eu explicaria para que iríamos usá-los. Logo depois, perguntei aos estudantes: “o que vimos na aula passada?”. Prontamente vários alunos começaram a responder tópicos que havíamos estudado – som é uma onda mecânica e longitudinal; pode ser classificado em alto e baixo, forte e fraco; timbre; frequência audível entre 20Hz e 20kHz. Fiquei um pouco surpresa e bastante feliz que os estudantes conseguiram lembrar todos os pontos que vimos na aula anterior, além de serem bastante participativos, pois cada aluno falou alguma coisa para contribuir com o *brainstorm* inicial que fizemos.

Contudo, ainda não havíamos falado sobre o que essas percepções auditivas que temos, de sons mais agudos e graves, ou mais fortes e fracos, representam para a física das ondas sonoras, e foi nisso que nos focamos nesta aula. Chamei todos os estudantes para ficarmos ao redor de algumas classes no meio da sala para que eles pudessem enxergar meu celular, em que eu faria algumas demonstrações usando o *app Frequency Generator*. Conectei meu celular a uma caixa de som pequena, para que o som ficasse mais forte e todos os estudantes pudessem ouvir. Comecei as demonstrações perguntando aos estudantes o que aconteceria quando mudássemos a frequência da onda; então mostrei a eles que quando a frequência é baixa, o som é mais grave, enquanto quando a frequência é mais elevada, o som é mais agudo. Como ainda não havíamos definido o conceito de frequência, fiz uma associação com frequência cardíaca e com rotações de um motor de carro. A partir disso, defini frequência como o número de vezes que um evento ocorre em um determinado intervalo de tempo; na ondulatória esse evento seria as oscilações da onda. Mas ainda não mostrei esse conceito escrito de forma matemática.

Perguntei aos alunos, então, o que aconteceria com o som e a onda representada no *app Frequency Generator* quando mudássemos o volume. Fiz então essa modificação no *app*, diminuindo o volume inicialmente, e os estudantes responderam imediatamente “a onda ficou menor!” e “a onda foi comprimida!”; depois, aumentando o volume novamente, os alunos perceberam que a onda “cresceu”. Expliquei a eles que essa dimensão da onda que estava diminuindo e aumentando conforme modificávamos o volume do som era o que chamamos de amplitude. Para definir o que é esse novo conceito, usei um desenho de duas ondas com amplitudes diferentes, indicando o que era um vale e uma crista, e desenhando em cada onda a sua amplitude, definindo-a como a distância entre um vale ou uma crista até o eixo de equilíbrio.

Parti para uma última demonstração usando o *app Frequency Generator*. Dessa vez, perguntei aos estudantes o que muda quando modificamos o formato da onda – o *app* permite que escolhamos entre onda senoidal, quadrada, triangular ou dente de serra. Pedi que os alunos escolhessem um formato, e talvez pelo nome diferente, todos quiseram a dente de serra. Ao fazer essa mudança, os estudantes perceberam instantaneamente que o som mudou, mas não sabiam explicar exatamente o porquê. Ressaltei, e pedi que eles prestassem atenção nisso, que não modifiquei nem a frequência da onda e nem o volume, a única característica que foi alterada foi o formato. Defini, então, que essa diferença de percepção que tínhamos do som quando modificamos o formato da onda é o que estávamos chamando de timbre, e é por isso que diferenciamos instrumentos ou vozes de pessoas diferentes, porque mesmo emitindo frequências iguais, a onda tem formatos diferentes.

Após terminar as demonstrações com o *app Frequency Generator*, disse aos estudantes que neste momento usaríamos os cartões que distribuí no início da aula. Expliquei que iríamos resolver algumas questões, e que esses cartões serviriam para votar na resposta que acreditavam ser correta. Detalhei calmamente como funcionava a votação com os *Plickers*, e deixei bem claro que os alunos não deveriam conversar entre si ao longo da votação e, principalmente, que ao escolher uma alternativa, eles deveriam pensar em um argumento para convencer o colega de que a sua resposta estava correta. Além disso, disse que a votação seria sincronizada, ou seja, eles deveriam esperar para levantar os cartões apenas quando eu pedisse. Perguntei se todos haviam entendido as regras, e eles responderam afirmativamente.

Para garantir que todos entenderam como votar usando os cartões, fiz uma questão teste, em que todos deveriam marcar a mesma alternativa. De fato, todos marcaram a alternativa que pedi, então pude partir para as questões de fato (ver Anexo B). Li a primeira questão com os

alunos, expliquei alguns pontos e perguntei se alguém tinha alguma dúvida acerca da compreensão do enunciado. Todos afirmaram que haviam compreendido. Depois de alguns minutos, eles começaram a ficar mais inquietos, então perguntei se poderia iniciar a votação; poucos alunos ainda estavam pensando, mas logo eles disseram que já haviam se decidido. Fiz então a votação e, apesar de a resposta correta ter sido a mais votada, quase metade da turma se concentrou em outra alternativa. Pedi então que os estudantes buscassem colegas que haviam escolhido outra alternativa e os convencessem de que sua resposta era a correta. A grande maioria já se levantou e começou a discutir, apenas um grupo de quatro alunos estava mais quieto, então precisei insistir que eles participassem ativamente da atividade. Excetuando esse grupo, os outros estudantes se engajaram bastante na discussão, e pude perceber que, de fato, eles estavam tentando argumentar e chegar na resposta correta, e não marcar qualquer alternativa apenas para se livrar da atividade. Depois de circular pela sala e confirmar que todos os estudantes haviam chegado a uma resposta (diferente da primeira ou não), fiz uma nova votação. Para minha felicidade, apenas um estudante havia escolhido novamente a resposta incorreta, todos os outros convergiram para a resposta correta (ver Apêndice H). Para finalizar essa questão, discuti cada alternativa com a turma, destacando os pontos corretos e incorretos.

Passei para a segunda questão. Novamente, li o enunciado e as alternativas com a turma, expliquei alguns pontos que poderiam causar confusão e então deixei os alunos refletirem por alguns minutos. Ressaltei novamente que eles não deveriam conversar entre si naquele momento. Nessa questão, os alunos pensaram por um tempo um pouco maior. Quando eles indicaram que já haviam se decidido por uma alternativa, iniciei a votação. Dessa vez, um número um pouco maior de alunos assinalou a alternativa correta, em comparação com a primeira questão, mas ainda sim houve alunos que escolheram todas as outras alternativas, assim pedi que eles novamente encontrassem colegas que votaram em uma resposta diferente para convencê-los de sua escolha. Como mais estudantes haviam escolhido a alternativa correta, esse momento de discussão foi mais rápido. Quando realizei a votação novamente, 100% da turma convergiu para a resposta correta (ver Apêndice H). De forma descontraída, batemos palmas para a turma, que conseguiu chegar a um consenso sem a minha ajuda.

Após as duas questões de *Peer Instruction*, voltei para a apresentação de *slides*. Falei brevemente sobre os principais elementos de uma onda. Usei o desenho de uma onda senoidal que estava na apresentação e, como a projeção é feita no quadro-branco, fui apontando e escrevendo sobre ele os seguintes elementos: crista, vale, amplitude, comprimento de onda e eixo de equilíbrio. Excetuando o comprimento de onda, todos os outros elementos já haviam

sido citados ao longo da aula, em especial para explicar o que é amplitude quando estava explicando o conceito associado à intensidade. Por esse motivo a explanação desse tópico pôde ser mais rápida.

O último assunto da aula era a parte mais matemática, em que falamos sobre as equações para calcular frequência, período e velocidade da onda. Havia feito um *slide* na minha apresentação contendo as fórmulas, mas fui desenvolvendo os conceitos e as equações em conjunto com os alunos, escrevendo-os no quadro-branco. Em primeiro lugar, retomei o conceito de frequência, que vimos associado à altura. Já havia explicado o conceito, mas nesse momento trouxe também a equação ( $f=n/t$ ). Pude perceber que os estudantes não tiveram dúvidas acerca deste ponto, acredito que por já termos falado sobre ele algumas vezes durante a aula, além de eles terem visualizado no *app Frequency Generator* a representação de uma onda de maior e de menor frequência. Logo depois, expliquei o conceito de período, relacionando-o com a frequência, mas explicitando que o período explicita o tempo para um evento ocorrer, e não o número de eventos que ocorrem em um tempo, como é o caso da frequência. Dei o exemplo de um corredor, que precisa saber em quanto tempo ele dá uma volta completa na pista. Escrevi no quadro-branco o conceito e a equação ( $T=t/n$ ). Posteriormente, chamei a atenção para o fato de que a frequência e o período são o inverso um do outro, e por isso podemos escrever a seguinte equação:  $T=1/f$ . Mostrei para eles que isso realmente era possível, substituindo a expressão para a frequência nessa última equação, e que assim retornamos para a expressão do período.

Por fim, para escrever a equação da velocidade da onda, perguntei se os alunos lembravam como era a equação da velocidade que eles haviam aprendido no ano anterior. Uma aluna lembrou que era  $v=d/t$ . A partir daqui, fiz no quadro o desenho de uma única oscilação de uma onda senoidal, mostrando que naquele desenho estava representado um único comprimento de onda. Perguntei para os alunos qual era o tempo para que essa oscilação ocorresse; com um pouco de receio, uma aluna disse que era o período, e eu respondi animada que sim, era o período. Assim, poderíamos reescrever a equação da velocidade como  $v=\lambda/T$ . Mas justifiquei para os estudantes que, em geral, as ondas são caracterizadas por sua frequência, e não seu período – assim como vimos no espectro eletromagnético na primeira aula, e no *app Frequency Generator* nesta aula. Por isso, não costumamos escrever a equação para a velocidade com o período, e sim com a frequência. Como a frequência é o inverso do período, mostrei para os estudantes que a equação da velocidade da onda fica  $v=\lambda.f$ .

Para encerrar esse assunto, propus mais uma questão de *Peer Instruction*. Assim como nas outras questões, lembrei aos alunos que eles não deveriam conversar num primeiro momento. Li a questão com os estudantes e tirei a dúvida de uma aluna sobre o conceito de frequência. Os alunos pensaram alguns minutos, e assim que eles sinalizaram que já haviam feito suas escolhas, eu fiz a votação. Nessa questão, 11 dos 15 estudantes responderam corretamente (ver Apêndice H), e por isso não fiz o momento de discussão. Apesar disso, antes de dizer qual era a resposta correta, perguntei se algum aluno gostaria de justificar a alternativa que escolheu. Uma menina que havia escolhido a alternativa correta quis falar, e explicou muito bem por que sua resposta era a mais adequada. Parabeneizei-a por sua contribuição, e perguntei se quem havia votado nas outras alternativas gostaria de falar o que havia pensado. Duas meninas responderam que escolheram errado pois se confundiram, mas já haviam entendido o equívoco, e os outros dois alunos preferiram não se manifestar.

Para encerrar a aula, disse para os alunos que o professor G achou melhor não cobrar na prova trimestral da semana seguinte esses conteúdos sobre ondulatória, visto que nas outras duas turmas de segunda série do colégio eles não haviam avançado muito neste assunto ainda; então para deixar as provas iguais, o conteúdo de ondulatória não seria cobrado. Entretanto, expliquei que a lista de exercícios que eu havia feito como forma de os alunos estudarem o conteúdo e se prepararem para a prova valeria como uma atividade de controle, e que na aula seguinte eu disponibilizaria o período para que eles pudessem fazer os exercícios em grupo e, principalmente, tirar dúvidas. Distribuí, então, a lista de exercícios que eu havia impresso (ver Apêndice E), perguntei se os alunos tinham mais alguma última dúvida, e os liberei para o intervalo.

O professor Ives veio até mim para me devolver a pasta, disse que conversaríamos em outro momento, mas que essa conversa seria rápida. Expliquei a ele onde era a saída da escola e nos despedimos. Confesso que senti um alívio muito grande ao terminar a aula e perceber que tudo – ou quase tudo – do que eu havia planejado deu certo. Essa aula era muito densa, e por isso meu receio de que o tempo fosse insuficiente era grande. Felizmente, consegui apresentar todos os conteúdos, fazer a demonstração com o aplicativo e aplicar as questões de *Peer Instruction*. Fiquei especialmente contente com a participação da turma ao longo da aula, pois responderam a todas minhas perguntas, se engajaram nas discussões promovidas pelo *Peer Instruction* e não tiveram medo de me perguntar quando alguma dúvida surgia. Acredito que o resultado dessa aula foi bastante positivo.

## 4.4 AULA 4

### 4.4.1 Plano de Aula

**Data:** 24/08 – 8h25min às 9h10min

**Tópicos:** Revisão para a prova trimestral.

**Objetivos docentes:** esclarecer dúvidas dos alunos quanto aos exercícios propostos na aula anterior; rever conceitos principais, que serão fundamentais para a prova trimestral.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): quando chegar na sala, pedirei aos estudantes que peguem suas listas de exercícios e vejam se faltou resolver alguma questão ou se ficaram em dúvida em alguma. Enquanto isso, abrirei a apresentação de *slides* e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 30 min): a maior parte da aula será destinada a tirar dúvidas dos estudantes no que diz respeito a alguma parte do conteúdo ou a algum exercício da lista. Para isso, pedirei que os alunos sentem em grupos, para que eles possam se ajudar, e ficarei circulando pela sala, ajudando-os individualmente ou usando o quadro-branco para explicações mais gerais, se perceber que vários estudantes têm o mesmo questionamento.

Quando perceber que os alunos conseguiram tirar suas dúvidas, ou pelo menos a maioria delas, pedirei a atenção da turma para fazer um resumo dos conceitos mais importantes que teremos visto até o momento: ondas longitudinais e transversais, ondas mecânicas e eletromagnéticas, altura, intensidade, timbre, frequência, amplitude, formato da onda, período, velocidade da onda. Usarei uma apresentação de *slides* e irei lembrando elementos que foram trabalhados em aula para favorecer que os estudantes lembrem disso no momento da prova.

Fechamento (~ 10 min): para finalizar a aula, mostrarei aos alunos a estrutura da prova, identificando quais assuntos / conceitos são importantes em cada questão (ou grupo de questões). Dessa forma, isso orientará o estudo e os tranquilizará para a avaliação.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, apresentação de *slides*, lista de exercícios impressa.

**Avaliação:** os alunos serão avaliados pela entrega da lista de exercícios resolvida.

#### 4.4.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 17 (13 meninas e 4 meninos)

O plano para essa aula se baseava na lista de exercícios distribuída aos alunos na aula anterior (ver Apêndice E). No dia 19/08, eu havia pedido aos estudantes que, quem pudesse, tentasse resolvê-la em casa, antes desta aula; porém, tendo conhecimento de que a partir do dia seguinte (25/08) começaria o período de provas trimestrais do segundo trimestre, não exigi que os alunos a fizessem antes da aula, de forma a não ocupar um tempo que poderia ser utilizado para estudar para estas provas. Como não haveria nenhuma atividade que necessitasse de uma preparação prévia da minha parte, desta vez cheguei na sala de aula da turma 202 apenas dois minutos antes do início do período.

Quando o período começou, os alunos ainda estavam voltando para a sala após a aula de Educação Física. Após cerca de cinco minutos, todos os estudantes já estavam presentes; o professor G e a estagiária I também chegaram. Expliquei então que eles deveriam pegar a lista de exercícios que eu havia distribuído na aula anterior e, aqueles que já haviam começado a fazê-la em casa deveriam continuar e tirar dúvidas, já aqueles que não haviam iniciado deveriam começá-la. Após essa orientação, fiz a chamada e passei a circular pela sala para auxiliar os estudantes em sua tarefa.

Fiquei bastante satisfeita em ver que a maioria dos estudantes de fato começou a resolver a lista de exercícios. Além disso, alguns alunos passaram a me chamar para tirar dúvidas. Houve uma variedade de perguntas às quais respondi, tanto conceituais quanto matemáticas, entretanto a questão 14 foi a que mais causou confusão nos estudantes, em especial porque o valor dado para a frequência não estava exposto de forma explícita, inclusive exigindo que os alunos fizessem uma transformação de unidades. Mas foi importante que eles fizessem essa questão e percebessem o conceito de frequência por trás do valor informado.

Um aluno que havia resolvido a maior parte da lista perguntou se poderia tirar uma dúvida acerca do conteúdo anterior (termodinâmica), já que este era o assunto que efetivamente cairia na prova trimestral, e eu respondi que sim. Era um exercício bastante interessante, em que uma transformação cíclica era apresentada em um gráfico de pressão em função da temperatura, e a questão perguntava como seria o formato destas mesmas transformações, mas expressas em um gráfico de pressão em função do volume. Essa questão exigia que o estudante tivesse, de fato, um maior conhecimento sobre as transformações termodinâmicas, e não apenas um domínio das equações matemáticas.

Continuei circulando pela sala auxiliando os estudantes com suas dúvidas. Enquanto isso, como havíamos combinado previamente, o professor G começou a escrever no quadro-branco os tópicos que os estudantes deveriam estudar para a prova trimestral. Alguns estudantes foram terminando a lista de exercícios, e então fui marcando a atividade como concluída no controle. Expliquei aos alunos que aqueles que terminassem já poderiam me mostrar, mas que o prazo para que concluíssem seria apenas na nossa primeira aula após as avaliações trimestrais, no dia 09/09.

Cedi os últimos dez minutos da aula para que o professor G fizesse uma discussão com os estudantes sobre a prova de Física, como ele sempre faz. Ele explicou para os alunos, então, o que havia colocado no quadro-branco, que eram os tópicos específicos do conteúdo que iriam ser cobrados na avaliação, além de projetar uma publicação que havia feito no *Google Classroom* falando sobre o tópico que seria abordado em cada questão da prova. O professor G sempre faz essa explanação a respeito do tema de cada questão na última aula antes da prova, então considerei importante que ele pudesse seguir esse padrão, mesmo que momentaneamente eu seja a regente da turma. Durante minha experiência como auxiliar na escola, percebi que os estudantes ficavam bastante ansiosos para saber quais seriam os tópicos de cada questão, por imaginar que assim conseguiriam se preparar melhor para a avaliação (e acho que eles estão certos); portanto, não seria justo privá-los dessas informações que podem até não auxiliar em seu desempenho, mas quase certamente auxiliam em tranquilizá-los.

Quando o professor G terminou sua discussão sobre a prova, o período já havia encerrado. Perguntei se alguém gostaria de tirar mais alguma dúvida, e obtive respostas negativas. Liberei os estudantes para o intervalo, guardei meu material e me despedi dos alunos que haviam permanecido na sala de aula, desejando-os uma boa semana de provas e deixando um “até logo”, pois só nos veríamos novamente em duas semanas.

Essa aula foi mais tranquila, visto que não houve nenhuma exposição ou discussão acerca de algum conteúdo novo. Entretanto, isso não significa que não fiz nada na aula; pelo contrário, circulei bastante pela sala e consegui ajudar vários alunos, já que felizmente a maioria deles estava fazendo a lista de exercícios que propus. Considero essas aulas em que os alunos têm tempo para realizar uma atividade e pôr em prática os conteúdos que vimos essenciais para a consolidação do conhecimento, pois eles podem tirar dúvidas comigo e trabalhar em conjunto com os colegas. Assim, mesmo que a aula não tenha mobilizado um novo conceito, foi bastante

dinâmica porque os alunos trabalharam bastante e eu estava a todo momento auxiliando alguém, esclarecendo alguma questão.

## 4.5 AULA 5

### 4.5.1 Plano de Aula

**Data:** 09/09 – 9h25min às 10h45min

**Tópicos:** Fenômenos ondulatórios: reflexão (eco, reforço e reverberação) e interferência (batimento e ressonância)

**Objetivos docentes:** mostrar vídeos/áudios dos fenômenos eco, reforço, reverberação, batimento e ressonância; apresentar aos alunos as primeiras ideias sobre os fenômenos de reflexão e interferência de maneira geral e conceitual; esclarecer que os cinco fenômenos acústicos citados aqui são casos específicos da reflexão e da interferência; mostrar em simulações computacionais esses fenômenos acontecendo e suas particularidades (o que os diferencia); exemplificar com fenômenos do dia a dia.

#### **Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 10 min): começarei a aula perguntando o que eles lembram do conteúdo que estávamos vendo antes das provas trimestrais. Não farei uma revisão, será apenas um momento para que volte ao consciente dos estudantes o que estávamos estudando. Enquanto formos tendo essa conversa, irei abrindo a apresentação de *slides* e os vídeos e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 60 min): iniciarei esse novo tópico com algumas questões para os estudantes refletirem: “por que, em regiões como montanhas e cavernas, conseguimos ouvir nossa voz retornando depois que falamos?”, “o que o voo dos morcegos tem a ver com isso?”, “é verdade que uma pessoa pode quebrar uma taça só com sua voz?”. A partir dessas problematizações, mostrarei o vídeo sobre eco e reverberação “*Echoes and reverberation*”<sup>4</sup>, do canal no *YouTube Khan Academy India – English*. Já nesse vídeo, fica claro o fenômeno da reflexão. Chamarei a atenção também para o reforço, fenômeno que não aparece no vídeo, mas que provavelmente os estudantes já terão vivenciado, em um lavabo, por exemplo. Explicarei

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/LR-AYApQbNE>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

então, de forma simplificada, a ecolocalização dos morcegos, mostrando que o fenômeno é o mesmo, apenas usado de maneira diferente.

Depois, mostrarei um segundo vídeo, “Tema 06 – Superposição de Oscilações | Experimentos – Ressonância e batimento em diapasões”<sup>5</sup>, sobre batimento e ressonância, do canal no *YouTube* Física Universitária. Nesse vídeo, não fica tão claro o fenômeno da interferência, e por isso investirei um tempo maior para explicar esse fenômeno.

Após a apresentação dos vídeos, passarei para uma parte mais teórica da aula, em que explicarei conceitualmente os conceitos de reflexão e interferência, mostrando como os fenômenos de eco, reforço e reverberação são casos particulares da reflexão e os fenômenos de batimento e ressonância são casos particulares da interferência. Para essa última situação, usarei a simulação computacional “*Wave Interference: Beats*”<sup>6</sup>, do site *oPhysics: Interactive Physics Simulations*, para mostrar uma representação do batimento e para que os estudantes possam ouvir esse fenômeno para diferentes frequências. Já para a ressonância, também mostrarei a simulação computacional “*Resonance*”<sup>7</sup>, do site *oPhysics: Interactive Physics Simulations*, e farei o paralelo entre o sistema massa-mola e os átomos da taça de cristal que é quebrada apenas com a voz. Além disso, mostrarei o vídeo “Ponte Tacoma – o melhor vídeo”<sup>8</sup>, do canal no *Youtube* Jean Marcel Capuzzi sobre a queda da Ponte de Tacoma.

Fechamento (~ 10 min): por fim, farei um breve resumo conceitual dos fenômenos, utilizando *slides*, e reforçando o que é mais importante em cada um, além de destacar os exemplos que veremos ao longo da aula.

**Recursos:** computador, projetor, caixa de som, apresentação de *slides*, simulações computacionais, vídeos.

**Avaliação:** os alunos não serão avaliados nesta aula.

#### 4.5.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

---

<sup>5</sup> Disponível em: <[https://youtu.be/bmh7NseTF\\_w](https://youtu.be/bmh7NseTF_w)>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://ophysics.com/waves10.html>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://ophysics.com/waves3a.html>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/21BxtT9Z7B4>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

Cheguei à sala de aula da turma 202 cerca de cinco minutos antes do sinal tocar. Como nessa aula eu havia planejado exibir alguns vídeos, queria me certificar de que o som estava funcionando, além de já ligar o projetor e abrir a apresentação de *slides*. Havia alguns alunos na sala quando cheguei, eles estavam bem ansiosos para receberem a prova trimestral, mas disse que elas estavam com o professor G e que ele as entregaria no final da aula.

Quando o sinal tocou, ainda se passaram alguns minutos até que os estudantes retornassem do intervalo; nesse tempo, fiquei conversando sobre assuntos diversos com os alunos que passaram o intervalo na sala. Assim que os estudantes chegaram à sala, chegou também o professor Ives, acompanhado da coordenadora pedagógica L, para observar minha prática; entreguei a ele minha pasta com os planos de aula e então iniciei a exposição.

