



UFU - Universidade Federal de Uberlândia
Física Licenciatura - INFIS

WELIGTON NOGUEIRA COSTA JÚNIOR

**Metodologia investigativa: aplicação do método para laboratórios de ensino
de Física da UFU**

UBERLÂNDIA-MG
2019

WELIGTON NOGUEIRA COSTA JÚNIOR

Metodologia investigativa: aplicação do método para laboratórios de ensino de Física da UFU

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador: Professor Doutor Djalmir Nestor Messias

UBERLÂNDIA-MG

2019

WELIGTON NOGUEIRA COSTA JÚNIOR

Metodologia investigativa: aplicação do método para laboratórios de ensino de Física da UFU

Trabalho de Conclusão de Curso enviado para aprovação para o curso de graduação de Física Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, 22 de Novembro de 2019.

Banca examinadora:

Professor Dr. Djalmir Nestor Messias – INFIS/UFU

Professor Dr. Jader Cabral – INFIS/UFU

Professor Dr. José Maria Villas Boas – INFIS/UFU

“Minha mente é minha arma. Meu irmão tem sua espada, Rei Robert tem seu martelo e eu tenho minha mente... e uma mente precisa de livros como uma espada precisa de uma pedra de amolar para mantê-la afiada. Por isso eu leio tanto” George R.R. Martin – As crônicas de gelo e fogo: A guerra dos tronos

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Caren Carla, e ao meu pai Weligton Nogueira, que sempre me incentivaram a estudar, me mostrando que esse é o melhor caminho e, desde cedo, me mostraram o caminho da leitura.

Deixo aqui, minha gratidão a minha irmã Karina Karla que sempre me inspira a ser melhor, e a dar o melhor de mim. Ao meu querido irmão mais novo Willian Henrique, meu companheiro para as piores e melhores horas.

A minha avó, Adelina e ao meu falecido avô Ismail, que sempre deixaram claro o orgulho do primeiro neto a pisar em uma universidade.

Ao Victor Malta, por todos os berros, gritos e discussões que tivemos, por todas as listas que concluímos, todos os trabalhos que entregamos e apresentamos, por ser desde o início uma ótima dupla, sempre me fazendo crescer como profissional e como pessoa.

A Marines Martins, Cheyder Vinicius e Thiago Martins, por me acolherem em sua residência nas piores e também nas melhores horas, me mostrando que eu posso sim, ter mais de um lar.

Ao meu orientador Professor Doutor Djalmir Messias, por todos os conselhos, e visões de mundo. E a todos os professores do INFIS que me tornaram um profissional melhor.

A professora Dr. Adriana Omena, que durante minha passagem pelo PET Conexões me orientou, e fez com que meu olhar sobre o mundo mudasse.

A todos os meus amigos que me aguentaram durante todos esses anos, e fizeram as horas mais difíceis passarem rápidas, de forma quase imperceptível.

E por último, a Taylor Jefferson, meu querido companheiro, que me ajudou nos piores momentos, que me ligou quase todos os dias para que eu não perdesse a hora do R.U., que me fez sorrir quando estava muito difícil, que me abraçou quando tudo parecia desmoronar, e que me apoiou nas mais difíceis decisões. Ao meu noivo, todos os agradecimentos possíveis.

RESUMO

Neste trabalho apresentamos roteiros para aplicação em disciplinas de laboratórios de Física Básica, vinculadas às coordenações de cursos de graduação do Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia, baseados em metodologia investigativa. Estes roteiros foram utilizados nas disciplinas de Laboratório de Óptica e Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica durante o segundo semestre de 2018 e o primeiro semestre de 2019, respectivamente. Ao final do semestre foram aplicados questionários às turmas para diagnosticar o impacto da metodologia utilizada. A partir da análise destes questionários, pudemos inferir que a metodologia foi bem aceita pelos estudantes. Também foi possível observar um maior envolvimento com as atividades experimentais; o desenvolvimento de soluções inovadoras diante dos problemas propostos; melhora na capacidade de trabalho em equipe; melhora na habilidade de escrita de artigos científicos e uma melhor compreensão sobre a aplicação do método científico. Entretanto, dado o número pequeno de participantes, não nos foi possível mensurar qual o efeito desta metodologia sobre o aproveitamento dos estudantes nas disciplinas teóricas complementares.

Palavras-chave: Laboratório de ensino, metodologia investigativa, óptica, Oscilações, Ondas, Termodinâmica.

ABSTRACT

In this work we present scripts for application in disciplines of Basic Physics labs, linked to the coordination's of undergraduate courses of the Institute of Physics of the Federal University of Uberlândia, based on investigative methodology. These scripts were used in the subjects of the Laboratory of Optics and Laboratory of Oscillations, Waves and Thermodynamics, during the second semester of 2018 and the first semester of 2019, respectively. At the end of the semester, questionnaires were applied to the classes to diagnose the impact of the methodology used. From the analysis of these questionnaires, we could infer that the methodology was well accepted by the students. It was also possible to observe a greater involvement with the experimental activities; the development of innovative solutions to the proposed problems; improved teamwork skills; Improved ability to write scientific articles and a better understanding of the application of the scientific method. However, given the small number of participants, it was not possible to measure the effect of this methodology on student achievement in complementary theoretical subjects.

Keywords: Teaching labs, Investigatives Methodologies, optics, oscillations, waves, thermodynamics

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: NÍVEL DE DIFICULDADE DOS EXPERIMENTOS E ARTIGOS NA OPINIÃO DOS ALUNOS	22
FIGURA 2: NÍVEL DE DIFICULDADE ENCONTRADO PELOS ALUNOS PARA REALIZAR O EXPERIMENTO DE INTERFERÔMETRO DE MICHELSON.....	23
FIGURA 3: NÍVEL DE DIFICULDADE AO ESCREVER O ARTIGO SOBRE O EXPERIMENTO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ.	23
FIGURA 4: NÍVEL DE DIFICULDADE EM REALIZAR O EXPERIMENTO DE REFLEXÃO E REFRAÇÃO	24
FIGURA 5: NÍVEL DE DIFICULDADE EM ELABORAR O ARTIGO DE REFRAÇÃO E REFLEXÃO	25
FIGURA 6: OPINIÃO DOS ALUNOS QUANTO AO TEMPO DEDICADO A CADA EXPERIMENTO.	26
FIGURA 7: IMPACTO DA DISCIPLINA PRÁTICA SOBRE A DISCIPLINA TEÓRICA	28
FIGURA 8: IMPORTÂNCIA DO PROFESSOR DA DISCIPLINA PRÁTICA E DA TEÓRICA SER O MESMO	29
FIGURA 9: NÍVEL DE DIFICULDADE DOS EXPERIMENTOS/ARTIGOS NO LABORATÓRIO DE ONDAS, OSCILAÇÕES E TERMODINÂMICA.	34
FIGURA 10: OPINIÃO DOS ALUNOS SOBRE O TEMPO DADO PARA OS EXPERIMENTOS NO LABORATÓRIO DE OSCILAÇÕES, ONDAS E TERMODINÂMICA.....	35
FIGURA 11 IMPACTO DA DISCIPLINA.....	36
FIGURA 12: OPINIÃO DOS ALUNOS SOBRE A IMPORTÂNCIA DE SE TER UM MESMO PROFESSOR NAS DISCIPLINAS PRÁTICA E TEÓRICA DE OSCILAÇÕES, ONDAS E TERMODINÂMICA.	38
FIGURA 13: EXEMPLO DA RESOLUÇÃO DO GRUPO 1	40
FIGURA 14: EXEMPLO DA RESOLUÇÃO DO GRUPO 2	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: SEQUENCIA DE EXPERIMENTOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO DE OPTICA “LEO”, REFERENTE ÀS DISCIPLINAS GFM018 E INFIS39012	17
TABELA 2: SEQUENCIA DE EXPERIMENTOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO DE OSCILAÇÕES, ONDAS E TERMODINÂMICA, REFERENTE À DISCIPLINA GFC013	17

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	10
2 - REFERENCIAIS TEORICOS	11
3 - METODOLOGIA	14
4 - RESULTADOS.....	19
4.1 – O laboratório de óptica.	19
4.2 - Análise da Aplicação do LEO.....	20
4.3 – O Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica	31
4.4 – Análise da aplicação no Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica.	32
4.5 Sobre os Artigos.....	39
4.6 Pontos positivos e negativos.....	42
5 - CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45
ANEXO 1.....	47
ANEXO 2.....	55
ANEXO 3.....	64
ANEXO 4.....	68

1 - INTRODUÇÃO

É comum que apostilas de laboratórios façam a maior parte do trabalho de resolver os problemas propostos, pois detalham o passo a passo de todo o processo PINHO ALVES (2000). O aluno deve seguir o livro texto, anotar apenas os dados que lhes fora pedido, sem a necessidade de refletir sobre o fenômeno estudado.

Novas propostas estão sendo debatidas desde o final da década de 1960 mundo a fora, BORGES (2002). E uma das propostas é a utilização de metodologias ativas como “*Peer Instruction*”¹ ou “*Sala de aula Invertida*”², que já são alternativas viáveis para sair do ensino tradicional, e comumente utilizadas em disciplinas teóricas.

Essas abordagens, tem como fundamento, dar autonomia para o aluno, levando o mesmo ao protagonismo na construção do seu conhecimento. Dentre essas propostas, a metodologia investigativa apresenta benefícios, pois pode ser utilizada na disciplina teórica ou na prática.

O ensino por investigação, tem por finalidade que os estudantes busquem por si as respostas, e consigam assim chegar no conceito correto, com auxílio de questões norteadoras. A utilização dessa proposta em laboratórios, como os do Instituto de Física (INFIS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), é uma opção interessantes, que pode desafiar os alunos a irem além.

Esse trabalho tem por finalidade, propor roteiros didáticos para as disciplinas de Laboratório de Óptica (LEO) e Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica, utilizando uma proposta investigativa. Além disso, o mesmo aplicou o método em duas turmas, uma de cada disciplina, e ao final realizou uma pesquisa com cada, no formato Survey do Google.

¹ Instrução por pares – Metodo bastante defendido por Eric Mazur, professor do Departamento de Física – Harvard, consiste em utilizar questão de múltipla escolha com os alunos durante um momento da aula e com auxílio de projetores e analisar o numero de respostas certas. Caso a maioria dos alunos tenha acertado, segue-se com os conteúdos, se não, faz com que discutam entre si a resposta durante alguns minutos e, assim refaz a questão e analisa os acertos, se a maioria acertar, passa pra próxima, se não, foca em explicar. O artigo *Peers Instruction: Ten Years of experience and results (Instrução por Pares: Dez anos de experiencia e resultados)*, tras uma visão melhor sobre os fatos.

² Proposta metodologia que consiste em passar matérias, atividades, textos, vídeos, sobre o conteúdo para o aluno antes da aula sobre o assunto em questão, aproveitando melhor o tempo em sala de aula para atividades e duvidas. O método consiste em utilizar tecnologias como celular e computador para tais atividades.

2 - REFERENCIAIS TEORICOS

Um recurso pedagógico comumente utilizado na área da ciências exatas é o Laboratório de ensino, principalmente quando se trata de física ou química, desde o ensino médio até o ensino superior e escolas técnicas. Segundo GRANDINI (2004) e BORGES (2002), pesquisas sobre novas metodologias não são novidades, e estão presentes no mundo acadêmico a décadas, com o intuito de trazer novas práticas.

PINHO ALVES (2000, pg. 46), define o laboratório tradicional como sendo aquele que “é acompanhado por um texto-guia, altamente estruturado e organizado (tipo cook-book³), que serve de roteiro para o aluno”. Esse método faz com que o estudante não precise pensar, afinal, quais os dados ele deve analisar, como montar a tabela e quais gráficos serão necessários encontra-se no roteiro, e o aluno se torna um ser passivo.

É comum encontrar em roteiros tradicionais toda a discussão teórica, por vezes há deduções de fórmulas, sendo comum uma tabela para anotações dos dados necessários. Por fim, o aluno não teve opção, não precisou nem ao menos pesquisar para fazer que estava escrito, como nos afirma PINHO ALVES (2000, pág. 46),

“Variáveis a serem observadas, o que medir e como medir fogem totalmente da esfera de decisão dos alunos, pois tudo está “receitado” no guia ou roteiro experimental. Outra característica comum é que o relatório experimental é o “ápice” do processo. Tudo é dirigido para a tomada dos dados, elaboração de gráficos, análise dos resultados e comentários sobre ‘erros experimentais’”

Dentro do instituto de física (INFIS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), alguns dos cursos, como o de Licenciatura, recentemente foram modificados, tanto alguns objetivos gerais, como o conteúdo de algumas matérias. As disciplinas experimentais, sofreram poucas mudanças, tanto que os objetivos do **Laboratório de física II** com o código (GFC013) , agora denominado **Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica** com o código (INFIS39008), continuou o mesmo: “Compreender os conceitos de oscilações, ondas e termodinâmica através da experimentação. Verificar a validade dos modelos teóricos, comparando com os resultados experimentais esperados.”

³ Cook- Book = Receita de Bolo

Para BORGES (2002), objetivos de verificar ou comprovar leis é enganoso, pois foca em aspecto da teoria e não em seu fundamento, assim o aluno fica condicionado reproduzir a literatura, e pode até modificar seus dados para que dê o esperado. Assim, os objetivos, apontados por HOLMES (2018), ficam em segundo plano, e aspectos como trabalho em grupo, manuseio de ferramentas acabam ficando de lado, priorizando o resultado final e não o processo. É importante que o caminho percorrido pelo aluno até o conhecimento seja priorizado, e que a disciplina prática o leve a melhores conhecimentos teóricos.

Para GRANDINI (2004, pg. 252) “O laboratório deve incentivar o aluno a conhecer, entender e aprender a aplicar a teoria na prática, dominando ferramentas e técnicas que poderão ser utilizadas em pesquisa científica”. Isso é fundamental em uma disciplina prática, o estudante deve se sentir motivado, nesse momento ele poderá visualizar fenômenos, além de aprender a manusear aparatos experimentais.

Um Laboratório de ensino deve ter como objetivos, segundo (Holmes 2018), “reforço de conteúdo, aprender sobre medição e incerteza, praticar habilidades de comunicação, desenvolver habilidades de trabalho em equipe, compreender que a física também é uma ciência experimental”. O autor também afirma que não são todos os espaços de disciplina práticas que buscam atingir esses pontos, deixando tudo de forma automática.

