

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

VITÓRIA ESTÉRCIO ZANONI

***PEER INSTRUCTION: APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NO
ENSINO DOS CONCEITOS SOBRE RADIAÇÃO
ELETROMAGNÉTICA***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

*PEER INSTRUCTION: APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NO ENSINO DOS
CONCEITOS SOBRE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA*

Autora: Vitória Estécio Zanoni
Orientador: Prof^o. Dr. Vitor Santaella
Zanuto

Monografia apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de licenciada em Física do Departamento de Física – UEM.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março - 2023

Sumário

Agradecimentos.....	4
Resumo.....	6
Abstract.....	7
Introdução.....	8
CAPÍTULO 1 – PEER INSTRUCTION.....	11
1.1. O que é PI?.....	11
1.1.1. Pontos Chaves.....	14
1.1.2. Testes Conceituais.....	15
1.2. Resultados do PI.....	16
1.3. PI no Brasil.....	17
CAPÍTULO 2 – RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	21
1.1. O que é Radiação?.....	21
1.2. Ondas Eletromagnéticas.....	22
1.3. Efeito Fotoelétrico.....	24
1.4. Classificação das Radiações Eletromagnéticas.....	25
1.4.1. Ondas de rádio.....	26
1.4.2. Microondas.....	27
1.4.3. Infravermelha.....	28
1.4.4. Luz Visível.....	29
1.4.5. Ultravioleta.....	30
1.4.6. Raios X.....	31
1.4.7. Raios Gama.....	32
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA AULA/EXPERIÊNCIA.....	33
3.1.1. Socratica.....	33
3.1.2. Pontos Chaves da aula/experiência.....	35
3.2. Roteiro da aula/experiência.....	36
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES DA AULA/EXPERIÊNCIA.....	37
Conclusão	42
Apêndice A – Testes Conceituais Aplicados.....	43
Apêndice B – Resultados do Testes Conceituais Aplicados.....	49
Referências	54

Agradecimentos

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ser minha base, meu guia e, principalmente, por me ajudar a superar os momentos de dificuldades.

Agradeço a toda minha família: tios, tias, primos, primas, Evaldo e dona Nice, por me acompanharem nessa fase e sempre me incentivarem, seja com um gesto de carinho ou com uma simples palavra de conforto.

Agradeço também a Lilian, minha mãe, por estar ao meu lado desde que nasci, por me apoiar, me incentivar, cuidar e ser minha fortaleza durante toda a graduação e por me ajudar a superar os obstáculos.

Agradeço a minha avó Santina, por ser tão cuidadosa e por ser como é, preocupando-se sempre comigo e cuidando de mim.

Ao Vitor, meu agradecimento por ser esse irmão tão parceiro, companheiro para que eu não volte sozinha da faculdade, me apoiando em tudo que eu faço, e sempre presente para me escutar reclamar e desabafar.

Agradeço ao meu pai, Ronaldo, que mesmo estando tão longe, sempre me incentivou e direcionou palavras de conforto e encorajamento.

Sou muito grata ao Bruno, que desde quando se tornou presente na minha vida exerce um papel tão significativo, me dando apoio, suporte, incentivo e força para eu sempre olhar para o futuro e nunca desistir daquilo que desejo conquistar. Além de sempre me auxiliar para que eu conseguisse passar por todas as dificuldades e desafios da graduação.

Agradeço aos meus amigos que sempre me apoiaram e, de alguma forma, me ajudaram a chegar até aqui, como com uma palavra carinhosa, um consolo ou pelo simples fato de me escutar quando eu precisasse. Em especial: Rhuana, Rafaela, Matheus, Loana, Rafael, Lorena e Pe. José Antonio.

Agradeço também aos meus colegas de turma, que me acompanharam nos desafios que tivemos em toda a graduação. Especialmente: Luana, Nuria e Christian, por todos os trabalhos que

fizemos juntos, pela ajuda que demos uns aos outros e por me auxiliarem a caminhar até aqui.

Para toda a equipe do laboratório e do Grupo de Estudos de Fenômenos Fototérmicos, por todos os ensinamentos, conselhos, auxílio e acolhimento durante meus projetos. Em especial: Ana e Eduardo, pela supervisão e acompanhamento nas montagens e medidas; Mariana e Henrique, por me acolheram tão bem desde que cheguei no grupo e por todos os conselhos, ajudas e companhias para almoçar e produzir durante a tarde com tanto bom humor e risadas! Muito obrigada!

Agradeço a todos os professores que passaram pela minha graduação e toda a equipe do departamento de física, que de alguma forma foram essenciais para que eu chegasse a esse momento tão especial da minha vida.

À minha banca, por ter aceitado o convite, muito obrigada!

E, finalmente, ao meu orientador Vitor Santaella Zanuto, que mesmo antes de me orientar já me “orientava” e que, como orientador de fato, me ensinou tanto nesse último ano. Por todo apoio, todos os conselhos, toda a orientação e ensinamentos que foram de grande importância para que eu crescesse e aprendesse tanto: obrigada! Obrigada por aceitar me orientar e, também, ser tão compreensivo e prestativo comigo nesses últimos meses!

Enfim, agradeço por todos que de alguma forma se fizeram presentes e colaboraram pela minha formação! Além de mim mesma, que me esforcei incansavelmente, superei meus obstáculos, medos, inseguranças e a minha enxaqueca para dizer que consegui!

Resumo

O presente trabalho traz o método *Peer Instruction* (PI), aplicado no conteúdo de Radiação Eletromagnética através da ferramenta *Socratic*. O método *Peer Instruction*, também conhecido no português como Instrução por Pares, foi desenvolvido pelo físico americano e professor da Universidade de Harvard, Eric Mazur. Tal método tem como principal característica estimular a participação do aluno no próprio aprendizado, à medida que fomenta a discussão e a construção do conhecimento de forma colaborativa. Posteriormente, abordamos o assunto sobre Radiações Eletromagnéticas, assim como suas características e aplicações. A aplicação de uma aula/experiência foi realizada com discentes do primeiro semestre da 1ª e 2ª séries do curso de Física da Universidade Estadual de Maringá. Escolhemos esse público por estarem nos primeiros anos da graduação e ainda não ter tido contato com o conteúdo de Radiações Eletromagnéticas no curso, portanto, os conceitos que eles conheciam sobre o conteúdo eram os conceitos que haviam aprendido no Ensino Médio. Os resultados obtidos com a turma foram através da aplicação do método *Peer Instruction* ao conteúdo citado, por meio da ferramenta online de *feedback* imediato, *Socratic*. Como já relatado por E. Mazur, o método demonstra ser eficiente, mostrando um aumento de acerto das questões aplicadas aos alunos durante a aula.

Palavras-chave: *Peer Instruction*, Radiação Eletromagnética, *Socratic*.

Abstract

The present work brings the Peer Instruction (PI) method, applied to the content of Electromagnetic Radiation through the Socratic tool. The Peer Instruction method, also known in Portuguese as Instrução por Pares, was developed by the American physicist and professor at Harvard University, Eric Mazur. This method's main feature is to encourage student participation in their own learning, as it encourages discussion and the construction of knowledge in a collaborative way. Subsequently, we approach the subject of Electromagnetic Radiation, as well as its characteristics and applications. The application of a class/experience was carried out with students of the 1st and 2nd series of the Physics course at the State University of Maringá. We chose this audience because we are in the early years of initiation and have not yet had contact with the content of Electromagnetic Radiations in the course, therefore, the concepts they learned about the content were the concepts they learned in High School. The results obtained with the class were through the application of the Peer Instruction method to the mentioned content, through the online tool of immediate feedback, Socratic. As already reported by E. Mazur, the method proves to be efficient, showing an increase in the accuracy of questions applied to students during class.

Keywords: Peer Instruction, Electromagnetic Radiation, Socratic.

Introdução

As pesquisas sobre o ensino brasileiro apontam defasagem e atraso educacional. Um livro que aborda o assunto e vale muito a pena ser lido “O ponto a que chegamos: duzentos anos de atraso educacional e seu impacto nas políticas do presente”, escrito pelo jornalista Antônio Gois explica como e porque a educação do passado influenciou para essa defasagem na educação brasileira nos dias de hoje. Gois aponta dados do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes) desde a educação pública do passado e como esse desfalque educacional afeta o ensino brasileiro atual [1].

Dentro desse contexto de atraso da educação brasileira, é de grande importância, oferecermos uma grande atenção ao ensino de Física, que vem tendo cada vez mais perda de conteúdos, principalmente em relação ao Novo Ensino Médio. No artigo “A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio”, de Maria Regina Dubeux Kawamura e Yassuko Hosoume publicado na Revista Física na Escola, essa abordagem de perdas de conteúdos de Física no Novo Ensino Médio é discutida e esclarecida. As autoras mostram que um dos objetivos dessa Reforma é trazer como foco a formação do estudante independente de sua escolaridade futura, ou seja, independente se o aluno irá seguir carreira acadêmica prestando vestibulares, ou encerrar os estudos com a formação no ensino médio. Segundo as autoras, o que muda para a Física nesse novo ensino, é que não mais os conteúdos precisam trazer conceitos para uma formação universitária, eles passam a trazer apenas conceitos em que os alunos necessitam para viver em seu dia-a-dia, e com o curto intervalo de tempo que se tem no ensino médio, não será possível tratar de todos os assuntos físicos que temos [2].

Analisando esses dois assuntos sobre escassez na educação brasileira, analisando como os estudantes chegam com uma defasagem de conteúdos na graduação mesmo antes da Reforma do Novo Ensino Médio, e levando em consideração que muitas vezes essa falta de conhecimentos dos estudantes, vem pelo tipo do método trabalhado pelo professor ou até mesmo pela má formação do

professor, ou mau incentivo para que o professor melhore suas metodologias de ensino, como aborda Gois [1]. Enxergamos uma necessidade de melhoria nos métodos em que são trabalhados os conceitos físicos.

Nessas condições, é importante encontrar ferramentas que podem melhorar abordagens de conceitos na aprendizagem educacional. Não é uma simples ferramenta, ou método, que irá salvar o ensino brasileiro, porém podem ser aplicadas para trazer uma melhoria na aprendizagem. A ferramenta abordada nesse trabalho é o método *Peer Instruction* criado por Eric MAZUR, um físico americano e professor da Universidade de Harvard. MAZUR criou esse método com o intuito de explorar a interação entre os estudantes durante as aulas e focar a atenção dos estudantes nos conceitos fundamentais [3].

O *Peer Instruction* é um método no qual o professor divide a aula em pequenos Pontos Chaves e entre um ponto chave e outro, aplica *Testes Conceituais* que consistem em questões curtas sobre conceito aplicadas aos estudantes sobre aquele Ponto Chave em questão. Durante a aplicação dos *Testes Conceituais* o professor analisa a porcentagem de acertos de cada questão. Se a maioria dos alunos responder corretamente, a aula prossegue para o próximo Ponto Chave. Porém, se a maioria responder erroneamente, o professor deixa que os alunos debatam entre si e respondam novamente o questionário. MAZUR mostra em seu livro "*Peer Instruction: A user's manual*", que depois de conversarem entre si, aqueles alunos que responderam corretamente são capazes de convencer os colegas que responderam erroneamente, pois o conceito e as dificuldades para esses alunos foram recentemente abordadas. Já para o professor, depois de algum tempo de experiência, essas dificuldades são esclarecidas e passam despercebidas nas aulas [3].

Para aplicar esse método, abordamos o assunto de Radiação Eletromagnética, pois ao analisarmos livros de ensino médio, percebemos um desfalque do conteúdo, que seria de grande relevância a abordagem com uma maior atenção, levando em consideração, que todos nós, inclusive os estudantes estão expostos a radiações em seu cotidiano.