Em um primeiro momento, fiz a chamada e perguntei se os alunos haviam trazido a lista de exercícios que estávamos fazendo na aula anterior. Alguns me mostraram ela completa, e então fiz a marcação no controle, mas vários estudantes haviam deixado em casa; como passamos mais de duas semanas sem nos vermos, entendi que realmente o melhor seria deixar para cobrar novamente esta lista resolvida na aula seguinte, dia 14/09.

Perguntei aos alunos o que eles lembravam sobre o que havíamos estudado antes das trimestrais. Vários estudantes foram respondendo simultaneamente, e eles conseguiram lembrar de vários tópicos que foram abordados: ondas longitudinal e transversal; altura, intensidade e timbre; velocidade, comprimento de onda e frequência; crista e vale; cálculos. Fiquei bastante satisfeita com as respostas, pois pude ver que eles não apagaram tudo da memória durante o período de trimestrais.

Comecei, então, a exposição do novo conteúdo: fenômenos ondulatórios. Disse que nessa aula iríamos estudar dois fenômenos, e na aula seguinte mais três. Relembrei os estudantes de duas perguntas que eu havia proposto na primeira aula, de apresentação da unidade didática: “por que, em regiões como montanhas e cavernas, conseguimos ouvir nossa voz retornando depois que falamos?”, “o que o voo dos morcegos tem a ver com isso?”. Alguns alunos responderam corretamente que o que estava envolvido era o eco e a ecolocalização dos animais. Falei que para entendermos esses eventos, precisaríamos estudar um pouco sobre o fenômeno da reflexão. Introduzi o assunto, então, definindo o que é reflexão, expondo algumas de suas propriedades e citando alguns exemplos – reflexão de uma onda na água, de uma onda na corda e da luz em um espelho.

Entretanto, meu foco era na reflexão do som. Expliquei que, especialmente para as ondas sonoras, o fenômeno da reflexão poderia provocar três efeitos auditivos diferentes: o eco, a reverberação e o reforço. Diferenciei-os rapidamente, mas não me ative muito aos detalhes, já que o passo seguinte da aula foi exibir o vídeo “*Echoes and reverberation*”<sup>9</sup>, do canal no *YouTube Khan Academy India – English*. Enquanto exibia o vídeo, fui prestando atenção nas expressões dos estudantes: a maioria deles estava concentrada no vídeo, mas alguns aparentavam estar entediados. Um aluno me chamou a atenção, porque ele era bastante expressivo, então suas reações eram bem evidentes; em especial, quando o vídeo mostra – com o auxílio de um editor de áudio – a diferença auditiva que percebemos entre o eco e a reverberação, este aluno mostrou bastante surpresa, no sentido de admiração, em poder perceber aquilo sobre o que estávamos falando. Essa reação desse aluno valeu, para mim, a exibição desse vídeo.

A última parte do vídeo – em que é discutido como reduzir a reverberação em um ambiente fechado – eu não mostrei aos alunos, pois não era a parte que mais me interessava exibir a eles. Perguntei se havia ficado alguma dúvida. Uma aluna perguntou qual era o software que o vídeo mostrava a simulação do eco e da reverberação; eu disse que não sabia especificamente qual era, mas que provavelmente qualquer *software* de edição de som ou vídeo permitiria reproduzir o efeito. Como no vídeo não é falado sobre o reforço (e eu não encontrei nenhum exemplo sonoro na internet), eu falei novamente sobre esse efeito, a fim de fixar a ideia.

Posteriormente, fiz uma breve discussão a respeito da ecolocalização dos morcegos. Expliquei que a relação com o tópico que estávamos estudando era o fato de os morcegos – e outros animais também, como os golfinhos – têm a capacidade de emitir ondas sonoras, que refletem em obstáculos e/ou presas, de forma a mapear a região onde se encontram.

Partindo para o segundo fenômeno ondulatório desta aula, perguntei aos alunos: “é possível quebrar uma taça apenas com a voz?”. Alguns estudantes responderam que sim, e uma estudante em particular respondeu mais reticente “eu espero que sim”. Comecei, então, uma pequena explicação sobre o fenômeno da interferência. Assim como na reflexão, falei sobre a definição e algumas propriedades, mas aqui foquei mais em diferenciar interferência construtiva e destrutiva. A imagem que eu usei na apresentação de *slides* para exemplificar esse fenômeno mostrava duas ondas exatamente iguais: mesma amplitude, frequência, comprimento

---

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/LR-AYApQbNE>>. Acesso em 9 de setembro de 2022.

de onda. Uma aluna perguntou se a interferência só acontecia para casos assim, em que as ondas possuem as mesmas características; eu respondi que não, e que logo a seguir eu mostraria um caso particular em que as ondas não eram iguais e passavam pelo fenômeno da interferência.

Esse caso particular era o fenômeno do batimento. Expliquei que o batimento acontecia com ondas sonoras que apresentassem frequências diferentes, mas muito próximas entre si. Mostrei uma animação que exemplificava o batimento e chamei bastante atenção para o fato de que ora ocorriam interferências construtivas, ora interferências destrutivas. Isso produzia, portanto, uma oscilação na intensidade do som que é ouvido. Para que esse fenômeno ficasse mais claro aos estudantes, mostrei a eles a simulação computacional “*Wave Interference: Beats*”<sup>10</sup>, do site *oPhysics: Interactive Physics Simulations*. Usando essa simulação, é possível ouvir o som gerado a partir da emissão de duas ondas sonoras com frequências ligeiramente diferentes. Quando eu apresentei essa simulação e os estudantes ouviram o batimento acontecendo, a reação deles de encantamento foi incrível. Eu perguntei “você estão conseguindo ouvir a oscilação?” e eles responderam um sonoro “siiiiim!”. Alterei sutilmente a frequência de uma das ondas sonoras, para que a frequência do batimento mudasse, e rodei a simulação novamente. Indaguei os alunos se eles conseguiam perceber a diferença, comparado com o som anterior, e mais uma vez obtive uma resposta positiva. Falei para os alunos que iria compartilhar o link dessa simulação com eles posteriormente, e que eles poderiam explorá-la mais em casa. Então, segui a aula.

Depois do batimento, comecei a falar sobre mais um caso particular do fenômeno da interferência: a ressonância. Expliquei que os corpos vibram naturalmente com determinada frequência, e que quando uma vibração externa de frequência igual ou muito próxima atinge um corpo, ocorre uma interferência construtiva, de modo que a amplitude de vibração do corpo aumenta consideravelmente. Para que isso fizesse mais sentido, usei como analogia um balanço, e fui construindo a ideia junto com os estudantes.

Comecei argumentando que, quando somos crianças e brincamos em um balanço, normalmente queremos atingir a maior altura possível. Para isso, pedimos que um amigo nos ajude, empurrando-nos. Perguntei aos alunos: “adianta se nosso amigo empurrar o balanço a qualquer momento? Ou ele precisa empurrar no momento certo?”, e eles responderam que precisa ser no momento certo. Eu complementei: “não adianta meu amigo me empurrar quando eu estiver lá na frente”. Ressaltei que isso indicava que a frequência de oscilação do balanço

---

<sup>10</sup> Disponível em: <<https://ophysics.com/waves10.html>>. Acesso em 9 de setembro de 2022.

era a mesma frequência do “empurrão” que o amigo precisa dar. Quando isso ocorre, a amplitude do movimento do balanço aumenta consideravelmente, de forma semelhante ao fenômeno da ressonância.

Para exemplificar de outra maneira, mostrei para os alunos mais uma simulação computacional: “*Resonance*”<sup>11</sup>, do site *oPhysics: Interactive Physics Simulations*. Nessa simulação, três sistemas massa-mola distintos oscilam em conjunto, de forma que, a depender da frequência de oscilação, um deles entra em ressonância. Eu já havia feito as contas das frequências de ressonância dos três sistemas, então não mostrei a parte matemática para os estudantes, já que não era o objetivo. Mostrei apenas o que significava “entrar em ressonância”: quando esse fenômeno ocorria para algum dos sistemas, este passava a oscilar com uma amplitude consideravelmente maior que os outros dois. Os estudantes conseguiram visualizar bem o fenômeno a partir desta simulação. Uma aluna perguntou sobre como eram os cálculos, e eu disse para ela que não iria falar sobre isso naquele momento, por não ser o foco, mas que eu poderia mostrar a ela no final da aula, se ela tivesse interesse.

Retornei, então, à pergunta inicial: “é possível quebrar uma taça apenas com a voz?”. Respondi aos alunos que sim, é possível, através do fenômeno da ressonância. A taça possui uma frequência de vibração natural, e se conseguirmos atingir essa frequência, junto com uma intensidade elevada, a taça pode entrar em ressonância, ter sua amplitude de vibração extremamente aumentada, até o ponto de quebrar. Citei também o caso emblemático da Ponte de Tacoma, em que o fenômeno da ressonância foi responsável por fazê-la cair. Exibi o vídeo “Ponte Tacoma – o melhor vídeo”<sup>12</sup>, do canal no *Youtube* Jean Marcel Capuzzi para os alunos, e eles ficaram bastante pasmos com as cenas. Expliquei a eles que foi uma falha na sua construção, já que esse fenômeno foi desconsiderado nos cálculos, o que gerou piadas entre os estudantes: “alguém perdeu o emprego”, riam eles.

Para finalizar, exibi um último vídeo, “Tema 06 – Superposição de Oscilações | Experimentos – Ressonância e batimento em diapasões”<sup>13</sup>, do canal no *YouTube* Física Universitária, que apresenta algumas demonstrações usando diapasões sobre ressonância e batimento. Nesse momento, talvez devido ao fato de o vídeo ser um pouco repetitivo (o professor repete algumas vezes cada demonstração) e por já estarmos no final da aula, percebi os estudantes mais dispersos, conversando entre si, e também rindo um pouco sobre alguns

---

<sup>11</sup> Disponível em: <<https://ophysics.com/waves3a.html>>. Acesso em 9 de setembro de 2022.

<sup>12</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/21BxtT9Z7B4>>. Acesso em 9 de setembro de 2022.

<sup>13</sup> Disponível em: <[https://youtu.be/bmh7NseTF\\_w](https://youtu.be/bmh7NseTF_w)>. Acesso em 9 de setembro de 2022.

detalhes do vídeo. Alguns nem mesmo estavam assistindo ao vídeo. Uma aluna comentou: “ele está muito concentrado mexendo só com uma bolinha”, e eu respondi, em tom de brincadeira, que era assim que físicos se divertiam. Quando o vídeo terminou, perguntei à turma de eles haviam ficado com alguma dúvida, se tinha ficado claro os dois fenômenos no vídeo, e os alunos responderam que sim.

Nos últimos minutos, fiz uma breve revisão sobre os novos conceitos que havíamos visto nesta aula: reflexão; eco, reverberação e reforço; interferência construtiva e destrutiva; batimento e ressonância. Mais uma vez, perguntei se alguém gostaria de fazer alguma pergunta, mas ninguém se manifestou. Assim, faltando dez minutos para o fim do período, passei a palavra para o professor G para que ele pudesse devolver as provas trimestrais aos alunos. Enquanto ele escrevia alguns dados no quadro, antes de entregar, eu fiquei circulando pela sala, conversando com os alunos, e perguntando o que eles tinham achado da aula. Um estudante comentou que adorou os vídeos, principalmente o primeiro, sobre eco e reverberação. Eu indiquei as referências a ele, mas também disse que iria disponibilizar os *links* no *Google Classroom*. Fiquei bastante feliz por receber uma crítica positiva a respeito deste vídeo, pois não estava segura com relação a ele, em especial por ser em inglês. Um outro aluno estava se divertindo imitando o som emitido pelos diapasões no terceiro vídeo, enquanto seus colegas diziam “*parece que eu continuo ouvindo aquele som*”.

Aproveitei esses últimos minutos também para mostrar àquela aluna, que havia perguntado sobre a matemática da ressonância, os cálculos que eu havia feito. Ela perguntou “de onde vem o  $2\pi$ ?” da equação  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ . Eu respondi que não sabia exatamente, mas que poderíamos pensar em uma relação com o movimento circular, já que este também é um movimento oscilatório. Também me deixou bastante feliz o fato de alguém ter se interessado pela matemática, já que é uma parte da Física da qual, em geral, os alunos tentam fugir.

Quando o professor G terminou de fazer as anotações no quadro, parei de conversar com os estudantes para que estes pudessem prestar atenção na fala do professor. Neste momento, percebi que o professor Ives já havia se retirado da sala, deixando minha pasta com os planos de aula com a estagiária I. O professor G fez algumas observações a respeito da prova, e depois as entregou aos estudantes. Nesse momento, o sinal para o intervalo já havia soado, mas alguns alunos ainda queriam tirar dúvidas sobre a prova com o professor; enquanto isso, outros estudantes saíram da sala para aproveitar o recreio. Eu guardei meus materiais e aguardei o professor G enquanto conversava com a estagiária I.

Eu gostei bastante dessa aula, de como ela foi estruturada e dos recursos que utilizei, mas senti que a turma estava mais dispersa do que nas aulas anteriores. Isso pode ter acontecido por uma série de fatores: primeira aula pós trimestrais, feriado no meio da semana, formato da aula em que eu falava mais e eles ouviam, clima chuvoso, etc. Apesar disso, acredito que os estudantes conseguiram compreender as ideias apresentadas, em especial porque foram feitas algumas perguntas ao longo da aula, e porque ao final do período eu os deixei bem livres para fazer perguntas, o que não aconteceu, de modo que eu posso inferir que a turma conseguiu acompanhar bem a exposição. Apesar disso, não considero que tenha sido minha melhor aula.

## 4.6 AULA 6

### 4.6.1 Plano de Aula

**Data:** 14/09 – 8h25min às 9h10min

**Tópicos:** Fenômenos ondulatórios (refração, difração e polarização)

**Objetivos docentes:** descrever conceitualmente os três fenômenos; demonstrar os fenômenos ocorrendo na prática; propor uma atividade de *Just-in-Time Teaching* para a próxima aula.

#### **Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): começarei a aula fazendo uma retomada do que teremos visto na aula anterior. “Vimos que as ondas podem ser refletidas e interferir, mas elas também podem fazer outras coisas”. Enquanto isso, abrirei a apresentação de *slides* e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 35 min): o primeiro tópico sobre o qual eu tratarei será a refração. Explicarei, usando *slides*, que ondas mudam de velocidade quando mudam de meio, como consequência disso, na maior parte das vezes, a onda sofre um desvio em sua trajetória. Para demonstrar isso, farei os experimentos descritos no vídeo “Água que inverte a imagem – experiência de física – refração da luz Prof. Boaro”<sup>14</sup>, do canal do *Youtube* Professor Boaro.

O segundo tópico será a difração. Explicarei que ondas podem contornar obstáculos, quando estes possuem tamanho da ordem de grandeza do comprimento de onda. Ressaltarei que é por esse motivo que, no cotidiano, percebemos o som difratar, mas a luz não. Entretanto,

---

<sup>14</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/hgUwhIEvv-8>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

levarei um experimento para demonstrar a difração da luz: o experimento para medir a espessura de um fio de cabelo, como descrito no vídeo “Difração por um obstáculo”<sup>15</sup>, do canal do *Youtube* Física Universitária. Com essa demonstração, será possível ver o padrão de interferência e medir a espessura do fio de cabelo de algum aluno voluntário. Mostrarei nos *slides* o porquê do padrão de interferência, mas sem me aprofundar muito, utilizarei apenas figuras, nenhum cálculo (exceto o do experimento, mas que não será derivado).

Por fim, o terceiro tópico será a polarização. Explicarei que, no caso de ondas transversais, é possível selecionar apenas uma direção de vibração. Farei uma demonstração semelhante à do vídeo “Filtros polarizadores”<sup>16</sup>, do canal do *Youtube* Física Universitária. Também mostrarei a utilidade desse fenômeno na prática, como nos óculos com lentes polarizadoras, como mostrado no vídeo “Óculos de sol polarizado na prática”<sup>17</sup>, do canal do *Youtube* VerBim.

Fechamento (~ 5 min): para finalizar a aula, irei propor uma nova atividade de *Just-in-Time Teaching* baseada no vídeo “*The Physics of Music: Crash Course Physics #19*”<sup>18</sup>, do canal do *Youtube* CrashCourse.

**Recursos:** computador, projetor, apresentação de *slides*, potes com água, setas desenhadas em papel, corante, laser, suporte para experimento de difração, trena, filtros polarizadores.

**Avaliação:** os alunos não serão avaliados nesta aula.

#### 4.6.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 14 (10 meninas e 4 meninos)

Essa era, talvez, a aula com a qual eu estava mais apreensiva, pois envolvia vários experimentos. Por isso, cheguei à escola trinta minutos antes do horário que costumo chegar, pois sabendo que a turma 202 tem aula de Educação Física antes do período de Física e, portanto, a sala de aula estaria vazia, eu teria tempo para organizar tudo. Nesse dia, a turma 202 estava de volta a sua sala de aula original.

---

<sup>15</sup> Disponível em: <[https://youtu.be/31FJD\\_JqfXU](https://youtu.be/31FJD_JqfXU)>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>16</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/0jIZph3wbag>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>17</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/shorts/ncymzfRVcgo>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>18</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/XDsk6tZX55g>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

Quando o sinal para a troca de período tocou, tudo já estava montado e organizado; aos poucos os alunos começaram a voltar para a sala. Eu pedi para que eles tivessem cuidado para não esbarrar nos materiais e derrubar alguma coisa, em especial um pote com água que eu usaria no experimento sobre refração. Depois de todos os estudantes retornarem da aula de Educação Física, fiz a chamada e marquei no controle a lista de exercícios de alguns alunos que ainda não haviam me mostrado.

Comecei a aula, então, lembrando que na aula anterior havíamos visto dois fenômenos que podem acontecer com ondas: a reflexão e a interferência. E nessa aula veríamos mais três fenômenos: a refração, a difração e a polarização. Entretanto nessa aula, o meu foco seria em mostrar a eles os fenômenos acontecendo, e por isso eu havia trazido aqueles materiais que eles estavam vendo.

Disse aos alunos que eu iria, inicialmente, fazer uma mágica. Pedi aos estudantes que estavam mais distantes dos materiais que se aproximassem para poderem enxergar o que iria acontecer. Nesse momento, os materiais que eu utilizei foram: vaso esférico de vidro, pote com água, seta desenhada em uma folha de papel A5 e um *laser*. Mostrei aos alunos a seta desenhada na folha de papel, e então posicionei a seta atrás do vaso de vidro, que estava inicialmente vazio. Perguntei a eles o que tinha acontecido, o que estavam vendo; eles olharam, ficaram um pouco em dúvida, mas disseram que não tinha acontecido nada, que estavam vendo a seta igual, apenas um pouco destorcida. A fim de deixá-los desconfiados, perguntei “*é sério?*” com uma expressão de incerteza, de modo que eles começaram a duvidar do que viram, ou a achar que o experimento não havia funcionado. Então eu disse: “*mas e se eu fizer isso aqui?*” e comecei a despejar a água dentro do vaso de vidro; conforme o nível da água foi subindo, os estudantes viram que a orientação da seta mudou, e soltaram em coro “*ohhhh!*”. A seta estava posicionada na vertical, mas depois mostrei a eles que quando a colocamos na horizontal, sua orientação também mudava.

Expliquei aos estudantes, então, que esse evento estava diretamente relacionado com o fenômeno da refração. Defini que a refração era o fenômeno de mudança de velocidade de propagação de uma onda quando esta muda de meio, e que isso pode acarretar uma mudança na trajetória desta onda. Quando isso acontece, vemos uma mudança na imagem, que no caso deste experimento era a inversão da orientação da seta. Disse aos alunos que eles estudariam mais a fundo a refração no terceiro trimestre, com o professor G, quando eles estudassem Óptica. Para finalizar a explanação sobre refração, usei o *laser* para mostrar o desvio na

trajetória da luz quando ela passa pelo vidro com água. Apontei o *laser* para a parede, passando pela água, e demonstrei que, quando eu movia o *laser* para a direita, a luz projetada na parede se movia para a esquerda; mesma coisa acontecia quando eu movia o *laser* para a esquerda, e a luz na parede se movia para a direita. Perguntei se os estudantes estavam conseguindo visualizar o fenômeno, e eles me responderam afirmativamente.

Uma aluna perguntou se o formato do vidro influenciava no fenômeno, e eu respondi que sim. Expliquei que a inversão na orientação da seta tanto na direção vertical quanto na horizontal ocorria pelo fato de o vaso de vidro – e, portanto, também a água dentro deste – ter um formato esférico. Mas que se, por exemplo, usássemos um vaso de vidro cilíndrico, a inversão na orientação da seta só ocorreria na horizontal, não mais na vertical.

Para explicar o próximo fenômeno ondulatório, perguntei aos estudantes se eles sabiam qual era a espessura do fio de cabelo deles. Me responderam que não, a exceção de uma aluna que respondeu sarcasticamente “*claro, sora, medi ontem*”. Falei então que nós poderíamos medir naquele momento; mostrei a eles uma régua, uma fita métrica e um paquímetro (o paquímetro eles não conheciam, mas quando falei que às vezes ele é usado no design de sobancelhas, alguns alunos o reconheceram), e perguntei se eles achavam possível medir a espessura com algum desses instrumentos. Eles não estavam muito convictos, mas responderam que não. Então confirmei que eles estavam certos, nós não conseguimos medir com esses instrumentos, mas eu mostraria a eles que há uma maneira indireta de fazer isso: através de um fenômeno ondulatório chamado difração.

Expliquei que a difração é a capacidade que as ondas possuem de contornar obstáculos ou fendas; além disso, para que esse fenômeno possa ocorrer, a condição necessária é que esse obstáculo ou fenda precisa ser da ordem de grandeza do comprimento de onda. Para exemplificar, disse aos alunos que é possível ouvir o professor que estava dando aula na sala ao lado; entretanto, não era possível vê-lo. Isso acontecia porque o som consegue difratar pelas portas das duas salas de aula, já que o comprimento de onda do som tem dimensões semelhantes às das portas; entretanto, a luz possui comprimento de onda muito menor que as dimensões das portas, e por isso não ocorre o fenômeno da difração nesse caso.

Passei a falar sobre o padrão de difração que enxergamos quando a luz difrata por uma fenda (ou um obstáculo, como era o caso do fio de cabelo). Nessa parte, minha explanação foi um pouco mais lenta, visto que explicar a existência dos mínimos e máximos de difração não é tarefa simples. Entretanto, resaltei que os máximos eram pontos de interferência construtiva,

enquanto os mínimos eram pontos de interferência destrutiva, fazendo referência à aula anterior. Os alunos estavam prestando bastante atenção, e eu disse que logo mais veríamos esse padrão de difração acontecendo na prática.

Detalhei para os alunos a montagem do experimento: mostrei que tínhamos um *laser*, um suporte para colocar o fio de cabelo, e o padrão de difração seria projetado na parede. Expliquei que há uma equação para calcular a posição dos mínimos, ou seja, dos pontos em que ocorre interferência destrutiva ( $d \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda$ ). Não deduzi matematicamente a equação, mas fiz uma discussão trigonométrica sobre a possibilidade de substituirmos o seno pela tangente quando o ângulo é muito pequeno; isso era interessante porque era mais fácil medir as distâncias que nos fornecem a tangente (distância do fio de cabelo até o máximo central e distância do máximo central até o primeiro mínimo) do que o seno (distância do fio de cabelo até o primeiro mínimo e distância do máximo central até o primeiro mínimo). Essa discussão foi facilitada por haver, na sala de aula da turma 202, um quadro contendo o círculo trigonométrico, como o da Figura 2 abaixo:



Figura 2: quadro trigonométrico

Após mostrar a equação da posição dos mínimos e discutir a possibilidade de substituição do seno pela tangente, fomos para o experimento. Perguntei se algum estudante gostaria de medir a espessura do seu fio de cabelo; vários quiseram, então peguei o fio do primeiro aluno que me alcançou. A ideia inicial era que eu pudesse medir a espessura de mais

de um fio, para mostrar a diferença entre um fio fino e um mais grosso; entretanto, o tempo estava escasso, então fiz a demonstração com apenas um fio de cabelo. Apaguei todas as luzes da sala e pedi que os alunos se aproximassem para poderem enxergar bem a demonstração. Comecei mostrando a projeção do *laser* na parede sem o fio de cabelo, para eles perceberem que o que chegava na parede era apenas um ponto vermelho. Depois, coloquei o fio de cabelo no suporte e o posicionei na frente do *laser*. Imediatamente, o que era um ponto vermelho se transformou em uma sequência de pontos claros e escuros. Os alunos ficaram bem impressionados com o que eles viram. Falei pra eles que já havia medido a distância do suporte do fio de cabelo até a parede antes do início da aula, e que o comprimento de onda do laser era uma informação fornecida pelo fabricante, então precisávamos medir apenas a distância do máximo central até o primeiro mínimo. Feito isso, escrevi a equação dos mínimos no quadro e substituí os valores na equação. Fui resolvendo passo a passo com os estudantes, até chegarmos no resultado final (obtivemos uma espessura de  $67 \mu\text{m}$ ). Ressaltei que o valor era bem pequeno, e por esse motivo que não conseguíamos medi-lo com os instrumentos cotidianos que citei no começo (régua, fita métrica e paquímetro).