O formato tradicional do laboratório pode ser um fator para que não se chegue aos objetivos apontados. A seguir, vemos o que Borges (2002, pág. 296), diz sobre a forma como as atividades práticas se dão.

“As principais críticas que se fazem a estas atividades práticas é que elas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos; que muitas delas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados; que as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível. Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada”

Segundo (CARVALHO, 2013), quem tem o papel de raciocinar o conteúdo, no método tradicional é o professor, o aluno é apenas um agente passivo, enquanto toda a proposta vem do docente. No laboratório quem faz esse papel é a apostila didática, com seu formato “receita de bolo”, e sobrando pouco espaço para o estudante.

Para (CARVALHO, 2013) “qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior”, e é o papel do professor, orientar na transposição didática, através de questões norteadoras, que ajudam na construção do saber. O autor também afirma que, não é fácil para o docente conduzir o aluno através de problemas, assim, tende-se a manter a forma expositiva o conteúdo.

O professor deve compreender que, para se construir um novo conhecimento é necessário que o estudante cometa erros e aprenda com eles. Assim o docente deve lembrar que, o aluno dificilmente acertará em sua primeira tentativa, e o tempo para uma reflexão é importante no processo, assim o mesmo voltará ao problema procurando o acerto, como aponta CARVALHO (2013, pg. 5).

“O problema e os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema. A solução do problema deve levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que a Ciências não é a natureza, mas leva a uma explicação da natureza”

O método investigativo, vem como uma proposta para cumprir os objetivos propostos por GRANDINI (2004), Pinho Alves (2002) e Holmes (2018). O método consiste em propor questões norteadoras aos alunos, de um determinado conteúdo, com a utilização do material didático disponível no local, chegar à conclusão. O aluno, nesse momento, deverá levantar hipóteses, procurar soluções e testa-las, o que pode levar ao erro, e quando encontram algo não previsto, isso pode servir como motivação COSTANTINI (2018).

“Os laboratórios podem ser realizados no mesmo espaço e, dependendo nas escolhas feitas, praticamente com o mesmo material” HOLMES (2018). Isso nos leva ao fato que, a aplicação do método não demandaria uma mudança em toda a estrutura física. No próximo capítulo, será elucidado sobre o formato da proposta, e como ocorreu a aplicação.

3 - METODOLOGIA

O trabalho propõe a elaboração de roteiros de experimentos para laboratórios didáticos buscando utilizar metodologias ativas. Espera-se desta forma, que os estudantes adquiram uma postura mais reflexiva acerca dos fenômenos investigados. Em oposição a um roteiro convencional, que em geral possui uma sequência predeterminada de ações e não permite modificações por parte dos estudantes (uma verdadeira “receita de bolo”), o roteiro proposto é centralizado na ideia de responder a uma ou mais perguntas formuladas pelo professor. Os estudantes devem respondê-las inicialmente apenas utilizando seu conhecimento prévio e discussão com seus pares. Após esta etapa, eles devem, utilizando o material disponível, elaborar um roteiro específico para realizar experimentos que suportem suas afirmações da etapa inicial. Por fim, os estudantes devem entregar o conjunto de dados obtidos, sua análise e conclusões na forma de um artigo científico. A seguir, apresentamos um exemplo de roteiro utilizado, comentando as escolhas para sua construção:

Experimento 1 - Dependência da Intensidade da luz com a distância à fonte

Objetivo – Observar o comportamento da intensidade da luz emitida por fontes luminosas e analisar sua dependência com a distância à fonte

Nesta etapa inicial ficam definidos o título e o objetivo da prática, de forma que os estudantes saibam exatamente qual o foco do experimento.

Questões iniciais

O que acontece com a intensidade da luz quando nos afastamos da fonte? Ela aumenta, diminui ou permanece constante? Para esta análise considere duas fontes diferentes: um LED e uma lâmpada fluorescente de 1 metro de comprimento.

Caso o comportamento observado seja igual nos dois casos, existe alguma condição onde ele seria diferente? Caso o comportamento observado seja diferente nos dois casos, existe alguma condição onde ele seria igual? Responda apenas a uma das perguntas.

Entregue as respostas das questões iniciais ao professor ao fim da primeira aula.

Nesse tópico são lançadas as questões norteadoras, que serão respondidas com o auxílio dos aparatos experimentais dispostos no laboratório.

Procedimento

“Inicialmente, usando seu conhecimento prévio e sua intuição, formule respostas para as perguntas acima. A seguir, teste suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembre-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado. Após a tomada de dados inicial, elabore métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analise os novos dados obtidos. **Não esqueça de deixar claro no artigo final quais mudanças foram realizadas para refinar os dados.**

Lembre-se: ciência é uma atividade colaborativa. “

Essa parte se torna fundamental na experimentação, pois, o aluno passa a ser o protagonista no laboratório, e tem total liberdade de escolher como utilizará os recursos encontrados na mesa para responder às questões norteadoras. Todos os roteiros contaram com o mesmo procedimento.

Material utilizado

- Canhão de luz (sem a lente colimadora),
- luxímetro,
- trena,
- anteparo

Aqui exemplificamos o tipo de material que estará disponível no local, para que ele tenha noção sobre quais serão os equipamentos que poderá utilizar, e assim preparar o seu roteiro.

Questões adicionais

- Se trocarmos o luxímetro por um outro detector (fotodiodo, LDR, etc.) como isto afeta a análise dos dados obtidos?
- A posição inicial da primeira medida pode influenciar os resultados? Como?
- Observando os resultados experimentais, qual a função melhor descreve $I=I(r)$? Compare esta equação com os resultados esperados e discuta as diferenças observadas.

Estas questões têm por finalidade, orientar os estudantes na observação de diferentes aspectos do problema. Além disso, nesse momento pode-se questionar a partir de fórmulas e mostrar aos alunos que suas análises não serão apenas qualitativas.

Fechamento

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

Finalmente, o aluno poderá agora utilizar todos os dados que ele coletou para escrever sobre suas descobertas. Neste ponto, utilizamos o modelo de artigo fornecido por TAKAHASHI (2018).

Em contrapartida, dada a liberdade de caminhos para responder às questões propostas, os estudantes levarão um tempo maior buscando soluções, e em seguida precisarão fazer a experimentação e a tomada de dados, o que nos leva a segunda parte da proposta.

Para garantir o equilíbrio entre a quantidade de conteúdo visto e a profundidade com que cada um é abordado, optamos por usar um tempo mínimo de duas semanas para cada experimento. Assim, o aluno conseguirá realizar todas as medidas e analisar os dados (com tempo para reflexão). A primeira semana será reservada para reflexões sobre como responder às questões iniciais e, em seguida, fazer o primeiro recolhimento de dados; a segunda semana servirá para refinar as hipóteses, ou mesmo testar novas abordagens. Entretanto, mesmo com um tempo maior demandado por experimento, aumentar a carga horaria total da disciplina não será necessário. Ao invés disso, a proposta é diminuir o número de atividades, e assim utilizar esse período a mais em cada atividade para trabalhar todos os objetivos do laboratório, além do conteúdo.

Por ser utilizado por poucas turmas, o Laboratório de Ensino de Óptica (LEO), é ideal para uma aplicação inicial da metodologia proposta. Ele permite modificações na distribuição dos experimentos sem afetar muitos estudantes. Portanto, o controle sobre a utilização dos espaços físicos não conta com problemas de montagem e desmontagem em excesso de experimentos, como ocorre por exemplo com o Laboratório de Física I, comumente utilizado pela maioria dos cursos da área de exatas, e assim pode-se contar com um cronograma mais flexível.

Além do laboratório de óptica, foi proposta a elaboração de roteiros, seguindo a mesma abordagem, para o Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica (LOOT). O mesmo contou com um professor diferente daquele do LEO, além de ter características similares sobre a utilização, tornando assim flexível o cronograma nesse momento.

O primeiro laboratório, de Óptica, (referente às disciplinas GFM018 e INFIS39012) teve aplicação no semestre **2018-2**, e o segundo laboratório, de Ondas, Oscilações e Termodinâmica, (referente à disciplina GFC013) no semestre **2019-2**. A sequência de experimentos realizados encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Experimento/semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Polarização	X	X	X	X								
Intensidade da luz	X	X	X	X								
Reflexão e refração					X	X	X	X				
Lentes					X	X	X	X				
Espelho de Lloyd									X	X	X	X
Interferômetro de Michelson									X	X	X	X

Tabela 1: Sequência de experimentos realizados no Laboratório de Óptica “LEO”, referente às disciplinas GFM018 e INFIS39012

Experimento/semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fluidos e corpos	X	X										
Sistema massa mola			X	X								
Cordas vibrantes					X	X						
Figuras de lissajous							X	X				
Termômetro a gás									X	X		
Calor específico											X	X

Tabela 2: Sequência de experimentos realizados no Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica, referente à disciplina GFC013

Ao olhar as Tabelas 1 e 2 vemos que há uma diferença no período que cada experimento ficou montado, onde na Tabela 1 ficou montado 4 semanas e na Tabela 2 ficou apenas duas semanas. No LEO não possuíamos 6 experimentos para cada atividade, então optou-se por dividir a turma fazendo com que 3 bancadas fizessem

uma atividade enquanto a outra metade realizava outra, e após 2 semanas os grupos revezavam.

Após os dois encontros com a atividade, o aluno teve mais duas semanas para entregar o artigo. É válido ressaltar que o artigo possui características diferentes de um relatório, aqui o aluno deve mostrar o que aprendeu, e não apenas demonstrar passo a passo o que fez. Os professores das duas disciplinas disponibilizaram às suas turmas exemplos de periódicos para que pudessem ter um contato inicial, e se acostumassem com a diferença.

Ao final de cada período foi realizada uma pesquisa, utilizando os Formulários do Google, que estão no anexo 3 e 4, para um melhor entendimento sobre como o método foi visto pelos alunos. Além disso, foi feita uma análise dos artigos dos alunos, para um diagnóstico sobre a sua evolução.

4 - RESULTADOS

4.1 – O laboratório de óptica.

A aplicação ocorreu no período **2018-2**, com uma turma que continha alunos dos cursos de Física de Matérias e Física Médica (GFM018 e INFIS39012), e foi ministrada pelo Professor Dr. Djamir Nestor Messias, também orientador desse trabalho. As salas onde ficam localizados os laboratórios didáticos da UFU possuem seis bancadas para montar experimentos, contendo seis locais cada. O número de alunos na disciplina era de 25, e optou-se por ter duas atividades simultâneas (dois experimentos diferentes).

Para que houvesse uma maior alternância entre o conteúdo experimental e o teórico, foi feita a opção de montar apenas experimentos que estivessem com seu conteúdo teórico sendo apresentado no mesmo período ou em período próximo. Isto foi possível pois o professor da disciplina teórica é o mesmo da disciplina experimental.

Antes da aplicação do método para alunos que já tiveram contato com outras disciplinas práticas, era esperado que eles viessem com “vícios” (como por exemplo esperar o roteiro, tempo de entrega de relatórios, etc.), então a proposta pedagógica poderia ter reações tanto boas como ruins. De início, percebia-se que a turma não estava compreendendo o que era pra fazer, e logo na primeira aula, os alunos não tinham a preocupação em levar livros textos, notebooks e nenhum equipamento a mais para auxílio. Basicamente o tempo foi utilizado para que eles entendessem o roteiro que, se encontra no anexo 1, onde as duas primeiras experiências colocadas foram “intensidade da luz” e “polarização da luz”.

A turma contou com um monitor voluntário, que é o autor deste trabalho, cujo papel era orientar os alunos com o roteiro e a abordagem, porém, sem apresentar respostas prontas. Os grupos sempre eram questionados pelo mesmo sobre o caminho que estavam tomando e o que eles poderiam obter com suas devidas abordagens.

Todos os grupos foram aprovados ao final da disciplina, e 85% da turma respondeu ao questionário que se encontra no anexo 3, onde foram analisados de forma qualitativa e quantitativa o nível de dificuldade encontrados para cada experimento e artigos sobre a diferença entre esse método com o modelo anterior, e

como eles se relacionam com isso, dentre outras questões que são analisadas no próximo capítulo.

4.2 - Análise da Aplicação do LEO

O questionário apresentado aos alunos encontram no anexo 3. A pesquisa foi feita em formato google questionário, onde o intuito foi compreender a visão dos alunos perante o formato utilizado, onde 85% da turma participou. Ao serem questionados sobre as principais diferenças, foi comum encontrar “autonomia”, “refletir”, “formular hipóteses”, “ausência de roteiro” e também “pensar” dentro de suas respostas. Para um dos estudantes “O laboratório 4 exigia muito mais dos alunos do que o anterior”, enquanto outro afirmou que teve que “...pensar antes como irei fazer o experimento”, mostrando assim uma visão que o método tradicional não exigia tanto dos alunos, ou mesmo que era feito de forma automática. Assim, abaixo podemos ver mais algumas das visões da turma:

Questão 1
Qual a principal diferença que você pode observar no método aplicado na disciplina de laboratório de óptica, comparado com os já feitos anteriormente?
ALUNO 1: “A autonomia do estudante para com a atividade de pensar, refletir, testar, formular hipóteses como o trabalho de um cientista de verdade, e não somente a reprodução de experimentos prontos com resultados esperados. Eu resumiria como liberdade de criatividade científica.”
ALUNO 2: “A principal diferença é observada no fato de que além de neste método o aluno poder se familiarizar melhor com assunto proposto, podendo aprender a encontrar erros e ainda analisar experimentalmente o porquê do ocorrido, bem como se acostumar com a escrita de artigos, ele ainda estará mais próximo do que é esperado no meio científico aumentando assim o incentivo de uma futura carreira acadêmica.”

Algumas das respostas mostraram uma percepção diferente das anteriores: “Não sabemos como proceder no experimento, o que deve ser feito e como fazer e também o que pretendemos encontrar!”. Essa afirmação, mostra que essa mudança pode deixar alguns alunos sem direção alguma, afinal eles já vieram de um sistema que não dava liberdade e contava passo a passo. Fica a cargo do professor e monitor dar mais orientações ou apenas deixar que o aluno percorra o sozinho esta etapa.