Portanto o trabalho se organiza iniciando com a apresentação da metodologia *Peer Instruction*, seguida dos conceitos básicos sobre Radiação Eletromagnética. Para o teste de funcionalidade da metodologia, foi realizada uma aula/experiência com discentes da 1ª e 2ª séries do curso de Física da Universidade Estadual de Maringá. Escolhemos esse público por estarem nos primeiros anos da graduação e ainda não ter tido contato com o conteúdo de Radiações Eletromagnéticas no curso, portanto, os conceitos que eles conheciam foram aprendidos no Ensino Médio. Dos resultados obtidos dessa aula/experiência podemos discutir a respeito da funcionalidade da metodologia aplicada no ensino, ao menos no micro-sistema aqui testado.

CAPÍTULO 1

PEER INSTRUCTION

1.1. O que é PI

O *Peer Instruction* também conhecido como PI, e no português, Instrução por Pares, como dito anteriormente, foi um método criado pelo físico americano Eric MAZUR, professor da Universidade de Harvard, como forma de explorar a interação entre os estudantes durante as aulas e focar a atenção destes nos conceitos fundamentais [3]. MAZUR em seu livro "*Peer Instruction: A user's manual*" define o método como simples e fácil de ser ajustado para cada tipo de aula:

"Eu desenvolvi um estilo de ensino interativo que ajuda os estudantes a entenderem melhor a física introdutória. A técnica, chamada Instrução por Pares (Peer Instruction), envolve ativamente os estudantes neste processo de ensino. É simples e – como muitos outros têm demonstrado – pode facilmente ser adaptado para ajustar ao estilo de aula individual. Ela torna a Física não só mais acessível aos estudantes, mas também é mais fácil para ensinar."

MAZUR cita em seu livro que até 1900 pensava-se igual muitas pessoas pensam até hoje em dia, que "o que se era ensinado, era aprendido". Porém, depois de analisar seus estudantes em mecânica Newtoniana, ele percebeu que não era verdade. Os alunos nem sempre aprendem tudo que se é ensinado, da forma que se é ensinado. Naquele tempo ele ministrava aulas de modo tradicional, com aulas teóricas, e embora os resultados dessas aulas fossem satisfatórios, o modo como os conteúdos eram trabalhados com os alunos, traziam certa desmotivação aos mesmos [3]:

"...dei o teste de Halloun e Hestenes para minha classe e um estudante perguntou, "Professor Mazur, como eu posso responder estas questões? De acordo com o que você nos ensinou, ou pelo modo como eu penso sobre estas coisas?"...

...Claramente, muitos estudantes em minha classe estavam concentrados em aprender “receitas” ou “estratégias de resolver problemas” como elas são chamadas nos livros textos, sem considerar os conceitos fundamentais. Manipular fórmulas substituindo números sem entender o problema...”

MAZUR menciona também que quem inicialmente sugeriu a ele trazer questões para as aulas, foi a pós-doutoranda de Química da Universidade de Harvard, Dudley Herschbach. Que teve um significativo papel no desenvolvimento de seus recursos materiais e o ajudou em diversas pesquisas [3].

Ainda segundo MAZUR, a apresentação do material de aula, é um dos problemas com o ensino convencional. Pois o fato de as aulas frequentemente virem direto dos livros, ou notas de aula, desmotiva os alunos a frequentarem as aulas [3,4].

O *Peer Instruction* consiste em apresentar pequenos pontos chaves sobre o conteúdo, seguidos por *Testes Conceituais*, ao invés de apresentar os detalhes completos das notas de aula ou livros do conteúdo. Estes *Testes Conceituais* são questões conceituais curtas, aplicadas aos alunos, sobre o ponto chave explicado. Inicialmente é dado um tempo para que os estudantes possam pensar e responder o teste. Posteriormente, dependendo da porcentagem de erros, é solicitado que os estudantes discutam sobre eles as questões do teste e respondam novamente [4]:

“Este processo (a) força o estudante a pensar sobre os argumentos que estão sendo desenvolvidos, e (b) fornece-lhes (bem como ao professor) um modo de avaliar seus entendimentos do conceito. Cada Teste Conceitual tem o seguinte formato geral:

- 1. Questão proposta*
- 2. É dado um tempo para o aluno pensar*
- 3. Os estudantes gravam as respostas individuais (opcional)*
- 4. Os estudantes convencem seus vizinhos (instrução por pares)*
- 5. Os estudantes gravam as respostas revisadas (opcional)*
- 6. Retorno para o professor: Registro das respostas*
- 7. Explicação da resposta correta”*

Se a maioria dos estudantes responder corretamente o *Teste Conceitual*, a aula poderá seguir para o próximo ponto chave. Já se menos de 90% dos alunos acertarem o *Teste Conceitual*, a aula deverá ser ministrada com mais detalhes sobre o mesmo ponto chave e então ser aplicado um novo questionário. Ao repetir esta abordagem, é possível evitar o crescimento de um abismo (que quando criado só aumenta, até que toda a classe esteja perdida) entre o entendimento dos estudantes e a expectativa do professor, MAZUR esclarece isso [5]:

“Eu leio a questão para os estudantes, tendo certeza que não existe desentendimento sobre ela. Depois eu falo que eles têm um minuto para selecionar a resposta – mais algum tempo é dado para que eles recorram às equações mais que o pensamento. Visto que eu quero que cada estudante responda individualmente, eu não permito que conversem entre si; eu me certifico que exista um silêncio mortal na sala de aula. Após alguns minutos, eu solicito que os estudantes primeiro registrem suas respostas e então tentem convencer seus vizinhos laterais da resposta. Eu sempre participo com uns poucos grupos de estudantes na animada discussão que segue. Fazendo isso me permito avaliar os erros que estão sendo feitos e escutar como os estudantes que tem a resposta correta explicam seu raciocínio. Após dar aos estudantes um minuto ou mais para discutirem a questão, eu peço-lhes que registrem a resposta revisada. Então eu retorno ao retroprojektor e solicito para me mostrarem com as mãos para checar a distribuição de respostas.”

A porcentagem de acertos aumenta sistematicamente com as discussões de convencimento. É possível perceber uma melhoria maior quando a porcentagem de respostas corretas iniciais está na faixa de 50%. Quando a porcentagem de respostas corretas iniciais é maior que 50%, existem poucos estudantes para serem convencidos para a resposta correta, já se essa porcentagem é menor que 50%, existem poucos estudantes que conseguem convencer seus colegas para respostas corretas. MAZUR, diz que considera uma porcentagem ótima de respostas corretas inicialmente, de 40% a 80% [5].

Na Figura 1 apresentamos o fluxograma do *Peer Instruction* de Eric Mazur.

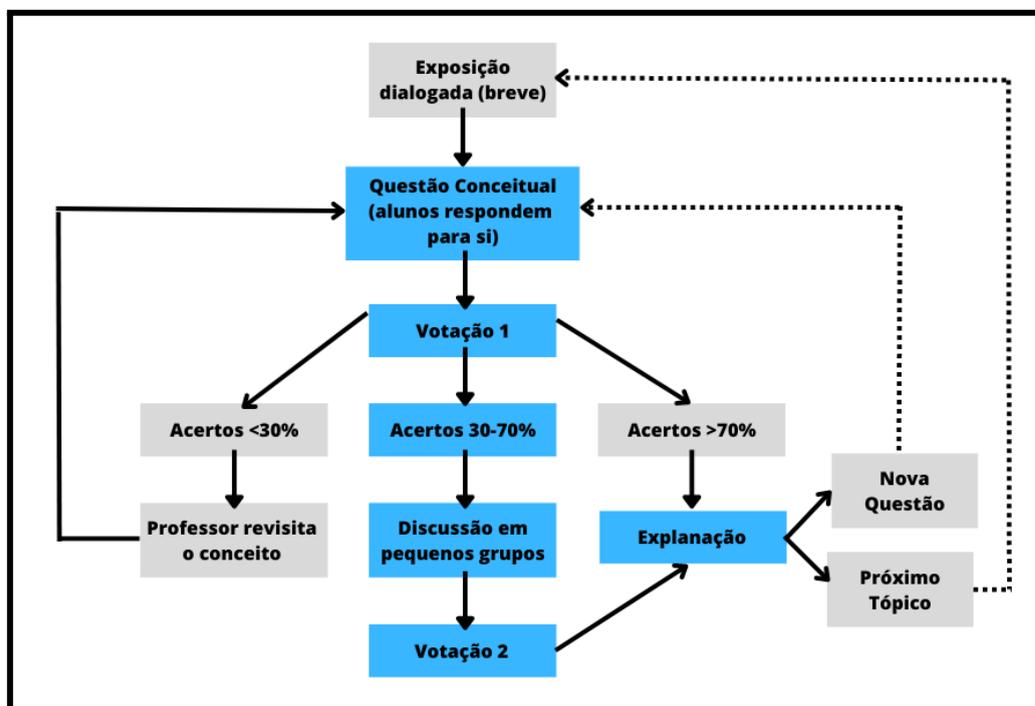


Figura 1: Fluxograma do método *Peer Instruction*.

Fonte: Araujo e Mazur, 2013, Adaptada.

1.1.1. Pontos Chaves

Segundo MAZUR, cada ponto chave deve levar em média 15 minutos para serem completamente desenvolvidos em sala. Ou seja, 7 a 10 minutos destinados à exposição do conteúdo separado a este Ponto Chave, e mais 5 a 8 minutos destinados ao *Teste Conceitual* referente a este conteúdo. Portanto, em 1 hora de aula, são tratados em média 4 Pontos Chaves [4].

Mas como definir esses Pontos Chaves? Como separá-los e convertê-los de uma aula tradicional? MAZUR, em seu livro diz que, faz uma estrutura básica de visão geral da aula. Na qual, primeiramente ele decide quais são os pontos fundamentais que irá tratar em sala de aula. E então, não apresenta exemplos e derivações de suas notas de aula ou livros, também não apresenta longas definições. Ele desenvolve aqueles Pontos Chaves, que determinou serem importantes para serem

abordados em sala de aula. A partir desse desenvolvimento ele aplica o *Teste Conceitual* referente ao Ponto Chave em questão [4].

1.1.2. Testes Conceituais

Os *Testes Conceituais* são compostos por algumas questões conceituais que abrangem o conteúdo abordado no Ponto Chave em questão. O desenvolvimento dessas questões é muito importante, pois é a partir da relevância e qualidade dessas questões que o método PI terá sucesso, ou não [5].

Não existem critérios muito rigorosos para a criação destes *Testes*, porém, MAZUR nos traz cinco critérios básicos que precisam estar presentes na formação de cada *Teste Conceitual*, para que o retorno do método PI ao professor seja eficaz. Os cinco critérios básicos são: focalizar um único conceito, ter confiança de que não será resolvido por equações, respostas de múltiplas escolhas adequadas, não ter palavras ambíguas e não ser nem tão fácil e nem tão difícil [4].

Cada critério é necessário, por exemplo, se houver mais de um conceito envolvido na questão, poderá haver outra resposta em que será complicado obter uma resposta imediata. Se a questão puder ser resolvida por substituição em equações, a resposta obtida pode não ser necessariamente o real entendimento do aluno. Se uma questão de múltipla escolha pede ao aluno, que indique a resposta incorreta, pode se obter o reflexo das concepções errôneas dos alunos, e não das concepções corretas, que desejamos atingir com o *Peer Instruction*. Algumas questões que para nós professores parecem claras, podem despertar dúvidas em alguns alunos por obterem alguma palavra com duplo sentido, e ao despertar certa incerteza, os alunos respondem erroneamente. E por último, mas não menos importante, o nível da questão, dependerá do nível do conteúdo abordado, de como a aula e os estudantes foram preparados [5].