Infelizmente, quando terminei de falar sobre a difração e fui passar para o último fenômeno ondulatório, a polarização, olhei o relógio e vi que eu tinha apenas cinco minutos para terminar a aula; por isso, eu precisei passar mais rapidamente por esse fenômeno. Para fazer a introdução, perguntei se os estudantes sabiam como funciona o cinema 3D. Uma aluna respondeu que a imagem era formada por uma sobreposição de uma imagem azul e uma imagem vermelha. Eu respondi que antigamente, as primeiras tecnologias do cinema 3D funcionavam assim mesmo, e que por isso os óculos que usávamos tinham uma lente azul e outra vermelha. Argumentei que, entretanto, quando assistimos a um filme em 3D atualmente, os óculos já não possuem mais essas lentes coloridas, o que indica que a tecnologia de funcionamento deve ter mudado.

Iniciei a discussão explicando brevemente como funciona a visão binocular: por termos dois olhos separados por uma pequena distância, a imagem que cada um deles enxerga é levemente diferente, e nosso cérebro tem a função de uni-las em uma única imagem; ao fazer isso, ele nos dá a percepção de profundidade. Disse aos alunos que eles poderiam evidenciar a visão binocular a partir de um pequeno experimento: eles deveriam fechar o olho esquerdo e manter o direito aberto, e então posicionar um dedo na frente de algum objeto; depois, eles deveriam, sem mover o dedo, fechar o olho direito e abrir o esquerdo. Perguntei aos estudantes se perceberam que o dedo não aparentava mais estar na mesma posição, e eles responderam

afirmativamente. Disse a eles que isso acontecia justamente porque nossos olhos recebem imagens ligeiramente diferentes um do outro.

Voltando para o cinema 3D, expliquei que cada um dos nossos dois olhos deveria receber imagens diferentes, para que o cérebro as unisse e nos fornecesse a percepção de profundidade (a terceira dimensão). Para fazer isso, eram produzidas duas imagens muito parecidas, mas que tinham uma diferença: a polarização. Defini que o fenômeno ondulatório da polarização estava associado com a seleção de uma única direção de vibração de uma onda através de um filtro polarizador; assim, apenas uma direção de vibração consegue passar pelo polarizador, enquanto as outras são barradas. Como, para esse fenômeno ocorrer, a direção de vibração não pode ser a mesma direção de propagação, destaquei que esse fenômeno só pode ocorrer para ondas transversais, como é o caso da luz. Mostrei aos alunos algumas imagens representando ondas transversais sendo polarizadas, a fim de deixar o fenômeno bem claro.

Expliquei então que, no cinema 3D, duas imagens são produzidas, uma com polarização horizontal, e uma vertical; para que cada olho perceba uma dessas imagens, os óculos são fabricados com filtros polarizadores, uma lente polarizada na horizontal, e outra polarizada na vertical. Assim, cada olho recebe uma imagem levemente diferente, de modo que o cérebro, ao uni-las, nos dá a sensação de profundidade.

Para finalizar a aula, mostrei um pequeno vídeo de um óculos com lentes polarizadas sendo utilizado para pescar, eliminando a luz que é refletida pela superfície da água. Além disso, passei para os estudantes observarem dois filtros polarizadores. Expliquei que quando eles estavam alinhados (por exemplo, os dois na horizontal ou os dois na vertical), ambos selecionavam a mesma direção de vibração da onda de luz, por isso conseguíamos enxergar o que estava atrás dos filtros, apenas mais escurecido. Entretanto, quando girávamos em  $90^\circ$  um dos filtros, os posicionávamos de forma que o primeiro filtro deixava passar apenas uma direção de vibração, mas esta era barrada pelo segundo filtro, de modo que não era possível enxergar nada através dos polarizadores.

Enquanto os filtros ainda estavam circulando pela sala, falei para os alunos que iria postar uma atividade de preparação (*Just-in-Time Teaching*) para eles fazerem para a aula seguinte (ver Apêndice C). Em seguida, liberei os alunos para o intervalo, pois o período já havia terminado. Entretanto alguns alunos ainda ficaram esperando pois queriam ver os polarizadores. Uma aluna aproveitou o final da aula para fazer uma pergunta sobre a difração. Ela perguntou se a intensidade dos máximos ia diminuindo conforme nos afastamos do máximo

central. Eu respondi que sim, e para mostrar isso voltei na imagem (Figura 3) que mostrava a representação do padrão de difração.

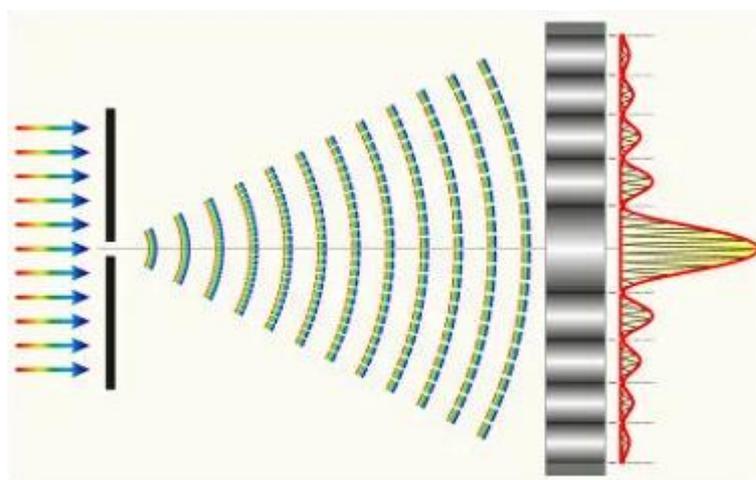


Figura 3: padrão de difração em fenda simples.

Expliquei que a onda vermelha à direita da imagem indicava a intensidade da luz que chegava no anteparo; assim, é possível perceber que o máximo central é o mais intenso, enquanto os próximos máximos vão ficando cada vez menos intensos, até o ponto em que não conseguimos mais enxergá-los. Ela compreendeu, agradeceu a explicação, e foi para o intervalo.

Enquanto os alunos terminavam de olhar os filtros polarizadores, eu fui organizando os materiais. Quando terminei de guardar tudo, o intervalo já estava acabando, então organizei rapidamente a sala para a próxima aula e me despedi dos estudantes que ainda estavam ali.

Percebi que os estudantes se interessaram muito por essa aula, e tenho certeza de que os experimentos tiveram papel fundamental nisso. Acredito que esses fenômenos são bastante abstratos, então vê-los acontecendo na prática faz toda a diferença para a compreensão dos estudantes. Foi muito legal ver a reação deles quando eles observavam o fenômeno, em especial quando eles viram a seta mudando de orientação ao colocar água dentro do vaso de vidro e quando o *laser* sofreu difração ao passar pelo fio de cabelo.

Entretanto, vale ressaltar que, pelo tempo necessário antes e depois da aula para montar e desmontar todos os materiais, é compreensível que esse é um recurso não tão simples de levar para uma aula, levando em consideração que normalmente o professor sai de uma aula e já vai para outra, sem tempo viável de se organizar. Isso é facilitado quando a escola possui um laboratório, onde seria possível montar o experimento previamente e levar as turmas até ele,

mas infelizmente essa não é a realidade da grande maioria das escolas, em especial as públicas. Sendo assim, fica difícil para o professor levar recursos como esses que auxiliam o processo de aprendizagem dos estudantes.

## 4.7 AULA 7

### 4.7.1 Plano de Aula

**Data:** 16/09 – 9h25min às 10h45min

**Tópicos:** Ondas estacionárias

**Objetivos docentes:** discutir os resultados apresentados na tarefa de preparação; revisar alguns tópicos que foram vistos no vídeo: (i) discutir graficamente como se obtém uma onda estacionária, e (ii) diferenciar ondas estacionárias em cordas com extremidades fixas ou móveis e em tubos com as extremidades abertas ou fechadas; propor uma atividade de *Just-in-Time Teaching* para a próxima aula.

#### **Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): começarei a aula perguntando aos alunos o que eles acharam do vídeo da tarefa de preparação proposta na aula anterior – já que é um vídeo muito interessante, porém bastante denso em informação. Ao longo dessa conversa inicial, irei abrindo a apresentação de *slides* e depois farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 70 min): o primeiro momento da aula será a discussão sobre as respostas fornecidas pelos estudantes na tarefa de leitura. Serão selecionadas as respostas que fomentem maior discussão, de preferência algumas corretas e outras equivocadas.

Já o segundo momento da aula, e que durará mais tempo, será uma exposição sobre alguns pontos importantes sobre ondas estacionárias. Para isso, utilizarei a simulação computacional “*Standing Waves*”<sup>19</sup>, do site *oPhysics: Interactive Physics Simulations*. Ressaltarei que em extremidades fixas ou fechadas há um nó, enquanto em extremidades móveis ou abertas há um ventre. A partir disso, podemos construir os harmônicos. Chamarei a atenção também para o fato de que é assim que instrumentos produzem som, como está descrito

---

<sup>19</sup> Disponível em: <<https://ophysics.com/w7.html>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

no vídeo da tarefa. Após essa explanação, serão feitas cerca de quatro a cinco questões de *Peer Instruction*. Posteriormente, farei uma discussão matemática no quadro sobre os comprimentos de onda e as frequências dos harmônicos em instrumentos de corda e de tubo. Entretanto, o foco nas equações será menor do que no entendimento dos conceitos e das representações.

Fechamento (~ 5 min): para finalizar a aula, irei propor uma atividade de *Just-in-Time Teaching* baseada em um trecho do episódio “O Limiar da Eternidade” de Cosmos, de Carl Sagan (10min49s a 22min50s). Ressaltarei para os estudantes que essa tarefa será sobre o último tema que iremos trabalhar, que é o Efeito Doppler.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, apresentação de *slides*, simulação computacional.

**Avaliação:** os alunos serão avaliados por sua participação na atividade de *Just-in-Time Teaching*.

#### 4.7.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 17 (13 meninas e 4 meninos)

Cheguei à sala da turma 202 cerca de dois minutos antes do sinal tocar e comecei a organizar o meu material. Neste dia, eu usaria apenas a apresentação de *slides* e os *plickers*, então não levaria muito tempo para deixar tudo em ordem. Aos poucos os estudantes começaram a voltar do intervalo; enquanto eu colocava para projetar a apresentação, fui fazendo a chamada e distribuindo os cartões dos *plickers* para que, no momento necessário, eles já estivessem com os cartões em mãos.

Uma aluna me pediu mais tempo para fazer a atividade de preparação do *Just-in-Time Teaching* (ver Apêndice C), já que ela estava estudando para algumas provas de recuperação e o prazo para a atividade foi curto. Eu falei para ela que concordava que o tempo disponibilizado havia sido curto mesmo, de forma que apenas seis alunos responderam à atividade, então eu estava pensando em reconsiderar a nota atribuída a essa atividade; disse que iria pensar melhor sobre o que fazer, mas a princípio não iria cobrá-la como atividade de controle, mas dando algum ponto extra àqueles que fizeram.

Começando de fato a aula, iniciei comentando sobre as respostas dos estudantes na atividade de *Just-in-Time Teaching*. Uma aluna falou que assistiu ao vídeo, mas que não

entendeu nada, e por isso não havia respondido às questões. Destaquei que a atividade servia como forma de preparação para o que iríamos ver em sala de aula, mas que eu explicaria detalhadamente o que foi tratado no vídeo; entretanto, aqueles que assistiram ao vídeo e realizaram a tarefa tenderiam a compreender o conteúdo com maior tranquilidade, por já terem sido introduzidos ao tema.

Para cada pergunta feita, ressaltai os pontos mais interessantes que apareceram nas respostas. Em alguns casos, fiz questão de enfatizar que os conceitos que apareceram nas respostas – que não havíamos trabalhado ainda, mas que apareciam no vídeo – seriam discutidos com maior profundidade nesta aula, de forma que aqueles que não fizeram a atividade iriam conseguir compreender o conteúdo. Chamei a atenção dos estudantes, principalmente, ao trazer as respostas dadas à última questão, em que os alunos podiam deixar suas dúvidas. Algumas delas respondi naquele momento, mas outras deixei para responder ao longo da aula, conforme fosse trabalhando os detalhes do conteúdo.

Passei, então, para a exposição do tópico *ondas estacionárias*. Assim como no vídeo da atividade de preparação, comecei discutindo a reflexão de ondas em cordas (com extremidade fixa e móvel), mostrando, posteriormente, de forma visual, como ocorre a formação de uma onda estacionária. Uma aluna perguntou se eu poderia dar uma definição formal de onda estacionária para ela anotar no caderno, então escrevi no quadro o conceito e o que caracteriza uma onda estacionária. Defini também o que são nós, antinós e ventres. Nesse momento, outra aluna perguntou se podíamos dizer que um ventre é igual a meio comprimento de onda. Acredito que essa pergunta foi feita baseada na visualização do vídeo, mesmo assim fiquei bem impressionada com a perspicácia dessa estudante. Respondi de forma bastante empolgada que sim, e que essa análise seria fundamental para entender a matemática das ondas estacionárias que veríamos logo mais.

Após essa pergunta extremamente interessante, iniciei a discussão sobre as diferenças entre as configurações das ondas estacionárias de instrumentos de corda, de sopro com tubo aberto e de sopro com tudo fechado. Comecei explicando as ondas estacionárias em instrumentos de corda: destaquei que as extremidades precisam ser nós, já que esses pontos não se movem; dessa forma, o harmônico fundamental é formado por dois nós e um antinó, ou seja, apenas um ventre. Para o segundo harmônico, adicionamos mais um ventre, e assim sucessivamente.

Nesse momento, uma aluna teve bastante dificuldade em entender o que é um harmônico. Expliquei que era uma possível configuração de uma onda estacionária. Já que para ocorrer uma onda estacionária precisamos de frequências e comprimentos de onda específicos, apenas algumas configurações são permitidas. Dessa forma, o harmônico fundamental seria a configuração mais simples possível (no caso dos instrumentos de corda, o que possui um único ventre, com dois nós e um antinó), o segundo harmônico seria a segunda configuração mais simples possível, e assim por diante. Alguns alunos também ajudaram a esclarecer a dúvida desta aluna; depois de alguns minutos ela conseguiu compreender.

Em seguida, detalhei as configurações de ondas estacionárias em instrumentos de sopro com duas extremidades abertas. Nesse caso, temos antinós nas extremidades, de modo que o harmônico fundamental, o mais simples, é formado por dois antinós e um nó; assim como nos instrumentos de corda, nos instrumentos formados por tubos abertos o harmônico fundamental também é composto por um único ventre, e para compor os harmônicos seguintes, precisamos ir adicionando mais ventres, sempre lembrando de que nas extremidades precisamos ter antinós.

Por último, falei sobre os instrumentos de sopro com uma das extremidades fechada. Disse aos estudantes que na extremidade aberta temos um antinó, mas que na extremidade fechada temos um nó. Dessa forma, diferentemente dos dois casos anteriores, o harmônico fundamental é formado apenas por metade de um ventre. Para formar o próximo harmônico, contudo, não podemos apenas adicionar meio ventre, pois assim estaríamos colocando um nó em uma extremidade aberta; portanto, devemos adicionar um ventre para o próximo harmônico. Como consequência, não formamos nesse tipo de instrumento os harmônicos pares. Aproveitei para trazer de volta uma pergunta que um estudante havia feito na tarefa de preparação, justamente dizendo que não havia compreendido o porquê de não haver harmônicos pares em tubos com uma extremidade aberta e outra fechada. Nesse momento, expliquei de forma conceitual, ressaltando que não podemos duplicar ou quadruplicar o número de “meio ventres”, e que tudo isso faria ainda mais sentido com a análise matemática sobre os comprimentos de onda.

Para finalizar essa discussão conceitual a respeito das configurações possíveis de ondas estacionárias em cada tipo de instrumento, propus uma questão de *Peer Instruction* (ver Anexo C). Relembrei as regras da votação aos alunos, dizendo que eles deveriam pensar inicialmente sozinhos, sem conversar com os colegas, e que também deveriam formular um raciocínio a fim

de convencer os colegas de que sua resposta estava correta. Também relembrei como eles deveriam votar utilizando os cartões do *Plickers*.

Nesta questão, a maioria dos alunos acertou a resposta, mas parte relevante da turma se distribuiu pelas outras alternativas. Dessa forma, pedi que discutissem entre si para chegarem a um consenso. Após alguns minutos de discussão, refiz a votação e a porcentagem de alunos selecionando a alternativa correta aumentou (ver Apêndice H). Expliquei para a turma qual o raciocínio que levava à resposta certa, perguntei se alguém havia ficado com alguma dúvida, obtendo respostas negativas, e então passei para a segunda parte da exposição sobre as configurações dos harmônicos em cada tipo de instrumento: a análise matemática dos comprimentos de onda e das frequências.

Enfatizei aos alunos que, nesse momento, eu faria a demonstração de algumas equações e que, se eles conseguissem entender a lógica por trás dessas demonstrações, eles não precisariam decorar nenhuma equação. Por isso, fui fazendo tudo com bastante calma. Iniciei novamente pelos instrumentos de corda. Usando uma representação das configurações das ondas estacionárias para os primeiros harmônicos, fui mostrando como cada ventre equivale a meio comprimento de onda – reiterando o que já havia sido comentado anteriormente por uma aluna – e assim podemos relacionar o número do harmônico com o número de ventres, a quantidade de comprimentos de onda e o tamanho da corda. Assim, cheguei em uma equação geral para o comprimento de onda da onda estacionária de cada harmônico, em função do comprimento da corda ( $\lambda_n = \frac{2L}{n}$ ). Argumentei que, para músicos, é mais importante saber a frequência da onda, pois esta está diretamente relacionada com a nota musical, do que o comprimento de onda. Portanto, usando a relação entre velocidade, comprimento de onda e frequência ( $v = \lambda \cdot f$ ), saí da equação para o cálculo do comprimento de onda para uma equação que nos fornece a frequência de cada harmônico, em função da velocidade da onda e do comprimento da corda ( $f_n = \frac{n \cdot v}{2L}$ ).

Passando para os instrumentos de sopro com tubos abertos, novamente usei uma representação das configurações das ondas estacionárias nos primeiros harmônicos e fiz a mesma análise, usando os desenhos, a respeito de quantos comprimentos de onda há em cada harmônico. Mostrei aos estudantes que, nesse tipo de instrumento, estávamos obtendo as mesmas relações que havíamos visto anteriormente para os instrumentos de corda; dessa forma, as equações que eram válidas para os instrumentos de corda também eram válidas para os

instrumentos de sopro com tubos abertos. Os alunos fizeram uma pequena comemoração por conta disso.

Por fim, fiz essa discussão para os instrumentos de sopro com tubos fechados em uma das extremidades. O procedimento foi o mesmo: analisando as representações dos primeiros harmônicos, conseguimos enxergar um padrão para os comprimentos de onda em cada harmônico, de forma a nos levar a uma equação geral para o comprimento de onda nesse tipo de instrumento ( $\lambda_n = \frac{4L}{n}$ ). Ressaltei novamente a pergunta feita por um estudante sobre a ausência de harmônicos pares. *“Vocês estão percebendo que, pelo fato de o harmônico fundamental ter um quarto de comprimento de onda (meio ventre), mas para formarmos os próximos harmônicos precisamos adicionar meio comprimento de onda (um ventre), nós nunca vamos conseguir ter harmônicos pares?”*. Os alunos afirmaram com a cabeça, respondendo que conseguiram enxergar esse detalhe particular. O último passo foi, a partir da equação para o comprimento de onda, chegar na equação para a frequência ( $f_n = \frac{n.v}{4L}$ ). Uma aluna comentou: *“então a única coisa que muda na fórmula é o 4 em vez do 2”*. Eu disse que, explicitamente, sim, mas que precisávamos sempre lembrar que o  $n$ , que indica o número do harmônico, nesse caso, só poderia ser números ímpares, diferentemente dos dois casos anteriores, em que  $n$  pode ser qualquer número natural.

Olhei o relógio e faltavam apenas dez minutos para acabar a aula. Falei para os alunos que faria uma última questão de *Peer Instruction* (ver Anexo C) e que depois dela eu os liberaria para o intervalo. A questão tratava sobre o comprimento de onda em um tubo com duas extremidades abertas. Li a questão com os estudantes e ressaltei pontos importantes do enunciado, já que ela era mais complexa do que a outra. Relembrei que eles não deveriam conversar nesse momento e que precisavam pensar em um argumento para convencer os colegas. Pelas expressões deles, percebi que estavam achando a questão difícil, então decidi dar uma dica: *“desenhar às vezes ajuda”*. Passados alguns minutos, realizei a votação; menos da metade da turma acertou. Pedi que eles discutissem entre si. Essa discussão levou mais tempo que a da questão anterior. Uma aluna, que escolheu não participar da votação, me chamou para tirar uma dúvida. Ela me mostrou o que estava pensando para resolver a questão; ela achou que estava errando em algo, mas ela estava certa em todos os passos. Ela ficou bem feliz quando eu disse que o seu raciocínio estava correto. Circulei um pouco pela sala, os alunos não estavam muito seguros de suas respostas. Refiz a votação, e a porcentagem de estudantes que escolheram a alternativa correta aumentou (ver Apêndice H), mas ainda assim muitos alunos continuaram

marcando alternativas erradas. Por isso, expliquei detalhadamente a questão, e mostrei que era possível resolvê-la de duas maneiras diferentes, uma através de desenho, e outra através de uma das equações que vimos durante a aula.

Quando terminei de discutir a questão com os estudantes, falei que na apresentação de *slides* havia outras questões que seria interessante eles olharem quando eu postasse o material no *Google Classroom*. Relembrei também que a escola oferece, semanalmente, o plantão de dúvidas, com a estagiária I, onde eles poderiam tirar qualquer dúvida que surgisse sobre o conteúdo. Encerrei a aula dando uma visão do cronograma de regência aos estudantes, informando que nas duas próximas aulas (dias 21 e 23 de setembro) iríamos ver o último tópico desta unidade didática, e que nas duas aulas da semana seguinte (dias 28 e 30 de setembro) teríamos uma aula de exercícios e revisão e um trabalho avaliativo. E então, após isso, meu estágio se encerraria e eu me despediria da turma 202. Depois dessa visão geral, perguntei se alguém gostaria de tirar alguma dúvida, mas ninguém se manifestou. Então, liberei a turma para o intervalo e guardei meu material.

No geral, minha avaliação sobre essa aula é positiva. Acredito que consegui explicar bem o conteúdo, as questões que selecionei para o *Peer Instruction* foram bem interessantes e a atividade de preparação que construí com base na metodologia *Just-in-Time Teaching* tinha como referência um excelente vídeo sobre ondas estacionárias e instrumentos musicais. Entretanto, pontos que poderiam melhorar seria um prazo maior para os estudantes responderem a essa atividade (com o prazo curto, poucos alunos participaram), além de dividir essa aula em mais períodos, de forma a realizar mais questões de *Peer Instruction* e dar tempo para os estudantes resolverem alguns exercícios em aula, o que acabou ficando apenas para a aula do dia 28 de setembro.