Apesar da visão dos alunos terem aspectos positivos e negativos, os métodos avaliativos poderão auxiliar de forma quantitativa e qualitativa a observação sobre o desenvolvimento dos estudantes perante ao novo modelo. Sendo assim, o mesmo contou como já dito anteriormente com análises dos experimentos, nos moldes de artigo científico. Um modelo foi disponibilizado para que os alunos utilizassem como base para sua escrita obtendo assim um padrão, e além disso, dentro do site utilizado pelo professor, alguns trabalhos, dentro da temática ou não da matéria, para que tivessem um contato inicial sobre o que o professor espera. Cada atividade, foi quantificada de 0 até 100, a nota final do aluno foi a média aritmética desse aluno.

Era esperado que os dois primeiros trabalhos entregues ainda estivessem com características comum a relatórios tradicionais, como por exemplo várias tabelas com todos os dados, ou o termo “comprovar a teoria” “comprovar experimentalmente a lei X ou Y”, ou até mesmo colocar todas as fórmulas utilizadas e suas deduções, o que aumenta o tamanho da escrita, e fica fora do que se espera de um artigo. Assim foi constatado que ao receber os dois primeiros, que eram “polarização da luz” e “intensidade da luz”, disponíveis no anexo 3, a média da turma foi de 50%, com uma avaliação de 0 a 100. Desta forma, após a correção inicial, foi dada a oportunidade de refazê-los, indicando os pontos onde precisavam melhorar, assim a nota geral atingiu 84%. No último artigo a média da turma foi de 86%. Podemos agora analisar os resultados do questionário respondido pelos estudantes ao final do curso. Para isto vamos analisar cada questão individualmente.

Questão 2:

Diga qual foi o experimento que você teve mais facilidade de fazer e diga o porquê. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior.

Questão 3:

Diga qual foi o experimento que você encontrou mais dificuldade de fazer e fale o porquê. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior.

Questão 4

Diga qual foi o artigo que você teve maior facilidade em redigir. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado anteriormente.

Questão 5

Diga qual foi o artigo que você teve maior dificuldade em redigir. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado na questão anterior

A Figura 1, nos ilustra de acordo com as questões acima, qual foi o nível de dificuldade encontrado pela turma na realização dos experimentos e escrita dos artigos.

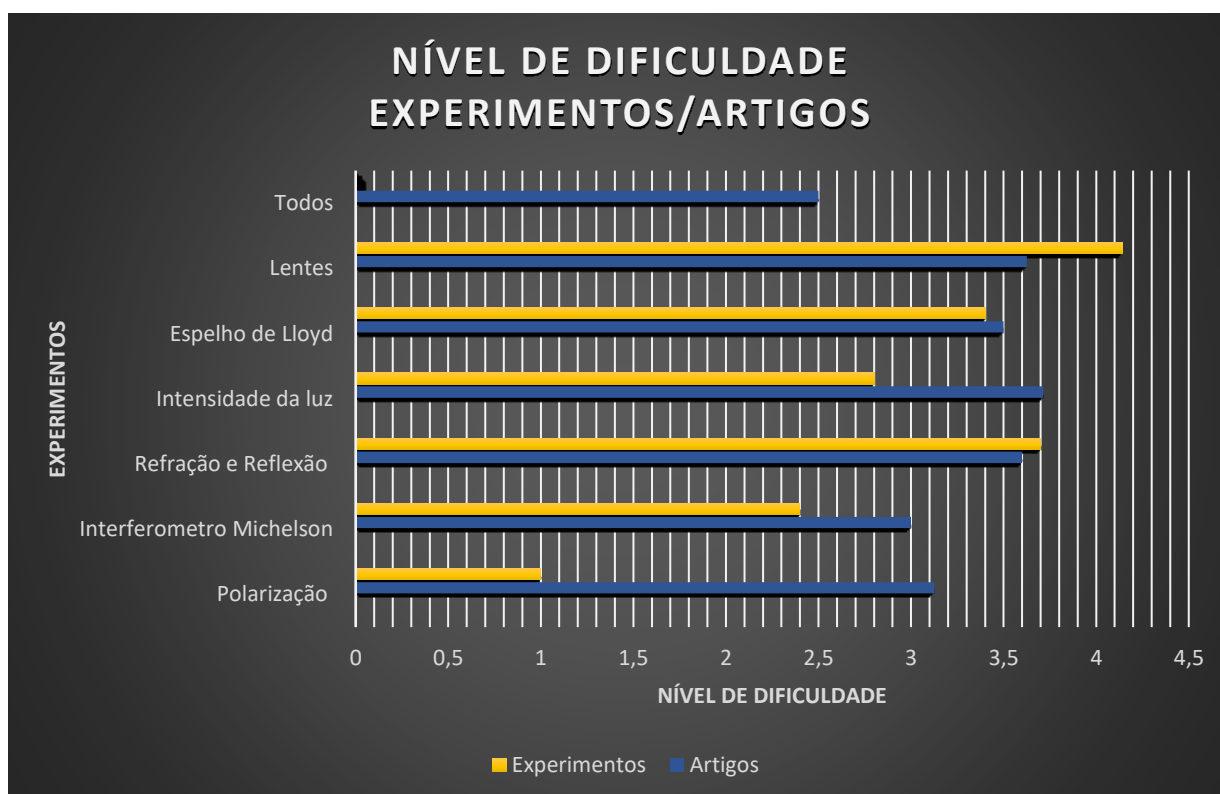


Figura 1: Nível de dificuldade dos experimentos e artigos na opinião dos alunos

A Figura 1, nos ilustra de acordo com as questões, qual foi o nível de dificuldade encontrado pela turma na realização dos experimentos e escrita dos artigos. Alguns casos nos chamaram a atenção. Por exemplo, Utilizando então a moda das respostas, conseguimos observar que *Interferômetro de Michelson* foi o experimento em que a maioria dos alunos consideraram como o de maior facilidade em realizar os procedimentos experimentais, Figura 2. Porém, o artigo sobre a

atividade de *Polarização*, foi o que os estudantes apresentaram maior facilidade na escrita, Figura 3.



Figura 2: Nível de dificuldade encontrado pelos alunos para realizar o experimento de interferômetro de Michelson.

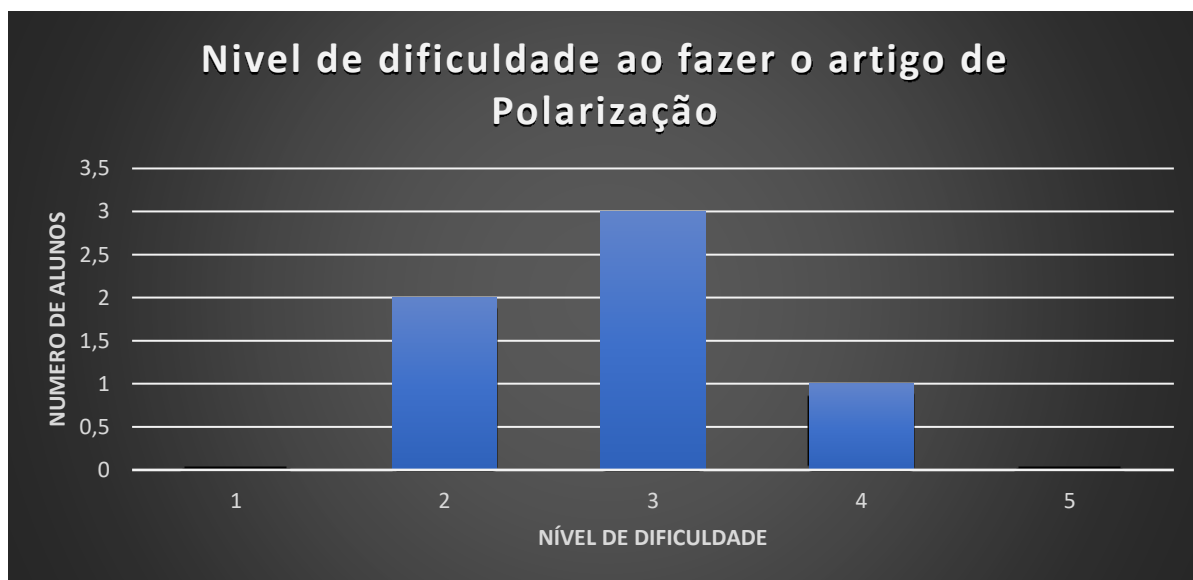


Figura 3: Nível de dificuldade ao escrever o artigo sobre o experimento de polarização da luz.

O experimento da Figura 2 foi realizado ao final do período, onde os estudantes estavam mais familiarizados ao método adotado. Além disso, dado o grau de complexidade, seu roteiro foi o mais próximo de um roteiro tradicional. Portanto, era esperado que fosse o mais fácil de realizar.

É notável que experimentos como Lentes (que trata de encontrar o foco de lentes convergentes e divergentes) e Refração e reflexão (onde os alunos devem medir o índice de refração de diferentes materiais) apresentaram um alto nível de dificuldade. Esperávamos que, com a familiaridade adquirida desde o ensino médio, os alunos não tivessem maiores dificuldades em realizar estes experimentos. Os resultados obtidos então apontam que há um distanciamento maior do que é esperado entre os conteúdos estudados nos cursos teóricos (mesmo aqueles que constam no escopo do ensino médio e que portanto estão sendo revisitados) e sua conexão com o mundo físico real (o experimento laboratorial).

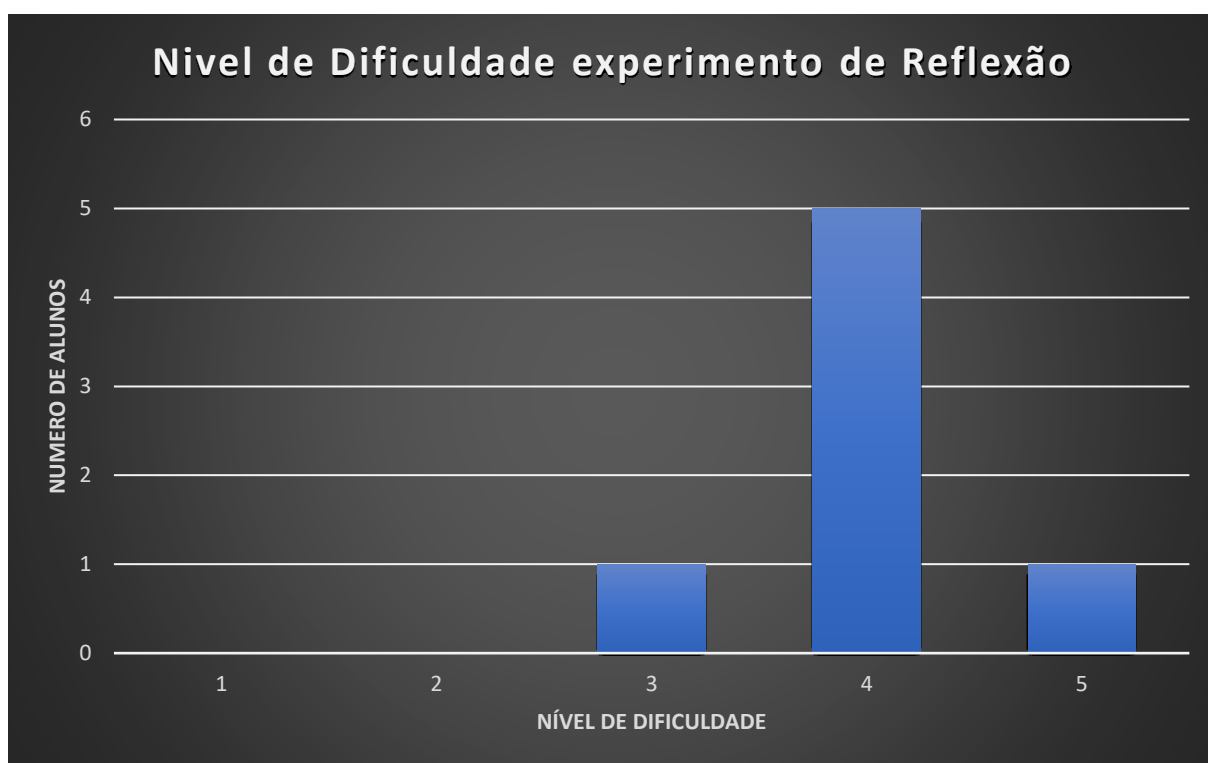


Figura 4: Nível de dificuldade em realizar o experimento de reflexão e refração

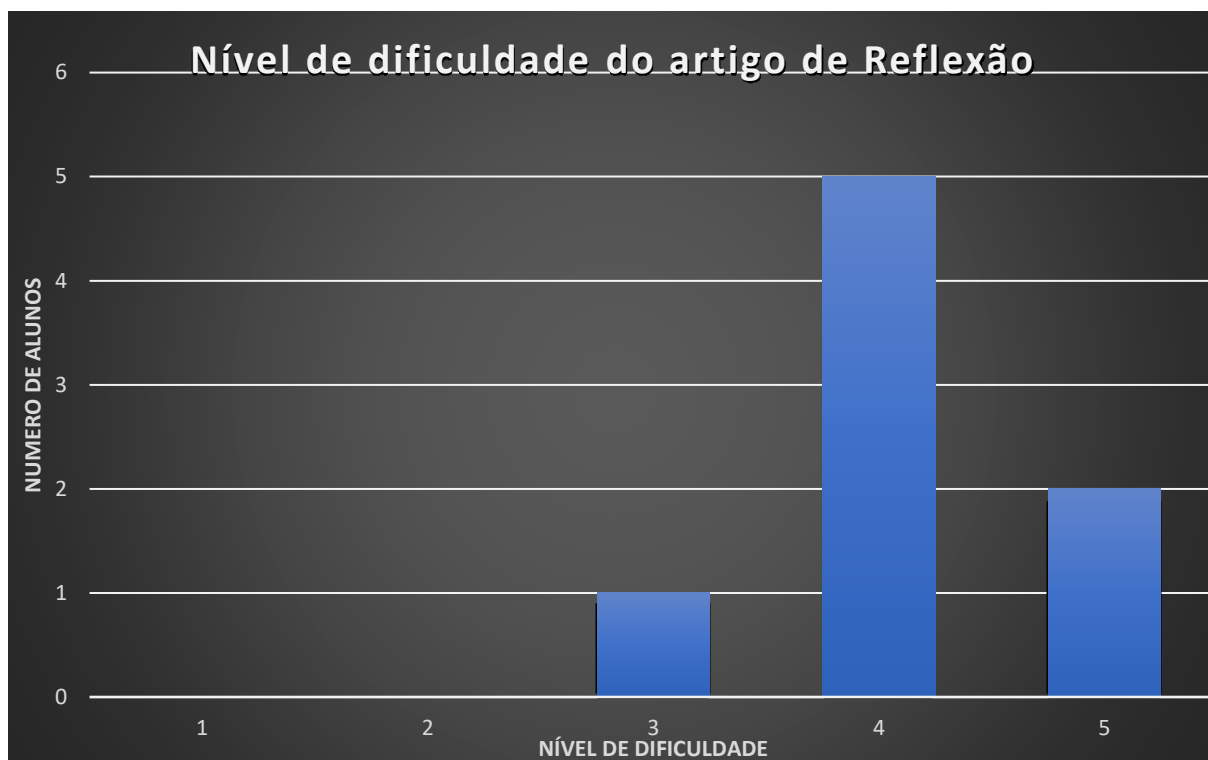


Figura 5: Nível de dificuldade em elaborar o artigo de refração e reflexão

A atividade possuía dois fenômenos físicos a serem trabalhados, e esse fator pode ter sido o crucial para que o nível de dificuldade encontrado pelo alunos tenha sido tão alto. Na próxima questão arguimos os estudantes quanto ao tempo dedicado a cada experimento.