1.2. Resultados do PI

Segundo o artigo "*Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms*", escrito pelos professores Adam P. Fagen, Catherine H. Crouch e Eric Mazur da Universidade de Harvard e publicado na revista *The Physics Teacher* em 2002, o método *Peer Instruction* já era amplamente utilizado por professores em todo o mundo naquela época [6]. E com o intuito de obter um resultado da eficácia do método, os professores citados fizeram uma pesquisa online, por meio de um site para professores que já haviam utilizado o método PI, e para professores que utilizavam o método na época. A pesquisa trazia uma coleta de dados sobre a importância e eficácia do método, como ele era abordado, em que turmas/cursos eram abordados e o que os professores tinham à dizer sobre o método e o livro manual de MAZUR. O artigo mostra que os resultados da pesquisa foram de grande relevância, trazendo um engajamento de mais de 300 professores (80% dos entrevistados) que consideravam a utilização do método como bem sucedida em diversas áreas de conhecimento. E mais de 90% dos entrevistados disseram utilizar o método como plano para expandir a aprendizagem de seus estudantes.

MAZUR propôs um método eficiente e de grande qualidade para a evolução da aprendizagem estudantil e Chales W. Misner menciona no preâmbulo do livro:

"Peer Instruction: A user's manual" que "se o método de instrução de pares for largamente adotado, poderia existir uma significativa melhora num abrangente e importante curso" [3].

No mesmo livro, no entanto, no preâmbulo de Sheila Tobias, a autora diz que o método de MAZUR é essencial para uma melhora de ensino, e que no livro ele "...oferece uma abordagem extraordinária e interativa para ensinar física que enfatiza o entendimento... e ... envolve os estudantes no processo de ensino, tornando a física significativamente mais acessível a eles".

1.3. PI no Brasil

O método *Peer Instruction* já vem sendo utilizado por vários professores do Brasil em diferentes áreas de conhecimento. Ao longo desse trabalho, encontramos algumas pesquisas e aplicações do método, e a seguir trazemos quatro aplicações do método PI, aplicadas por professores brasileiros que possuem resultados com considerável relevância para o ensino no Brasil.

Um dos trabalhos que julgamos ser interessante, a dissertação de mestrado “Implementação do Método *Peer Instruction* em aulas de Física no ensino médio” de Alan Corrêa Diniz [7]. Seus resultados e conclusões, nos mostra que o método *Peer Instruction* é importante, pois por meio dele e com um incentivo do professor para que os estudantes debatam entre si, é possível obter uma melhoria dos alunos na escolha correta das respostas, algo que no método tradicional, dificilmente seria alcançado.

Nesse trabalho, DINIZ analisa três turmas da 1ª série do ensino médio no Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF vinculado à Universidade Federal de Juiz de Fora. Duas turmas com o método tradicional e a terceira turma com a aplicação do método *Peer Instruction*. Para obter as médias de melhoria na aprendizagem dos estudantes, ele aplica um teste de 30 questões em cada turma, antes e depois de abordar o método. Estatisticamente, a média de acertos da turma em que o método PI foi aplicado, não é muito maior do que a média de acertos das duas turmas em que foi utilizado o método tradicional. Entretanto, levando em consideração que a quantidade de estudantes em que o método PI foi aplicado era quase a metade da quantidade de estudantes das outras duas turmas, é considerável que a turma com aplicação do método PI obteve um ganho na aprendizagem.

Assim, DINIZ afirma que além do método ser eficaz e incentivar o aluno a estudar, os alunos o aceitaram bem e o método pode trazer uma melhora na aprendizagem, mesmo não sendo comprovado

estatisticamente [7].

Outro trabalho eficiente sobre o assunto, o artigo "*Peer Instruction: Discussões que permeiam a formação reflexiva e o ensino de ciências*" das professoras Dra. Shalimar Galegari Zanatta, Dra. Hercilia Alvez Pereira Carvalho e Ma. Bruna Marques Duarte, publicado na Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino [8].

Traz a aplicação do método *Peer Instruction* em Física para os acadêmicos do último ano do curso de Licenciatura de ciências, do departamento de Licenciatura plena da UNESPAR, no campus de Paranavaí. Para coletar os dados, as professoras aplicaram um questionário e observaram os alunos durante essa aplicação dos *Testes Conceituais*. Após aplicar a metodologia e analisar os dados, o artigo nos mostra que o método PI foi muito eficiente, pois permitiu avaliar algumas concepções alternativas dos discentes, além é claro de promover uma reflexão sobre os conceitos da Física. Porém, é de grande importância à qualidade do professor, sendo ele quem vai esclarecer as dúvidas e concepções errôneas dos estudantes [8].

O artigo "Aplicação do método *Peer Instruction* no ensino de Algoritmos e programação de computadores", publicado na revista Novas Tecnologias na Educação, também possui uma aplicação que desperta interesse [9].

Nesse artigo, a aplicação do método *Peer Instruction* foi realizada em estudantes da 1ª série e 2ª série do ensino técnico em informática integrado ao ensino médio de uma escola pública. A turma da 1ª série obtinha 26 estudantes e foi denominada como 'novatos' e a turma da 2ª série obtinha 23 estudantes e foi denominada como 'experientes'. Cada turma foi dividida em dois grupos, o grupo 'experimental' em que o método PI foi aplicado, e o grupo 'controle' em que as aulas foram ministradas tradicionalmente.

Os *Testes Conceituais* foram aplicados por meio de questionários no Moodle (*software* de apoio a aprendizagem). Para avaliar o ganho na aprendizagem de cada turma, esses testes foram aplicados antes das aulas (pré-teste) e após as aulas (pós-teste), ou seja, após a

abordagem tradicional ou do método PI para os respectivos grupos.

O artigo apresenta após a análise dos dados dos pré-teste e pós-teste da 1ª série obtiveram uma evolução maior na aprendizagem em relação ao grupo de 'controle' (abordagem tradicional).

Além disso, é mencionado que houve uma melhora na participação dos estudantes depois da aplicação do método PI, onde os alunos do grupo 'experimental' passaram a frequentar melhor as aulas. Já na 2ª série, ou seja, a turma de 'experientes', o artigo apresenta que a análise de dados foi similar à turma de 'novatos', porém, o grupo de controle obteve uma melhora pouco maior no pós-teste do que o grupo de 'experimental'. Entretanto, houve claramente um baixo coeficiente de variação do grupo experimental, com isso, foi possível perceber eficientemente, uma melhora na evolução dos estudantes do grupo 'experimental' da 2ª série.

Ao analisar os resultados das duas turmas juntas, o artigo conclui que as duas não haviam vivenciado a experiência de utilização do método PI nenhuma vez, porém, obtiveram uma,

"...evolução que ficou mais evidente na turma experimental de novatos, uma vez que essa experiência provocou mudanças aparentes, o que resultou uma maior motivação e engajamento nas aulas".

E ainda nos traz uma suposição para esse ganho maior na aprendizagem da turma de 'novatos' do que na turma de 'experientes', que se pode dar pelo fato da segunda já ter convivência e conhecimento com o conteúdo, com isso, a porcentagem de acertos do pré-teste ser maior [9].

Por último, mas não menos importante, escolhemos um artigo publicado no 5º Seminário Nacional de Inclusão Digital (SENID), promovido pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Inclusão Digital da Universidade de Passo Fundo. O título do artigo é "Aplicação do Método de ensino *Peer Instruction* para o Ensino de Lógica de Programação com acadêmicos do Curso de Ciência da Computação", escrito por Patricia Mariotto Mozzaquatro Chicon, Cíndia

Rosa Toniazzo Quaresma e Solange Beatriz Billig Garcês da Universidade de Cruz Alta [10].

O artigo aborda a aplicação do método *Peer Instruction* na disciplina de Lógica de Programação do curso de Ciência da Computação.

Após a aplicação do método PI em conjunto com o aplicativo *Socratic* (plataforma de aplicação de questionários) e a análise de dados, o artigo apresenta que o método PI é de grande importância e traz resultados proveitosos onde os estudantes podem fixar os conteúdos e se envolverem mais com as aulas.

Além disso, o artigo mostra que os alunos se interessaram mais intensamente pela aprendizagem, desenvolveram as questões de forma lógica e discutiram conceitos e ideias entre si, o que é essencial para a formação dos discentes [10].

CAPÍTULO 2

RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

O conteúdo de radiação eletromagnética apresentado é de nível médio, para fundamentar os conceitos abordados nas questões aplicadas nos *Testes Conceituais*. Os testes estão anexados no Apêndice A e algumas questões foram retiradas de vestibulares, estas estão identificadas.

1.1. O que é Radiação?

A radiação é uma entrega de energia. Ela é um processo físico de propagação de energia, por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas em movimento. Esse deslocamento de energia pode ocorrer em um meio material ou no espaço, ou seja, no vácuo. E no vácuo, todas as radiações se propagam com a mesma velocidade, que é representada por $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ [11].

As radiações possuem energia, frequência e comprimento de onda. Radiações de maior frequência possuem menor comprimento de onda, quando comparadas a radiações com menor frequência, as quais possuem maior comprimento de onda. Elas podem ser geradas por três classes de fontes: naturais, artificiais e nucleares [12].

Fontes naturais geram radiações que ocorrem de forma espontânea, elas não são produzidas por nenhuma tecnologia humana. Essas são as radiações existentes no meio em que vivemos, e vem da terra, ou seja, de minerais que emitem radiação, ou do espaço exterior, que são radiações provenientes do Sol e das estrelas. Um exemplo de radiação natural, a iluminação proveniente do Sol, ou até mesmo as radiações infravermelhas. Outro exemplo, as radiações cósmicas, como os prótons, elétrons, nêutrons, mésons e núcleos leves, que são resultados de explosões solares e nucleares [13].

Fontes artificiais geram radiações produzidas a partir de equipamentos elétricos ou algum outro fenômeno físico que o ser humano consegue produzir, onde partículas como os elétrons são

acelerados. Por exemplo, os tubos de raios X que são utilizados em radiodiagnósticos [13]. Ou mais simplesmente, as próprias lâmpadas para iluminação interna, vastamente utilizada em nosso dia-a-dia.

Fontes nucleares geram radiações que partem do interior do núcleo de um átomo instável. Esse núcleo instável é quando o átomo apresenta, em média, 84 ou mais prótons em seu interior. As radiações geradas nuclearmente são: alfa, beta e gama [13].

Outra classificação em relação à radiação são os subgrupos da radiação eletromagnética e da radiação corpuscular. A radiação eletromagnética não possui massa, mesmo assim possui energia, e ela abrange as radiações ionizantes e não ionizantes. Já a radiação corpuscular possui massa e energia, tanto é que possui esse nome por possuir um corpo de massa característica. E essas radiações são caracterizadas como radiações ionizantes. Os tipos de radiações ionizantes corpusculares são raios alfa e beta. E os tipos de radiações ionizantes eletromagnéticas são raios X e raios gama [13].

1.2. Ondas Eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas possuem algumas características específicas, como o comportamento ondulatório, apresentando cristas e vales. Também possuem um período (T), que é o tempo de uma oscilação completa, no SI segundos; uma frequência (f) que é o número de oscilações na unidade de tempo, no SI Hertz; um comprimento (λ) de onda que é a distância percorrida pela onda em um período, no SI metros; e uma velocidade de propagação da onda que também é representada por $V = \lambda f$, no SI metros por segundos. Quando a onda está no vácuo sua velocidade é a mesma que a constante da velocidade da luz [14].

Há muito tempo, a Física estudava a eletricidade e o magnetismo como duas ciências distintas, ou seja, separadas, uma independente da outra. Assim foram definidas leis muito importantes, como a Lei de Coulumb, a Lei de Faraday e a Lei de Ampère que explicavam muito bem essas duas frentes separadamente. Porém, por volta de 1860,

Maxwell unificou todas essas teorias em uma única, a teoria eletromagnética de Maxwell. Eletromagnética de eletricidade e magnetismo juntos. Então, Maxwell juntou todas as teorias das três leis de Faraday, Coulomb e Ampère em quatro equações. Ele conseguiu condensar toda a eletricidade e todo o magnetismo nessas quatro equações [14].