## 4.8 AULA 8

### 4.8.1 Plano de Aula

**Data:** 21/09 – 8h25min às 9h10min

**Tópicos:** Introdução a Efeito Doppler

**Objetivos docentes:** introduzir conceitualmente o Efeito Doppler, destacando os efeitos que ele causa no som e na luz.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): começarei a aula falando que veremos nesta aula e na próxima um último fenômeno ondulatório, e que o estudaremos aplicado às ondas sonoras e luminosas. Durante essa conversa inicial, abrirei a apresentação de *slides* e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 30 min): iniciarei a discussão perguntando se os alunos sabem como se mede a velocidade de um automóvel utilizando um radar móvel. Perguntarei também se eles já ouviram falar de um exame chamado “ultrassom Doppler”, e o que relaciona esses dois eventos tão diferentes. Como forma de iniciar a discussão sobre o Efeito Doppler do som, mostrarei parte do episódio 6 da 1ª temporada da série “*The Big Bang Theory*” (7min00s a 7min45s, 10min36s a 11min32s). Comentarei brevemente, perguntando se foi possível entender o que é o Efeito Doppler, de forma descontraída. Passarei, então, para a explicação desta aula, utilizando a simulação computacional “*An exemple of Doppler Effect*”<sup>20</sup>, do site *Walter Fendt*. Explicarei, com base na simulação computacional, que a velocidade relativa entre fonte e observador causa uma mudança aparente na frequência da onda, implicando em uma mudança no tom do som e na cor da luz. Para exemplificar mais claramente, mostrarei o vídeo “F1 na reta a 300 por hora”<sup>21</sup>, do canal do *Youtube* Leo do Posto. Além disso, falarei do exemplo clássico da ambulância. Definirei formalmente o que é o Efeito Doppler e as percepções que o observador pode ter. Retomarei os exemplos iniciais – radar móvel e ultrassom Doppler – explicando que este fenômeno permite medir velocidades, de automóveis no primeiro caso, e do fluxo sanguíneo no segundo.

Fechamento (~ 10 min): para finalizar a aula, deixarei claro para os estudantes que o Efeito Doppler para a luz é muito mais difícil de visualizar devido à necessidade de velocidades muito altas, mas que para o som nós percebemos esse fenômeno quase que diariamente, como por exemplo na passagem de um carro. Indicarei que na aula seguinte veremos mais alguns detalhes sobre o Efeito Doppler, em especial como ele foi essencial para corroborar a teoria de um Universo em expansão. Irei propor uma atividade de *Just-in-Time Teaching* baseada em um trecho do episódio “O Limiar da Eternidade” de *Cosmos*, de Carl Sagan (10min49s a 22min50s).

---

<sup>20</sup> Disponível em: <[https://www.walter-fendt.de/html5/phen/dopplereffect\\_en.htm](https://www.walter-fendt.de/html5/phen/dopplereffect_en.htm)>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

<sup>21</sup> Disponível em: <<https://youtu.be/TXBu1DnK5T4>>. Acesso em 14 de agosto de 2022.

**Recursos:** computador, projetor, apresentação de *slides*, caixa de som, simulação computacional, vídeos.

**Avaliação:** os alunos não serão avaliados nesta aula.

#### 4.8.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

Cheguei à sala da turma 202 cerca de cinco minutos antes do sinal tocar. Como eu iria mostrar dois vídeos a eles, quis verificar previamente se tudo – especialmente a caixa de som – estava funcionando. Duas meninas estavam na sala, e enquanto eu organizava meu material, nós ficamos conversando aleatoriedades. Uma delas estava de aniversário, e tinha trazido um bolo para a escola. Quando o sinal tocou, tudo já estava pronto, mas os estudantes ainda levaram alguns minutos para voltar para a sala. Eles também chegaram bastante agitados, então a aula começou com alguns minutos de atraso.

Perguntei se alguém já havia ouvido falar sobre Efeito Doppler. Duas alunas disseram que sim, mas ambas não faziam ideia sobre o que se tratava. Comecei, então, mostrando dois dispositivos que, em um primeiro momento, não parecem ter relação alguma: o radar móvel e o ultrassom Doppler. Afirmei que o fenômeno que os conectava era o Efeito Doppler. “*Mas o que é esse Efeito Doppler?*”, questionei. Para que a turma pudesse começar a pensar sobre o assunto, exibi alguns pequenos trechos do episódio 6 da 1ª temporada da série *The Big Bang Theory*, nomeado “*O Paradigma da Terra Média*”. Neste episódio, um dos protagonistas da série vai a uma festa de *Halloween* fantasiado de Efeito Doppler. Utilizando as próprias palavras deste personagem, defini o Efeito Doppler como “a aparente mudança na frequência da onda causada pelo movimento relativo da fonte da onda em relação ao observador”. Obviamente, eu não esperava que os estudantes já compreendessem o significado deste conceito de imediato. Por esse motivo, fui elucidando o que cada trecho desta definição significava, até que todos os alunos me confirmassem que haviam conseguido assimilar as informações.

Entretanto, mesmo que eles tenham me dito que haviam entendido o conceito, o Efeito Doppler passa a fazer muito mais sentido quando é visualizado (assim como a maioria dos conceitos na Física). Para isso, eu usei a simulação computacional “*An example of Doppler*

*Effect*<sup>22</sup>, do site *Walter Fendt*. Apesar de simples e sem muitos efeitos especiais, essa simulação é excelente por mostrar de forma muito clara o motivo pelo qual a frequência percebida pelo observador é diferente da emitida pela fonte quando esta está em movimento. Dessa forma, investi um período significativo da aula explorando este recurso.

Comecei destacando que a frequência emitida pela ambulância é sempre constante – podemos perceber isso pelo fato de as frentes de onda serem emitidas sempre com o mesmo intervalo de tempo entre elas. Depois de os alunos terem se convencido disso, pedi que eles prestassem bastante atenção no observador. Na simulação, ele muda de cor quando a frente de onda o alcança; assim, é possível ter uma noção do intervalo de tempo entre uma frente de onda e a seguinte. Nesse momento, repeti a simulação algumas vezes; os estudantes estavam bem concentrados, tentando perceber o que eu os indicava. Perguntei se conseguiam perceber que, quando a ambulância se aproximava do observador, o intervalo de tempo entre duas frentes de onda consecutivas era consideravelmente menor do que quando a ambulância se afastava do observador. Não foi algo que eles constatarem prontamente, foram necessárias algumas repetições, mas só avancei com a aula quando, novamente, todos me confirmaram que haviam compreendido este ponto.

Após a discussão sobre o intervalo de tempo entre duas frentes de onda consecutivas, transpus essa ideia para o conceito de frequência: se em um mesmo período mais ondas chegam ao observador, isso implica em uma frequência mais elevada; foi o que percebemos quando a ambulância se aproximava. Da mesma forma, se em um mesmo período menos ondas chegam ao observador, este percebe uma frequência mais baixa; este fenômeno foi notado quando a ambulância se afastava. Os estudantes assimilaram relativamente rápido essa ideia da mudança da frequência. Contudo, um estudante em particular permaneceu com dúvidas. Para tentar explicar melhor, trouxe o conceito de comprimento de onda: disse que a distância entre duas frentes de onda equivale ao comprimento de onda. Analisando através da equação  $v = \lambda \cdot f$ , é possível perceber que, quando a distância entre duas frentes de onda diminui, o comprimento de onda diminui, e, portanto, a frequência aumenta, já que a velocidade permanece constante pois não houve mudança de meio. Isso acontece quando a ambulância se aproxima do observador. Depois, fiz essa mesma análise, mas para quando a ambulância está se afastando do observador. Explicando dessa forma, o estudante conseguiu compreender o porquê da mudança nas frequências. Aproveitei para reforçar mais algumas vezes que tudo isso só estava

---

<sup>22</sup> Disponível em: <[https://www.walter-fendt.de/html5/phen/dopplereffect\\_en.htm](https://www.walter-fendt.de/html5/phen/dopplereffect_en.htm)>. Acesso em 21 de setembro de 2022.

acontecendo porque a ambulância estava em movimento; se ela estivesse parada, o observador iria perceber a frequência da onda assim como ela estava sendo emitida.

Após essa discussão mais detalhada usando a simulação computacional, fiz um breve resumo: o observador percebe uma frequência mais alta quando a fonte se aproxima, e uma frequência mais baixa quando a fonte se afasta. A partir deste ponto, trouxe para a exposição o que isso significava para a percepção que o observador tem das duas ondas com as quais temos maior familiaridade: o som e a luz. Relacionando com o que vimos em aulas anteriores, disse que quando a frequência aumenta, o som fica mais agudo; quando a frequência diminui, o som fica mais grave. Ou seja, no caso da ambulância, o som é mais agudo quando esta se aproxima, e mais grave quando esta se afasta. Retomei o episódio de *The Big Bang Theory*: “por isso que o Sheldon fazia aquele som para simular o Efeito Doppler”. Um aluno complementou: “é tipo carro de corrida”, ao que eu, entusiasmada, respondi um sonoro sim, já que meu próximo exemplo era, justamente, um vídeo de uma corrida de Fórmula 1. Aproveitei o gancho e já exibí o vídeo para eles; resaltei que gostaria que eles prestassem bastante atenção no som emitido quando os carros passavam em frente à câmera. Quando o vídeo terminou, perguntei se tinha sido possível perceber que o som era mais agudo quando os carros se aproximavam da câmera, e mais graves quando se afastavam; obtive respostas positivas. Destaquei, novamente, que esse som era o que havia sido representado pela onomatopeia reproduzida pelo personagem Sheldon.

Voltando à questão sobre a luz, apontei que a mudança de frequência implicaria em uma mudança na cor que enxergamos. Relembrei o espectro eletromagnético, de forma a justificar que, quando uma onda luminosa tem sua frequência aumentada, isso significa que sua cor fica mais azulada; enquanto, quando uma onda luminosa tem sua frequência diminuída, sua cor fica mais avermelhada. Uma estudante perguntou se era por isso que o fogo às vezes é vermelho e às vezes é azul; respondi que não estava relacionado ao Efeito Doppler, mas que estava sim relacionado com a frequência da onda luminosa emitida.

Retomei a discussão com a qual eu iniciei a aula: qual a relação entre o radar móvel e o ultrassom Doppler? Expliquei que os dois dispositivos têm propósitos distintos, mas funcionam de formas semelhantes. O radar móvel almeja medir a velocidade de veículos, enquanto o ultrassom pretende analisar o fluxo sanguíneo no sistema circulatório. Para isso, (i) ambos emitem ondas de frequências específicas; (ii) essas ondas são refletidas (por um veículo e pelo sangue, respectivamente), retornando ao dispositivo com uma frequência diferente da original; (iii) medindo a diferença entre a frequência emitida e a refletida, é possível calcular a

velocidade do veículo ou do fluxo sanguíneo. Os estudantes não pareceram ter dúvidas neste ponto.

Em seguida, uma aluna pediu que eu desse um exemplo do Efeito Doppler da luz, já que até o momento eu só havia dado exemplos do som. Eu comentei “*gente, estamos muito conectados hoje, eu ia falar exatamente sobre isso agora!*”. Fiquei bastante feliz porque em dois momentos os estudantes fizeram perguntas que se encaixavam perfeitamente com o segmento da aula; acredito que tenha um toque de sorte, mas também um mérito meu por ter estruturado bem a aula, em uma sequência adequada para a construção do conhecimento dos alunos. Respondi ao questionamento dela comentando que o Efeito Doppler para a luz é muito mais difícil de se detectar, já que para que a mudança na frequência seja aparente, a velocidade com que a fonte ou o observador se move deve ser da ordem de grandeza da velocidade da onda; como a velocidade da luz é a maior velocidade permitida no Universo, apenas objetos se movendo a velocidades muito elevadas apresentam esse fenômeno. É o caso de galáxias.

Parti, então, para o fechamento da aula, que tinha dois objetivos: criar o suspense e a curiosidade para a aula seguinte, e propor a atividade de preparação (ver Apêndice D) baseada em um trecho do episódio “O Limiar da Eternidade” de Cosmos, de Carl Sagan (10min49s a 22min50s). Para isso, eu comentei que, apesar de difícil detecção, o Efeito Doppler da luz tinha um significado histórico muito importante, por ter sido um forte indicativo experimental da expansão do Universo. Perguntei se alguém já havia assistido à série Cosmos, e alguns estudantes responderam que sim; comentei que eles deviam ter visto a que era apresentada por Neil deGrasse Tyson, pois era a mais recente, e para minha surpresa uma estudante disse que não, que ela havia visto a apresentada por Carl Sagan. Fiquei bastante feliz, em especial pelo que Carl Sagan significa para a divulgação científica – ainda mais em uma época que não havia internet e o acesso à informação de qualidade era muito mais restrito – e comentei que a tarefa de preparação estava muito legal, pois o material de apoio era um trecho de um dos episódios de Cosmos apresentado por Sagan. Para finalizar, disse que o que tínhamos discutido nessa aula e o que eles veriam na tarefa serviria como base para nossa discussão da aula seguinte, e por isso era bem importante que eles fizessem a atividade.

Liberei os estudantes para o intervalo e organizei meus materiais. Nesse momento, o professor G, que acompanhou a aula, comentou comigo que achou minha exposição muito boa. Ele aproveitou para compartilhar um artigo<sup>23</sup> com debates históricos sobre cosmologia;

---

<sup>23</sup> BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos

coincidência ou não, este artigo é dos mesmos autores do artigo<sup>24</sup> que usei para preparar a aula seguinte a esta. Achei muito legal ele ter indicado essa referência, primeiramente por perceber que ele se importou em me auxiliar a construir aulas interessantes e bem fundamentadas; em segundo lugar, porque percebi que ao recomendar os mesmos autores que eu já estava me baseando, tive um sentimento de que estou no caminho certo.

Sobre essa aula, acredito que consegui alcançar os principais objetivos, que eram os estudantes perceberem que: (i) o movimento da fonte ou do observador causa uma mudança na frequência percebida pelo receptor; (ii) a frequência aumenta quando a fonte se aproxima do observador, resultando em um som mais agudo ou uma luz mais azulada; (iii) a frequência diminui quando a fonte se afasta do observador, resultando em um som mais grave ou uma luz mais avermelhada. Me pareceu que essas bases ficaram bem estabelecidas, de forma a facilitar as discussões da aula seguinte. Fiquei bastante feliz, também, com as perguntas que os estudantes fizeram ao longo da aula, por serem perguntas pertinentes e que demonstravam interesse e curiosidade. Em suma, saí muito satisfeita da aula.

## 4.9 AULA 9

### 4.9.1 Plano de Aula

**Data:** 23/09 – 9h25min às 10h45min

**Tópicos:** Efeito Doppler e Lei de Hubble

**Objetivos docentes:** discutir os resultados apresentados na tarefa de leitura; aprofundar a física do Efeito Doppler; apresentar a equação para o cálculo da frequência observada e resolver exemplos com os alunos; fazer uma discussão histórica e sobre natureza da ciência com base na Lei de Hubble e na expansão do Universo; propor uma lista de exercícios como tema de casa para preparação para a avaliação final.

**Procedimentos:**

---

erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 97-117, 2018.

<sup>24</sup> BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar cosmologia com uso da história e filosofia da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2017.

Atividade Inicial (~ 5 min): começarei a aula perguntando o que os alunos acharam do episódio, se já conheciam a série, e se já tinham ouvido falar do Carl Sagan. Abrirei a apresentação de *slides* e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 65 min): a primeira parte da aula consistirá na discussão de respostas interessantes à tarefa. Escolherei algumas respostas que possibilitem um debate sobre conceitos importantes que terão sido abordados na atividade. Após essa apresentação, farei uma revisão inicial dos conceitos mais importantes vistos na aula anterior; explicarei que, além de sabermos se a frequência observada é maior ou menor que a frequência emitida, podemos quantificar essa variação. Para isso, dispenderei um tempo para mostrar a equação para a frequência observada e fazer alguns exemplos simples.

Finalizando a explicação sobre o Efeito Doppler, começarei uma discussão conceitual sobre a Lei de Hubble. Usando uma apresentação de *slides*, comentarei sobre a importância do Efeito Doppler – evidenciado pelo *redshift* das galáxias – para as primeiras evidências de um Universo em expansão. Aqui, farei uma discussão sobre aspectos da construção do conhecimento científico: apagamento de cientistas que contribuíram para a evolução da ciência, a importância das crenças dos cientistas, além de problematizações quanto à ideia de “descoberta” bem definida local e temporalmente<sup>25</sup>.

Fechamento (~ 10 min): para finalizar a aula, irei propor uma lista de exercícios, com foco em problemas conceituais, para que os estudantes possam se preparar para a atividade final que ocorrerá na semana seguinte. Esclarecerei que a semana seguinte será nossa última semana, com uma aula de revisão e dúvidas na quarta-feira e a atividade final na sexta-feira. Por isso, a importância de fazer a lista de exercícios.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, apresentação de *slides*, lista de exercícios impressa.

**Avaliação:** os alunos serão avaliados por sua participação na atividade de *Just-in-Time Teaching*.

---

<sup>25</sup> Discussões baseadas em BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar cosmologia com uso da história e filosofia da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2017.

#### 4.9.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 16 (12 meninas e 4 meninos)

Cheguei à sala da turma 202 cerca de cinco minutos antes de começar a aula. Já queria estar com tudo organizado quando a turma retornasse do intervalo. Apenas um menino estava na sala, mas ele estava tão concentrado em seu celular, usando fones de ouvido, que nem reparou na minha presença.

A turma foi chegando aos poucos. Eles estavam mais agitados que o normal, então levei alguns minutos até que conseguisse chamar a atenção deles para mim. Enquanto eles se acalmavam, fui fazendo a chamada visualmente, pois já os reconheço pelos nomes. Quando finalizei, pedi a atenção da turma para poder começar a aula; uma aluna me ajudou, pedindo silêncio aos seus colegas.

Iniciei a aula fazendo uma retomada do que havíamos visto na aula anterior, destacando os pontos que eu gostaria que ficassem mais registrados na memória dos estudantes: a definição de Efeito Doppler como sendo a mudança aparente na frequência de uma onda devido ao movimento relativo entre fonte e observador; além de como o observador percebe a onda que o atinge, dependendo se a fonte se aproxima ou se afasta dele. Ao fazer essa breve revisão, disse aos estudantes que saber isso era fundamental, e portanto pedi que, se alguém estivesse com alguma dúvida, sem entender algum ponto, se manifestasse para que pudéssemos todos seguir de um lugar comum. Ninguém quis fazer nenhuma pergunta, todos afirmavam que haviam compreendido e lembravam bem a aula anterior.

Disse, então, que para encerrarmos o Efeito Doppler, havia faltado apenas um tópico: a equação que relaciona velocidades e frequências ( $f_o = f_f \frac{v \pm v_o}{v \mp v_f}$ ). Quando mostrei a equação na apresentação de *slides*, os alunos fizeram cara feia. Comentei que essa equação poderia ser confusa mesmo, já que há diversos termos de velocidade e frequência distintos, mas que eu os explicaria com bastante calma. Uma aluna perguntou se eles precisariam saber essa equação, ou se eu a estava mostrando apenas a título de curiosidade, e eu falei que eles precisariam saber. Ela não ficou muito feliz com a minha resposta.

Comecei explicando o que cada termo da equação representava. Dei bastante destaque para os índices, indicando que eles não estavam ali à toa: o índice *o* representava *observador*, enquanto o índice *f* indicava *fonte*. Uma aluna comentou: “*ah isso ajuda bastante*”. Essa

primeira parte, sobre os termos, foi mais tranquila. Entretanto, na segunda parte, os estudantes tiveram mais dificuldade.

A segunda parte consistia na explicação dos sinais que aparecem na frente de  $v_o$  e  $v_f$ . Eu já havia visto esta explicação de algumas maneiras diferentes, mas a que eu acredito ser a mais fácil de memorizar (e que foi a que eu mostrei aos alunos) é: os sinais superiores representam aproximação, enquanto os inferiores representam afastamento. Primeiramente, eles tiveram dificuldade em entender o que eram os sinais “superiores” e “inferiores”; acredito que eles tenham confundido com os sinais que estão no numerador e no denominador da fração. Ao perceber esse engano, usei duas canetas para quadro-branco de cores diferentes, para ressaltar o que eu queria dizer quando falava em superiores e inferiores: os sinais que estavam em cima – tanto no numerador quanto no denominador – e os sinais que estavam embaixo. Foram necessários alguns minutos para que esse mal-entendido fosse desfeito.

Posteriormente, outro ponto que gerou algumas dúvidas nos estudantes foi a questão da aproximação e do afastamento. Antes de pensar nos sinais, duas alunas queriam entender em relação ao que seria a aproximação ou o afastamento. Relembrei-as que o Efeito Doppler é um fenômeno que envolve o movimento relativo entre uma fonte e um observador; assim, o movimento de um deve ser sempre caracterizado em relação ao outro: devemos analisar se a fonte se afasta ou se aproxima do observador, assim como devemos analisar se o observador se afasta ou se aproxima da fonte. Elas compreenderam, e lembraram ainda do professor J, com quem tiveram Física no ano anterior, que frisava muitas vezes a importância de definirmos um referencial.

Quando fui falar sobre os sinais, fiz alguns desenhos no quadro-branco que lembram a Figura 4 a seguir:

<p>Fonte</p> 	<p>Observador</p> 	$f' = f \cdot \frac{V + v_o}{V - v_f}$
<p>Fonte</p> 	<p>Observador</p> 	$f' = f \cdot \frac{V - v_o}{V + v_f}$
<p>Fonte</p> 	<p>Observador</p> 	$f' = f \cdot \frac{V - v_o}{V - v_f}$
<p>Fonte</p> 	<p>Observador</p> 	$f' = f \cdot \frac{V + v_o}{V + v_f}$

Figura 4: esquema para análise dos sinais da equação do Efeito Doppler.

Eu não quis usar essa figura na apresentação de *slides* pois meu objetivo não era que os estudantes decorassem quatro casos diferentes, o que eu imagino que aconteceria se eles vissem essa imagem de início. Meu objetivo era que eles entendessem o que significa aproximação e afastamento para a fonte e para o observador, e assim determinar qual sinal deveria ser usado no numerador e no denominador. Assim, desenhei um desses quatro casos, e perguntei para os alunos se a fonte se aproximava ou se afastava do observador, e vice-versa. Eles responderam bastante convictos, e de forma correta, e então, baseada nas respostas deles, expliquei quais sinais deveriam aparecer na equação, lembrando que os superiores representam aproximação e os inferiores, afastamento. Repeti o procedimento para mais um dos quatro casos, e a partir daí pude perceber que os estudantes compreenderam o que deveria ser feito na análise dos sinais.

Para fixar todos esses detalhes, resolvi um exemplo numérico no quadro-branco sobre Efeito Doppler juntamente com os alunos. Para extrair as informações do enunciado e colocar os valores na equação, eu fui fazendo perguntas à turma; direcionados por mim, foram eles que montaram a equação. Inclusive na análise de sinais, eu não disse de início quais eram os sinais apropriados, eu fui fazendo perguntas que os encaminharam para a resposta. Tudo que eu perguntei, eles responderam de forma correta. Quando todos os valores haviam sido substituídos, eu resolvi o exercício matematicamente até chegar ao resultado final. Por fim, fiz uma breve discussão com a turma se o resultado encontrado fazia sentido conceitualmente; chegamos à conclusão de que sim, visto que o resultado era uma frequência observada maior que a frequência emitida, em um caso em que a fonte se aproximava do observador. Além disso, disse que se a fonte estivesse se afastando, um dos sinais na equação do Efeito Doppler mudaria, e então encontraríamos um valor para a frequência observada menor que o da frequência emitida, o que também faria sentido conceitualmente. Perguntei se alguém havia ficado com alguma dúvida, sobre qualquer aspecto do Efeito Doppler, já que neste momento iríamos para a segunda parte da aula, mas ninguém se manifestou.