Questão 6

Nesta disciplina, cada experimento tomou em média 2 aulas para serem realizados. Qual sua opinião sobre esta modificação, relativa às aulas tradicionais de laboratório (1 aula/experimento)?. Este tempo é suficiente para desenvolver todas as atividades programadas?

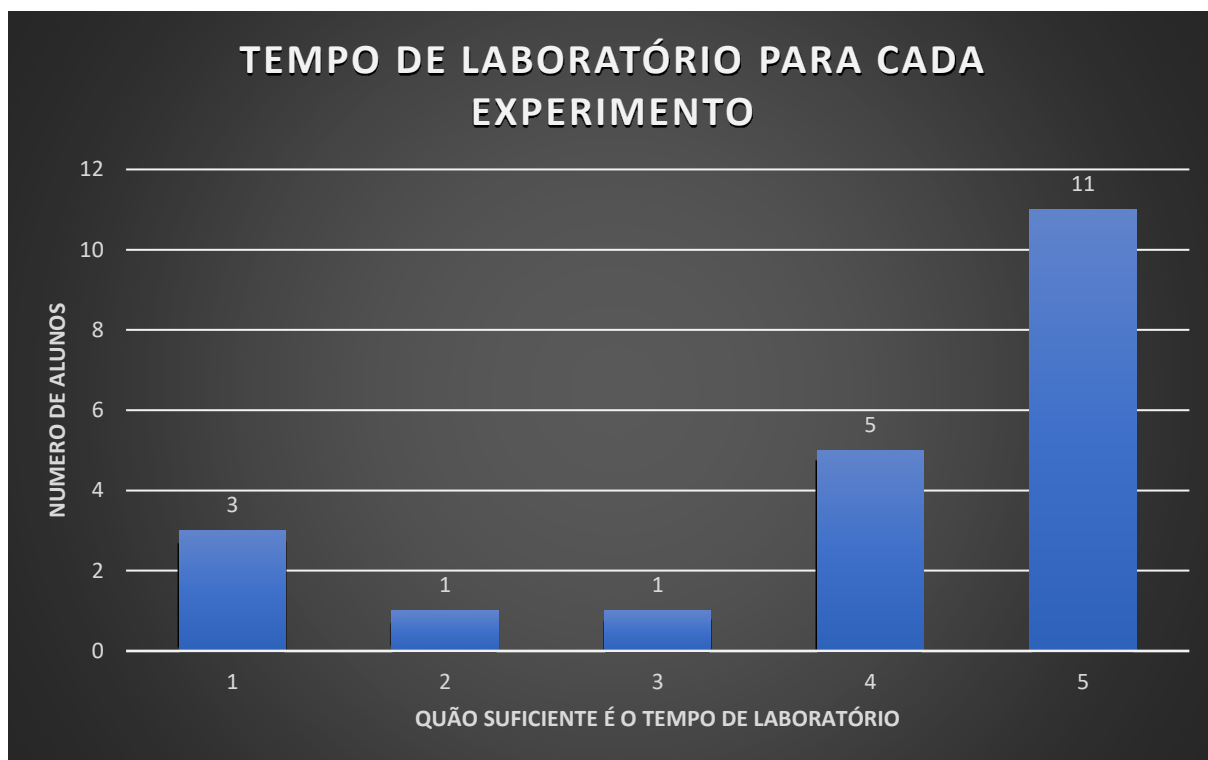


Figura 6: Opinião dos alunos quanto ao tempo dedicado a cada experimento.

Para a maioria dos alunos o tempo para cada experimento, em média 2 aulas, foi suficiente para sua realização, como mostra a Figura 6. Isto, mostra que para a implementação desse formato, não é necessária uma grande modificação na distribuição atual de experimentos durante o semestre ou aumento da carga horária da matéria para que o aluno consiga compreender e realizar as atividades. Abaixo, mostramos algumas opiniões positivas dos alunos para a questão apresentada.

ALUNO 1: “Creio que foi ótimo para melhor entendimento, análise e elucidação de todo o experimento. Tendo mais tempo para estudo e busca dos métodos mais efetivos. Esse tempo é suficiente para uma boa realização da experiência e tratamento dos dados”

ALUNO 2: “Sim. O fato de não ter artigo deixa o aluno a deriva de seus conhecimentos gerais, a primeira aula é essencial para o aluno testar o que tem em mãos e a segunda aula serve para corrigir erros eventuais após a preparação”

ALUNO 3: “Sim. Acredito que duas "visitas" ao experimento é uma ótima ideia, possibilitando que o trabalho em cima das medidas obtidas seja mais completo e ainda permitindo que os alunos vejam uma boa variedade de experimentos durante o semestre. Na minha opinião, também dá espaço para que os alunos busquem outros

métodos experimentais, além dos previstos, para trabalharem com as medidas, afim de comprovar o comportamento previsto teoricamente”

As opiniões acima representam a maioria das respostas, porém para alguns alunos o maior tempo pode ter algum prejuízo ou ser indiferente, o que é mostrado a seguir.

ALUNO 1: “Dividida. É bom ter mais tempo porque sem um roteiro pronto de passo a passo demora mais. Contudo, é ruim ter poucos experimentos porque um relatório com nota dramaticamente desastrosa (como tivemos) abaixa muito a média final. O tempo teria sido suficiente se nós tivéssemos feito nossa parte como alunos de nos preparar antes da aula”

ALUNO 2: “Bom em relação ao tempo, não é suficiente para realizar todas as atividades programadas, no entanto a utilidade é visível posto que o aluno pode tirar um maior proveito e pode absorver mais conhecimento do tema abordado, fugindo do convencional tratado em aulas tradicionais”

Apesar desses dois relatos, conceder mais tempo para os alunos pensarem no assunto, e possibilitar que eles voltem e refinem seus experimentos, trouxe mais benefícios e como a Figura 6 mostrou, a maioria da turma aprovou. Apesar disso para melhorar a análise, é importante saber se, a disciplina prática teve algum impacto positivo em sua compreensão da matéria teórica. A Figura 7 nos traz a impressão dos estudantes sobre este ponto.

Questão 7

Em uma escala de 1 até 5 como você definiria o impacto da disciplina de laboratório sobre a disciplina teórica. Justifique aqui a resposta anterior.



Figura 7: Impacto da disciplina prática sobre a disciplina teórica

A maioria dos estudantes consideraram que o laboratório contribuiu de forma positiva para sua compreensão do conteúdo na matéria teórica. As justificativas para essa questão vieram juntamente com elogios ao método por alguns alunos, que está transcrito abaixo.

ALUNO 1: “O laboratório nos ensina a pensar por conta própria, assim temos que usar o que foi aprendido na teoria para então poder descobrir como representar os conceitos experimentalmente”, e também foi ressaltado por outro aluno “...é interessante pois sem roteiro o aluno é forçado a entender o que está acontecendo, ou seja, pensar como um físico deve pensar de fato”

ALUNO 2: “Fenômenos que eu compreendia foram muito bem esclarecidos ao serem reproduzidos em laboratório e principalmente através da reflexão em grupo sobre os experimentos, a confecção do artigo nos fez estudar mais sobre o conteúdo de uma forma mais contextualizada e aplicada”.

Mesmo obtendo respostas favoráveis, alguns alunos se sentem mais confortáveis na disciplina teórica, como foi relatado por um “Não gosto de física experimental, não acho tão fundamental para entender a teoria”. Para esses alunos o

método utilizado pode ser indiferente, o que não exclui os outros objetivos a serem alcançados pelo laboratório como nos afirma Holmes (2018). Em uma outra afirmação dos alunos foi relatado o seguinte, “*É um impacto alto porque o professor e os alunos conseguem estabelecer um ritmo fluente de conteúdo nas disciplinas*”, o que nos leva ao próximo item, o professor da disciplina teórica e prática ser o mesmo faz ou não alguma diferença?

Questão 8

Em uma escala de 1 até 5 que importância você daria ao fato do professor da disciplina teórica e prática ser o mesmo. Justifique a resposta anterior.

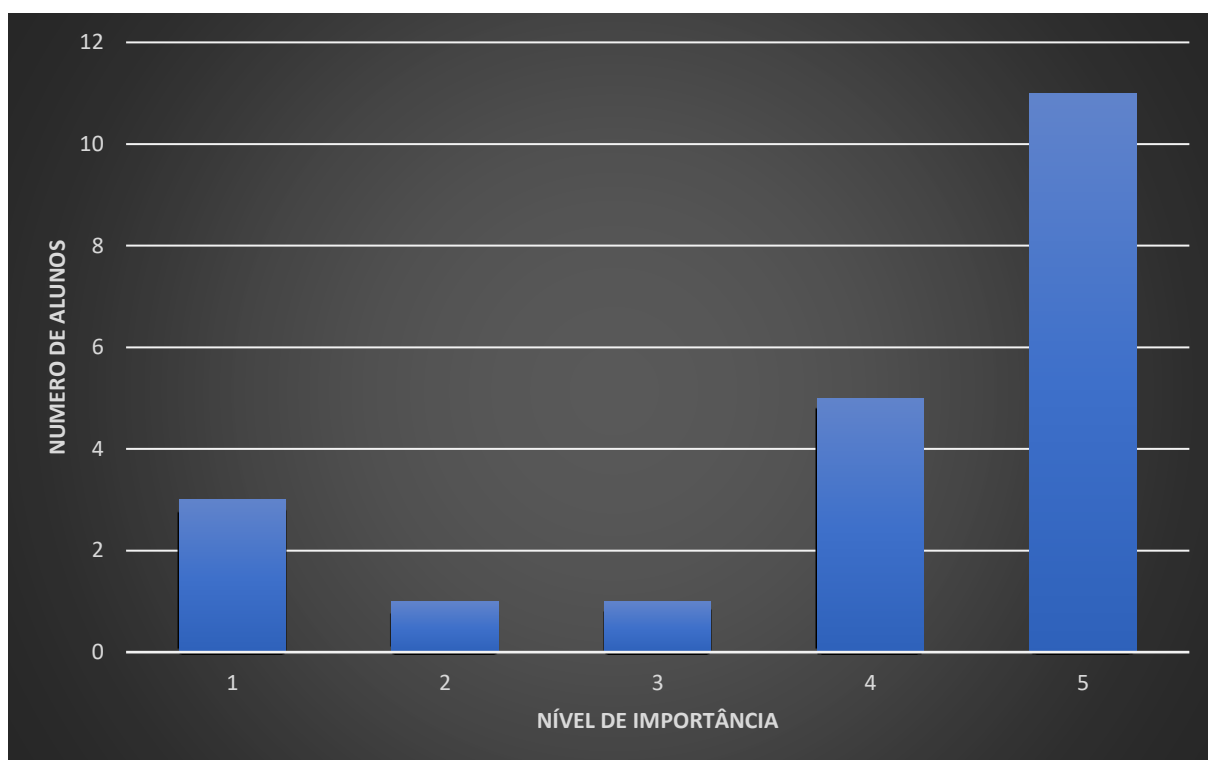


Figura 8: importância do professor da disciplina prática e da teórica ser o mesmo

Ao serem questionados sobre a importância de se ter o mesmo professor para a matéria teórica e práticas, pode-se observar na Figura 8 que, para a maioria da turma é importante que seja o mesmo. Os alunos percebem que o mesmo docente nas duas disciplinas faz diferença, para o laboratório, independentemente do método utilizado, e algumas das justificativas encontram-se abaixo:

ALUNO 1: “É importante pois o professor tem noção do que o aluno já sabe ou não, mas isso varia, no caso em específico o professor avaliado se mostra perfeitamente competente para ministra os dois cursos ao mesmo tempo, no entanto se fosse no

caso geral, a resposta seria outra pois tem professor que é bom em sala de aula e outros em laboratório, alguns nenhum dos dois, logo esse tipo de professor não seria adequado para estar ministrando os cursos. Mas nesse caso específico a resposta anterior é 5, o outro caso levando em consideração os argumentos anteriores a resposta seria 3 ou 2.”

ALUNO 2: “Importância máxima. Ainda que cada professor de uma disciplina teórica e prática tenham uma sintonia impecável, ambos trabalham de formas diferentes, em ritmos diferentes. Isto torna ambas as disciplinas mais difíceis”

ALUNO 3: “Sendo o mesmo professor de ambas as disciplinas, há um ritmo adotado por ele mesmo e pela turma, que se segue concomitante na prática e na teoria. Isso possibilita traçar um paralelo de comparação nas aulas e no laboratório.”

Das declarações acima, manter o mesmo professor para as disciplinas prática e experimental trouxe mais benefícios que desvantagens, mesmo que alguns sejam indiferentes a isso.

Na próxima seção vamos analisar os resultados para a disciplina de Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica.

4.3 – O Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica

A aplicação do método de aprendizagem ativa proposto ocorreu no período **2019-1**, e foi ministrado pelo Professor Doutor Jader Cabral, dentro do curso de Física Licenciatura, no Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica (GFC013). O método foi aplicado em duas turmas “G” e “F”, onde a primeira possuía aproximadamente 21 alunos matriculados e a segunda possuía 8. A divisão de turmas é comum no curso para disciplinas experimentais, e nesse caso, manteve-se assim, mesmo que uma tenha um número muito menor de alunos que a outra. A classe com mais alunos, turma G, se adaptou melhor ao processo do que a turma que continha menos alunos, turma F.