Na eletricidade, quando uma carga elétrica está parada, ela gera ao seu redor um campo de força conhecido como campo elétrico, representado por \vec{E} . Lembrando que campo elétrico é o poder que as cargas possuem de atrair ou repelir outras cargas. Já, quando uma carga elétrica está em movimento, além de campo elétrico, ela gera um campo magnético, representado por \vec{B} . Para Maxwell, um campo elétrico variável, induz o aparecimento de um campo magnético e vice-versa. Ou seja, a variação de um campo elétrico, induz a aparição de um campo magnético, e a variação de um campo magnético também induz a aparição de um campo elétrico. Com isso, a ideia de Maxwell é que qualquer carga elétrica oscilando cria um campo elétrico oscilante, e essas variações fazem aparecer um campo magnético também oscilante, e essa variação de campo magnético cria outro campo elétrico, e assim um vai alimentando o outro. Então, a oscilação dessas cargas cria o que Maxwell chamou de ondas eletromagnéticas, que permeiam o espaço transportando energia. Com isso, as ondas eletromagnéticas são originadas pela oscilação de cargas elétricas. Toda carga elétrica, seja ela positiva ou negativa, quando oscila, gera ao seu redor, ondas eletromagnéticas que vão viajar com a velocidade da luz ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) quando estiverem no vácuo[14].

Na figura abaixo é representado uma onda eletromagnética:

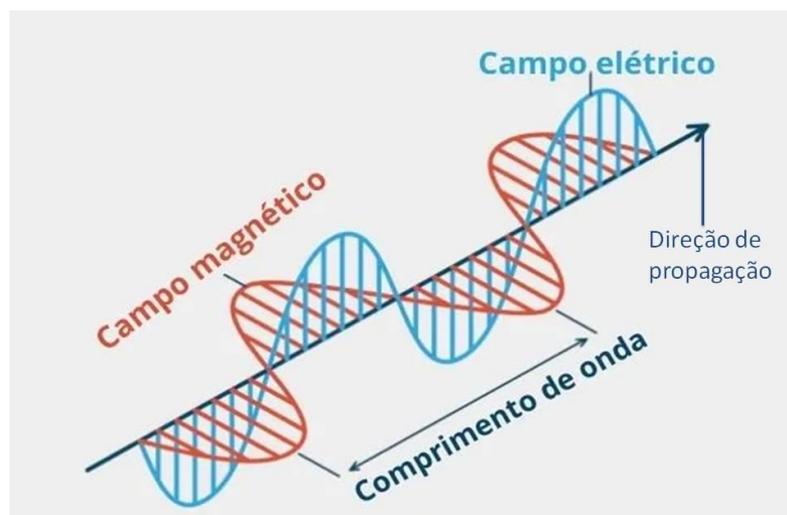


Figura 2: Representação de uma onda eletromagnética.
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/ondas-radio.htm>

1.3. Efeito Fotoelétrico

Dentro das radiações eletromagnéticas, temos o efeito fotoelétrico, que é a emissão de elétrons por uma placa metálica, quando esta placa está exposta por uma radiação eletromagnética de alta frequência, no caso, radiações cujas frequências são maiores que a da luz visível. Quando a luz incide na placa metálica, ela expelle elétrons dessa placa, podendo também produzir eletricidade [15].

Esse efeito foi observado primeiramente por Heinrich Hertz em 1887. Porém, o efeito fotoelétrico ficou conhecido e foi explicado com satisfação somente em 1905, pelo físico alemão Albert Einstein, ganhando o prêmio Nobel[15].

Quando uma incidência de luz com alta frequência atinge uma placa metálica, expelle dela os elétrons livres, que poderá ser utilizado como trabalho. Assim, com base no efeito fotoelétrico, foram desenvolvidos componentes eletrônicos para serem utilizados em grande escala. Por exemplo, o diodo fotoelétrico ou fotossensível que é utilizado em vários sistemas. São inúmeras as aplicações do efeito fotoelétrico no nosso dia a dia. Como por exemplo, a abertura automática de porta de shopping, detectores de iluminação de rua, sistemas de alarme e muitos outros [15].

A Figura 3 apresenta o efeito fotoelétrico.

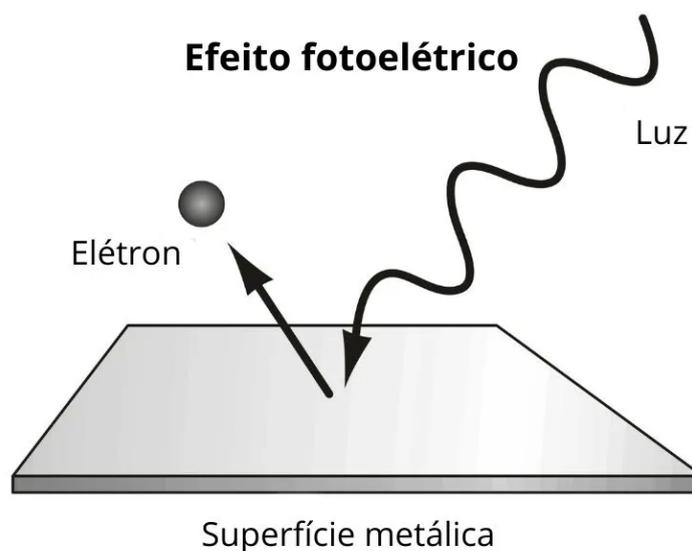


Figura 3: Representação do efeito fotoelétrico.

Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/efeito-fotoeletrico.htm>

1.4. Classificação das Radiações Eletromagnéticas

Radiações também podem ser classificadas em dois tipos: radiação ionizante e radiação não ionizante. Radiação ionizante é aquela que possui energia suficiente para ionizar átomos, já a radiação não ionizante não possui energia suficiente para ionizar átomos - ionizar significa perder ou ganhar elétrons para formar íons [12].

As radiações ionizantes são: raios X, raio gama e raios cósmicos. Comparadas com radiações não ionizantes, as radiações ionizantes possuem uma maior frequência, assim como maior energia, a tornando ionizante. Sendo capazes de arrancar elétrons de átomos, alterar moléculas e poder criar vários tipos de alterações, sejam elas químicas, físicas, físico-químicas ou até mesmo biológicas. Para as radiações, quanto menor o comprimento de onda, maior é a frequência. Já as radiações não ionizantes são encontradas na luz visível, nas microondas, na infravermelha, na ultravioleta, e nas ondas de rádio. Sua energia é relativamente baixa, não sendo suficiente para ionizar, ou seja, arrancar elétrons de átomos ou moléculas [12].

As Radiações Eletromagnéticas, como dito acima podem ser ionizantes ou não ionizantes, a Figura 4 mostra que as radiações ondas

de rádio, microondas, infravermelha e luz visível são radiações eletromagnéticas não ionizantes, e as radiações ultravioleta, raios X e raios gama são radiações eletromagnéticas ionizantes. A Figura 4 também representa as frequências e comprimentos de onda de cada radiação.

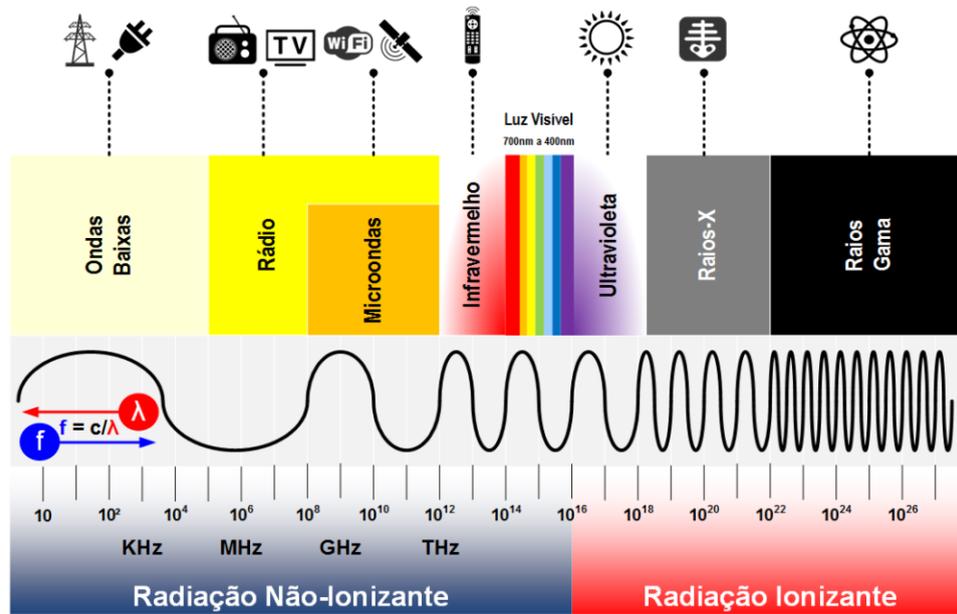


Figura 4: Representação das características das radiações eletromagnéticas de cada região do espectro eletromagnético.

Fonte: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/espectro-eletromagnetico/>

1.4.1. Ondas de rádio

As ondas de rádio são praticamente as radiações de menor frequência e maior comprimento de onda do espectro eletromagnético. No vácuo, elas viajam a velocidade da luz, assim como todas as outras ondas eletromagnéticas. Elas podem ser geradas naturalmente por raios ou objetos astronômicos. Entretanto, também podem ser geradas artificialmente por rádios amadores, por computadores, por comunicação satélite e, diversas outras aplicações que podemos gerá-las. Quando queremos transmitir alguma informação pela geração de uma onda de rádio, é necessário ter algo que receba essa onda, ou seja, um receptor, para que seja possível captar esses dados, e assim convertê-los em informações [14].

O comprimento de uma onda de rádio é muito grande, da ordem de quilômetros. Esse é um dos motivos para que as antenas receptoras sejam tão altas, para que as ondas de rádio cheguem sem a interceptação de nenhum objeto [14].

A figura 5 traz a representação de ondas de rádio. As ondas de rádio são emitidas e chegam até a ionosfera, e então são direcionadas até um receptor, porém é necessário ressaltar que a reta vermelha é apenas uma representação, as ondas de rádio são oscilações e não uma reta.

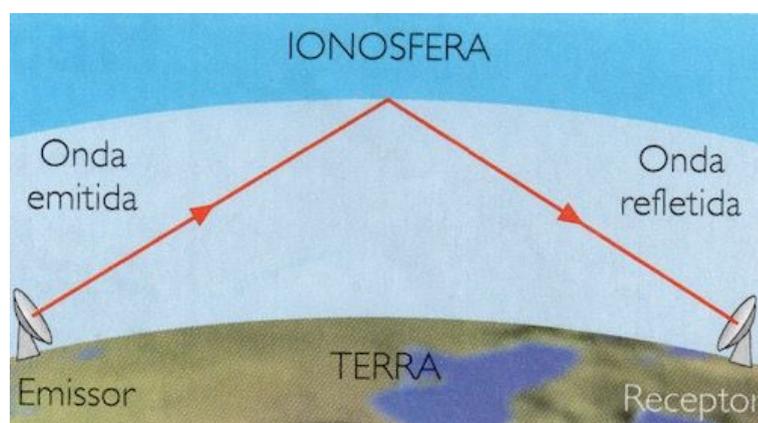


Figura 5: Representação de uma onda de rádio.

Fonte: <https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/ondas-de-radio-fm-e-tv>

1.4.2. Microondas

As microondas são ondas eletromagnéticas que interagem por ressonância com moléculas. Por exemplo, a molécula de água é uma molécula polar, ou seja, ela apresenta um pólo positivo e um pólo negativo resultante. Quando a onda eletromagnética interage com ela, pela onda ser elétrica, a molécula de água vai rotacionar ou transladar, e com isso, aumenta a temperatura da água. Essa agitação das microondas acontece com todas as moléculas, mas cada uma delas necessita de um comprimento de onda para que aconteça essa agitação. O forno Microondas é composto pelo magnetron, uma válvula eletrônica que funciona como um oscilador na faixa das ondas microondas. Esse magnetron gera uma onda eletromagnética de frequência igual a 2450MHz; por um ventilador de metal que irradia

essas ondas; e também por um prato giratório que serve para garantir uma distribuição mais uniforme da radiação sobre todo o alimento. Por meio da ressonância, as moléculas de água que existem nos alimentos absorvem as microondas, as quais fazem aumentar a agitação das mesmas, provocando assim o aquecimento dos alimentos [15].