Parti, então, para o outro tópico da aula: a Lei de Hubble. Expliquei aos estudantes que esse não é um tema comumente abordado no Ensino Médio, mas que eu gostaria de trazê-lo por alguns motivos. Um dos alunos já interveio: “*tu gosta de astronomia, né sora?*”, e eu respondi que sim, que eu gostava muito, não à toa eu havia me graduado em Astrofísica, e que esse era sim um dos motivos que me incentivou a querer tratar sobre a Lei de Hubble. Mas além disso, comentei que seria uma ótima oportunidade de vermos como conteúdos que parecem banais aos nossos olhos quando os trabalhamos desconectados de um contexto podem ter um

significado e uma importância muito maior; por fim, disse que seria um pretexto para discutirmos algumas questões sobre história, filosofia e natureza da ciência, aspectos que infelizmente costumam ser pouco abordados nas disciplinas de ciências da natureza na Educação Básica.

Para iniciar a discussão, comecei falando sobre a atividade de preparação (ver Apêndice D) baseada em um trecho do episódio “O Limiar da Eternidade” de Cosmos, de Carl Sagan (10min49s a 22min50s). Perguntei o que os alunos tinham achado do vídeo, e recebi um *feedback* bem positivo. Eles gostaram de assistir ao trecho do episódio, disseram que conseguiram compreender bem o Efeito Doppler que Sagan mostra, além de que a história contada sobre as observações de Humason foi muito instigante. Nesse momento, um aluno comentou que se surpreendeu com o fato de Humason passar a noite toda no telescópio: “*ele posicionou o telescópio e eu pensei ‘tá, agora ele vai pra casa’, mas quando eu vi, ele ia passar as dez horas lá*”. Esse comentário me proporcionou um espaço para discutir como observações astronômicas são feitas atualmente: expliquei que o acompanhamento e as correções do telescópio devido à rotação da Terra não são mais feitos manualmente, e sim de forma automática; além disso, os astrônomos não precisam mais passar horas em um telescópio, pois as observações são quase sempre feitas remotamente, de maneira que é possível fazer observações em qualquer telescópio do mundo sem precisar viajar.

Após essa conversa inicial sobre impressões dos estudantes, passei para a discussão de respostas interessantes que os alunos deram à atividade de preparação. Discuti pontos comuns, apresentei algumas respostas *ipsis litteris* e problematizei ideias que eu já esperava que aparecessem, como por exemplo “Humason viu pelo telescópio as galáxias se afastando”. Por fim, apresentei algumas dúvidas que os alunos apontaram; algumas, mais pontuais, eu já respondi naquele momento, já outras eu disse que responderia ao longo da aula (especialmente duas que questionavam sobre os espectros, já que eu iria falar brevemente sobre espectroscopia).

Iniciei definindo o que é a Lei de Hubble, mostrando um diagrama que relaciona velocidade de afastamento com a distância de alguns aglomerados de galáxias. Mas fiz os questionamentos: “*como os cientistas chegaram nessa lei?*” e “*por que isso nos indica que o Universo está expandindo?*”. Disse que esta aula tentaria responder essas perguntas. Para começar a responder a primeira, disse que o que os cientistas observavam era que a luz que chegava de objetos distantes (e.g. outras galáxias) era mais avermelhada do que deveria. Isso

era o que os cientistas chamam de *redshift* ou desvio para o vermelho. Para explicar melhor, até porque foi um ponto de dúvidas na atividade de preparação, fiz uma explanação simplificada sobre espectroscopia. Comecei perguntando se os estudantes já haviam aprendido sobre o átomo de Bohr, e eles responderam que sim, mas superficialmente. Utilizei a ideia do átomo de Bohr para falar sobre os “saltos quânticos”, dizendo que quando um elétron vai para uma camada mais externa, ele absorve um fóton, e quando vai para uma camada mais interna, ele emite um fóton. Assim, temos, respectivamente, espectros de absorção e emissão. Como cada elemento químico tem energias bem definidas entre suas camadas, cada átomo tem um espectro diferente e muito particular, de forma que é possível identificar um elemento apenas por suas linhas espectrais. Para exemplificar isso, mostrei imagens de espectros de diferentes elementos químicos, cada um com sua assinatura própria. Uma aluna perguntou se não existia nenhuma linha que se repetia entre dois elementos; eu respondi que provavelmente não, mas mesmo que se existisse, ainda sim seria possível identificar o átomo em questão porque não analisamos uma única linha isolada, mas sim um conjunto de linhas.

Essa explicação sobre espectroscopia levou um pouco mais de tempo do que eu gostaria, já que não era o foco da aula, mas foi necessário porque em geral é um assunto que está no nível da graduação, e transpô-lo para a educação básica não é tarefa simples. Os estudantes pareceram confusos de início, mas conforme eu ia repetindo, eles foram apreendendo as ideias. A todo momento, também, eu relacionava com o episódio de Cosmos, em que Sagan fala sobre duas linhas características do cálcio. Disse que sabemos exatamente onde cada linha de cada elemento deve estar em seu espectro, e quando esse padrão aparece deslocado para o vermelho ou para o azul, podemos explicar esse fenômeno através do Efeito Doppler, de modo que inferimos, respectivamente, que a fonte está se afastando ou se aproximando. Ressaltei que foi isso que Humason e outros cientistas viram em suas observações: linhas conhecidas de elementos químicos que estavam deslocadas para o vermelho, indicando um afastamento, e que quanto maior a distância dos objetos, maior era esse desvio.

Após essa discussão física sobre a Lei de Hubble, passei para uma discussão histórica. Apresentei aos estudantes uma espécie de linha do tempo, em que vou discutindo contribuições de diversos cientistas, a grande maioria dele desconhecidos a apagados da história. Essa sequência foi baseada no artigo de Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2017). Fui trazendo diversas colaborações desde o século XIX, até chegar na publicação do trabalho de Edwin Hubble e Milton Humason que hoje é conhecido por sugerir a Lei de Hubble. Percebi que essa parte da

aula chamou mais a atenção dos estudantes, pois eles estavam bem concentrados e fazendo comentários ao longo da explicação.

Destaquei ao longo desta linha do tempo pontos como: a crença no universo estático (e a constante cosmológica de Einstein); as relações entre cientistas; a manipulação de dados para chegar em um resultado desejado; a quase ausência de mulheres no desenvolvimento científico. Ao chegar em Hubble e Humason, disse que eles ficaram conhecidos como “descobridores” da relação velocidade-distância e, posteriormente, como “descobridores” da expansão do Universo. Então, perguntei aos alunos: *“você acham que, depois de vermos toda essa história, construída por diversos cientistas – e mais muitos que eu não trouxe aqui – faz sentido a gente atribuir apenas ao Hubble e ao Humason essa ‘descoberta’?”*, ao que eles prontamente responderam que não. Aproveitei para comentar que a Lei levou apenas o nome de Hubble por uma questão de hierarquia e poder: Hubble era o astrônomo responsável pelo telescópio, enquanto Humason era “apenas” um funcionário que aprendeu a manusear bem o instrumento. Uma aluna se mostrou bastante indignada com esse fato, e isso piorou quando eu disse que é uma tônica do mundo acadêmico que ocorre até hoje: *“o que mais acontece é orientador ganhar crédito por um trabalho desenvolvido por seu aluno”*. Além disso, discuti que Hubble nunca afirmou, de fato, que o Universo estava em expansão, ele sempre permaneceu bastante cético quanto a isso; sendo assim, fazia menos sentido ainda nomeá-lo como “descobridor” da expansão do Universo.

Apresentei, então, algumas ideias em que eu gostaria que pensássemos juntos. Comecei indicando que o termo “descoberta” não é adequado, e por isso sempre que ele apareceu, estava entre aspas. Isso porque ele indica que tudo na ciência já está pronto, mas escondido, coberto, apenas esperando que alguém atente o suficiente o “descubra”. Discuti que os cientistas não estão procurando por coisas escondidas, mas sim criando formas de explicar satisfatoriamente a natureza, e que esse processo envolve muita imaginação, crença valores e interesses. Isso também significa que nada na ciência é definitivo, pois sempre pode surgir uma explicação que se adeque melhor às observações e às outras teorias. *“Mas se ‘descoberta’ não é um termo adequado, que palavra devemos usar?”*, questionei? Disse que uma palavra interessante era “inferência”, pois estava relacionada com a ideia de *“o que podemos concluir a partir daqui?”*. Essa palavra dá muito mais crédito às ideias dos cientistas e é muito mais explícita a respeito das atividades científicas do que “descoberta”.

Fiz questão de retomar, ainda, a ideia de que Humason não viu pelo telescópio as galáxias se afastando. Na verdade, ele nem viu as galáxias pelo telescópio, já que o brilho era muito tênue. Reforcei que o que Humason fez foi analisar espectros de galáxias, percebendo que linhas espectrais estavam deslocadas para o vermelho. A partir desse dado, e com base no Efeito Doppler, concluiu-se que as galáxias estavam se afastando. Além disso, ele percebeu que galáxias mais distantes tinham um desvio maior. Essas observações levaram à Lei de Hubble, que só depois passou a ser entendida como um indício da expansão do Universo. Quis destacar isso já que essa foi uma confusão feita por mais de um estudante na atividade de preparação. Por fim, dei ênfase ao fato de a ciência ser um empreendimento humano coletivo, e que ninguém faz nada sozinho. Disse que mesmo que um cientista trabalhe sozinho em seu escritório ou laboratório, ele sempre vai se basear em conhecimentos construídos anteriormente por outras pessoas, ou seja, nada é desenvolvido do zero.

Para finalizar a aula, encerrei minha fala com uma citação de Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2017, p.1): *descobertas na ciência costumam ser processos com extensão no tempo, com diversos colaboradores e dificilmente podem ser atribuídas a um único indivíduo em uma data específica*. Disse que essa história sobre a Lei de Hubble exemplificava isso. Perguntei se alguém gostaria de fazer um comentário, ou tirar alguma dúvida, mas ninguém se manifestou. Entreguei, então, uma lista de exercícios (ver Apêndice F) para que os estudantes pudessem começar a fazer em casa até nossa próxima aula. Uma aluna perguntou se eu daria tempo para eles resolverem em aula, e eu respondi que sim, que a aula seguinte seria para fazer a lista e tirar dúvidas, mas que eu gostaria que eles já começassem a fazê-la em casa.

Liberei os alunos para o intervalo e comecei a organizar meu material. Enquanto isso, alguns alunos vieram até mim para dizer que gostaram muito da aula e da história que contei. Além disso, uma aluna me perguntou sobre o Big Bang, como os cientistas conseguem saber como o Universo surgiu. Respondi a ela que, na verdade, o Big Bang é uma teoria para a evolução do Universo, e não para o surgimento. Como o Universo surgiu é algo que os cientistas ainda não têm evidências empíricas, tudo é especulação teórica por enquanto. Expliquei brevemente também que até poucos anos atrás nós só conseguíamos observar como era o Universo depois de vários milhares de anos após o seu surgimento, mas que recentemente, com a detecção de ondas gravitacionais, pode ser que seja possível obter evidências sobre momentos mais iniciais do Universo.

Outro aluno veio até mim e me perguntou sobre viagem no tempo. Ele citou um livro que leu do Stephen Hawking, em que o autor argumenta que não acredita que isso seja possível. Expliquei a ele um pouco sobre a velocidade da luz como sendo um limite físico (e não tecnológico); que se viajássemos muito rapidamente, perceberíamos o tempo passando mais devagar, como consequência da Relatividade Restrita, mas que nunca conseguiríamos atingir a velocidade da luz, e muito menos ultrapassá-la. Por isso, disse que também não acreditava que um dia seria possível viagens no tempo.

Quando estava saindo da sala de aula, juntamente com o professor G e a estagiária I, ambos comentaram, com bastante felicidade, que minha aula havia sido ótima. Fiquei bem feliz com esse *feedback*, especialmente vindo do professor G, que se interessa bastante por história e filosofia da ciência. Disse que minha expectativa para essa aula era bastante alta, que imaginava que essa seria minha aula mais interessante, e que acreditava que tudo tinha corrido bem e que os alunos haviam gostado bastante. A estagiária I disse: “*sim, tua aula foi muito legal mesmo!*”. Fiquei bastante satisfeita com o resultado, acho que consegui argumentar sobre alguns pontos importantes sobre a atividade científica, e saí com a impressão de que os alunos se interessaram verdadeiramente pelo que eu estava discutindo. Como já comentei em outras aulas, sinto que se eu tivesse mais tempo a aula seria ainda mais interessante, para que eu pudesse me atermos mais profundamente em alguns debates; entretanto, com o tempo que eu tinha disponível, julgo que a aula foi muito produtiva e instigante, talvez uma das melhores da minha unidade didática.

#### 4.10 AULA 10

##### **4.10.1 Plano de Aula**

**Data:** 28/09 – 8h25min às 9h10min

**Tópicos:** Revisão para o trabalho final

**Objetivos docentes:** esclarecer dúvidas dos alunos quanto aos exercícios propostos na aula anterior; rever conceitos principais, que serão fundamentais para a avaliação final.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 5 min): quando chegar na sala, pedirei aos estudantes que peguem suas listas de exercícios e vejam se faltou resolver alguma questão ou se ficaram em dúvida em alguma. Enquanto isso, abrirei a apresentação de *slides* e farei a chamada.

Desenvolvimento (~ 30 min): a maior parte da aula será destinada a tirar dúvidas dos estudantes no que diz respeito a alguma parte do conteúdo ou a algum exercício da lista. Para isso, pedirei que os alunos sentem em grupos, para que eles possam se ajudar, e ficarei circulando pela sala, ajudando-os individualmente ou usando o quadro-branco para explicações mais gerais, se perceber que vários estudantes têm o mesmo questionamento.

Quando perceber que os alunos conseguiram tirar suas dúvidas, ou pelo menos a maioria delas, pedirei a atenção da turma para fazer um resumo dos conceitos mais importantes que teremos durante a unidade didática: conceitos e relações entre altura e frequência, intensidade e amplitude, timbre e formato; velocidade da onda; fenômenos ondulatórios; ondas estacionárias e instrumentos musicais; Efeito Doppler. Usarei uma apresentação de *slides* e irei relembando elementos que foram trabalhados em aula para favorecer que os estudantes lembrem disso no momento da avaliação final.

Fechamento (~ 10 min): para finalizar a aula, indicarei aos estudantes como será a estrutura da avaliação final e no que eles precisam focar para estudar. Dessa forma, isso orientará o estudo e os tranquilizará para a avaliação.

**Recursos:** quadro-branco, computador, projetor, apresentação de *slides*, lista de exercícios impressa.

**Avaliação:** os alunos serão avaliados pela entrega da lista de exercícios resolvida.

#### **4.10.2 Relato de Regência**

**Estudantes presentes:** 16 (13 meninas e 3 meninos)

Cheguei à sala da 202 logo após o sinal para a troca de períodos tocar. Nesta aula, como não usei o computador, não precisei chegar antes para organizar meu material. Eu havia planejado fazer a revisão do conteúdo da unidade didática em uma apresentação de *slides*, mas como em quase todas as aulas eu usei projeções, e raramente usei o quadro-branco, optei por

mudar e fazer a revisão no quadro. Alguns alunos já estavam na sala quando cheguei, e outros ainda estavam voltando da aula de educação física.

Passados alguns minutos, tempo suficiente para que todos chegassem e se organizassem, eu expliquei o que faríamos neste período: a proposta era que os estudantes que não tivessem terminado a lista de exercícios 2 (ver Apêndice F) em casa usariam esse tempo para fazê-la, e todos poderiam – e deveriam – tirar as dúvidas que fossem surgindo. Perguntei se todos tinham a lista, e uma estudante, que não havia comparecido à aula anterior, se manifestou; entreguei a ela, então, uma cópia que eu ainda tinha.

Comecei a circular pela sala, e dois estudantes me perguntaram se eu já estava marcando essa atividade no controle, ao que eu respondi que sim. Verifiquei se haviam completado a lista, e perguntei se tinham alguma dúvida. Um desses estudantes quis perguntar sobre a questão 15; ele acreditava que havia se equivocado em alguma parte do cálculo, mas conferi e estava tudo certo. Auxiliei-o, apenas, a organizar melhor as contas, de forma a também organizar seu raciocínio.

Duas questões que eu pude perceber que alguns alunos apresentaram dificuldades foram a 2 e a 14. O exercício 2 envolvia um cálculo simples, porém o que os confundiu mais foi o fato de eles ficarem procurando uma equação dentre as que vimos ao longo da unidade didática para aplicar nesta questão; contudo, eles precisavam se dar conta de que se estava perguntando sobre uma distância, enquanto que o tempo e a velocidade eram dados, e portanto a equação a ser usada era  $d = v \cdot t$ . Já o exercício 14 era um pouco mais complexo, visto que envolvia ondas estacionárias. Eu expliquei que havia duas maneiras diferentes de fazer: uma em que era preciso calcular primeiro o comprimento de onda (através do desenho) e depois a frequência (usando  $v = \lambda \cdot f$ ); outra em que podíamos usar diretamente a equação da frequência para ondas estacionárias em cordas ( $f_n = \frac{n \cdot v}{2L}$ ). Eu preferi explicar da primeira maneira, já que assim não precisamos pensar nas equações das ondas estacionárias. Dos três estudantes que me perguntaram sobre essa questão, dois compreenderam bem dessa forma; entretanto, uma estudante me disse que preferia quando havia uma equação em que ela precisasse apenas aplicar os valores. Assim, eu expliquei essa questão da segunda maneira, utilizando a equação para ondas estacionárias. Mostrei a ela que, apesar de ser apenas uma equação em que ela aplicaria valores, ela precisaria do desenho para estabelecer o valor do  $n$ , ou seja, o número do harmônico. Explicando dessa forma, ela compreendeu a questão.

Um aluno me perguntou sobre as duas últimas questões, sobre Efeito Doppler. Na questão 20, há um valor de velocidade e um valor de frequência dados, mas ele não estava conseguindo entender qual velocidade era essa (da onda, do observador ou da fonte) e qual frequência era essa (observada ou emitida), para determinar onde, na equação, colocar esses valores. Eu o auxiliei apenas relendo calmamente o enunciado com ele, de modo que ele conseguiu perceber exatamente que valores eram esses. Já na questão 21, ele me perguntou se era necessário converter a velocidade de km/h para m/s. Eu o lembrei que, na equação do Efeito Doppler, podemos usar qualquer unidade de velocidade, desde que todas estejam na mesma unidade. Como o valor informado estava em km/h, e nas alternativas o valor a ser encontrado também estava em km/h, não era necessário fazer nenhuma conversão.

Uma aluna me chamou e fui até sua classe; imaginava que ela me perguntaria sobre alguma questão. Contudo, quando cheguei até ela, ela me perguntou: “*sora, como sexta é teu último dia aqui na escola, será que a gente podia fazer um lanche coletivo pra se despedir?*”. Impossível dizer não a uma proposta dessas. Eu disse que sim, e aproveitei para compartilhar a ideia com a turma. Falei para todos que, na sexta seria meu último dia, então no primeiro período nós faríamos uma atividade em grupo, e no segundo, por sugestão da colega, nós faríamos um lanche coletivo. A turma gostou da ideia.

Os dois alunos que haviam terminado a lista em casa me perguntaram se eu tinha o gabarito, e eu respondi que sim. Eles perguntaram se podiam olhar, para conferir com seus resultados, verificar o que fizeram e corrigir possíveis erros. Eu prontamente emprestei a eles a lista em que eu havia resolvido os exercícios. Eles são alunos muito dedicados e comprometidos, por isso eu sabia que esse empréstimo seria realmente para que eles pudessem fazer uma “autoavaliação”. Ao emprestar o gabarito para eles, afirmei que colocaria no *Google Classroom* as resoluções das duas listas, para que eles pudessem checar suas respostas. Um tempo depois uma das alunas perguntou se eu também estava com o gabarito da lista 1 para emprestar para ela, e eu respondi que sim, alcançando-a.

Mais duas alunas me mostraram que haviam resolvido toda a lista, para que eu fizesse o registro no controle. Perguntei o que elas tinham achado da lista, se foi difícil ou mais tranquilo. Uma delas respondeu que achou algumas questões fáceis, e outras mais difíceis; já a outra disse que achou mais difícil do que a lista 1 (ver Apêndice E), pois a primeira era mais conceitual, já essa tinha um pouco mais de cálculo.

Quando faltavam cerca de quinze minutos para o fim do período, eu disse aos estudantes que iria fazer um breve resumo dos conceitos mais importantes que vimos ao longo desta unidade didática, aquilo que eles mais deveriam saber sobre ondulatória. Comecei a escrever no quadro e, enquanto isso, a estagiária I ajudou mais alguns estudantes que estavam com dúvida. Eu disse a eles que poderiam me chamar a qualquer momento. O resultado final deste resumo pode ser visto na Figura 5 abaixo:

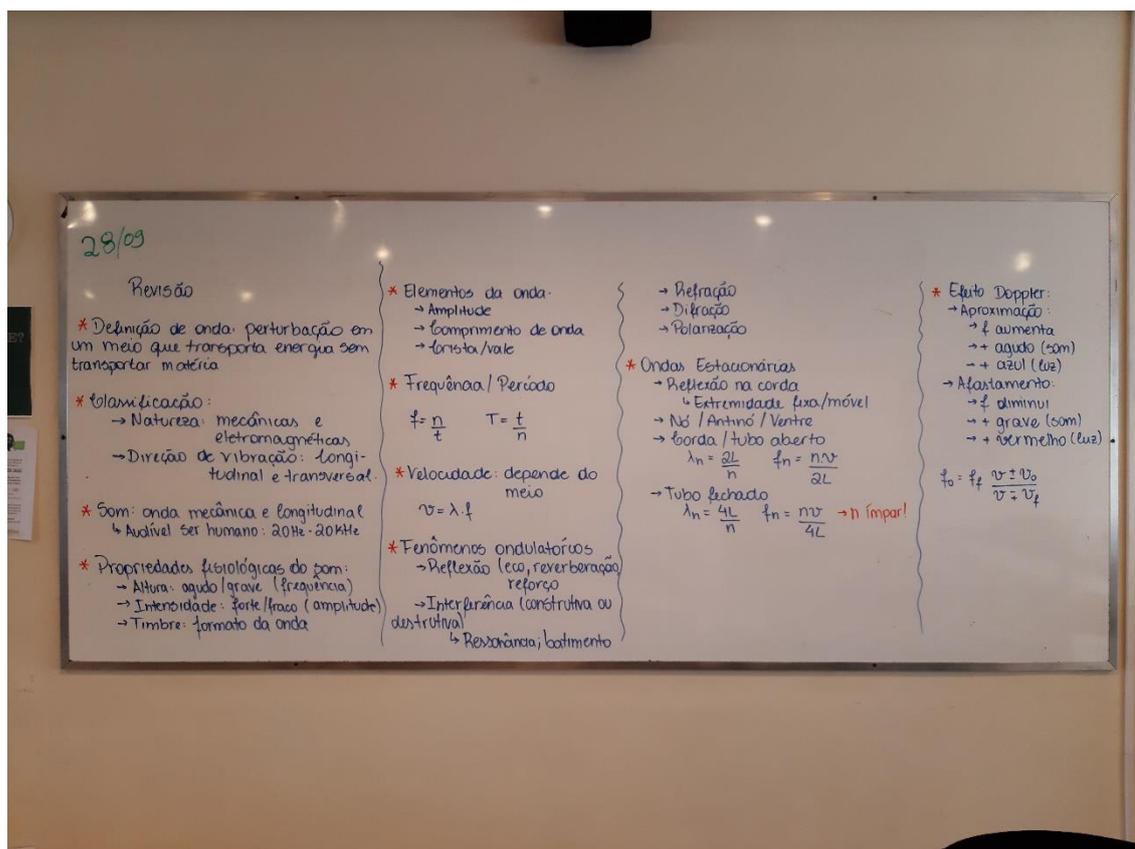


Figura 5: resumo final do conteúdo da unidade didática.

Quando finalizei a escrita no quadro-branco, um estudante perguntou se podia tirar foto, e eu respondi: “*pode. Pode, não; deve!*”. Eu ainda pedi que compartilhasse no grupo da turma no *WhatsApp*. Após alguns minutos, como estava acabando o período, perguntei se mais alguém gostaria de tirar foto, e os estudantes responderam que não. Assim, apaguei o quadro. Relembrei, então, os estudantes que iríamos fazer, na aula seguinte, uma atividade em grupo durante o primeiro período, e que no segundo faríamos o lanche coletivo de despedida. Além disso, resaltei novamente que colocaria no *Google Classroom* os gabaritos das duas listas e a foto acima com o resumo.