Quanto à distribuição de notas, 80% foi destinado aos artigos, em moldes de revista científica assim como no LEO e 20% para apresentação de um trabalho. Assim, foi necessário que os estudantes refizessem a escrita das primeiras atividades, que como no Lab. de Óptica foram as menores notas, e apresentassem um dos experimentos realizados para uma banda de professores do INFIS.

Assim como na seção 4.1, estas turmas contaram com a participação do autor desse trabalho como monitor voluntário das turmas. As especificações do trabalho em conjunto com o professor foram nos mesmos moldes do anterior, sempre orientando os alunos e questionando eles sobre a atividade, sem contar o resultado final.

Ao todo foram 6 grupos, 4 em uma turma e 2 na outra, onde ao final 4 foram aprovados e 2 reprovados. Os principais pontos de análise foram, as dificuldades e facilidades encontradas, possíveis melhorias, nível de dificuldade dos experimentos e artigos, que falaremos no próximo tópico.

4.4 – Análise da aplicação no Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica.

O número de alunos que responderam o questionário, que se encontra no anexo 4, foi de apenas 9 estudantes, somando assim menos de 50% do total de estudantes das duas turmas. Assim a análise feita nesse capítulo não poderá contar com o mesmo número de gráficos como na seção 4.2, pois, os dados não representam o todo.

Diferente dos capítulos 4.1 e 4.2, os alunos nesse momento estão em sua terceira disciplina prática, pois o curso de licenciatura utiliza o primeiro período para um disciplina de introdução a laboratórios, e os mesmo vêm para esse momento com expectativas, de que será entregue a eles novamente uma “receita de bolo”. Porém, eles ainda estão na metade de suas disciplinas teóricas, então espera-se que sua adaptação seja mais fácil, com menos vícios. Nos primeiros experimentos (“fluidos e corpos” e “sistema massa mola”), como mostrado na Tabela 2, os estudantes tiveram dificuldades, como esperado. Consideramos que estas foram basicamente dificuldades de adaptação ao método.

A turma F, onde 7 alunos compareciam com frequência, foi dividida em 2 grupos. O rendimento foi-baixo (comparado à outra turma), e a metodologia utilizada pareceu não ser o suficiente. A turma era formada por alunos mais velhos em sua maioria, e que trabalhavam. Assim, não conseguiam se reunir para debater as atividades e escrever os artigos, e isso era válido para os dois grupos. Contudo, isso não reduz a utilização da metodologia, analisar casos especiais ficará para um trabalho futuro.

Questão 1

Qual a principal diferença que você pode observar no método aplicado na disciplina de laboratório de Oscilações, ondas e termo, comparado com os já feitos anteriormente?

Na primeira questão, encontramos os termos “liberdade” e “Maior desenvolvimento na habilidade de análise crítica” dentro das respostas. Aqui, é perceptível que na utilização de uma metodologia investigativa os alunos tendem a se

sentirem mais livres, e assim eles conseguem ter mais autonomia. A seguir, algumas das opiniões.

ALUNO 1: “Os experimentos se tornaram mais naturais e eu consegui perceber uma clara melhora nas minhas habilidades de laboratório.”

ALUNO 2: “Nesse laboratório estive fazendo investigações e não procurando um resultado específico. Realizei medidas e busquei correlacioná-las sem me preocupar ou ficar preso a um roteiro que sugerisse o que era para ser feito, medido e comparado com resultados teóricos.”

ALUNO 3: “Neste método houve uma maior discussão sobre o experimento, pois tínhamos que elaborar como fazer ele e elaborar hipóteses que iriam ser testadas, enquanto no anterior você seguia uma receita de bolo.”

Aqui conseguimos ver o que novamente os objetivos propostos por HOLMES (2018) e GRANDINI (2004) sobre incentivar o aluno, trabalho em grupo, etc. Dentre as respostas, um dos alunos considerou o laboratório como “...mais difícil, pois o tempo de entrega é muito pouco e a exigência de excelência é alto”, de forma positiva, isso evidência que o aluno deve buscar melhorar, agora como protagonista do seu conhecimento.

Questão 2

Diga qual foi o experimento que você teve mais facilidade de fazer e diga o porquê. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior.

Questão 3

Diga qual foi o experimento que você encontrou mais dificuldade de fazer e fale o porquê. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior.

Questão 4

Diga qual foi o artigo que você teve maior facilidade em redigir. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado anteriormente.

Questão 5

Diga qual foi o artigo que você teve maior dificuldade em redigir. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado na questão anterior

A Figura 9, mostra, qual o nível dos artigos e dos experimentos de acordo com a opinião dos alunos. Não será usado a moda estatística, como na seção 4.2, devido ao número pequeno de engajamento da turma.

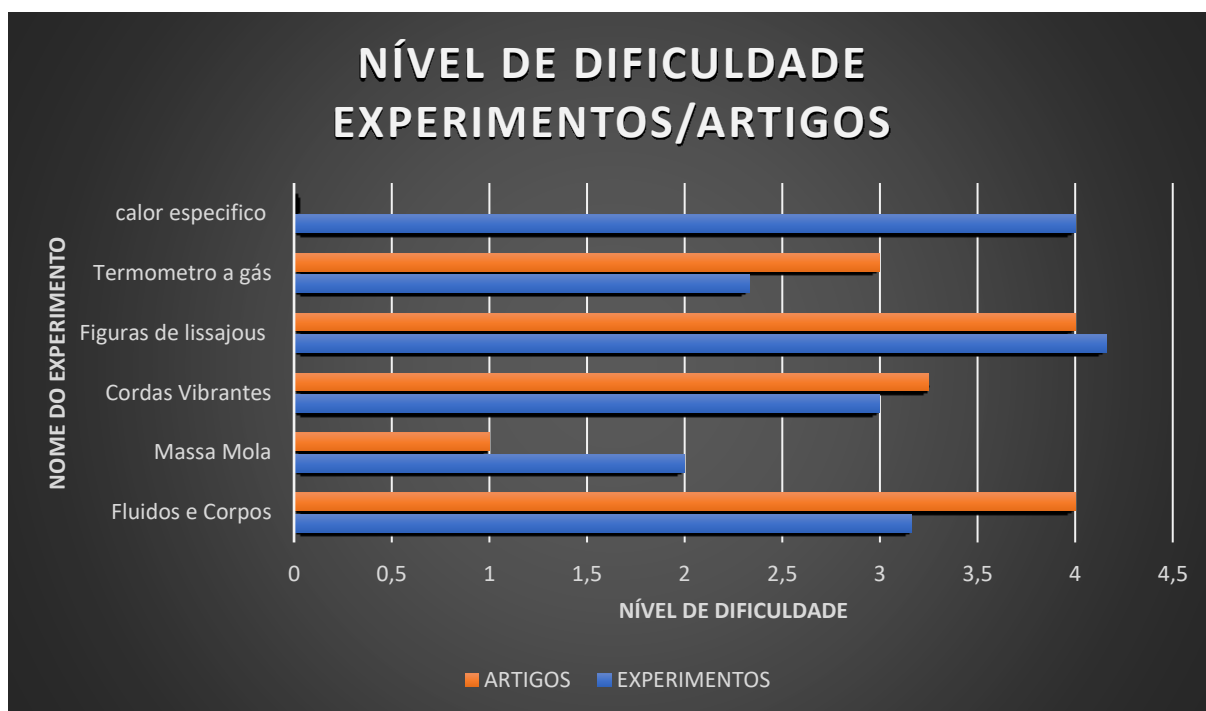


Figura 9: Nível de dificuldade dos experimentos/artigos no Laboratório de Ondas, Oscilações e Termodinâmica.

A escrita sobre a atividade de calor específico não obteve nenhuma resposta quantitativa sobre o nível de dificuldade da sua escrita. Assim como na seção 4.2, o tempo para cada experimento foi de 2 semanas, então, a seguir vamos analisar a opinião dos estudantes sobre o tema.

Questão 6

Nesta disciplina, cada experimento tomou em média 2 aulas para serem realizados. Qual sua opinião sobre esta modificação, relativa às aulas tradicionais de laboratório (1 aula/experimento)? Este tempo é suficiente para desenvolver todas as atividades programadas?

Nesse momento, fizemos a opção de perguntar apenas se era suficiente ou não, ao invés de classificar de 1 ao 5 como anteriormente. Assim, o aluno pode pensar apenas se considerou esse quesito bom ou não, e não precisou classificar em níveis, ficando mais claro para o leitor.

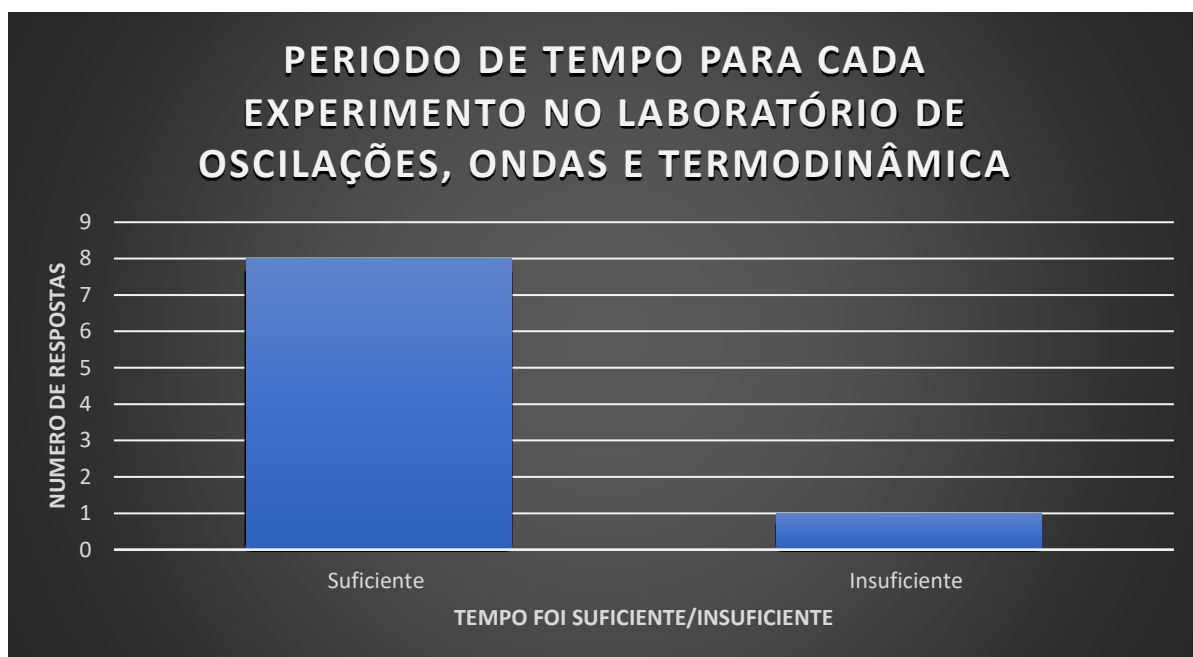


Figura 10: Opinião dos alunos sobre o tempo dado para os experimentos no Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica

A Figura 10 mostra que a maioria dos alunos consideraram o tempo suficiente, assim como na seção 4.2, dado novamente as ressalvas estatísticas pelo número menor de respostas. Assim, aumentar o tempo para cada atividade, se torna uma opção interessante dentro dos laboratórios. Abaixo, algumas das opiniões dos alunos sobre o assunto.

ALUNO 1: “Sim, o tempo é mais que suficiente para a realização das etapas do experimento. Na minha opinião, está proposta oferecida pelo professor é muito boa, pois permite que os alunos interagem mais com o experimento em questão.”

ALUNO 2: “Acredito que é uma boa modificação, pois permite explorar mais o experimento. Sim, achei o tempo suficiente para desenvolver todas as atividades programadas.”

ALUNO 3: “Não, devido as outras matérias que também exigiu artigos e bastante tempo”

A opinião do aluno 3 foi colocada para mostrar a resposta contrária, mas a questão levantada não depende apenas do professor, ou do método em si. Vale ressaltar a quem aplicará o método que o tempo de entrega dos artigos pode ser flexível, dependendo de como a turma responde.

Questão 7

Em uma escala de 1 até 5 como você definiria o impacto da disciplina de laboratório sobre a disciplina teórica. Justifique a resposta anterior.

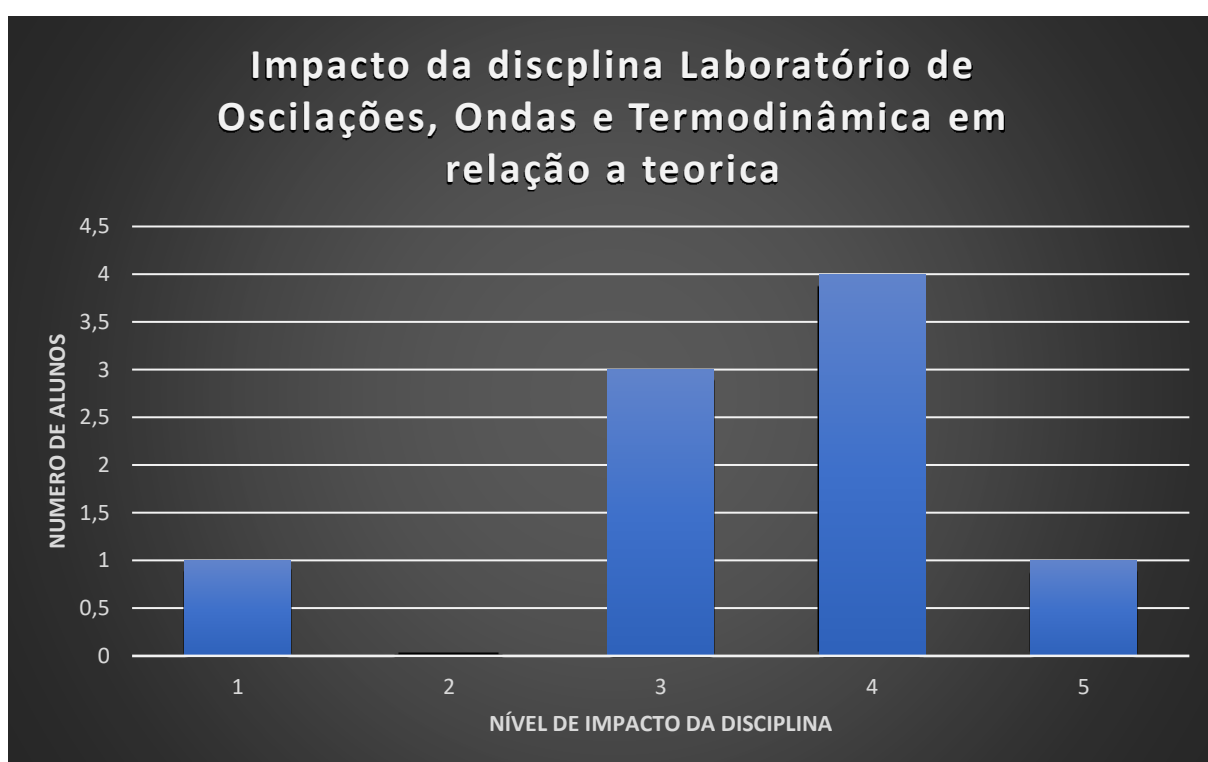


Figura 11 Impacto da Disciplina

A Figura 11, nos mostra que a disciplina prática tem, para os alunos respondentes, um impacto positivo na hora de se estudar a teórica. Será deixado para um momento posterior, repetir essa questão em turmas que não utilizem o método investigativo para uma melhor comparação entre as metodologias.