Esse funcionamento do forno microondas é representado na Figura 6.

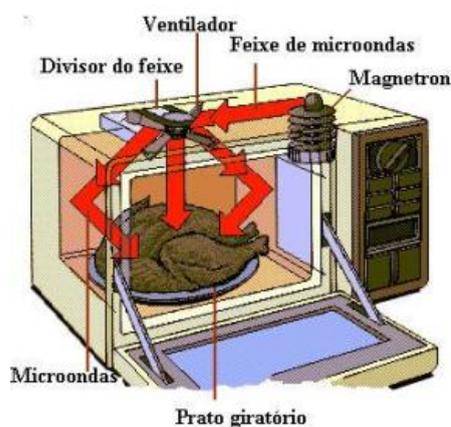


Figura 6: Representação do funcionamento do forno microondas.

Fonte:

<https://bibliblogue.wordpress.com/2010/02/11/bibliencia-8-aplicacoes-das-radiacoes-microondas-por-hugo-fernandes/>

1.4.3. Infravermelha

A radiação infravermelha é uma radiação ainda não ionizante na porção do invisível ao olho humano, ela pode ser percebida por seres vivos como calor. E essa radiação é conhecida como ondas de calor do processo de propagação de calor por irradiação - processo de transferência de calor através de ondas eletromagnéticas, chamadas ondas de calor ou calor radiante [10].

Quem descobriu a radiação infravermelha em 1880, foi Willian Herschel, um astrônomo inglês de origem alemã. Herschel descobriu que o calor era mais forte no vermelho do espectro. Para isso, ele colocou um termômetro de mercúrio no espectro obtido por um prisma de cristal, com a finalidade de medir o calor emitido por cada cor. Ele

observou que ali não havia luz, e que o calor era mais forte ao lado do vermelho do espectro. Depois, Herschel descobriu que não era só o visível que existia [10].

Esta radiação é muito utilizada nas trocas de informações entre computadores, celulares e outros equipamentos eletrônicos [10].

Na Figura 7 temos uma representação de radiação infravermelha, onde uma casa é vista com câmera sensível ao infravermelho, onde as cores mais azuladas representam temperaturas mais frias, e cores mais avermelhadas representam temperaturas mais quentes.



Figura 7: Casa vista por câmera sensível à radiação infravermelha.

Fonte: <https://portalconstrucaofacil.com/infravermelho/>

1.4.4. Luz Visível

A radiação solar que vem do sol possui radiação infravermelha e luz visível, ela emite também ultravioleta e até raios gama, mas a maioria dela emite no visível e também na infravermelha. O espectro visível é a porção que os seres humanos conseguem enxergar, é o que pode ser chamado de luz. Luz é uma onda eletromagnética dentro do espectro visível, e cada uma de suas frequências é associada a uma cor. O espectro visível forma as cores do arco-íris e, seu comprimento de onda vai de 400nm a 700nm [16].

Na Figura 8 é representado o espectro visível, seus comprimentos de onda na imagem a) e na imagem b) temos a representação da radiação solar na superfície terrestre (contorno em preto) que mostra

que sua maioria emite na luz visível:

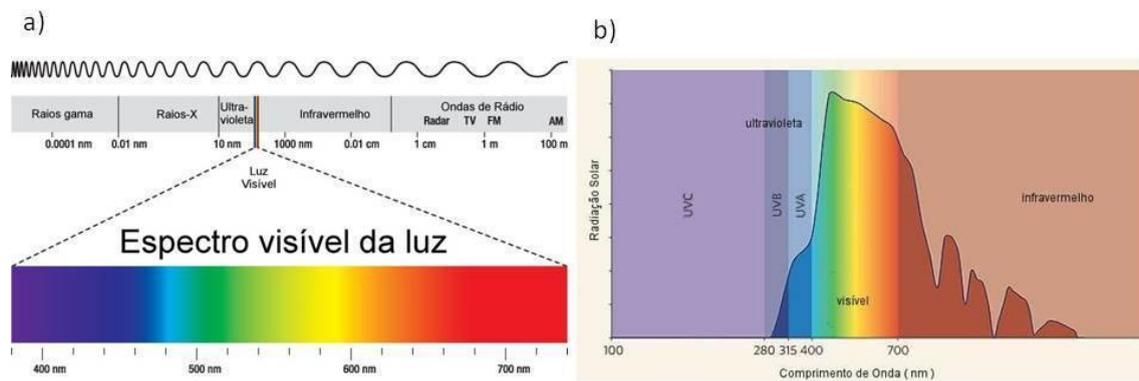


Figura 8: a) Representação do espectro visível; b) Representação da radiação solar na superfície terrestre.

Fonte:

<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>

1.4.5. Ultravioleta

É a partir da radiação ultravioleta que as radiações começam a ser ionizantes, ou seja, é a partir dessa radiação, que as ondas eletromagnéticas começam a possuir energia suficiente para arrancar elétrons de átomos ou moléculas [11].

A radiação ultravioleta, também conhecida como UV, é classificada em três tipos: UVA - chamada também de luz negra ou onda larga, possui comprimento de onda de 400nm a 320nm; UVB - chamada também de onda média, possui comprimento de onda de 320nm a 290nm; e UVC - chamada também de germicida ou UV curta, tem esse nome germicida por ter propriedades importantes no combate a microrganismos, possui comprimento de onda de 290nm a 100nm [11].

A maior parte dessa radiação é absorvida pela atmosfera terrestre. 99% dos raios ultravioletas que chegam à superfície da Terra são do tipo UVA. A UVB é parcialmente absorvida pelo ozônio da atmosfera e sua parcela pequena que chega a Terra é responsável por danos à pele. Já a UVC é totalmente absorvida pelo oxigênio e pelo ozônio da atmosfera e não chega à superfície da Terra. Podemos ver isso na Figura 9 [11].

A UVA tem uma penetrabilidade muito maior na pele humana, ela

pode causar câncer de pele. O comprimento de onda UV, é bem mais energético que o visível, o suficiente para que ocorra o efeito fotoelétrico [14].

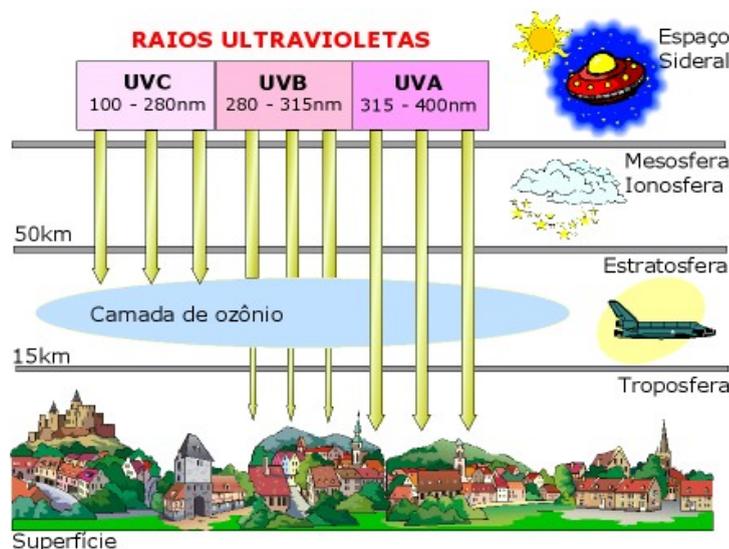


Figura 9: Representação dos raios UV.

Fonte:

<http://luz-visivel-uv.blogspot.com/2015/04/luz-ultravioleta-origem-descoberta-da.html>

1.4.6. Raios X

A radiação X é uma radiação ionizante eletromagnética de natureza semelhante à luz. Ela é composta por raios X e sua energia vai de 100 eV a 100 keV. Os raios X atravessam alguns materiais que são impenetráveis por outras radiações e, além disso, em alguns casos podem gerar luminescência em alguns tipos de materiais [13].

Os raios X são gerados pelo tubo de Coolidge, representado na Figura 10. Dentro dele, tem um tubo evacuado com um ânodo e um cátodo. Do lado do cátodo, existe um filamento, que é um tipo de fonte, que quando aquecido, emite elétrons. Os elétrons vão sair do filamento, colidir no ânodo, e essa colisão espalha raios X [13].

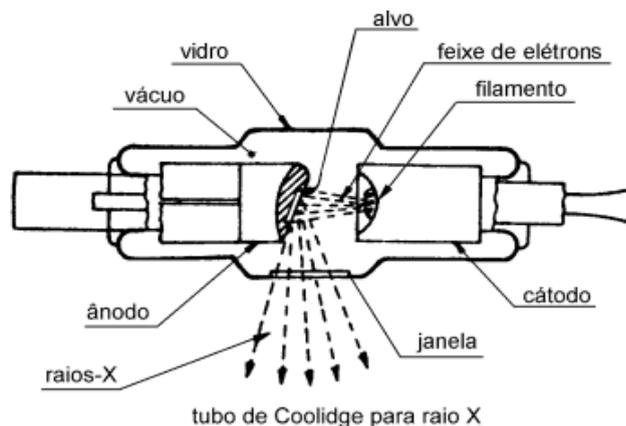


Figura 10: Representação do tubo de Coolidge.

Fonte: <https://radiacaoblog.wordpress.com/2016/04/22/raios-x/>

1.4.7 Raios Gama

Radiação gama é a última das radiações eletromagnéticas, porém, não menos importante que as outras. É a radiação com menor comprimento de onda que existe (pelo menos com certa relevância para a ciência), e conseqüentemente de maior frequência. Também chamada de radiação atômica, é produzida tanto por colisões extremamente fortes de átomos, quanto por fenômenos astrofísicos de grandíssima energia. Devido a sua elevada energia, além de ionizante, essa radiação pode até mesmo romper cadeias de DNA, por isso ela é muito utilizada para esterilizar equipamentos médicos e alimentos [14].

A Figura 11 apresenta uma representação simplificada de uma radiação gama incidindo sobre uma molécula, causando sua ionização.

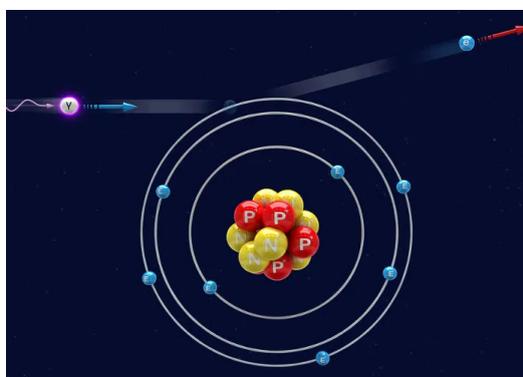


Figura 11: Representação de um raio Gama causando a ionização de uma molécula.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios-gama-1.htm>

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA DA AULA/EXPERIÊNCIA

Diante do que foi apresentado nos capítulos 1 e 2, realizamos uma aula/experiência com alunos dos primeiros anos do curso de Física da Universidade Estadual de Maringá, com o intuito de aplicar o método *Peer Instruction* ao conteúdo de Radiação Eletromagnética.

Iniciamos a aula explicando para os alunos o objetivo do curso e como ele iria funcionar. Explicamos como utilizar o aplicativo *Socrative* e que iríamos utilizá-lo durante as aulas para realizar os *Testes Conceituais*. A aula foi dividida em pontos chaves, em que cada ponto chave foi falado de um assunto sobre o conteúdo. No final de cada ponto chave foi disponibilizado aos alunos um *Teste Conceitual* na plataforma *Socrative*, para a aplicação do método *Peer Instruction*.

Após a aplicação de cada *Teste Conceitual*, analisamos a porcentagem de acertos. O método *Peer Instruction* foi aplicado apenas quando a porcentagem de acertos dos questionários não atingiu 75%.