Finalizei a aula, liberando os estudantes para o intervalo. Alguns alunos saíram da sala, enquanto outros permaneceram. Enquanto eu guardava meu material, a estagiária I elogiou meu quadro, dizendo que era muito organizado. Eu tive uma percepção positiva dessa aula, pois quase todos os estudantes estavam fazendo a lista e tirando dúvidas. Muitos deles pediram para ver como estava o registro das atividades deles, para saber se faltava entregar alguma coisa ou não, mostrando compromisso com a disciplina. Fiquei feliz também que até mesmo alguns estudantes que normalmente aparentam ser mais desinteressados fizeram algumas perguntas nesta aula.

Não posso deixar de comentar também sobre a proposta para o lanche coletivo. Pode ter sido apenas uma estratégia para fazer uma confraternização e perder tempo de aula? Pode, mas eu não acredito nisso. Pelo que eu conheço da turma, eu realmente acho que essa proposta veio no sentido de aproveitarmos um pouco nosso último momento juntos, para podermos trocar ideias para além da Física, nos aproximando como pessoas, e não apenas como professora e estudantes. Fiquei realmente feliz com a proposta, e demonstrou um carinho e um cuidado que eu gostei muito de receber.

## 4.11 AULA 11

### 4.11.1 Plano de Aula

**Data:** 30/09 – 9h25min às 10h45min

**Tópicos:** Avaliação Final

**Objetivos docentes:** dividir a turma em grupos e propor uma atividade de resolução de problemas.

**Procedimentos:**

Atividade Inicial (~ 10 min): para iniciar a aula, organizarei as classes de forma que os estudantes possam se sentar para trabalhar em grupos. Perguntarei se alguém deseja tirar uma última dúvida antes que eu entregue o trabalho final para começarem.

Desenvolvimento (~ 60 min): durante a realização da atividade, ficarei circulando pela sala para ouvir os debates dos estudantes e ajudá-los quando tiverem dúvida. Não tratarei essa

avaliação com o rigor que normalmente se trata uma prova, será no estilo de um trabalho mesmo.

Fechamento (~ 10 min): faltando dez minutos para o final do período, começarei a reorganizar a sala para as próximas aulas e pedir que aqueles grupos que porventura ainda não tiverem terminado o trabalho que comessem a encaminhar sua finalização. Por fim, após recolher todos os trabalhos, me despedirei da turma com carinho e agradecerei pelo momento que compartilhamos.

**Recursos:** avaliação final impressa.

**Avaliação:** os alunos serão avaliados por suas respostas na avaliação final.

#### 4.11.2 Relato de Regência

**Estudantes presentes:** 17 (13 meninas e 4 meninos)

Cheguei à sala da turma 202 assim que o sinal para o fim do intervalo soou. Junto comigo estava a estagiária I, mas não sabíamos onde estava o professor G. Apenas alguns estudantes já estavam na sala, parte deles ainda não havia retornado do recreio. Eu adiantei aos alunos que estavam ali que nós faríamos uma atividade em grupos de três ou quatro pessoas, e se eles quisessem já se organizar nos grupos, isso agilizaria o processo. Quando os outros estudantes voltaram, repeti a informação.

Quando todos já haviam se dividido nos grupos, eu passei as instruções da atividade (ver Apêndice G). Em resumo, a atividade continha 35 questões, divididas em cinco grupos, e os estudantes deveriam escolher duas de cada grupo para responder, totalizando dez questões. Além disso, havia uma condição de que pelo menos três questões das dez deveriam ser de cálculo. Expliquei calmamente, para que não houvesse dúvidas. Ressaltei que eles deveriam indicar na atividade os nomes dos componentes do grupo e os números das questões que iriam resolver. O professor G chegou à sala enquanto eu fazia a explicação da atividade. Ele fez uma graça com a turma e todos riram. Ele estava na sala da turma 200, pois por coincidência ou não, eles também estavam fazendo um lanche coletivo.

Entreguei uma cópia da atividade e folhas em branco para cada grupo. Também entreguei uma cópia para o professor G e a estagiária I, caso eles quisessem ver como eram as questões propostas na atividade. Um estudante perguntou se podia consultar; eu respondi que

podia consultar o caderno, mas não o celular. Então, ele perguntou se podia também consultar as listas de exercícios que propus em dois momentos ao longo da unidade didática (ver Apêndices E e F), e eu disse que sim. Ele questionou se poderia ir buscar as listas no armário<sup>26</sup>, e eu respondi que sim.

Comecei a circular pela sala, e os grupos já estavam discutindo entre si. Alguns já começaram resolvendo algumas questões, outros estavam passando os olhos por todas as questões para decidirem-se quais resolver. Nesse momento, um aluno que faltava chegou à sala, cerca de quinze minutos depois do começo da aula. Ele viu que os colegas estavam trabalhando, e me perguntou o que precisava fazer. Eu expliquei a ele as instruções da atividade e pedi que ele escolhesse um grupo para participar. Ele era o aluno novo, que ingressou na escola após o recesso de julho, e, portanto, ficou um pouco desconcertado em ter que escolher um grupo para se juntar. Ele perguntou a um grupo de meninas se poderia fazer a atividade com elas, ao que elas, visivelmente contrariadas, responderam que sim.

O professor G me perguntou se poderia auxiliar os alunos que tivessem dúvidas, ou se a atividade tinha um caráter mais semelhante ao de uma prova. Eu respondi que poderia ajudar sim, mas sem fornecer a resposta. Assim, o professor G e a estagiária I passaram a circular pela sala juntamente comigo. Como os estudantes poderiam escolher as questões que gostariam de responder, eles não apresentavam muitas dúvidas; o que mais surgiu de questionamentos era sobre o que exatamente eu gostaria que eles respondessem em determinadas questões; por exemplo, na questão 10, um grupo de alunos perguntou se poderia responder apenas *timbre*, e eu disse que não, que gostaria de uma resposta mais completa.

Além disso, surgiram também algumas perguntas em questões de cálculo. Como eles precisavam responder pelo menos três questões que envolvessem contas, mas na lista não havia tantas questões matemáticas, eles ficaram mais restritos nas escolhas. Em especial, ajudei dois grupos que escolheram a questão 17 a pensar sobre a questão, lembrando-os que eles já haviam resolvido uma questão muito parecida na lista de exercícios 2 (ver Apêndice F), a questão 2. Em alguns momentos, os estudantes também pediam para que eu olhasse o que eles estavam fazendo, para verificar se estavam no caminho certo ou não. Em sua maioria, eles estavam resolvendo da maneira correta.

---

<sup>26</sup> A escola disponibiliza um armário para cada estudantes, onde, em geral, eles guardam livros e cadernos.

Durante a atividade, percebi que em três dos cinco grupos todos os integrantes participavam ativamente, buscando informações no caderno e debatendo qual seria a resposta mais adequada a cada questão. Entretanto, em dois grupos, identifiquei estudantes que não estavam auxiliando verdadeiramente seus colegas. Em um dos grupos, até havia algumas discussões, mas um estudante assumiu o trabalho para si, deixando os colegas um pouco de lado. Já no outro, um dos alunos (justamente o aluno novo na escola, que chegou atrasado e se juntou posteriormente ao grupo de meninas) praticamente só assistia a suas colegas trabalharem enquanto usava o celular; quando chamei sua atenção, ele largou o aparelho, porém não passou a ajudar o grupo. Posteriormente, uma das meninas veio conversar comigo sobre isso: “*ai, sora, tu viu que ele não fez nada né?*”, e eu respondi que sim, que havia visto que ele não havia trabalhado.

Eu, particularmente, não sei muito bem o que fazer com esse estudante. Ele é completamente desinteressado pelas aulas, não importa sobre o que seja e qual metodologia seja utilizada, não entregou nenhuma atividade, e no momento que poderia cooperar pelo menos um pouco com o seu grupo, para aprender ao menos alguns detalhes do conteúdo e já garantir uma nota no trimestre – já que esta atividade valia um ponto no terceiro trimestre – ele não o fez. Não acho justo que ele receba a mesma nota que as meninas do grupo dele, que de fato trabalharam para fazer a atividade da melhor forma, mas também não acho que seja possível não dar ponto algum a ele, visto que ele estava ali, presente durante a avaliação. Talvez o mais adequado seja dar a pontuação pela metade.

Os grupos começaram a acabar a atividade faltando cerca de 25 minutos para o fim dos períodos. Quando apenas dois dos cinco grupos ainda estavam respondendo às questões, os outros estudantes começaram a organizar as coisas para o lanche coletivo. Juntamos três classes e eles foram colocando as comidas e bebidas que haviam levado. Enquanto isso, eu estava mais próxima dos grupos que ainda estavam trabalhando na atividade, para auxiliá-los caso necessário, e também cuidando para que os outros alunos não fizessem barulho demais e desconcentrassem seus colegas. Faltando cerca de dez minutos para o término da aula, os dois grupos entregaram a atividade; um deles estava tentando responder à questão extra, mas vendo que os colegas já estavam começando a se divertir com o lanche, eles desistiram de tentar.

Havia várias opções de comida e bebida, os alunos se dedicaram para esse lanche coletivo. Quando estávamos todos reunidos ao redor das classes, aproveitando o momento comendo e conversando, uma das alunas me chamou e disse que a turma tinha uma

lembrancinha para mim, pois queria agradecer o momento que passamos juntos e nossas aulas, além de me parabenizar pelo fim do curso. Eu fiquei bastante surpresa e emocionada com a delicadeza e a sensibilidade dos estudantes, por terem pensado em mim com todo esse carinho. Eu achava que tinha estabelecido uma relação legal com a turma 202, mas depois dessa surpresa, acredito que nossa conexão foi mais intensa do que eu imaginava. Eu abracei a estudante que tomou a frente de me entregar essa lembrança, e a partir disso todos os outros alunos também quiseram vir me abraçar. Fiquei extremamente feliz com essa demonstração de carinho de todos os estudantes da turma. Posteriormente, vi que o presente era uma caixa de chocolate e um envelope com uma cartinha assinada por todos os alunos da 202.

Aproveitei o momento e pedi aos estudantes para tirarmos uma foto. O professor G se ofereceu para ser o “fotógrafo”, mas todos pediram que ele também aparecesse na foto; assim, ele tirou algumas *selfies*. O momento foi de bastante descontração, apesar do clima de despedida. Eu, os estudantes, o professor G e a estagiária I nos divertimos muito, e acredito que esses momentos são importantes para estreitar uma relação que pode, por vezes, ser muito vertical.

Quando nos demos conta, o tempo havia passado e tínhamos ficado o intervalo todo na sala de aula, comendo e nos divertindo. Organizamos as classes rapidamente para que a sala ficasse limpa para a próxima aula. Me despedi dos alunos, alguns vieram me abraçar novamente, e disse que foi um prazer imenso ter sido professora deles durante essas últimas semanas. Saí da sala juntamente com o professor G e a estagiária I. O professor me perguntou como eu estava me sentindo, ao que respondi que era uma sensação estranha, um sentimento de dever cumprido, mas também um certo vazio por saber que não iria mais voltar ali. Contudo, no somatório geral, estava me sentindo bem, por avaliar que fiz um bom trabalho, especialmente tendo o reconhecimento por parte dos estudantes. Acredito que talvez isso seja o mais importante, saber que foi uma experiência marcante para mim, mas também o foi para os alunos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Não poderia conceber uma forma mais bonita e mais simbólica de finalizar este trabalho e, se tudo der certo, o curso de Licenciatura em Física. Eu não sei lidar exatamente bem com o encerramento de ciclos, e finalizar esse estágio foi mais um daqueles momentos pelos quais a gente passa com um sorriso no rosto, mas um aperto no coração. Eu tenho um carinho muito

grande por todas as pessoas que fazem parte do Colégio Província de São Pedro: coordenação, professores, funcionários e alunos. Ter que me despedir pela segunda vez em menos de quatro meses não foi fácil.

A experiência que esse estágio me proporcionou foi, sem dúvidas, a mais transformadora em toda a graduação. Porque por mais que haja uma orientação excepcional por trás de todo o trabalho desenvolvido, no momento de entrar na sala de aula e colocar tudo em prática, e só tu e tu. Não tem como se defender se algo der errado, os estudantes estão ali, esperando o teu melhor, mesmo quando nem tu acreditas que o teu melhor seja tão bom assim. Só que esse frio na barriga é uma sensação desesperadora, e ao mesmo tempo é o que faz tudo ter graça; é igual montanha-russa, em que tu gritas o tempo todo, mas quando chega ao fim tu queres ir novamente.

Antes de iniciar o estágio, ouvi algumas histórias de colegas que o fizeram em semestres anteriores; quase sempre o relato era negativo. Não necessariamente por culpa de alguém, talvez as condições só não eram tão adequadas quanto poderiam ser. E nesse sentido, eu tenho plena consciência de que as escolhas que eu fiz para o meu estágio me colocaram numa das condições mais adequadas possíveis e, portanto, as experiências que eu tive provavelmente são a exceção, e não a regra. Escolhi uma escola privada, de elite, que possui todos os recursos necessários, e principalmente em que os alunos não precisam se preocupar com nada além de estudar. Não desmereço meus resultados positivos por ter um contexto fora da curva, mas também sei reconhecer que isso fez toda a diferença.

Em uma autoavaliação a respeito da unidade didática, entendo que, como um todo, eu acertei no meu planejamento. Claro, é impossível que tudo seja perfeito sempre, e a gente sempre gostaria de ter mais tempo para poder trabalhar mais temas, propor mais atividades e discussões; contudo, de acordo com a disponibilidade de tempo que eu tinha, considerando ainda que o semestre 2022/1 na UFRGS foi um semestre ligeiramente mais curto, impactado por uma pandemia ainda presente, enxergo minha unidade didática bastante completa, diversa e instigante. Em uma das minhas últimas aulas, uma aluna me perguntou se eu daria essas aulas novamente. No momento, eu respondi que não sabia, pois não vislumbrava uma possibilidade tão cedo de voltar a dar aula para alguma turma de Ensino Médio. Entretanto, pensando melhor sobre esse questionamento, acredito que essa unidade didática mereceria uma segunda temporada.

Para finalizar, gostaria de trazer uma reflexão que considero importantíssima, mas que raramente pessoas não imersas na área da educação têm alguma consciência sobre isso: o que se vê na sala de aula é produto de muito trabalho de pesquisa, elaboração, criação e estudo. Sem sombra de dúvidas, eu investi muito mais tempo planejando e montando as minhas aulas do que de fato ministrando-as. Trago isso à luz com o objetivo de fazer coro aos discursos que exigem a valorização da profissão docente. Ser professor não é dom; ser professor não é vocação; ser professor não é “por amor”. Ser professor é muito trabalho, é muito estudo, é muita dedicação, é também muita renúncia. Por isso, fica aqui um apelo pela valorização do professor, não apenas financeiramente, mas especialmente pelo reconhecimento de que seu trabalho acontece muito mais fora da sala de aula do que dentro; por uma jornada de trabalho que leve em consideração essa carga de tarefas infundável.

Meu objetivo de vida, hoje, é ser professora do ensino superior. Em parte por também amar a pesquisa, e em parte por ser uma classe mais valorizada que a de professores da educação básica. Entretanto, posso dizer, com certeza, que esse estágio marcou de forma extremamente positiva minha trajetória como professora. Não sei exatamente o que vai acontecer daqui para a frente, mas sei que para sempre a turma 202 vai ser a minha primeira turma.

## **REFERÊNCIAS**

ARAUJO, Ives Solano. Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de física geral II. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 229 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

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.

BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João; GURGEL, Ivã. Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar cosmologia com uso da história e filosofia da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2017.

GAVRIN, Andrew; WATT, Jeffrey Xavier; MARRS, Kathleen; BLAKE JR., Robert Edward. Just-in-Time Teaching (JiTT): using the web to enhance classroom learning. **Computers in Education Journal**, Port Royal, v. 14. p. 51-60, 2004.

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.

OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis. Vol. 32, n. 1 (abr. 2015), p. 180-206, 2015.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

RIBEIRO, Bruna Schons; SOUZA, Leonardo Alencastro Vanin Dutra de; LAPA, Isadora Horn; PIRES, Fernando Shinoske Tagawa de Lemos; PASTORIO, Dioni Paulo. Just-in-Time Teaching para o Ensino de Física e Ciências: uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022.

## APÊNDICE A – Apresentação da Unidade Didática (Aula 1)



# Apresentação da Unidade Didática

Prof. Bruna Schons



### Roteiro da Aula

Sobre o que vamos falar hoje?

-  **Questionários**
-  **Metodologias**
-  **Conteúdos**
-  **Cronograma**

## Mas antes disso...



### Olá! Eu sou a Bruna.

Sou formada em Astrofísica e estou no último semestre da Licenciatura em Física.

Esse semestre também comecei o Mestrado em Ensino de Física.

Eu adoro os tópicos de Física trabalhados na segunda série do Ensino Médio.



## Questionários



### Qual sua disciplina favorita e qual você menos gosta? Por quê?

<p><b>Favorita:</b></p> <p>Literatura e Biologia</p>	<p><b>Menos gosta:</b></p> <p>Química</p>
--	---

As justificativas estavam quase sempre ligadas a "entendo / não entendo".

### Você gosta de Física?

**Sim: 4** *Gosto de Física, pois aprendemos como as coisas da vida e do cotidiano funcionam perante à Física.*

**Não: 3** *Não, porque não entendo quase nada e me sinto burra por não entender nem o básico do básico.*

**Depende: 6** *Às vezes, gosto bastante de Física quando consigo entender a matéria, mas quando não entendo eu detesto.*



**Não gosto de Física porque é muito difícil, não entendo nada!**

Mas Física poderia ser legal se eu conseguisse entender.

**Diversas metodologias para que pessoas diferentes possam entender a Física de maneiras diferentes.**

**Foco maior na compreensão e menor no resultado.**

## Eu gostaria mais de Física se...

**Mais práticas: 4** *Eu gostaria mais de Física se tivéssemos aulas mais práticas, lúdicas e divertidas.*

**Menos fórmulas/cálculos: 4** *Se tivesse menos fórmulas e se não tivesse gráficos.*

**Mais teoria: 3** *Se tivesse mais parte teórica do que cálculo.*

**Mais fácil: 2** *Se fosse mais fácil / simples.*






**As aulas de Física seriam mais legais se fizéssemos mais práticas.**

**Eu gostaria se aprendêssemos mais teoria e menos cálculo.**

**Experimentos demonstrativos que mostram a Física acontecendo na prática.**

**Fórmulas e cálculos como complementos, não como principal.**

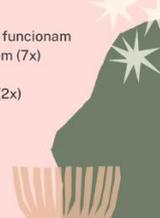
## O que você acha mais interessante na Física? E menos interessante?

**Mais interessante:** Aplicações / Entender como as coisas funcionam / Entender por que as coisas acontecem (7x)

História e evolução do conhecimento (2x)

**Menos interessante:** Fórmulas e cálculos (8x)

*Mais interessante é saber como as coisas funcionam e menos interessante é porque ela tira a magia da ignorância.*

## Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?

**Física no cotidiano / na prática: 7**

*Mostrar como a Física ocorre fora do papel.*

*Assuntos que conseguíssemos visualizar de uma forma mais concreta.*

*No que do cotidiano tal matéria se aplica.*

**História dos cientistas: 2**

*As histórias de quem criou cada coisa.*

*História dos cientistas apagados ao longo do tempo.*



**Queria entender como as coisas funcionam e ver o que aprendemos na escola aplicado à vida real.**

**Fazer tantos cálculos é tão chato!**

**Os conteúdos serão apresentados como forma de compreender fenômenos da realidade.**

**Focaremos mais nos conceitos e nos fenômenos, e menos nas contas.**

**Faremos ao menos uma discussão sobre história da ciência.**




## Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?

**Fórmulas / cálculos: 8**      **Interpretar os exercícios: 4**

*Interpretação de questões, algumas contas e raciocínio.*

*Decorar as fórmulas e saber qual usar em qual momento.*

*Interpretar as questões / gráficos / etc.*

*Cálculos e fórmulas.*

*Aplicar a teoria aos exercícios.*



**Entendo o conteúdo, mas depois vou fazer os exercícios e não consigo.**

**Pra que tanta fórmula??**

**Nossas atividades serão mais conceituais e subjetivas.**




## O que você gosta de fazer no tempo livre?

Ler: 7  
 Ouvir música / tocar instrumentos: 5  
 Séries / filmes / documentários: 5  
 Tik Tok / YouTube: 4

**EXPECTATIVA**

A aula de Física não tem nada a ver com o que eu gosto de fazer.

Aprenderemos bastante sobre música e instrumentos musicais.

Vamos fazer atividades que envolvem leitura de textos e vídeos do YouTube.

**REALIDADE**

# Metodologias

### Exposição Dialogada

### Experimentos Demonstrativos

#### Peer Instruction (Instrução pelos Colegas)

#### Just-in-Time Teaching (Ensino sob Medida)

#### Trabalho em Grupo

#### Experiência sensorial

# O que vamos estudar?

## Como eu identifico instrumentos diferentes mesmo sem ver qual está tocando?

**Por que, em regiões como montanhas e cavernas, conseguimos ouvir nossa voz repetida depois que falamos?**



**E o que o voo dos morcegos tem a ver com isso?**



**O que instrumentos de sopro e de corda têm em comum?**



**Como descobrimos a expansão do Universo?**



## Cronograma

### Cronograma

- 17 encontros (entre 12/08 e 30/09)
- Prova trimestral (algumas questões)
- Trabalho final em grupos (1,0 ponto)
- Avaliação longitudinal (atividades de controle)

**Preparados?**



**O que é uma onda?**

**Onda é uma perturbação em um meio, que transporta energia sem transportar matéria.**

**Ondas longitudinais e transversais**

**Ondas longitudinais:** direções de vibração e de propagação são as mesmas.  
Exemplo: som

**Ondas transversais:** direções de vibração e de propagação são perpendiculares.  
Exemplo: luz

**Ondas mecânicas e eletromagnéticas**

**Ondas mecânicas:** se dão pela vibração de um meio material.  
Exemplo: som

**Ondas eletromagnéticas:** se dão pela vibração de campos elétricos e magnéticos.  
Exemplo: luz  
Obs: as ondas eletromagnéticas são as únicas que podem se propagar no vácuo.

**Como o Sol aquece a Terra?**

IRRADIAÇÃO  
Ondas Eletromagnéticas Infravermelho

**Just-in-Time Teaching**  
Ou Ensino sob Medida

## APÊNDICE B – Tarefa De Preparação – Ópera (Aula 2)

Para responder às questões desta tarefa, leia o texto a seguir.

Este texto foi retirado parcialmente de <https://musicaeadoracao.com.br/25714/classificacao-das-vozes/>.

A composição de uma ópera é complexa. Uma quantidade gigantesca de instrumentos toca simultaneamente, regidos por um maestro, enquanto a voz de um cantor ou uma cantora se sobressai no meio dessa confusão de sons. Tudo é extremamente orquestrado para que cada componente dessa magnífica arte apareça no momento certo, da maneira correta.

Entretanto, apesar de a orquestra ser indispensável para o drama da ópera, nada chama mais a atenção dos espectadores do que o(a) cantor(a). No centro do palco, apenas com o poder de seus pulmões e suas cordas vocais, a voz consegue atingir tons e amplitudes impensáveis para uma pessoa leiga, preenchendo todo o ambiente com sons belíssimos e impressionantes. Essas vozes são classificadas de acordo com as notas que costumam atingir:

Vozes Femininas:

- **Soprano:** É a voz mais aguda por parte das mulheres. Muitas óperas têm o nome da própria soprano como título (Ex.: Tosca, Madame Butterfly, Manon Lescaut, Turandot...). Segundo alguns amantes da Ópera, existem dois tipos de sopranos: aquelas no qual o timbre de sua voz, de tão melodiosa e suave, confunde-se com a própria música da orquestra, e aquelas que são tão soltas, fortes e indomáveis que acabam por levar a plateia ao delírio, em interpretações que se tornam históricas (este era o caso de Maria Callas).