Apenas uma pessoa respondeu 1, que significava indiferente, e o restante da turma, assim como na primeira aplicação mostrou que a disciplina prática tem um papel importante na teórica. Abaixo, algumas das justificativas dos alunos.

ALUNO 1: “Temos que analisar o fenômeno físico usando conceitos matemáticos e físicos, fazer hipóteses e testa-las, além disso pode se ter um experimento em que eu precise ter uma boa base da parte teórica, isso me motiva a ir atrás de mais conhecimento teórico.”

ALUNO 2: “Alguns conceitos não tão intuitivos são difíceis de serem visualizados apenas pela teoria”

A seguir, trabalhamos o fato dessa matéria não contar com o mesmo professor da teórica.

Questão 8

O professor da disciplina teoria e prática, nesse semestre, eram diferentes, isso de alguma forma foi uma experiência positiva, negativa ou indiferente? Justifique aqui a resposta anterior

Na primeira aplicação do método, o professor da disciplina prática e teórica era o mesmo, o que não ocorreu nesse momento, então foi questionado aos alunos sobre o tema. A Figura 12 nos mostra que, a opinião dos alunos é diferente da turma da primeira aplicação, como vemos abaixo.

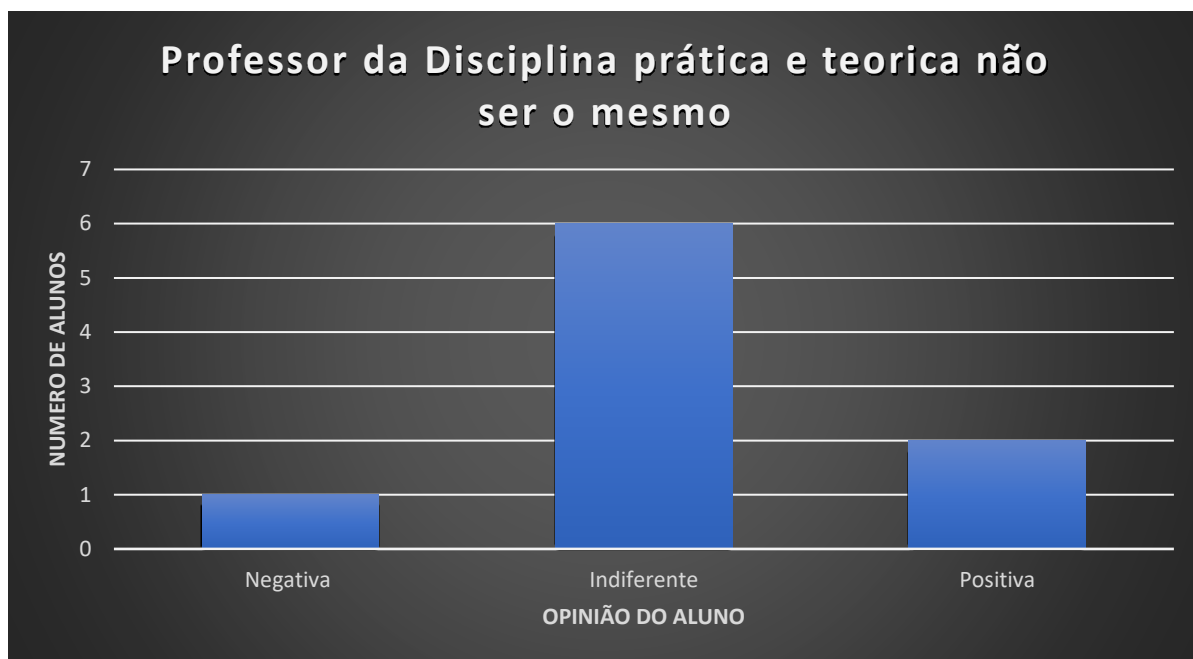


Figura 12: Opinião dos alunos sobre a importância de se ter um mesmo professor nas disciplinas prática e teórica de Oscilações, Ondas e Termodinâmica.

A maioria da turma sentiu que foi indiferente ter professores diferentes para as disciplinas teórica e experimental do curso de Oscilações, Ondas e Termodinâmica. Esta opinião é oposta àquela obtida na seção 4.2. Isso não significa que o mesmo docentes nas duas será sempre a melhor escolha, mas nos evidencia que alinhar as duas disciplinas para que sigam em conjunto é um bom caminho. Abaixo algumas das opiniões.

ALUNO 1: “Se os conteúdos estudados estiverem em sincronia nas duas matéria, é bom.”

ALUNO 2: “A pegada da aula pratica é bem diferente da teórica, então desde que os objetivos destas aulas estejam separadas, não importa para mim se o professor da pratica é o mesmo da teórica, porem nesse semestre eu não fiz a disciplina teórica de física pois já tinha passado nesta”

Os alunos 1 e 2, mostram mais claramente que manter em sincronia as duas disciplinas pode ser uma ótima opção para os alunos. Também fica claro que para a aplicação do método, ter o mesmo professor para a teórica e pratica não é um fator determinante. Na próxima seção, vamos trabalhar uma das atividades da disciplina (GFM018 e INFIS39012), e ver as diferentes abordagens para uma mesma questão.

4.5 Sobre os Artigos

A escrita dos artigos, evidenciou que a liberdade de escolha, dada ao estudante, pode fazer com que os mesmos cheguem às mesmas conclusões, utilizando recursos diferentes. No formato tradicional, é necessário que o aluno faça um relatório, que por sua vez é comum mostrar todos os dados recolhidos, fórmulas utilizadas, mostrando todos os passos, sobrando pouco para análise real do problema.

Nas duas aplicações, surgiram diferentes formas de encontrar o mesmo resultado, porém, vamos focar em um caso em particular, o caso do experimento de “polarização” da luz, no LEO. Abaixo, as questões norteadoras do problema.

Questões iniciais

1. Você consegue encontrar no laboratório fontes luminosas que emitam luz não polarizada, parcialmente polarizada e totalmente polarizada?
2. O que acontece com a polarização da luz quando colocamos um objeto transparente entre dois polarizadores cruzados?

Questões adicionais

- Você consegue ajustar os dados experimentais com alguma função? Em caso afirmativo, que parâmetros físicos podem ser obtidos?

A questão adicional, quis induzir os alunos a chegarem por si só a Lei de Malus, onde a intensidade da luz varia de acordo com o ângulo entre dois polarizadores. Novamente, o aluno não deveria comprovar a questão mas visualizar o fenômeno e mostrar sua compreensão sobre em seu artigo, isso fez com ele tivesse que pesquisar em várias fontes. O problema também, mostrou que ele deveria analisar de forma quantitativa, e mostrar de forma visual ao leitor de seu texto aquilo significava.

Para esse mesmo problema, os alunos mostraram formas diferentes de resolução. As Figuras 13 e 14, são retiradas de dois trabalhos diferentes, na aplicação do método.

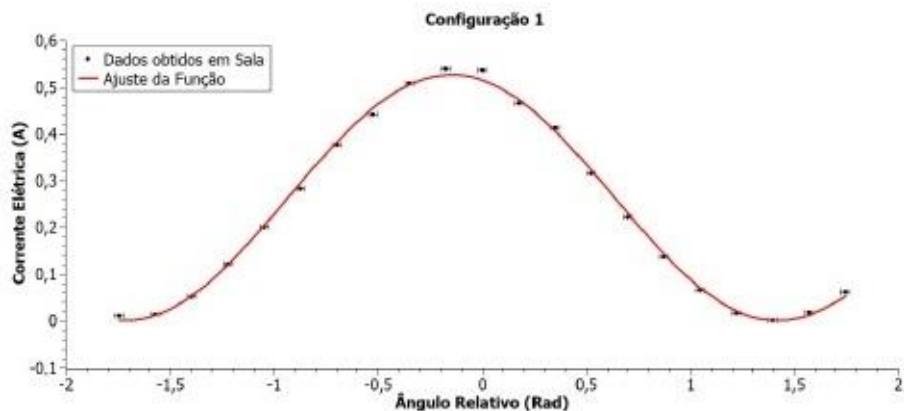


Figura 4 – Dados experimentais referentes a primeira configuração.

Figura 13: Exemplo da resolução do grupo 1

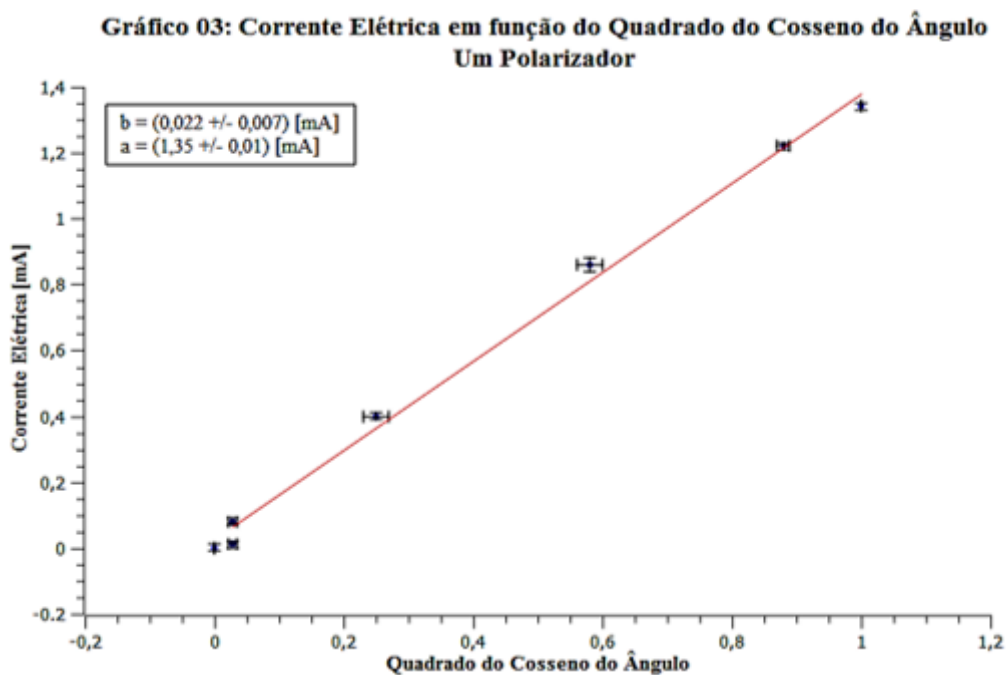


Figura 14: Exemplo da resolução do grupo 2

Enquanto na Figura 13, o primeiro grupo, utilizou apenas os dados de ângulos relativos entre os polarizadores no experimento, o segundo grupo na Figura 14 decidiu usar o “quadrado do cosseno do ângulo”. É notório que as questões propostas não estipulavam aos alunos a forma como eles deveriam resolver seus problemas, e ainda

assim, alguns grupos chegaram ao mesmo resultado (com a utilização da lei de Malus), observando o mesmo problema de formas diferentes.

O grupo, representado na Figura 14, preferiu observar todo o problema como uma reta, procurando alguma relação com seu coeficiente angular. Isso, nos mostra que os alunos podem chegar a soluções corretas, sem que seja necessário detalhar todos os passos.

Com base nessas observações, deixar os estudantes com maior liberdade, porém, com uma boa orientação pode se mostrar eficiente. Na próxima sessão, será colocado os pontos negativos e positivos na visão dos alunos.

4.6 Pontos positivos e negativos

Nessa sessão, será colocado alguns aspectos positivos e negativos da aplicação do método, a partir da opinião das duas turmas. É importante salientar que, a visão do estudante é fundamental para o trabalho, pois, é o maior ponto de preocupação.

Questão Final

Quais os pontos positivos e negativos do modelo usado na disciplina? Você gostaria que mais laboratórios utilizassem uma metodologia semelhante? O que poderia ser melhorado?

ALUNO 1: “Positivo: incentivar a investigação e a produção de artigos nos moldes que um dia os que forem físicos experimentais farão. Negativo: ter poucos relatórios (nos outros lab. é uns 10) impacta negativamente na média final. Eu particularmente não gostaria de mais laboratórios assim porque não gosto de física experimental e esse estilo de laboratório é mais trabalhoso, para quem só quer que as coisas experimentais acabem logo é muito ruim (e eu sei que assumi o compromisso de fazer disciplinas experimentais ao entrar no curso, mas continuo detestando). Contudo, reconheço que para quem quer realmente seguir carreira em física e aprender mesmo física experimental (o que definitivamente não é o meu caso) esse estilo é muito melhor do que seguir uma receita de bolo sem nem saber porque, como acontece nos demais laboratórios. O que poderia ser melhorado: nós, alunos, devíamos ter nos preparado melhor para não chegar sem saber fazer nada e acabar perdendo tempo; devíamos ter chegado em sala já preparados, com ideias do que fazer com aquele material”

ALUNO 2: “Achei muito interessante o fato de os roteiros não terem um procedimento explícito, mas em forma de perguntas que nos fazem pensar e realmente entender o que estamos fazendo, este foi um dos maiores pontos positivos. Além disso o fato de ter duas aulas para executar os experimentos e mais tempo pra redigir o artigo são um ótimo diferencial. Não encontrei pontos negativos, então creio que o método deveria ser utilizado em outros laboratórios.”