Para finalizar os pontos chaves, depois da análise de cada *Teste Conceitual* e aplicação, foi dado um retorno de cada questão aos estudantes, ou seja, explicamos cada questão, a resposta correta de cada uma e porque a determinada resposta estava correta.

3.1.1. Socrative

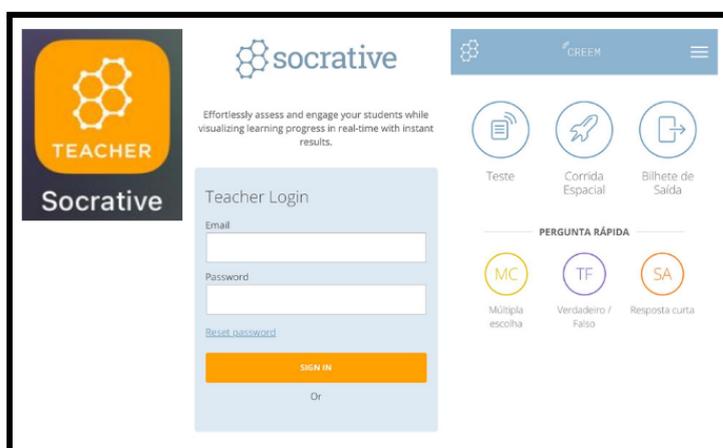
O *Socrative* é uma ferramenta de avaliação online e gratuita para alunos, que pode ser executada em qualquer dispositivo que tenha Internet. Em computadores/notebooks a ferramenta funciona pelo site, onde o professor clica no *link* destinado para professores e os alunos clicam no *link* destinado para alunos. Já para *tablets* e *smatphones*, existem dois aplicativos separados, o aplicativo *Socrative teacher*, destinado aos professores e o aplicativo *Socrative student*, destinado aos alunos. Em ambas as plataformas, o professor precisa

fazer *login* com sua conta, criar uma sala e disponibilizar o nome da sala para os alunos. E os alunos fazem *login* com o nome da sala disponibilizada pelo professor [17].

O aplicativo tem o objetivo de retorno rápido de respostas. Nele pode haver uma mistura de questões binárias, tipo “verdadeiro ou falso”, respostas curtas, múltiplas escolhas e até a inserção de imagens tanto nos questionários, quanto nas respostas [17].

A figura abaixo demonstra a interface do aplicativo:

a)



b)

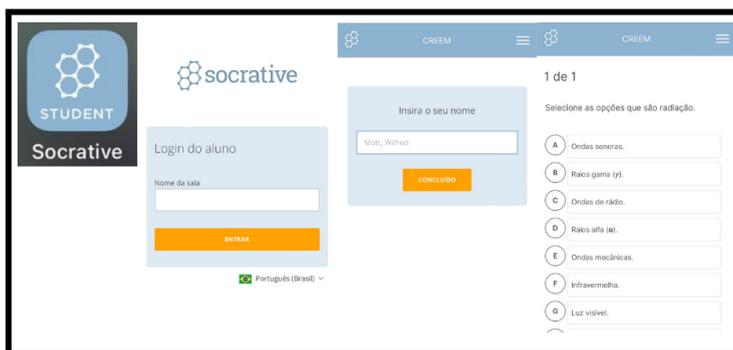


Figura 12: Interface do aplicativo Socrative. a) aplicativo Socrative Teacher; b) aplicativo Socrative Student.

3.1.2. Pontos Chaves da aula/experiência

A aula foi dividida em quatro pontos chaves, sendo ministrada e apresentada com o uso de *slides*, com explicações, exemplos cotidianos e imagens, basicamente o conteúdo apresentado no Capítulo 2. Ao final de cada ponto chave, o *Teste Conceitual* com questões referentes ao conteúdo daquele ponto chave foi disponibilizado aos alunos no aplicativo *Socrative*.

Abaixo trazemos os pontos chaves que foram ministrados na aula/experiência:

1° Ponto Chave – Radiações: explicamos o que são radiações, onde se encontram, quais suas características, suas fontes e seus tipos (ionizantes e não ionizantes), e como são fundamentais no nosso cotidiano;

2° Ponto Chave – Ondas/Radiações Eletromagnéticas: explicamos o conceito de ondas eletromagnéticas, como e onde são encontradas, suas características e seu surgimento, e as características gerais das radiações eletromagnéticas;

3° Ponto Chave - Efeito Fotoelétrico: explicamos o que é o efeito fotoelétrico, que ele está dentro das formas de interação das radiações eletromagnéticas com materiais e como ele funciona;

4° Ponto Chave – Radiações Eletromagnéticas: explicamos separadamente cada uma das sete radiações eletromagnéticas (ondas de rádio, microondas, infravermelha, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama) e suas características.

3.2. Roteiro da aula/experiência

A aula/experiência foi dividida e ministrada da seguinte forma:

Introdução da aula/experiência;

Teste Conceitual Inicial;

1º Ponto Chave – Radiações;

Teste Conceitual 1 – Radiações;

2º Ponto Chave – Ondas/Radiações Eletromagnéticas;

Teste Conceitual 2 – Ondas/Radiações Eletromagnéticas;

3º Ponto Chave – Efeito Fotoelétrico;

Teste Conceitual 3 – Efeito Fotoelétrico;

4º Ponto Chave – Radiações Eletromagnéticas;

Teste Conceitual 4 – Radiações Eletromagnéticas.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DA AULA/EXPERIÊNCIA E DISCUSSÃO

Como forma de saber o que os alunos sabiam sobre radiações, primeiramente, disponibilizamos um *Teste Conceitual Inicial* com uma questão em que os alunos precisavam selecionar quais das opções eles julgavam ser radiação. Essa questão está exposta na Figura 12, e as que estão em verde são as respostas que correspondem às radiações.

1. Selecione as opções que são radiação.

- A Ondas sonoras.
- B Raios gama (γ).
- C Ondas de rádio.
- D Raios alfa (α).
- E Ondas mecânicas.
- F Infravermelha.
- G Luz visível.
- H Raios beta (β).
- I Relâmpagos.
- J Microondas.
- K Ultrassom.
- L Ultravioleta.
- M Raios X.
- N Descarga elétrica.
- O LASER.

Figura 13: Teste Conceitual Inicial. Imagem obtidos do software Socrative.

Dando continuidade, explicamos aos alunos sobre o que é a radiação, suas fontes e suas classificações e aplicamos o *Teste Conceitual 1*, consistindo em duas questões referentes ao assunto. (Aqui apresentaremos apenas os resultados e a discussão sobre os Testes Conceituais, não os apresentando explicitamente. No entanto todos eles, e as respostas fornecidas pelos alunos se encontram nos Apêndices A e B, respectivamente).

Nesse primeiro momento, os alunos foram muito bem no *Teste Conceitual*, atingindo 92% de acerto em ambas as questões, e não foi necessário aplicar o *Peer Instruction*.

Antes de nos aprofundarmos no conteúdo de radiações eletromagnéticas, trouxemos aos alunos a explicação de ondas eletromagnéticas, suas características e origens. Após isso, entramos no conteúdo de radiações eletromagnéticas, quais são, suas frequências e comprimentos de ondas e classificações. Com isso, aplicamos o *Teste Conceitual 2* sobre o assunto (questões de 3 a 6). Neste segundo teste os alunos foram parcialmente bem, com 91%, 100%, 80% e 95% de acerto respectivamente. Apenas para a questão 5 foi aplicado o *Peer Instruction*. Ao aplicarmos o método, os alunos se mostraram interessados e participativos, e se saíram melhor ao responderem a questão pela segunda vez, atingido 95% de acerto.

Para continuar o conteúdo, falamos sobre o Efeito Fotoelétrico, como ele funciona, sua origem e suas características. Então, aplicamos o *Teste Conceitual 3* sobre o assunto (questões 7 e 8), com 95% e 91% de acerto. Nesse momento, percebemos que não os alunos estavam conversando mesmo durante os questionários. Então foi solicitado que não se comunicassem antes de responder o questionário, podendo conversar apenas quando o método PI fosse aplicado. Portanto, concluímos que é possível que os alunos tenham ido tão bem, nos primeiros *Testes Conceituais* por se comunicarem enquanto respondiam as questões pela primeira vez, assim já estavam executando o método de certa maneira, sem o nosso controle.

A partir desse momento, deixamos claro para os alunos que a primeira vez que fossem responder os *Testes Conceituais*, não eram permitidas conversas paralelas, cada um precisava responder o seu questionário individualmente. E se, o método PI precisasse ser aplicado, então os alunos poderiam se comunicar e tirar suas dúvidas uns com os outros.

Para finalizar a aula, explicamos cada uma das radiações eletromagnéticas separadamente e suas características, e aplicamos o *Teste Conceitual 4* em relação a esse assunto (questões 9 a 15). Assim obtivemos 70%, 64%, 18%, 62%, 86%, 75% e 45% de acerto nessas questões. Portanto só não foram repetidas as questões 13 e 14 utilizando o PI. Após a interação entre os alunos percebe-se uma significativa mudança na taxa de acerto das questões:

Questão 9: 70% → 86%;

Questão 10: 64% → 80%;

Questão 11: 18% → 57% → 75%;

Questão 12: 62% → 75%;

Questão 15: 45% → 95%.

Nesse momento da aula, conseguimos aplicar o método *Peer Instruction* e perceber como ele é eficaz e possui um *feedback* imediato para ensinar os alunos, pois com ele, conseguimos identificar se os alunos estão ou não, conseguindo entender o conteúdo.

A maioria dos alunos se mostraram interessados na aula e foram bem participativos. Porém, um dos alunos não conversou com os colegas nem no momento da aplicação do método PI, e três alunos saíram antes de acabar a aula. Também percebemos que alguns alunos deixavam de responder algumas questões em alguns momentos. Levando essas observações em consideração, podemos analisar os dados obtidos na aula/experiência.

Para organizar melhor os resultados obtidos, a porcentagem de acertos de cada questão está apresentada na Tabela 1. A coluna

“Primeira vez” indica a porcentagem de acertos da primeira vez que disponibilizamos a questão para os alunos, e a coluna “Segunda vez” indica a porcentagem de acertos depois que aplicamos o método *Peer Instruction*, ou seja, a porcentagem de acertos depois que pedimos que os alunos discutissem entre si e respondessem novamente a questão. Na coluna “Segunda vez” alguns dados estão indicados pelo hífen “-”, nesse caso, a porcentagem de acertos da primeira vez que aplicamos a questão, foi maior ou igual a 75%, portanto, não aplicamos o método *Peer Instruction*.

Tabela 1 – porcentagem de acertos dos estudantes para cada questão aplicada na aula/experiência.

Questão	Porcentagem de acerto	
	Primeira vez	Segunda vez
01	92%	-
02	92%	-
03	91%	-
04	100%	-
05	80%	95%
06	95%	-
07	95%	-
08	91%	-
09	70%	86%
10	64%	80%
11	18%	57% (Terceira vez: 75%)
12	62%	75%
13	86%	-
14	75%	-
15	45%	95%

Ao analisarmos os dados da Tabela 1, é possível identificar como o método *Peer Instruction* realmente traz uma melhora considerável nos acertos das questões sem o esclarecimento da dúvida do aluno pelo professor. Em seu livro “*Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa*”, MAZUR nos diz que às vezes é possível que os alunos expliquem melhor um conceito uns para os outros do que o próprio professor,

porque os estudantes que realmente entenderam o conceito acabaram de aprendê-lo, então eles ainda possuem na própria mente as dificuldades que precisam ser enfatizadas para que outros estudantes também consigam entender. Já um professor experiente sabe, que com o passar do tempo, essas dificuldades conceituais que inicialmente existiam, parecem desaparecer e muitas vezes acabam não sendo tratadas [6].

Analisando as questões 11 e 15 da Tabela 1, podemos perceber isso, pois apenas com explicações entre os colegas, a porcentagem de acertos de tais questões aumentaram 318% e 110%, respectivamente.