- **Mezzo-Soprano:** É como uma soprano, mas possui um tom de voz levemente mais grave do que a mesma. Pode representar diversos papéis dentro de uma Ópera, como irmã, amiga, ou às vezes até inimiga ou rival da soprano. Uma das mais famosas mezzo-sopranos do século é a espanhola Tereza Berganza. Ela inclusive apresentou-se em 1992, na abertura dos jogos olímpicos de Barcelona, juntamente com Plácido Domingo (Tenor), José Carreras (Tenor), Giacomo Arragal (Tenor), Juan Pons (Baixo) e Monserrat Caballé (Soprano).

- **Contralto:** É a voz feminina mais grave da ópera. Geralmente ocupam papéis de mulheres mais velhas (como é o caso do baixo para os homens), que exige maior imponência. Se houver, na Ópera, alguma matriarca, provavelmente será uma Contralto.

Vozes Masculinas:

▪ **Tenor:** É a voz mais aguda por parte dos homens. Os papéis de maior importância, com raríssimas exceções, sempre são destinados a eles, que em conjunto com as sopranos, formam os protagonistas da História. (Ex.: Calaf, Rodolfo, Otello, Nemorino...)

▪ **Barítono:** É uma voz intermediária entre o Tenor e o Baixo. Os Barítonos são, na maioria das vezes, os vilões da História (Quem não se lembra do “Barão Scarpia”). Tem voz mais macia que a do tenor, porém mais imponente, quando necessário. E sempre disputa a amada com o Tenor.

▪ **Baixo:** É a voz com tonalidade mais grave da Ópera, atingindo certas vezes tons muito abaixo dos tenores ou até mesmo dos barítonos. Por possuir estas características, os papéis que melhor se encaixam são os de Pai, nobre e generais, pois transmitem muito peso.

Contudo, além de arte, a ópera tem muito de física. A composição dos sons depende de como as ondas produzidas pelos instrumentos e pelos cantores chegam até os espectadores na plateia. Para compreender um pouco melhor a física da ópera, assista ao vídeo “*What’s a squillo, and why do opera singers need it?*”, do canal no YouTube *Ted-Ed*, disponível em: <https://youtu.be/PKengo7y28U>.

Após ler o texto e assistir ao vídeo, responda:

1. Como cantores de ópera trabalham para que sua voz se sobressaia a todos os instrumentos da orquestra? Que características são importantes?
2. É possível que instrumentos que tocam a mesma nota (ou cantores que cantem a mesma nota) sejam diferenciados, mesmo sem que olhemos para eles? Como?
3. Você teve alguma dificuldade na compreensão do texto e/ou do vídeo? Quais pontos não ficaram claros? E o que mais chamou sua atenção?

Referências:

TED-ED. *What’s a squillo, and why do opera singers need it?* – Ming Luke, YouTube, 9 de março de 2020. Disponível em: <<https://youtu.be/PKengo7y28U>>. Acesso em: 11 de agosto de 2022.

CLASSIFICAÇÃO das vozes. **Música sacra e adoração**. Disponível em: <<https://musicaeadoracao.com.br/25714/classificacao-das-vozes/>>. Acesso em: 11 de agosto de 2022.

## APÊNDICE C – Tarefa de Preparação – Instrumentos Musicais e Ondas Estacionárias (Aula 7)

Para responder às questões desta tarefa, leia o texto a seguir.

A música é uma das artes mais bonitas e mais complexas já inventada pelo homem. Inúmeros instrumentos musicais, que funcionam de maneiras distintas, produzem ondas sonoras agradáveis aos nossos sentidos. Apesar de ser uma manifestação cultural, a música pode ser explicada racionalmente através do entendimento sobre ondas estacionárias.

Os diferentes tipos de instrumentos musicais (corda, sopro, metal, percussão, etc.) produzem ondas sonoras por meio da vibração de diferentes materiais, mas esses materiais têm em comum o fato de vibrarem de maneiras específicas. A depender das características de construção de cada instrumento, apenas algumas frequências são permitidas que este instrumento emita. Essas frequências são determinadas pelos harmônicos possíveis, ou seja, possíveis configurações de ondas estacionárias que são permitidas para cada instrumento.

Para compreender melhor o que são ondas estacionárias, e quais configurações são permitidas para cada tipo de instrumento, assista ao vídeo “*The Physics of Music: Crash Course Physics #19*”, do canal do Youtube *CrashCourse*, disponível em: <https://youtu.be/XDsk6tZX55g>. (O vídeo é em inglês, mas possui legenda em português).

Após ler o texto e assistir ao vídeo, responda:

1. Que semelhanças você pode citar que há entre ondas estacionárias formadas em cordas, em tubos abertos e tubos fechados? E que diferenças?
2. Ondas estacionárias em instrumentos musicais ajudam a explicar uma característica do som que vimos anteriormente: o timbre. Usando os conceitos de ondas estacionárias, harmônico fundamental e sobretons, como podemos explicar que instrumentos musicais diferentes soem diferentes, mesmo tocando a mesma nota musical?
3. Você teve alguma dificuldade na compreensão do texto e/ou do vídeo? Quais pontos não ficaram claros? E o que mais chamou sua atenção?

**Referências:**

CRASHCOURSE. The Physics of Music: Crash Course Physics #19, YouTube, 11 de agosto de 2016. Disponível em: <<https://youtu.be/XDsk6tZX55g>>. Acesso em: 13 de setembro de 2022.

## APÊNDICE D – Tarefa de Preparação – Cosmos (Aula 9)

Para responder às questões desta tarefa, leia o texto “*Crítica | Cosmos (1980) – A série completa*”, de Ritter Fan, disponível em: <https://www.planocritico.com/critica-cosmos-1980-a-serie-completa/>.

Após a leitura do texto, assista a um trecho do episódio “*O Limiar da Eternidade*” de Cosmos, de Carl Sagan (10min49s a 22min50s), disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1RfR8JNJq2mhesf40DMwWOZLYj6pcbDI8/view?usp=sharing>.

Após ler o texto e assistir ao vídeo, responda:

1. Com base no que foi discutido na aula passada e no trecho de Cosmos: o que Humason observou pelo telescópio? O que o Efeito Doppler tem a ver com isso?
2. Como essas observações contribuíram para a teoria da expansão do Universo?
3. Você teve alguma dificuldade na compreensão do texto e/ou do vídeo? Quais pontos não ficaram claros? E o que mais chamou sua atenção?

Referências:

CRÍTICA | Cosmos (1980) – A série completa. **Plano Crítico**. Disponível em: <<https://www.planocritico.com/critica-cosmos-1980-a-serie-completa/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

O Limiar da Eternidade. *In*: COSMOS: Uma viagem pessoal. Criação de Carl Sagan, Ann Druyan, Steven Soter. Direção de Adrian Malone. Estados Unidos: PBS, 1980. 63 min, son. Color. Temporada 1, episódio 10. Série exibida pela PBS. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

## APÊNDICE E – Lista de Exercícios 1 (Aula 4)



Nome: \_\_\_\_\_

Turma: 202 Professora: Bruna Schons

Componente Curricular: Física

### Lista de Exercícios 1 – Ondas

1. (UNITAU) Independentemente da natureza de uma onda, sua propagação envolve, necessariamente:

- a) movimento de matéria.
- b) transporte de energia.
- c) transformação de energia.
- d) produção de energia.
- e) transporte de energia e de matéria.

2. A respeito da classificação das ondas, marque a alternativa **INCORRETA**:

- a) As ondas classificadas como longitudinais possuem vibração paralela à propagação. Um exemplo desse tipo de onda é o som.
- b) O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional.
- c) Todas as ondas eletromagnéticas são transversais.
- d) A frequência representa o número de ondas geradas dentro de um intervalo de tempo específico. A unidade Hz (Hertz) significa ondas geradas por segundo.
- e) Quanto à sua natureza, as ondas podem ser classificadas em mecânicas, eletromagnéticas, transversais e longitudinais.

3. (IFGO) As ondas são formas de transferência de energia de uma região para outra. Existem ondas mecânicas – que precisam de meios materiais para se propagarem – e ondas eletromagnéticas – que podem se propagar tanto no vácuo como em alguns meios materiais. Sobre ondas, podemos afirmar corretamente que

- a) a energia transferida por uma onda eletromagnética é diretamente proporcional à frequência dessa onda.
- b) o som é uma espécie de onda eletromagnética e, por isso, pode ser transmitido de uma antena à outra, como ocorre nas transmissões de TV e rádio.
- c) a luz visível é uma onda mecânica que somente se propaga de forma transversal.
- d) existem ondas eletromagnéticas que são visíveis aos olhos humanos, como o ultravioleta, o infravermelho e as micro-ondas.
- e) o infrassom é uma onda eletromagnética com frequência abaixo da audível.

4. Analise as seguintes afirmações:

I – Ondas mecânicas se propagam no vácuo, portanto não necessitam de um meio material para se propagarem.

II – Ondas longitudinais são aquelas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação.

III – Ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagarem.

IV – As ondas sonoras são transversais e não se propagam no vácuo.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmações **VERDADEIRAS**.

- a) I e II
- b) I e III
- c) I e IV
- d) II e III
- e) II e IV

5. (ITA-SP) Considere os seguintes fenômenos:

I. Luz

II. Som

III. Perturbação propagando-se numa mola esticada.

Podemos afirmar que:

- a) I, II e III necessitam de um suporte material para propagar-se.
- b) I é transversal, II é longitudinal e III tanto pode ser transversal como longitudinal.
- c) I é longitudinal, II é longitudinal e III é longitudinal.
- d) I e III podem ser longitudinais.
- e) somente III é longitudinal.

6. (PUC-MG) Uma cena comum em filmes de ficção científica é a passagem de uma nave espacial em alta velocidade, no espaço vazio, fazendo manobras com a ajuda de foguetes laterais, tudo isso acompanhado e um forte ruído. Assinale a alternativa CORRETA.

- a) A cena é correta, pois não há problema com o fato de uma nave voar no espaço vazio.
- b) A cena é correta, porque é perfeitamente perceptível o ruído de uma nave no espaço vazio.
- c) A cena não é correta, pois o som não se propaga no vácuo.
- d) A cena não é correta, pois não é possível que uma nave voe no espaço vazio.
- e) A cena não é correta, pois não é possível fazer manobras no espaço vazio.

7. O som não se propaga no vácuo porque:

- a) é uma onda longitudinal.
- b) é uma onda mecânica.
- c) não é tridimensional.
- d) é uma onda eletromagnética.
- e) não é uma onda estacionária.

8. Todas as ondas abaixo podem se propagar no vácuo, EXCETO:

- a) os ultrassons.
- b) os raios X.
- c) as ondas de rádio.
- d) os raios laser.
- e) o ultravioleta.

9. (UFMG) Uma pessoa toca no piano uma tecla correspondente à nota mi e, em seguida, a que corresponde a sol. Pode-se afirmar que serão ouvidos dois sons diferentes porque as ondas sonoras correspondentes a essas notas têm:

- a) amplitudes diferentes.
- b) frequências diferentes.
- c) intensidades diferentes.
- d) timbres diferentes.
- e) velocidade de propagação diferentes.

10. (UFRGS) Quais as características das ondas sonoras que determinam a altura e a intensidade do som?

- a) comprimento de onda e frequência.
- b) amplitude e comprimento de onda.
- c) amplitude e frequência.
- d) frequência e comprimento de onda.
- e) frequência e amplitude.

11. (IFRS) O som é a propagação de uma onda mecânica longitudinal que se propaga apenas em meios materiais. O som possui qualidades diversas que o ouvido humano normal é capaz de distinguir. Associe corretamente as qualidades fisiológicas do som apresentadas a seguir com as situações apresentadas.

Qualidades fisiológicas	Situações
(1) Intensidade	( ) Abaixar o volume do rádio ou da televisão.
(2) Timbre	( ) Distinguir uma voz aguda de mulher de uma voz grave de homem.
(3) Frequência	( ) Distinguir sons de mesma altura e intensidade produzidos por vozes de pessoas diferentes.
	( ) Distinguir a nota dó emitida por um violino e por uma flauta.
	( ) Distinguir as notas musicais emitidas por um violão.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 - 2 - 3 - 3 - 2
- b) 1 - 3 - 2 - 2 - 3
- c) 2 - 3 - 2 - 2 - 1
- d) 3 - 2 - 1 - 1 - 2
- e) 3 - 2 - 2 - 1 - 1

12. Som mais agudo é som de:

- a) maior intensidade.
- b) menor intensidade.
- c) menor frequência.
- d) maior frequência.
- e) maior velocidade de propagação.

13. O som mais grave que o ouvido humano é capaz de ouvir possui comprimento de onda igual a 17 m. Sendo assim, determine a mínima frequência capaz de ser percebida pelo ouvido humano.

Dados: Velocidade do som no ar = 340 m/s

- a) 10 Hz.
- b) 15 Hz.
- c) 17 Hz.
- d) 20 Hz.
- e) 34 Hz.

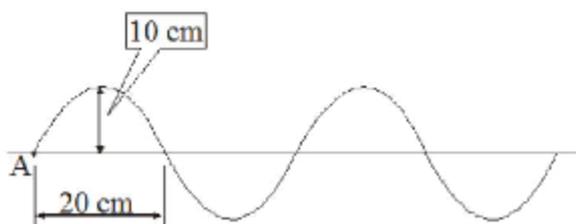
14. Uma determinada fonte gera 3600 ondas por minuto com comprimento de onda igual a 10 m. Determine a velocidade de propagação dessas ondas.

- a) 500 m/s
- b) 360 m/s
- c) 600 m/s
- d) 60 m/s
- e) 100 m/s

15. (Mackenzie) As antenas das emissoras de rádio emitem ondas eletromagnéticas que se propagam na atmosfera com a velocidade da luz ( $3,0 \cdot 10^8$  m/s) e com frequências que variam de uma estação para a outra. A rádio CBN emite uma onda de frequência 90,5 MHz e comprimento de onda aproximadamente igual a:

- a) 2,8 m
- b) 3,3 m
- c) 4,2 m
- d) 4,9 m
- e) 5,2 m

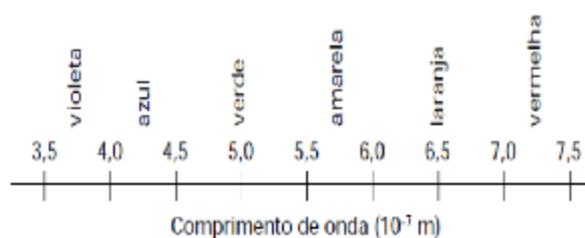
16. (UFOP) Uma onda é estabelecida em uma corda ao se fazer o ponto A oscilar com uma frequência igual a 2000Hz.



Marque a alternativa **INCORRETA**:

- a) A amplitude da onda é 10 cm.
- b) O comprimento da onda na corda é 40 cm.
- c) O período da onda é  $0,5 \times 10^{-3}$  s.
- d) A velocidade da onda é de  $8 \times 10^4$  cm/s.
- e) Todas as afirmativas estão incorretas.

17. (UFRN) As cores de luz exibidas na queima de fogos de artifício dependem de certas substâncias utilizadas na sua fabricação. Sabe-se que a frequência da luz emitida pela combustão do níquel é  $6,0 \times 10^{14}$  Hz e que a velocidade da luz é  $3 \times 10^8$  m/s.



Com base nesses dados e no espectro visível fornecido pela figura abaixo, assinale a opção correspondente à cor da luz dos fogos de artifício que contém compostos de níquel.

- a) vermelha
- b) violeta
- c) laranja
- d) verde
- e) azul

## APÊNDICE F – Lista de Exercícios 2 (Aula 10)



Nome: \_\_\_\_\_

Turma: 202 Professora: Bruna Schons

Componente Curricular: Física

### Lista de Exercícios 2 – Ondas

1. (ENEM Digital 2020) Para se deslocar e obter alimentos, alguns mamíferos, como morcegos e golfinhos, contam com a sofisticada capacidade biológica de detectar a posição de objetos e animais pela emissão e recepção de ondas ultrassônicas.

O fenômeno ondulatório que permite o uso dessa capacidade biológica é a:

- a) reflexão.
- b) difração.
- c) refração.
- d) dispersão.
- e) polarização.

2. (UFPE) Diante de uma grande parede vertical, um garoto bate palmas e recebe o eco um segundo depois. Se a velocidade do som no ar é 340 m/s, o garoto pode concluir que a parede está situada a uma distância aproximada de:

- a) 17 m.
- b) 34 m.
- c) 68 m.
- d) 170 m.
- e) 340 m.

3. (ENEM 2018 PPL - adaptada) Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido contam com uma fonte de energia elétrica para poderem funcionar. Esses novos fones têm um recurso, denominado "Cancelador de Ruídos Ativo", constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo de frequência fixa. No entanto, para que o cancelamento seja realizado, o sinal sonoro produzido pelo circuito precisa apresentar simultaneamente características específicas bem determinadas.

Quais são as características do sinal gerado pelo circuito desse tipo de fone de ouvido?

- a) sinal com mesma amplitude, mesma frequência e inversão de fase em relação ao sinal externo.
- b) sinal com mesma amplitude, mesma frequência e manutenção de fase em relação ao sinal externo.
- c) sinal de amplitude maior, mesma frequência e inversão de fase em relação ao sinal externo.
- d) sinal de amplitude maior, mesma frequência e manutenção de fase em relação ao sinal externo.
- e) sinal de amplitude menor, mesma frequência e manutenção de fase em relação ao sinal externo.

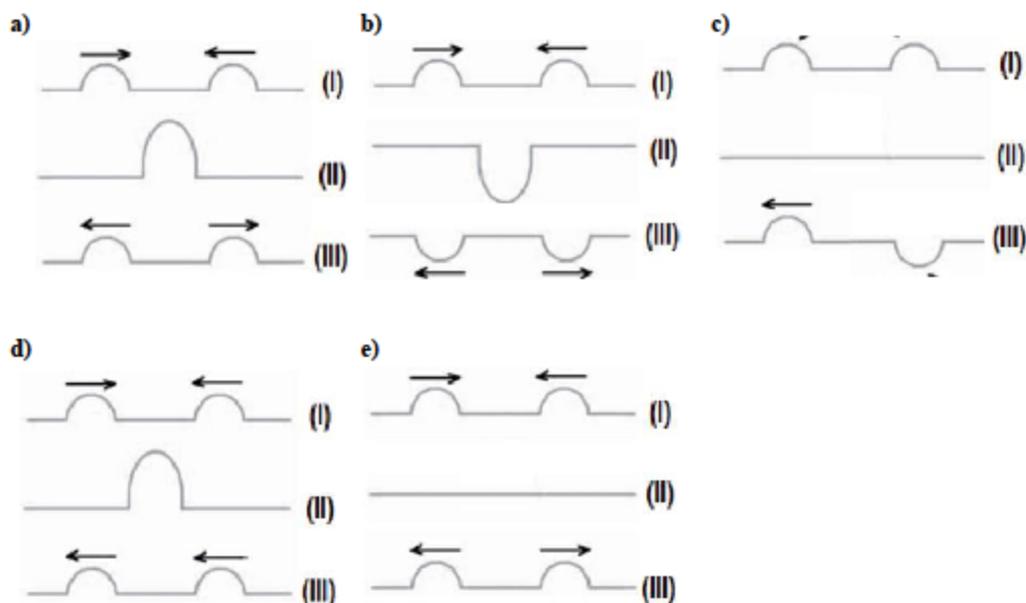
4. Em dias de clássicos futebolísticos que promovem grandes concentrações de populares, teme-se pela segurança do Estádio do Morumbi, em São Paulo, sobretudo nos momentos de gol. A alegria e o entusiasmo dos torcedores, geralmente manifestado por meio de pulos e batidas no chão, faz com que toda a estrutura do estádio vibre. Se essa vibração for mantida por muito tempo, pode levar partes da construção ou mesmo toda ela a desabar, ocasionando uma catástrofe. O fenômeno que melhor explica esse fato é:

- a) difração.
- b) interferência.
- c) refração.
- d) ressonância.
- e) polarização.

5. (UDESC) Em uma corda, dois pulsos de onda propagam-se em sentidos opostos, conforme mostra a figura.



Assinale a alternativa que representa **CORRETAMENTE** a propagação dos pulsos de onda, nos seguintes momentos: antes da interferência (I), durante a interferência (II) e após a interferência (III), respectivamente.



6. (UFMG) Um professor pediu a seus alunos que explicassem por que um lápis, dentro de um copo com água, parece estar quebrado, como mostrado nesta figura.



Bruno respondeu: "Isso ocorre porque a velocidade da luz na água é menor que a velocidade da luz no ar". Tomás explicou: "Esse fenômeno está relacionado com a alteração da frequência da luz quando esta muda de meio". Considerando-se essas duas respostas, é **CORRETO** afirmar que

- a) apenas a de Bruno está certa.
- b) apenas a de Tomás está certa.
- c) as duas estão certas.
- d) nenhuma das duas está certa.

7. (ENEM 2012) Alguns povos indígenas ainda preservam suas tradições realizando a pesca com lanças, demonstrando uma notável habilidade. Para fisgar um peixe em um lago com águas tranquilas o índio deve mirar abaixo da posição em que enxerga o peixe. Ele deve proceder dessa forma porque os raios de luz:

- a) refletidos pelo peixe não descrevem uma trajetória retilínea no interior da água.
- b) emitidos pelos olhos do índio desviam sua trajetória quando passam do ar para a água.
- c) espalhados pelo peixe são refletidos pela superfície da água.
- d) emitidos pelos olhos do índio são espalhados pela superfície da água.
- e) refletidos pelo peixe desviam sua trajetória quando passam da água para o ar.

8. (Unicesumar-SP) A imagem a seguir ilustra o Cebolinha e a Mônica separados por um muro. Apesar dessa separação, o Cebolinha consegue ouvir a voz da Mônica chorando e chamando por ele.



O fenômeno acústico que permite que isso seja possível é denominado:

- a) reverberação.
- b) difração.
- c) reforço.
- d) interferência construtiva.
- e) polarização.

9. (UFMG) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, porque

- a) a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- b) a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- c) a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- d) o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

10. (ENEM PPL 2020) Alguns cinemas apresentam uma tecnologia em que as imagens dos filmes parecem tridimensionais, baseada na utilização de óculos 3D. Após atravessar cada lente dos óculos, as ondas luminosas, que compõem as imagens do filme, emergem vibrando apenas na direção vertical ou apenas na direção horizontal.

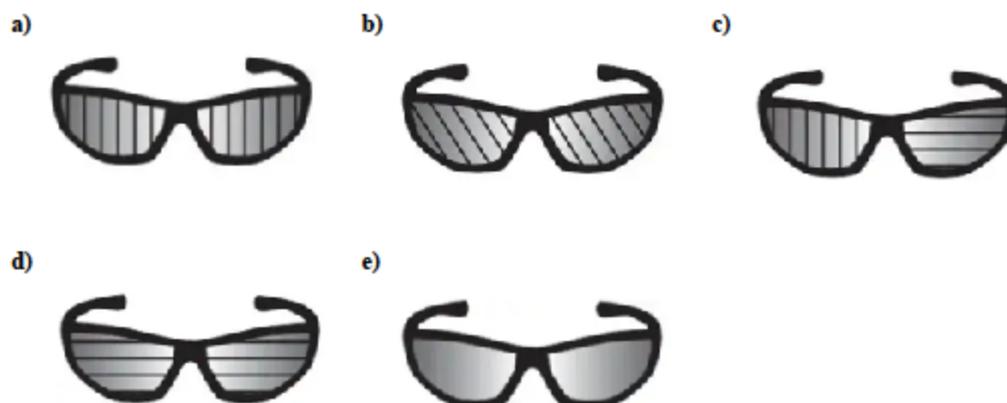
Com base nessas informações, o funcionamento dos óculos 3D ocorre por meio do fenômeno ondulatório de

- a) difração.
- b) dispersão.
- c) reflexão.
- d) refração.
- e) polarização.

11. (ENEM PPL 2016) Nas rodovias, é comum motoristas terem a visão ofuscada ao receberem a luz refletida na água empoçada no asfalto. Sabe-se que essa luz adquire polarização horizontal. Para solucionar esse problema, há a possibilidade de o motorista utilizar óculos de lentes constituídas por filtros polarizadores. As linhas nas lentes dos óculos representam o eixo de polarização dessas lentes.