ALUNO 3: “Acredito que os pontos negativos que eu reconheço, em sua maioria, não são originados pelo modelo utilizado, que inclusive ajuda a resolvê-los. Realmente gostaria que outros laboratórios utilizassem o mesmo planejamento.”

ALUNO 4: “Positivo é que o aluno é incentivado e buscar muito sobre o tema porém o tempo é muito corrido para muitas matérias. Negativo é que na maioria das vezes ficamos perdidos no que é preciso fazer. Não gostaria. Uma explicação rápida de como alguns equipamentos funcionam e gosto muito de roteiros era bom que tivéssemos um direcionamento melhor.”

ALUNO 5: “Poderia ser melhorado o roteiro dos experimentos, para melhor compreensão.”

ALUNO 6: “Um ponto negativo é que os artigos são cheios de detalhes a serem cumpridos. Como o laboratório é de Física básica.”

Algumas das questões levantadas, como não gostar de física experimental, realmente pode ser um empecilho para o aluno(embora este seja apenas um caso pontual), um método que o leve a algo mais experimental. Porém, ainda pode trazer benefícios, forçando a se aproximar ainda mais da parte teórica. Outro ponto como tempo de laboratório, podem ser melhorados com a utilização de metodologias ativas, em disciplinas iniciais.

5 - CONCLUSÃO

A partir dos dados e opiniões dos alunos fica evidente que, uma mudança na metodologia, tem resultados bastante expressivos. Os estudantes se mostraram em sua maioria motivados, puderam desenvolver habilidades de trabalho em equipe, buscaram novas fontes de conhecimento, e compartilharam informações entre si. Assim, acreditamos que os objetivos propostos por HOLMES (2018), GRANDINI (2004) foram alcançados.

Dado o pequeno número de turmas que participaram deste trabalho, ainda se faz necessário uma repetição da metodologia aplicada para que se possa recolher maiores evidências de a mesma tenha um efeito significativo sobre o aproveitamento acadêmico dos estudantes. No entanto, durante sua aplicação, foi notável a mudança de postura dos alunos, no início eles esperavam que as respostas viessem até ele, e permaneciam de braços cruzados, esperando o roteiro que iria seguir. Contudo, com o decorrer das atividades experimentais, eles passaram a levar livros textos, notebooks, e a utilizar softwares como o SciDavis para anotar e analisar os seus dados de forma quantitativa. Desenvolvendo assim uma postura pró ativa diante dos desafios enfrentados e buscando soluções próprias para problemas que lhe foram apresentados.

Por vezes, alguns grupos não conseguiram chegar ao conceito físico desejado, algo ainda a ser investigado os motivos. Isso ainda pode ser melhorado, com uma melhor elaboração nas questões em um projeto futuro.

Como perspectivas futuras esperamos propor aplicação de metodologias investigativas nos demais laboratórios de Física Básica (mecânica e eletromagnetismo). Esperamos assim contribuir para uma melhor formação dos estudantes colocando-os como protagonistas de sua própria educação.

REFERÊNCIAS

ALARCON, M. **ACTIVE LEARNING IN OPTICS AND PHOTONICS**. [S.l.]: UNESCO, 2006.

BORGES, A. T. NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, p. 291-313, Dezembro 2002. ISSN 3.

CARVALHO, A. M. P. D. O ENSINO DE CIÊNCIAS E A PROPOSIÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Ciências por Investigação**: Condições para Implementação em sala de aula. [S.l.]: [s.n.], 2013. p. 164.

COSTANTINI, B. EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA. **IX Encontro Mineiro Sobre Investigação na Escola**, 29 Setembro 2018.

ERIC MAZUR. Instruction: Ten Years of experience and results. **American Association of Physics Teachers**, Setembro 2001.

GOMES, N. D. Laser cooling techniques: standard and alternated optical. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 2017.

GRANDINI, N. A. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em Física da UNESP-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, p. 251 - 256, 2004. ISSN 3.

HEWITT, P. G. **FÍSICA CONCEITUAL**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

NATASHA G. HOLMES & CARL E. WIEMAN. Introductory physics labs: We can do better. **Physics Today**, p. 38 - 44, Janeiro 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**: Fluidos, oscilações e ondas, calor. [S.l.]: [s.n.], v. 2.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica: óptica, relatividade e física quântica , v. 4.

PINHO ALVES, J. F. REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA APLICADAS AO LABORATÓRIO DIDÁTICO. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 2 ago. 2000.

SASAKI, D. G. G. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 39, 2017.

TAKAHASHI, E. K. **INFIS**. Disponível em: <ref http://www.infis.ufu.br/images/users/dnmessias/Modelo_de_Relat%C3%B3rio_na_Forma_de_Artigo.doc>. Acesso em: 2018.

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Curitiba, 2014. 79-97.

VALERIE K. OTERO & DAVID E. MELTZER. The past and future of physics education reform. **Physics Today**, p. 50 - 56, Maio 2017.

ANEXO 1

Roteiros utilizados no Laboratório de Óptica:

Experimento 1 - Dependência da Intensidade da luz com a distância à fonte

Objetivo – Observar o comportamento da intensidade da luz emitida por fontes luminosas e analisar a relação da mesma com a distância.

Questões iniciais

1. O que acontece com a intensidade da luz quando nos afastamos da fonte? Ela aumenta, diminui ou permanece constante? Para esta análise considere duas fontes diferentes: um LED e uma lâmpada fluorescente de 1 metro de comprimento.
2. Caso o comportamento observado seja igual nos dois casos, existe alguma condição onde ele seria diferente? Caso o comportamento observado seja diferente nos dois casos, existe alguma condição onde ele seria igual? Responda apenas a uma das perguntas.

Entregue as respostas das questões iniciais ao professor ao fim da primeira aula. 10*

Procedimento

Inicialmente, usando seu conhecimento prévio e sua intuição, formule respostas para as perguntas acima. A seguir, teste suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembre-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, etc) para um maior entendimento do fenômeno estudado. Após a tomada de dados inicial, elabore métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analise os novos dados obtidos. Não esqueça de deixar claro no artigo final que mudanças foram realizadas para refinar os dados.

Lembre-se: ciência é uma atividade colaborativa.

Material utilizado –

- Canhão de luz (sem a lente colimadora),
- luxímetro,
- trena,
- anteparo

Questões adicionais

- Se trocarmos o luxímetro por um outro detector (fotodiodo, LDR, etc) como isto afeta a análise dos dados obtidos?
- A posição inicial da primeira medida pode influenciar os resultados? Como?
- Observando os resultados experimentais, qual a função melhor descreve $I=l(r)$? Compare esta equação com os resultados esperados e discuta as diferenças observadas.

Fechamento

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

Experimento 2 - Polarização da luz

Objetivo – Observar o comportamento da polarização da luz sob diferentes circunstâncias

Questões iniciais

1. Você consegue encontrar no laboratório fontes luminosas que emitam luz não polarizada, parcialmente polarizada e totalmente polarizada?
2. O que acontece com a polarização da luz que chega ao segundo polarizador quando colocamos um objeto transparente entre dois polarizadores cruzados?

Entregue as respostas das questões iniciais ao professor ao fim da primeira aula.

Procedimento

Inicialmente, usando seu conhecimento prévio e sua intuição, formule respostas para as perguntas acima. A seguir, teste suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembre-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, etc) para um maior entendimento do fenômeno estudado. Não esqueça de deixar claro no artigo final que mudanças foram realizadas para refinar os dados.

Lembre-se: ciência é uma atividade colaborativa.

Material utilizado –

- Base metálica;
- Lasers;
- Polarizadores;
- Suportes para polarizador;
- Fotodetector;
- Multímetro
- objetos transparentes ou translúcidos

Após a tomada de dados inicial, elabore métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analise os novos dados obtidos.

Questões adicionais

- Você consegue ajustar os dados experimentais com alguma função? Em caso afirmativo, que parâmetros físicos podem ser obtidos?

Fechamento

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

Experimento 3 - Reflexão em superfícies planas, refração da luz e reflexão interna total

Objetivo – Observar e quantificar os fenômenos de reflexão, reflexão interna total e refração em materiais de diferentes composições e geometrias.

Questões iniciais

1. Como se pode demonstrar as leis de reflexão e refração? Elas continuam válidas para qualquer ângulo de incidência?
2. É possível demonstrar reflexão interna total em todos os elementos ópticos disponíveis na mesa (a água pode ser tratada como um elemento óptico) usando o material disponível?
3. Como medir (ou calcular) índice de refração dos elementos ópticos disponíveis na mesa (a água pode ser tratada como um elemento óptico) usando o material disponível? Se você descobriu mais de uma forma de obter o índice de refração, qual delas é a mais precisa?

Entregue as respostas das questões iniciais ao professor ao fim da primeira aula.

Procedimento

Inicialmente, usando seu conhecimento prévio e sua intuição, formule respostas para as perguntas acima. A seguir, teste suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembre-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, etc) para um maior entendimento do fenômeno estudado. Após a tomada de dados inicial, elabore métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analise os novos dados obtidos.

Lembre-se: ciência é uma atividade colaborativa.

Material utilizado –

- Cuba semicircular, alfinetes,
- folhas de papel branco sem pauta,
- espelho plano (pequeno),
- transferidor comum,
- isopor,
- água,
- régua
- Fonte de luz,
- Fenda vertical,
- Lente de acrílico semi-circular,
- prismas ópticos
- banco óptico,
- suportes,
- goniômetro

Questões adicionais

1. Qual a influência da espessura da cuba de acrílico na análise das propriedades ópticas da água?
2. O formato da cuba interfere na análise dos resultados? Como?
3. Que lados dos elementos ópticos foram escolhidos para suas análises e por que razão?

Fechamento

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

Experimento 4 - Lentes (convergentes e divergentes)

Objetivo – Estudar o processo de formação de imagens por lentes

Questões iniciais

1. Você cobre uma lente de modo que a luz possa passar apenas por sua metade inferior. Como a imagem formada pela lente coberta se compara com a imagem formada antes de a lente ser coberta? E se você cobrir ~90% da lente?
2. Como você determinaria, com precisão, o foco de uma lente convergente? E de uma lente divergente?
3. Você consegue identificar imagens reais e virtuais formadas utilizando o aparato disponível na mesa? É possível determinar com precisão a ampliação de todas as imagens obtidas?
4. Você consegue ver imagens virtuais? Por que?

Entregue as respostas das questões iniciais ao professor ao fim da primeira aula.

Procedimento

Inicialmente, usando seu conhecimento prévio e sua intuição, formule respostas para as perguntas acima. A seguir, teste suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembre-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, etc) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elabore métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analise os novos dados obtidos. Lembre-se: ciência é uma atividade colaborativa.

Material utilizado –

- Slide (objeto),
- trilho óptico,
- fonte de luz,
- lente convergente,
- lente divergente,
- anteparo,
- trena

Fechamento

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

Experimento 5 – Interferometria por reflexão (espelho de Lloyd)

Objetivo – Evidenciar o comportamento ondulatório da luz através do fenômeno de interferência.

Material utilizado –

- Régua;
- Trena;
- Espelho (de 1º face)
- Placa grossa de vidro
- Laser de diodo;
- Lente (Foco = -50mm)
- Goniômetro;
- Elevador ;
- Suporte de lente;

Questões iniciais

Para o pleno desenvolvimento deste experimento será necessária a leitura do artigo “Uso do espelho de Lloyd como método de ensino de óptica no Ensino Médio”, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 4, 4310 (2012), disponível em www.sbfisica.org.br

- 1 - Como você faria para identificar algum efeito de interferência na luz que chega ao anteparo?
- 2 - Como assegurar que o fenômeno observado deve-se apenas ao espelho de Lloyd (ou seja, como descartar difração em bordas, espalhamento de luz, etc)?
- 3 - Desenvolva a expressão para encontrar a separação entre as franjas;
- 4 - Determine a distância média entre a fonte real e a fonte virtual.

Procedimento experimental –

Inicialmente, usando seu conhecimento prévio e sua intuição, formule respostas para as perguntas acima. A seguir, teste suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembre-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, simulações numéricas, ajustes de dados, etc) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elabore métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analise os novos dados obtidos.

Lembre-se: ciência é uma atividade colaborativa.

OBS: Cuidado ao manusear o laser, observe sempre a direção em que ele está, e não tire o mesmo do elevador. Nunca aponte o laser para outro estudante ou tente olhar diretamente para ele.

Fechamento

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) **suas descobertas**.

Experimento 6 – Interferômetro de Michelson

Objetivo – Evidenciar o comportamento ondulatório da luz através do fenômeno de interferência. Determinar o comprimento de onda do laser usado. Determinar o índice de refração do ar no laboratório.

Material utilizado –

- Base metálica;
- Laser He-Ne;
- Lente de +20 cm de foco;
- Interferômetro de Michelson;
- Célula de vidro com 1 cm de comprimento;
- Mangueira de silicone;
- Bomba de vácuo manual;
- Suportes.

Procedimento experimental –

Para este experimento serão realizados dois procedimentos:

Procedimento 1

Tomada de dados

1. Com o interferômetro alinhado coloque o micrômetro, que desloca o espelho M1, sobre um número inteiro na escala (por exemplo, 5 mm). Esta será a posição 1, P1;
2. Ajuste os parafusos do espelho M2 até obter um mínimo de interferência no anteparo. *Atenção: o interferômetro é muito sensível. Faça esta etapa com o máximo de suavidade possível.*
3. Gire o micrômetro até que sejam contados 50 mínimos (ou seja, 50 franjas). Anote a posição final no micrômetro, pois esta será a posição 2, P2. Repita este procedimento 3 vezes e tome a média sobre P2.
4. O deslocamento real do espelho será obtido através de $d = |P2 - P1|/10$ (o fator de 10 aparece para corrigir a escala do micrômetro, pois o mesmo está atrelado a uma alavanca que é quem efetivamente move o espelho). Este valor é obtido em mm;
5. Considerando a diferença de caminho entre os raios dos dois braços do interferômetro, **determine o comprimento de onda do laser no ar.**

Procedimento 2

Tomada de dados

1. Com o interferômetro alinhado coloque o micrômetro, que desloca o espelho M1, sobre um número inteiro na escala;
2. Insira a célula de vidro em seu suporte específico;
3. Ajuste os parafusos do espelho M2 até obter um mínimo de interferência no anteparo. *Atenção: o interferômetro é muito sensível. Faça esta etapa com o máximo de suavidade possível.*
4. Com a bomba de vácuo manual, retire o ar da célula até atingir um novo mínimo. Anote o valor da variação de pressão;
5. Repita o procedimento anterior para o maior número possível de mínimos;

Análise

Procedimento 1

1. Compare o valor obtido com o valor real do comprimento de onda do laser, $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.
2. descreva um procedimento para determinar experimentalmente o índice de refração de um objeto transparente utilizando o interferômetro de Michelson. Discuta cuidadosamente cada etapa.
3. Discuta os resultados obtidos.