Com isso, e levando em consideração que a turma obteve porcentagens de acertos consideráveis inicialmente, ou seja, na primeira vez em que responderam cada questão obtiveram porcentagens de acertos boas. Tomamos consciência de que o método utilizado e os conceitos de MAZUR, realmente fazem sentido e deram certo nessa aula/experiência.

Conclusão

Com a análise sobre o que é o método *Peer Instruction*, como ele foi desenvolvido, como ele funciona, e obtendo os dados de uma aplicação de tal método junto ao conteúdo de Radiações Eletromagnéticas com o auxílio do aplicativo *Socratic*. Tomamos ciência de que Eric Mazur desenvolveu um método de alta eficiência para melhorar a aprendizagem dos estudantes.

Por meio do método, é possível que o professor consiga despertar interesse de seus alunos, melhorar a frequência deles em suas aulas, e esclarecer dúvidas e concepções alternativas que muitas vezes os alunos acabam levando para casa.

Ao aplicar o método, foi percebido que os estudantes se sentiram mais motivados a aprender e discutir sobre o assunto abordado, e a compartilhar suas dúvidas com os colegas.

Para obtermos valores absolutos ou estatísticos sobre a melhora das performances de ensino com o uso do método, acreditamos que sejam necessárias mais aulas/experiências, com mais alunos. Também uma adequação da dificuldade das questões a serem aplicadas. Isso podendo ser proposto e discutido em possíveis trabalhos futuros.

Apêndice A

Testes Conceituais Aplicados

Algumas questões foram retiradas de vestibulares nacionais e serão endereçadas. As respostas corretas de cada questão se encontram em **negrito**.

Teste Conceitual Inicial:

1. Selecione as opções que são radiação.

- a) Ondas sonoras.
- b) Raios gama (γ).**
- c) Ondas de rádio.**
- d) Raios alfa (α).**
- e) Ondas mecânicas.
- f) Infravermelha.**
- g) Luz visível.**
- h) Raios beta (β).**
- i) Relâmpagos.**
- j) Microondas.**
- k) Ultrassom.
- l) Ultravioleta.**
- m) Raios X.**
- n) Descarga elétrica.**
- o) LASER.**

Teste Conceitual 1 – Radiações:

1. Qual a PRINCIPAL diferença de Radiação Ionizante e Radiação Não Ionizante?

a) A Radiação Ionizante possui baixa energia, não sendo energia suficiente para ionizar um átomo. Já a Radiação Não Ionizante possui alta energia, sendo energia suficiente para ionizar um átomo.

b) A Radiação Ionizante possui alta energia, sendo energia suficiente para ionizar um átomo. Já a Radiação Não Ionizante possui baixa energia, não sendo energia suficiente para ionizar um átomo.

2. (FCM-MG - adaptada) A compreensão das propriedades de interação das radiações com a matéria é importante para: operar os equipamentos de detecção, conhecer e controlar os riscos biológicos sujeitos à radiação, além de possibilitar a interpretação correta dos resultados dos radioensaios.

I. A radiação alfa apresenta carga positiva e possui a maior massa por ser composta por dois prótons e dois nêutrons;

II. As partículas beta são mais penetrantes e menos energéticas que as partículas alfa.

III. As partículas alfa são leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível.

Das afirmações feitas em relação às partículas radioativas, estão CORRETAS:

a) I, II e III.

b) I e II.

Teste Conceitual 2 – Ondas/Radiações Eletromagnéticas:

1. De acordo com as características das ondas eletromagnéticas, elas SÃO:

a) Transversais, tridimensionais e não necessitam de um meio material para se propagar.

b) Longitudinais ou transversais, unidimensionais e precisam de um meio material para se propagar.

2. Analise as alternativas a seguir referentes às unidades de medida estudadas em ondas eletromagnéticas:

I. A unidade de medida da velocidade da luz é metros por segundo.

II. A unidade de medida do comprimento de onda é Tesla.

III. A unidade de medida da frequência da onda é Hertz.

Qual alternativa está correta?

a) I e II.

b) I e III.

3. (Unesp - adaptada) Radares são emissores e receptores de ondas de rádio e têm aplicações, por exemplo, na determinação de velocidades de veículos nas ruas e rodovias. Já os sonares são emissores e receptores de ondas sonoras, sendo utilizados no meio aquático para determinação da profundidade dos oceanos, localização de cardumes, dentre outras aplicações. Comparando-se as ondas emitidas pelos radares e pelos sonares, temos que:

a) As ondas emitidas pelos radares são mecânicas e as ondas emitidas pelos sonares são eletromagnéticas.

b) As frequências de oscilação de ambas as ondas não dependem do meio em que se propagam.

4. Quais são os tipos de radiações eletromagnéticas?

a) Ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, raios gama.

b) Ondas de rádio, microondas, elementos radioativos, luz visível, ultravioleta, radiografia, raios gama.

Teste Conceitual 3 – Efeito Fotoelétrico:

1. (PUC-MG - adaptada) O efeito fotoelétrico consiste:

a) Na existência de elétrons em uma onda eletromagnética que se propaga num meio uniforme e contínuo.

b) Na emissão de elétrons quando uma onda eletromagnética (no UV) incide em superfícies metálicas.

2. (UFPR - adaptada) Entre os vários trabalhos científicos desenvolvidos por Albert Einstein, destaca-se o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1921. Sobre esse efeito, amplamente utilizado em nossos dias, é correto afirmar:

a) Corresponde à ocorrência da emissão de elétrons quando a frequência da radiação luminosa incidente no metal for maior que um determinado valor, o qual depende do tipo de metal em que a luz incidiu.

b) Trata-se da possibilidade de a luz incidir em um material e torná-lo condutor, desde que a intensidade da energia da radiação luminosa seja superior a um valor limite.

Teste Conceitual 4 – Radiações Eletromagnéticas:

1. (Enem - adaptada) Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum. O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de:

a) Baixa intensidade.

b) Alta intensidade.

c) Baixa frequência.

d) Alta frequência.

2. (UFRS) Os raios X são produzidos em tubos de vidro a vácuo, nos quais elétrons sofrem uma brusca desaceleração quando colidem contra um alvo feito de metal. Desta forma podemos dizer que os raios X constituem um feixe de:

a) Fótons.

b) Prótons.

- c) Nêutrons.
- d) Elétrons.

3. Todos os dias ficamos expostos a vários tipos de radiações. Seja numa clínica para se realizar um exame com raios X ou simplesmente andando pelas ruas, nosso organismo é constantemente bombardeado por elas. Marque a alternativa que apresenta a radiação de maior penetração no organismo humano.

- a) Raios gama, raios ultravioleta e infravermelho.
- b) Luz visível, raios beta e raios ultravioleta.
- c) Microondas, ondas de rádio e raios X.
- d) Raios alfa, raios beta, raios gama e raios X.**

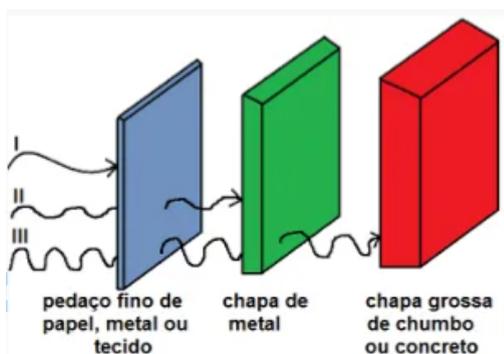
4. Analise as alternativas seguintes e assinale aquela que somente apresente características da luz visível:

- a) Cor, temperatura, carga elétrica.
- b) Intensidade, frequência, polarização.**
- c) Massa, quantidade de movimento, torque.
- d) Amplitude, volume e altura.

5. (Unirg-TO - adaptada) O funcionamento de televisores, rádios e celulares se dá por meio da transmissão da informação a partir da antena do emissor até o aparelho do usuário. A propagação dessa informação ocorre sob a forma de ondas:

- a) Microondas.
- b) Sonoras.
- c) Mecânicas.
- d) De rádio.**

6. Qual das radiações é a mais energética e como ela é chamada?



Exercício sobre radiações Título: Radiações

- a) É a representada em III. Radiação alfa.
- b) É a representada em I, Radiação beta.
- c) É a representada em III. Radiação gama.**
- d) É a representada em I. Radiação alfa.

7. (UEMG - adaptada) Considere as seguintes afirmações:

- I. A luz infravermelha não é visível pelo olho humano, e é um tipo de onda eletromagnética.
- II. No vácuo, a luz infravermelha tem uma velocidade menor que a da luz vermelha, embora sua frequência seja menor.
- III. O comprimento de onda da luz infravermelha é menor que o comprimento de onda da luz vermelha, embora a velocidade das duas seja a mesma.

Quais afirmações estão corretas?

- a) Todas as informações.
- b) Apenas as afirmações I e II.
- c) Apenas a afirmação I.**
- d) Nenhuma das afirmações.

Apêndice B

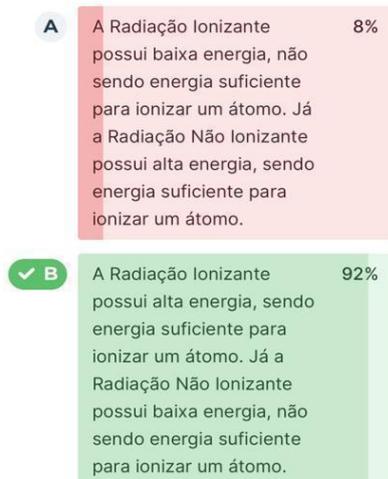
Resultados das questões do Apêndice A

As figuras deste apêndice são resultados obtidos do software *Socrative*.



Figura B.1: Respostas do teste Conceitual Inicial.

24/24 Alunos Responderam



24/25 Alunos Responderam

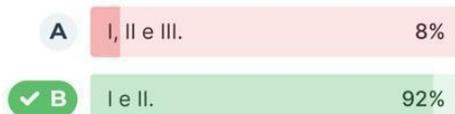
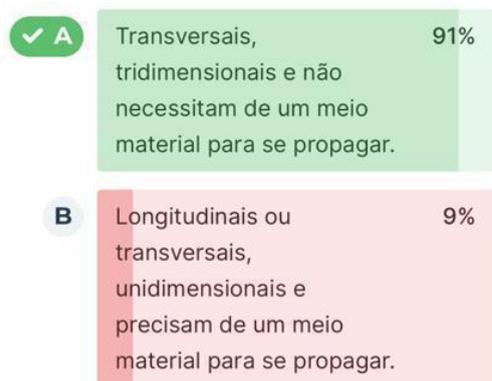


Figura B.2: Respostas das questões 1 e 2 - Radiação.

22/23 Alunos Responderam



24/24 Alunos Responderam

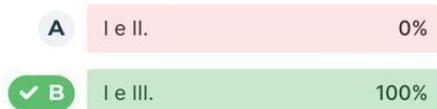
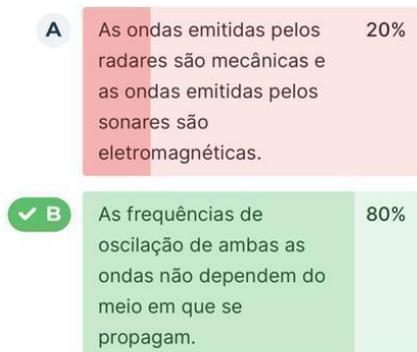


Figura B.3: Respostas das questões 3 e 4- Ondas Eletromagnéticas.

20/24 Alunos Responderam



20/22 Alunos Responderam

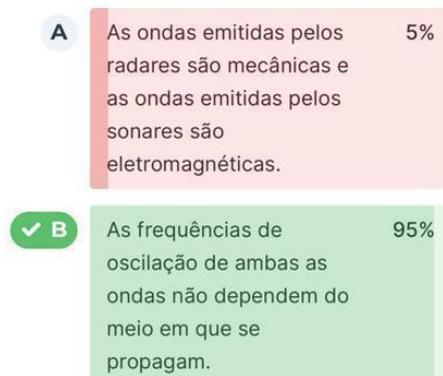


Figura B.4: Respostas das questão 5 e 5 repetida – Ondas Eletromagnéticas.