As linhas nas lentes dos óculos representam o eixo de polarização dessas lentes.

Quais são as lentes que solucionam o problema descrito?



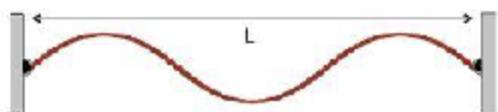
12. Sobre uma corda vibrante de 2 m de comprimento é formada uma onda estacionária correspondente ao primeiro harmônico (frequência fundamental). O comprimento de onda dessa oscilação tem módulo igual a:

- a) 4,0 m.
- b) 2,0 m.
- c) 1,0 m.
- d) 0,5 m.
- e) 8,0 m.

13. Uma onda estacionária cujo comprimento de onda mede 50 cm é formada em uma corda vibrante de 4,0 m de comprimento. A ordem do harmônico formado é igual a:

- a) 8.
- b) 12.
- c) 16.
- d) 4.
- e) 2.

14. (UFRGS 2016) A figura abaixo representa uma onda estacionária produzida em uma corda de comprimento  $L = 50$  cm.



Sabendo que o módulo da velocidade de propagação de ondas nessa corda é 40 m/s, a frequência da onda é de:

- a) 40 Hz.
- b) 60 Hz.
- c) 80 Hz.
- d) 100 Hz.
- e) 120 Hz.

15. (UDESC 2015/2) Dois tubos sonoros de mesmo comprimento se diferem pela seguinte característica: o primeiro é aberto nas duas extremidades e o segundo é fechado em uma das extremidades. Considerando que a temperatura ambiente seja de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a velocidade do som igual a  $344\text{ m/s}$ , assinale a alternativa que representa a razão entre a frequência fundamental do primeiro tubo e a do segundo tubo.

- a) 2,0.
- b) 1,0.
- c) 8,0.
- d) 0,5.
- e) 0,25.

16. (UCS-Adaptado) Um tubo sonoro aberto emite o seu quinto harmônico com frequência de  $1,7\text{ kHz}$ . A velocidade do som, no ar que preenche o tubo, tem módulo igual a  $340\text{ m/s}$ . O comprimento do tubo vale:

- a) 5,0 m.
- b) 0,5 m.
- c) 0,25 m.
- d) 0,025 m.
- e) 2,0 m.

17. (PUCCAMP-SP) Um professor lê o seu jornal sentado no banco de uma praça e, atento às ondas sonoras, analisa três eventos:

I – O alarme de um carro dispara quando o proprietário abre a tampa do porta-malas.

II – Uma ambulância se aproxima da praça com a sirene ligada.

III – Um mau motorista, impaciente, após passar pela praça, afasta-se com a buzina permanentemente ligada.

O professor percebe o efeito Doppler apenas:

- a) no evento I, com frequência sonora invariável.
- b) nos eventos I e II, com diminuição da frequência.
- c) nos eventos I e III, com aumento da frequência.
- d) nos eventos II e III, com diminuição da frequência em II e aumento em III.
- e) nos eventos II e III, com aumento da frequência em II e diminuição em III.

18. (UEA – AM) Um observador ouve o apito de um trem se aproximando e depois se afastando, conforme figuras 1 e 2.



Sabendo que o apito do trem soa com frequência natural contínua, a frequência do apito ouvida pelo observador

- a) aumenta na aproximação e permanece constante no afastamento do trem.
- b) aumenta tanto na aproximação quanto no afastamento do trem.
- c) é constante tanto na aproximação quanto no afastamento do trem.
- d) aumenta na aproximação e diminui no afastamento do trem.
- e) diminui na aproximação e aumenta no afastamento do trem.

19. (UFRS-RS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo a seguir, na ordem em que elas aparecem.

Os radares usados para a medida da velocidade dos automóveis em estradas têm como princípio de funcionamento o chamado efeito Doppler. O radar emite ondas eletromagnéticas que retornam a ele após serem refletidas no automóvel. A velocidade relativa entre o automóvel e o radar é determinada, então, a partir da diferença de \_\_\_\_\_ entre as ondas emitida e refletida. Em um radar estacionado à beira da estrada, a onda refletida por um automóvel que se aproxima apresenta \_\_\_\_\_ frequência e \_\_\_\_\_ velocidade, comparativamente à onda emitida pelo radar.

- a) velocidades – igual – maior.
- b) frequências – menor – igual.
- c) velocidades – menor – maior.
- d) frequências – maior – igual.
- e) velocidades – igual – menor.

20. (FGV) Um carro trafega a 20 m/s em uma estrada reta. O carro se aproxima de uma pessoa, parada no acostamento, querendo atravessar a estrada. O motorista do carro, para alertá-la, toca a buzina, cujo som, por ele ouvido, tem 640 Hz. A frequência do som da buzina percebida pela pessoa parada é, aproximadamente,

Considere: a velocidade do som no ar é igual a 340 m/s e não há vento.

- a) 760 Hz.
- b) 720 Hz.
- c) 640 Hz.
- d) 600 Hz.
- e) 680 Hz.

21. (UFRGS 2014) A frequência do som emitido pela sirene de certa ambulância é de 600 Hz. Um observador em repouso percebe essa frequência como sendo de 640 Hz. Considere que a velocidade da onda emitida é de 1200 km/h e que não há obstáculos entre o observador e a ambulância.

Com base nos dados acima, assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A ambulância \_\_\_\_\_ do observador com velocidade de \_\_\_\_\_.

- a) aproxima-se – 75 km/h.
- b) afasta-se – 80 km/h.
- c) afasta-se – 121 km/h.
- d) aproxima-se – 80 km/h.
- e) aproxima-se – 121 km/h.

## APÊNDICE G – Atividade Avaliativa (Aula 11)



Nomes: \_\_\_\_\_

Turma: 202 Professora: Bruna Schons

Componente Curricular: Física

### Atividade Avaliativa

#### Instruções:

**Vocês devem escolher duas questões de cada grupo para responder. Serão dez no total. Pelo menos três delas devem ser de cálculo.**

**Indiquem na folha de respostas os nomes de vocês e os números das questões que escolheram.**

**Respondam às questões de forma clara e detalhada.**

#### GRUPO 1

1. Em uma palavra, o que se move entre a fonte e o receptor no movimento ondulatório?
2. Em que direção ocorrem as vibrações de uma onda transversal em relação à sua direção de propagação? E de uma onda longitudinal?
3. Qual será a rapidez de propagação de uma onda na água se a frequência for 2 Hz e o comprimento de onda for 1,5 m?
4. Em um teclado, você aperta a tecla C, correspondente a uma frequência de 256 Hz.  
(a) Qual é o período de uma vibração deste som?  
(b) Se o som sai do instrumento com uma rapidez de 340 m/s, qual é o seu comprimento de onda no ar?
5. Por que um raio é visto antes que se escute o trovão?
6. Por que o som não se propaga no vácuo?
7. O que acontecerá ao comprimento de onda do som se a frequência aumentar?
8. Se uma campainha está tocando no interior de uma campânula de vidro, não podemos mais ouvi-la quando o ar é evacuado do interior, mas ainda podemos vê-la. Que diferenças nas propriedades do som e da luz isso indica?
9. Quais os dois erros de física cometidos em um filme de ficção científica que mostra uma explosão no espaço exterior, em que podemos ver e ouvir a explosão simultaneamente?

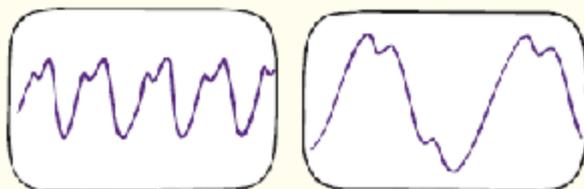
#### GRUPO 2

10. Por que a mesma nota musical quando emitida por um banjo e por um violão apresentam sonoridades tão diferentes?
11. Considere três notas: A, de 220 Hz; B, de 440 Hz; e C, de 600 Hz. Ordene-as em sequência decrescente de valor de sua  
(a) altura.  
(b) frequência.

(c) comprimento de onda.

12. Se o volume do som aumentar, que características ondulatórias provavelmente terão aumentado – a frequência, o comprimento de onda, a amplitude ou a rapidez de propagação?

13. Qual das duas notas musicais mostradas instantaneamente na tela de um osciloscópio tem maior altura?



14. Para os osciloscópios mostrados acima, qual das telas revela o som de mais baixo volume (assumindo que sejam detectados por microfones equivalentes)?

### GRUPO 3

15. O que é um *eco*? E o que é *reverberação*?

16. Uma embarcação oceânica inspeciona o fundo do mar com ondas ultrassônicas que se propagam a 1.530 m/s na água do ar. O tempo decorrido para que o som do eco vá até o fundo do oceano e volte é de 6 s. Mostre que a profundidade da água diretamente abaixo do barco é de 4.590 m.

17. Imagine uma pessoa tipo Rip van Winkle que vive nas montanhas. Momentos antes de ir dormir, ele grita “ACORDE”, e o som ecoa na montanha mais próxima, retornando 8 horas depois. Mostre que a distância entre Rip e a montanha imaginária é de aproximadamente 5.000 Km

18. Faça distinção entre *interferência construtiva* e *interferência destrutiva*.

19. Quando é possível uma onda cancelar outra onda?

20. Um dispositivo especial é capaz de transmitir som fora de fase de uma britadeira para os protetores auriculares usados pelo operador. Com o barulho da britadeira, ele consegue ouvir facilmente sua voz enquanto você não consegue ouvir a dele. Explique.

21. Como pode uma determinada nota emitida por um cantor quebrar uma taça de cristal?

22. Como a ressonância produzida pelo vento afetou a ponte de *Tacoma Narrows*, no estado de Washington, EUA, em 1940?

23. Por que é um procedimento sensato para soldados pararem de marchar ao atravessar uma ponte?

24. Em nosso ambiente diário, a difração é muito mais evidente para ondas sonoras do que para ondas luminosas. Qual a razão para isso?

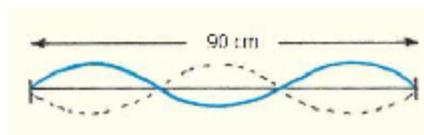
25. Por que as *ondas de rádio* difratam ao redor dos edifícios, enquanto as *ondas luminosas* não o fazem?

26. Por que a luz atravessará um par de polaroides com os eixos alinhados, mas não consegue atravessá-lo quando os eixos estiverem em ângulo reto um com o outro?

27. A luz polarizada é parte da natureza, mas o som polarizado não. Por quê?

## GRUPO 4

28. Uma corda de *nylon* de um violão vibra descrevendo um padrão de onda estacionária parecido com o que é mostrado ao lado. Qual é o seu comprimento de onda?



29. As cordas de uma harpa são de tamanhos diferentes e produzem notas diferentes. Como diferentes notas são produzidas com um violão, no qual todas as cordas têm o mesmo comprimento?

30. Se a frequência fundamental de uma corda de violino é 440 Hz, qual é a frequência do segundo harmônico? Do terceiro?

## GRUPO 5

31. O que significa um deslocamento da luz para o azul e para o vermelho?

32. A sirene de um caminhão de bombeiros é escutada nas situações A, B e C. Ordene as frequências de som ouvidas, em ordem decrescente de valor, quando o caminhão está se movendo

- (a) em direção ao ouvinte a 30 km/h.
- (b) em direção ao ouvinte a 50 km/h.
- (c) para longe do ouvinte a 20 km/h.

33. Enquanto se mantém apitando, uma locomotiva parte do repouso e começa a se mover em sua direção.

- (a) A frequência que você escuta é maior, menor ou a mesma ouvida quando o trem está parado?
- (b) E quanto ao comprimento de onda que atinge seu ouvido?
- (c) E quanto à rapidez de propagação do som no ar entre a locomotiva e você?

34. Por que existe um efeito Doppler quando a fonte sonora é estacionária e o ouvinte está em movimento? Em que direção o ouvinte deveria se mover de modo a escutar uma frequência mais alta? E uma frequência mais baixa?

35. Quando você toca a buzina de seu carro enquanto está se dirigindo em direção a um ouvinte, este escuta um som com frequência aumentada. O ouvinte ouviria uma frequência aumentada se estivesse também em um carro, movendo-se no mesmo sentido e com a mesma rapidez?

## QUESTÃO EXTRA

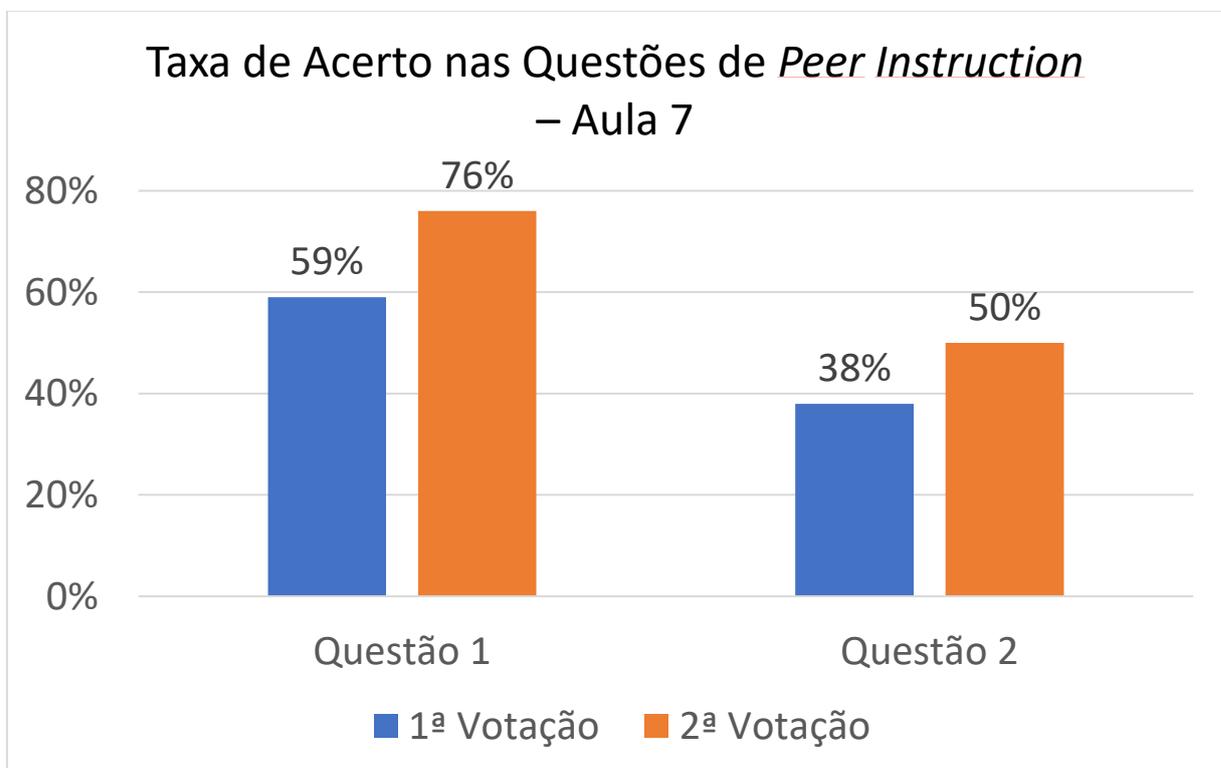
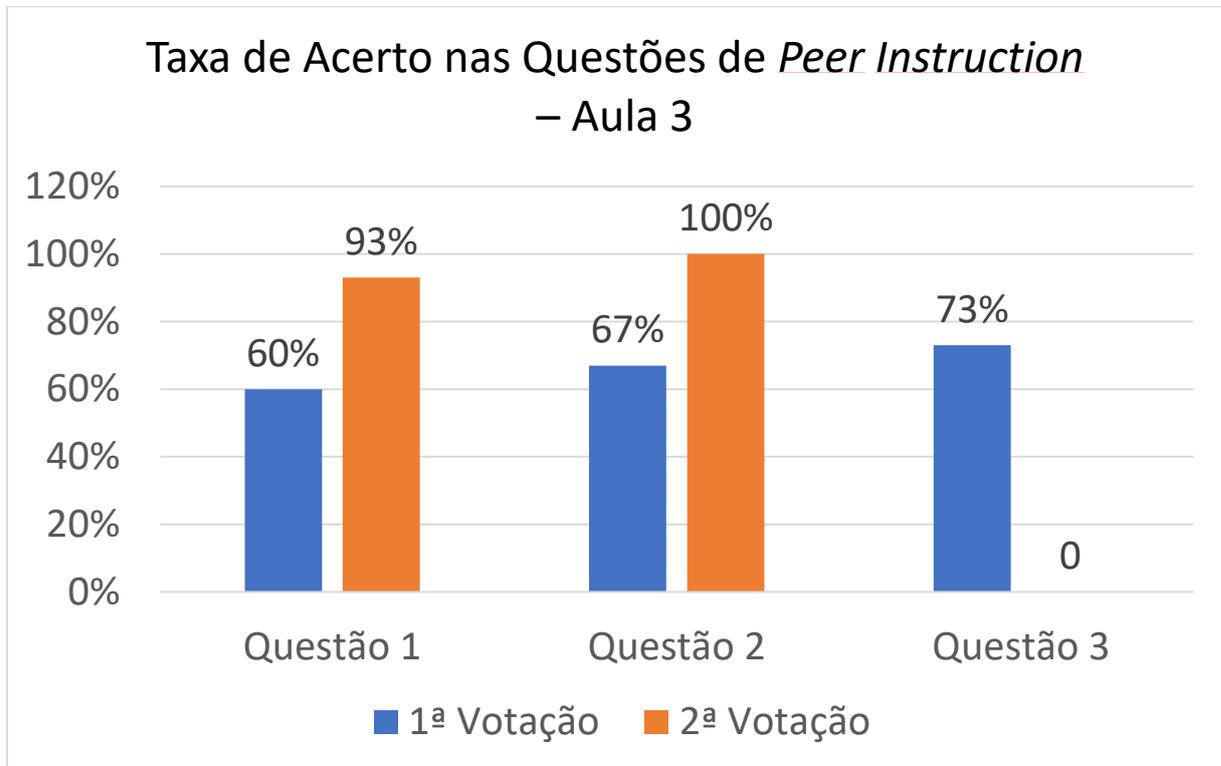
(ITA) Considere a velocidade máxima permitida nas estradas como sendo exatamente 80 km/h. A sirene de um posto rodoviário soa com uma frequência de 700 Hz, enquanto um veículo de passeio e um policial rodoviário se aproximam emparelhados. O policial dispõe de um medidor de frequências sonoras.

Dada a velocidade do som, de 350 m/s, ele deverá multar o motorista do carro quando seu aparelho medir uma frequência sonora de, no mínimo:

- a) 656 Hz.
- b) 745 Hz.
- c) 655 Hz.
- d) 740 Hz.
- e) 860 Hz.

## Referência:

HEWITT, Paul. *Física Conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

**APÊNDICE H – Taxas de acerto das questões de *Peer Instruction* (Aulas 3 e 7)**

**ANEXO A – Questionário de Atitudes Perante a Física**

Nome:

Idade:

- 1) Qual sua disciplina favorita e qual você menos gosta? Por quê?
- 2) Você gosta de Física? Comente sua resposta.
- 3) “Eu gostaria mais de Física se...” complete a sentença.
- 4) O que você acha mais interessante na Física? E menos interessante?
- 5) Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?
- 6) Você vê alguma utilidade em aprender Física? Comente sua resposta.
- 7) Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?
- 8) Qual profissão você pretende seguir?
- 9) Pretendes fazer algum curso superior? Qual? Em que instituição?
- 10) O que você gosta de fazer no tempo livre? (Vale tudo: séries, esportes, livros, músicas, sair, dormir...)

**ANEXO B – Questões *Peer Instruction* (Aula 3)**

1) Em relação às ondas e aos fenômenos ondulatórios, analise as proposições abaixo, escrevendo V ou F para verdadeiro e falso, respectivamente:

( ) A forma da onda sonora de um violino é diferente da forma da onda de um piano. Por isso, os sons desses instrumentos apresentam timbres diferentes.

( ) Quando dois instrumentos musicais emitem a mesma nota musical, são diferenciados um do outro pela altura do som.

( ) Ao diminuir o volume do aparelho de som, a onda sonora emitida pelo aparelho tem sua frequência diminuída.

a) VVF

b) FVV

c) FFV

d) VFF

2) Analise as afirmações a seguir:

I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.

II. Dois instrumentos iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém com volumes (intensidades) diferentes.

III. Um mesmo instrumento é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III respectivamente.

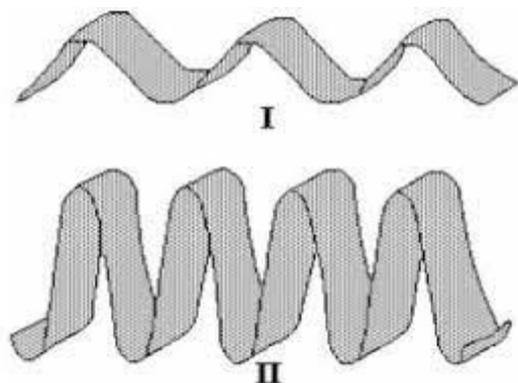
a) Timbre, altura e frequência.

b) Frequência, altura e amplitude.

c) Timbre, amplitude e frequência.

d) Amplitude, timbre e frequência.

3) (UFMG) A figura a seguir mostra parte de duas ondas, I e II, que se propagam na superfície da água de dois reservatórios idênticos.

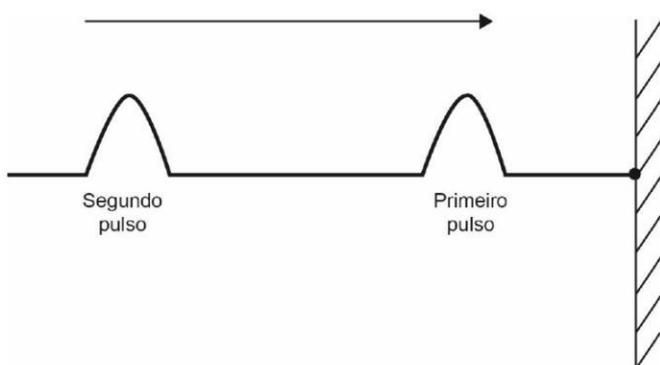


Com base nessa figura, pode-se afirmar que

- a) a frequência da onda I é menor do que a da onda II, e o comprimento de onda de I é maior que o de II.
- b) as duas ondas têm a mesma amplitude, mas a frequência de I é menor do que a de II.
- c) as duas ondas têm a mesma frequência, e o comprimento de onda é maior na onda I do que na onda II.
- d) os valores da amplitude e do comprimento de onda são maiores na onda I do que na onda II.

**ANEXO C – Questões *Peer Instruction* (Aula 7)**

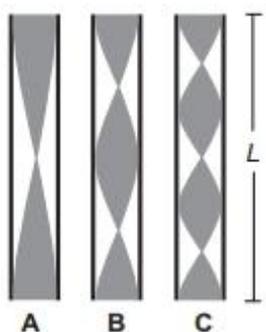
1) (FM Petrópolis RJ/2021) Em um laboratório de ondas, uma das extremidades de uma corda homogênea é fixada na parede, e são gerados dois pulsos na corda, como mostra a figura abaixo.



A superposição entre a reflexão do primeiro pulso e o segundo pulso incidente gera:

- a) uma interferência construtiva.
- b) a refração dos pulsos.
- c) uma interferência destrutiva.
- d) a difração dos pulsos.

2) (ENEM PPL 2015) Em uma flauta, as notas musicais possuem frequências e comprimentos de onda ( $\lambda$ ) muito bem definidos. As figuras mostram esquematicamente um tubo de comprimento  $L$ , que representa de forma simplificada uma flauta, em que estão representados: em A o primeiro harmônico de uma nota musical (comprimento de onda  $\lambda_A$ ), em B seu segundo harmônico (comprimento de onda  $\lambda_B$ ) e em C o seu terceiro harmônico (comprimento de onda  $\lambda_C$ ), onde  $\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C$ .



Em função do comprimento do tubo, qual o comprimento de onda da oscilação que forma o próximo harmônico?

- a)  $L/4$
- b)  $L/5$
- c)  $L/2$
- d)  $L/8$