Procedimento 2

1. Construa o gráfico de $m \times P$, sabendo que para $m = 0$ a pressão na célula é igual à pressão atmosférica, $P_0 = 968 \text{ mbar}$ (ou verifique na internet, o valor em uberlândia para o instante da medida);
2. Os demais pontos são obtidos através de $P = P_0 + \Delta P$, onde ΔP é medido no manômetro;
3. Do ajuste linear do gráfico, determine a inclinação $\Delta m / \Delta P$;
4. Mostre que o coeficiente de variação do índice de refração com a pressão do ar, $\Delta n / \Delta P$, se relaciona com $\Delta m / \Delta P$ através de $\Delta n / \Delta P = -\Delta m / \Delta P \cdot \lambda / 2L$, onde λ é o comprimento de onda do laser e L o tamanho da célula de vidro. *Neste caso use $\lambda = 632,8 \text{ nm}$;*
5. Através da expressão $n = 1 + n' \Delta P$, determine índice de refração do ar à pressão ambiente;
6. Por que as paredes da célula de vidro não foram consideradas na análise?
7. Discuta os resultados obtidos.

Cuidados com a medida



Na figura acima pode-se ver uma possível medida do micrômetro. Note que o menor intervalo de comprimento que ele consegue medir, com precisão, é de 0,01 mm. Sendo assim, a medida da figura é de $P = 35 \times 0,01 \text{ mm} = 0,35 \text{ mm}$. É possível ainda estimar o erro como metade da menor escala. Muita atenção nesta medida, pois ela afeta diretamente o valor de d .

ANEXO 2

Roteiros utilizados no Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica:

EXPERIMENTO 1 – FLUIDOS E CORPOS

OBJETIVO – Observar o comportamento de um sólido em contato com um fluido;

QUESTÕES INICIAIS

1. Se colocarmos um objeto sólido, como por exemplo um bloco de alumínio, dentro de um fluido e submergi-lo, o que ocorrerá com esse sólido? E se agora, trocássemos o fluido por outro menos denso, o que mudaria? E se trocássemos o objeto sólido por outro de diferente material?
2. Com base na pergunta 1, se agora aumentássemos a temperatura do fluido (próximo a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$), haveria alguma mudança no comportamento? E se o fluido estivesse próximo do $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Obs: Tome cuidado com fluidos inflamáveis e não os aqueça.
3. Como descobrir a composição majoritária, ou seja, a matéria prima dos objetos sólidos?

PROCEDIMENTO

Inicialmente, usando seus conhecimentos prévios e sua intuição, formulem respostas para as perguntas acima. A seguir, testem suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembrem-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, e etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elaborem métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analisem os novos dados obtidos.

Lembrem-se: A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE COLABORATIVA.

MATERIAL UTILIZADO

- Dinamômetro;
- Becker;
- Frasco graduado;
- Pipeta;
- Proveta;
- Balança;
- Bico de Bunsen;
- Suporte;
- Bloco de alumínio;
- Bloco de latão;
- Água;
- Álcool etílico

FECHAMENTO

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

EXPERIMENTO 2 – SISTEMA MASSA MOLA E PÊNDULO SIMPLES

OBJETIVO – Observar e analisar o comportamento de osciladores harmônicos simples;

QUESTÕES INICIAIS

1. O tempo que um pêndulo gasta em uma oscilação completa se altera após algumas oscilações? Investigue um sistema massa mola e faça uma análise comparativa com o pêndulo.
2. Se alterarmos os sistemas (pêndulo e massa-mola), de várias formas possíveis, o tempo da questão anterior permanece o mesmo? Faça uma análise qualitativa e quantitativa de suas descobertas.

3. Se a posição inicial do movimento for diferente, isso influenciará nas medições temporais ou o período de oscilação se manterá constante? Faça uma análise qualitativa e quantitativa nos dois sistemas.

PROCEDIMENTO

Inicialmente, usando seus conhecimentos prévios e sua intuição, formulem respostas para as perguntas acima. A seguir, testem suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembrem-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, e etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elaborem métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analisem os novos dados obtidos.

Lembrem-se: A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE COLABORATIVA.

MATERIAL UTILIZADO

- Régua graduada com cursor,
- Suportes;
- Molas;
- Conjunto de massas;
- Cronometro;
- Massa pendular;
- Fio de suspensão;
- Trena;
- Transferidor

QUESTÕES ADICIONAIS

- No sistema massa-mola, se juntarmos várias molas em série ou em paralelo, como o sistema, em oscilação, responde?

- Se alterarmos a massa do pêndulo, o período muda? E se alterarmos o comprimento?

FECHAMENTO

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

EXPERIMENTO 3 – CORDAS VIBRANTES

OBJETIVO – Observar e analisar o comportamento de oscilações em uma corda;

QUESTÕES INICIAIS

1. Com base no seu referencial teórico e observando os materiais que estão em sua bancada, como vocês caracterizariam a oscilação da corda? Variando a frequência geradora, o comportamento de oscilação ao longo da corda é alterado?
2. Se alguma característica da corda for alterada, o que acontece com o comportamento de oscilação ao longo da corda? Faça uma análise qualitativa e quantitativa de suas descobertas para um conjunto de frequências.

PROCEDIMENTO

Inicialmente, usando seus conhecimentos prévios e sua intuição, formulem respostas para as perguntas acima. A seguir, testem suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembrem-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, e etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elaborem métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analisem os novos dados obtidos.

Lembrem-se: A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE COLABORATIVA.

MATERIAL UTILIZADO

- Gerador de sinais,
- Motor;
- Barbante;
- Polia fixa com suporte;
- Porta-peso e pesos;
- Trena;
- Balança de precisão;

FECHAMENTO

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

EXPERIMENTO 4 – FIGURAS DE LISSAJOUS

OBJETIVO – Observar e analisar o comportamento do oscilatório com duas frequências;

QUESTÕES INICIAIS

1. Qual o comportamento, mostrado na tela do osciloscópio, quando somamos duas frequências próximas? E quando subtraímos?
2. Como os períodos de oscilação estão relacionados às frequências colocadas no sistema? Faça uma análise qualitativa e quantitativa de suas descobertas para várias combinações de frequência.
3. As figuras de Lissajous são desenhos que representam, no plano xy, a trajetória de dois osciladores com direções diferentes. Variando as frequências de dois osciladores ortogonais, encontre tais figuras para diferentes combinações.

PROCEDIMENTO

Inicialmente, usando seus conhecimentos prévios e sua intuição, formulem respostas para as perguntas acima. A seguir, testem suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada.

Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembrem-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, e etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elaborem métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analisem os novos dados obtidos.

Lembrem-se: A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE COLABORATIVA.

MATERIAL UTILIZADO

- Osciloscópio,
- Geradores de sinais (Osciladores);
- Cabos;
-

FECHAMENTO

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

EXPERIMENTO 5 – TERMOMETRO A GÁS

OBJETIVO – Observar e analisar o comportamento de um termômetro a gás.

QUESTÕES INICIAIS

1. Qual o comportamento da coluna de mercúrio do termômetro a gás quando deixamos nossas mãos em contato com o seu bulbo por alguns minutos? Discuta esse comportamento em grupo e crie uma hipótese para sua explicação física.
2. Utilizando outro sistema termodinâmico, com temperaturas variadas, em contato com o bulbo, o que vocês observam no termômetro? Faça uma análise qualitativa e quantitativa para diferentes sistemas termodinâmicos em diferentes temperaturas.

3. Calibre este termômetro de forma qualitativa e quantitativa. Meça a temperatura do nitrogênio líquido (NL_2).

PROCEDIMENTO

Inicialmente, usando seus conhecimentos prévios e sua intuição, formulem respostas para as perguntas acima. A seguir, testem suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembrem-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, e etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elaborem métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analisem os novos dados obtidos.

Lembrem-se: A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE COLABORATIVA.

MATERIAL UTILIZADO

- Termômetro a gás,
- Termômetros de mercúrio;
- Béqueres;
- Bico de Bunsen;
- Termopar;

QUESTÕES ADICIONAIS

. Quais são as grandezas termodinâmicas do gás, presente em nosso termômetro, que se alteram durante o processo de medição? Quais ou qual se mantêm constante?

FECHAMENTO

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

EXPERIMENTO 6 – CALOR ESPECÍFICO DE SÓLIDOS

OBJETIVO – Observar e analisar a troca de calor entre sistemas;

QUESTÕES INICIAIS

1. Se colocarmos água a temperatura T em um calorímetro, o que ocorre com a temperatura do sistema (água + calorímetro)? Faça uma análise quantitativa e descubra a capacidade térmica do calorímetro.
2. Construa um método para determinar o calor específico (c) dos sólidos que estão sobre a bancada.
3. Determine os valores de c dos sólidos.

PROCEDIMENTO

Inicialmente, usando seus conhecimentos prévios e sua intuição, formulem respostas para as perguntas acima. A seguir, testem suas respostas elaborando e executando um roteiro de pesquisa utilizando o material disponível em sua bancada. Sejam originais. Evitem a cópia pura e simples de roteiros obtidos na internet e afins. Lembrem-se de utilizar todas as ferramentas de análise de dados (tabelas, gráficos, fotos, ajustes de dados, e etc.) para um maior entendimento do fenômeno estudado.

Após a tomada de dados inicial, elaborem métodos para diminuir as incertezas nas medidas, refazendo-as quando necessário, e melhorar o nível de confiança nos resultados obtidos. Analisem os novos dados obtidos.

Lembrem-se: A CIÊNCIA É UMA ATIVIDADE COLABORATIVA.

MATERIAL UTILIZADO

- Calorímetro,
- Termômetros de mercúrio;
- Béqueres;
- Bico de Bunsen;
- Termopar;
- Amostras sólidas de diferentes materiais.

FECHAMENTO

Escreva um artigo apresentando em detalhes (com embasamento científico) suas descobertas.

ANEXO 3

Questionário Laboratório de Óptica

Esse formulário será utilizado apenas para fins acadêmicos, com o intuito de melhorar as práticas de ensino utilizadas nos laboratórios da Universidade Federal de Uberlândia. Esse questionário é anônimo e o pedido de nome e matrícula são opcionais.

***Obrigatório**

1. Nome e Numero de Matrícula

2. Qual a principal diferença que você pode observar no método aplicado na disciplina de laboratório de óptica, comparado com os já feitos anteriormente? *

3. Diga qual foi o experimento que você teve mais facilidade de fazer e diga o porquê. *

4. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

5. Diga qual foi o experimento que você encontrou mais dificuldade de fazer e fale o porquê. *

6. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

7. Diga qual foi o artigo que você teve maior facilidade em redigir. *

8. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado anteriormente. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

9. Diga qual foi o artigo que você teve maior dificuldade em redigir. *

10. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado na questão anterior *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

11. Nesta disciplina, cada experimento tomou em média 2 aulas para serem realizados. Qual sua opinião sobre esta modificação, relativa às aulas tradicionais de laboratório (1 aula/experimento)? Este tempo é suficiente para desenvolver todas as atividades programadas? *

12. Em uma escala de 1 até 5 que importância você daria ao fato do professor da disciplina teórica e prática ser o mesmo. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Indiferente / 2 - Ruim / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Bom / 5 - Ótimo

13. Justifique aqui a resposta anterior *

14. Em uma escala de 1 até 5 como você definiria o impacto da disciplina de laboratório sobre a disciplina teórica *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Nenhum / 2 - Muito Baixo / 3 - Baixo	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Alto / 5 - Muito Alto

15. Justifique a resposta anterior *

16. Quais os pontos positivos e negativos do modelo usado na disciplina? Você gostaria que mais laboratórios utilizassem uma metodologia semelhante? O que poderia ser melhorado? *

ANEXO 4

Questionário Laboratório de Oscilações, Ondas e Termodinâmica

Esse formulário será utilizado apenas para fins acadêmicos, com o intuito de melhorar as práticas de ensino utilizadas nos laboratórios da Universidade Federal de Uberlândia. Esse questionário é anônimo e o pedido de nome e matrícula são opcionais.

***Obrigatório**

1. Nome

2. Qual a principal diferença que você pode observar no método aplicado na disciplina de laboratório de Oscilações, ondas e termo, comparado com os já feitos anteriormente? *

3. Diga qual foi o experimento que você teve mais facilidade de fazer e diga o porquê. *

4. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

5. Diga qual foi o experimento que você encontrou mais dificuldade de fazer e fale o porquê.

*

6. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade do experimento que você citou na questão anterior. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

7. Diga qual foi o artigo que você teve maior facilidade em redigir. *

8. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado anteriormente. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

9. Diga qual foi o artigo que você teve maior dificuldade em redigir. *

10. E em uma escala de 1 até 5 diga qual o nível de dificuldade de redigir o artigo citado na questão anterior *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Muito Fácil / 2 - Fácil / 3 - Regular	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Difícil / 5 - Muito Difícil

11. Nesta disciplina, cada experimento tomou em média 2 aulas para serem realizados. Qual sua opinião sobre esta modificação, relativa às aulas tradicionais de laboratório (1 aula/experimento)? Este tempo é suficiente para desenvolver todas as atividades programadas? *

12. O professor da disciplina teoria e prática, nesse semestre, eram diferentes, isso de alguma forma foi uma experiência positiva, negativa ou indiferente? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Negativa
☐ Indiferente
☐ Positiva

13. Justifique aqui a resposta anterior *

14. Em uma escala de 1 até 5 como você definiria o impacto da disciplina de laboratório sobre a disciplina teórica *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
1 - Nenhum / 2 - Muito Baixo / 3 - Baixo	☐	☐	☐	☐	☐	4 - Alto / 5 - Muito Alto

15. Justifique a resposta anterior *

16. Quais os pontos positivos e negativos do modelo usado na disciplina? Você gostaria que mais laboratórios utilizassem uma metodologia semelhante? O que poderia ser melhorado? *