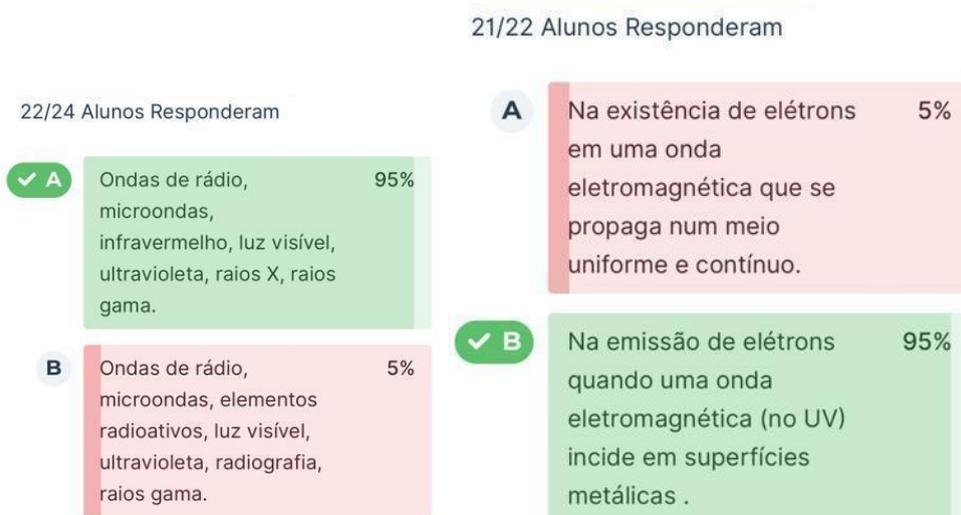


Figura B.5: Respostas da questão 6 – Ondas Eletromagnéticas; e questão 7 – Efeito Fotoelétrico.

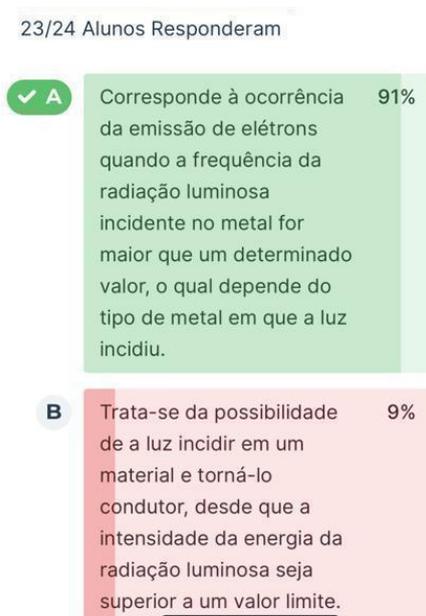


Figura B.6: Respostas da questão 8 – Efeito Fotoelétrico.

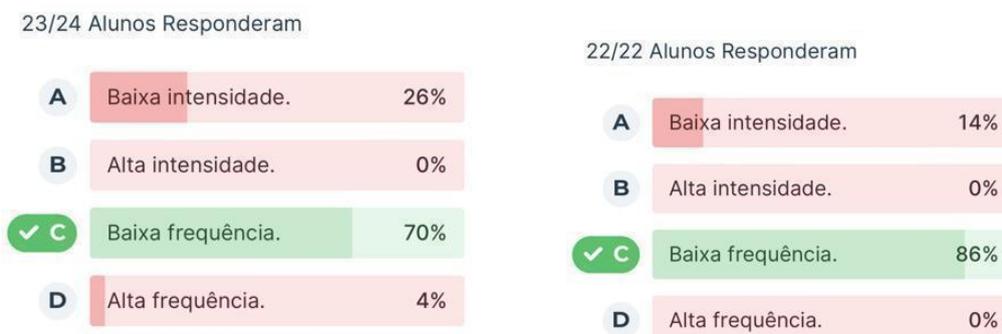


Figura B.7: Respostas da questões 9 e 9 repetida – Radiações Eletromagnéticas.



Figura B.8: Respostas da questões 10 e 10 repetida – Radiações Eletromagnéticas.

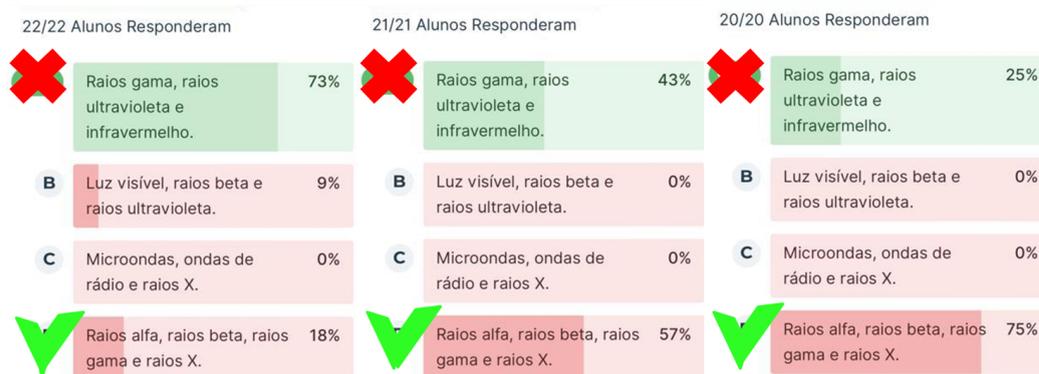


Figura B.9: Respostas das questões 11, 11 repetida e 3 repetida mais uma vez – Radiações Eletromagnéticas. (*No Socrative colocamos a resposta errada. A resposta correta dessa questão era a alternativa D, e não a alternativa A.)

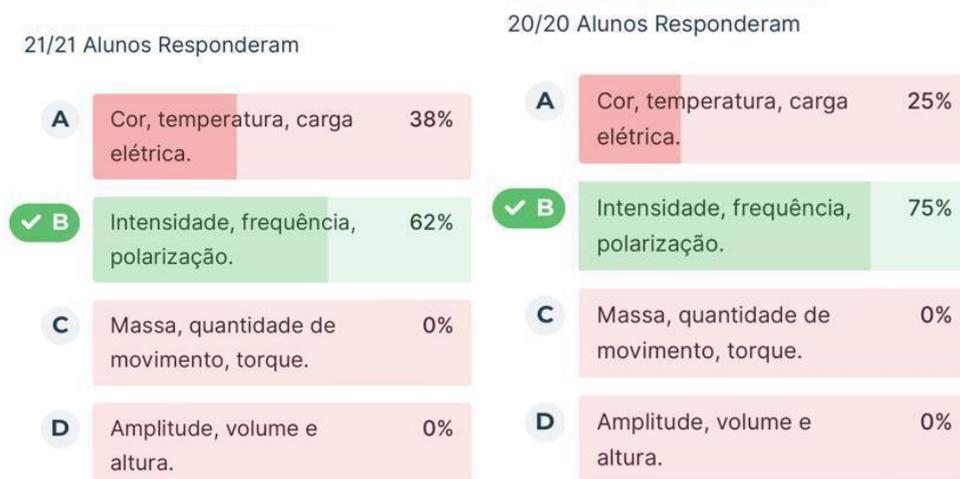


Figura B.10: Respostas das questões 12 e 12 repetida – Radiações Eletromagnéticas.



Figura B.11: Respostas das questões 13 e 14 – Radiações Eletromagnéticas.

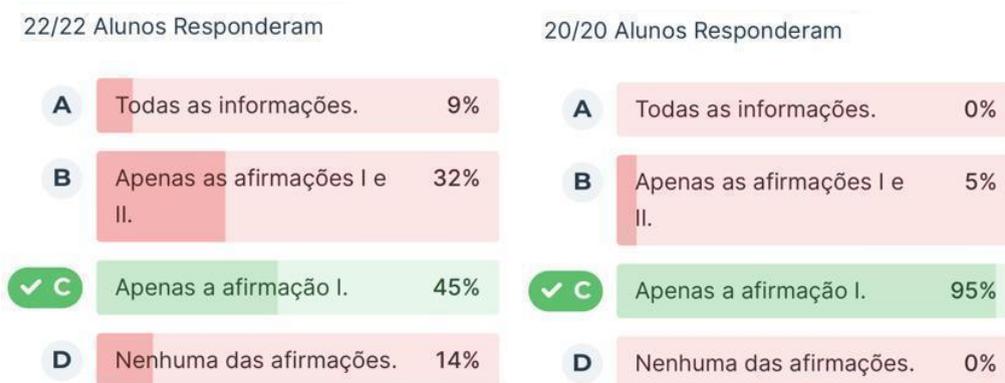


Figura B.12: Respostas das questões 15 e 15 repetida – Radiações Eletromagnéticas.

Referências

- [1] Goiz, A. **O ponto a que chegamos: duzentos anos de atraso educacional e seu impacto nas políticas do presente**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2022.
- [2] Kawamura, M. R. D.; Housoume, Y. A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4, p. 22-27, 2003.
- [3] E. Mazur e M. D. Somers, **Peer instruction: A user's manual**. Upper Saddle River, N. J. Prentice Hall, 253 (1997).
- [4] I. S. Araujo e E. Mazur, **Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física v. 30, n. 2: p. 362-384 (2013).
- [5] Mazur, Eric. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Editora Penso. São Paulo. 2015.
- [6] Fagen, A. P.; Crouch, C. H.; Mazur, E. Peer Instruction: Results from a Range. **The Physics Teacher**. v. 40, p. 206-209, abril de 2002.
- [7] Diniz, A. C. **Implementação do método Peer Instruction em aulas de física no ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 140.2015.
- [8] Zanatta, S. G.; Carvalho, H.; Duarte, B. M. Peer Instruction: discussões que permeiam a formação reflexiva do ensino de ciências. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino**, Conélio Procópio, v. 1, p. 157-178, 2017.
- [9] Oliveira, M. A. F. *et al.* Aplicação do método Peer Instruction no ensino de Algoritmos e programação de computadores. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, julho de 2017.

- [10] Chicon, P. M. M.; Quaresma, C. R. T.; Garcês, B. B. **Aplicação do Método de ensino Peer Instruction para o Ensino de Lógica de Programação com acadêmicos do Curso de Ciência da Computação.** In: **Seminário Nacional de Inclusão Digital - SENID**, nº 5, Cruz Alta. Anais.
- [11]. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 4
- [12] **Radiação: efeitos e fontes**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2016.
- [13] S. C. Cardoso e M. F. Barroso. **Rápida Introdução à Física das Radiações**. CEDERJ, Unidade 2.
- [14] J. E. Villate. **Teoria Eletromagnética**. Universidade do Porto. 2015.
- [15] ZÍLIO, Sérgio Carlos. **Óptica moderna: fundamentos e aplicações**. . São Carlos: Universidade de São Paulo, Instituto de Física - IFSC. 2009.
- [16] J. R. Reitz, F. J. Milford and R. W. Christy, **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**, Editora Campus, RJ (1982).
- [17] Deichman, Judy. **Knowledge Quest; Chicago** Vol. 43, Ed. 2, (Nov/Dec 2014): 72-73.
- [18] A. M. P. Carvalho e D. Gil-Perez, **Formação de professores de ciências**. São Paulo: 6ª ed. Cortez, 2001.
- [19] CARVALHO, Anna Maria Pessoa de e VANNUCCHI, Andréa. **O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 1, n. 1, p. 3-19, 1996 Tradução . . Acesso em: 15 fev. 2023.
- [20] SILVEIRA, Gilson A. da. **A introdução de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: um enfoque sobre a teoria dos raios X**. Florianópolis, 2001. 45p. Monografia (Especialização em Ensino de Física) Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina.