



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL DO ENSINO DE FÍSICA

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE FÍSICA  
MODERNA COM QUIZ NA PLATAFORMA SOCRATIVE**

**UM GUIA DE FÍSICA MODERNA PARA O PROFESSOR**

Prof. Érik Rocha de Oliveira  
Prof. Dr. Antônio Romero da Costa Pinheiro

- 2020 -

# Sumário

<b>1. Sequência da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Física moderna</b> .....	2
<b>1.1 Conceitos de Física Moderna</b> .....	4
1.1.1 <i>O Quiz Física Moderna</i> .....	4
1.1.2 <i>Uma conversa sobre física Moderna</i> .....	5
<b>1.2 Externalizando o conhecimento Prévio e fazendo o levantamento dos subsunçoes</b>	6
<b>2. Guia de aplicabilidade</b> .....	7
<b>2.1 A interatividade com a turma (1)</b> .....	7
<b>2.2 A interatividade com a turma (2)</b> .....	7
<b>3. Retomada do conteúdo com complexidade e negociação dos significados</b> .....	8
<b>3.1 Abordagem integradora, diversificando o aprendizado</b> .....	10
<b>3.2 Avaliação Processual e formativa da aprendizagem</b> .....	10
<b>3.3 Execução da UEPS</b> .....	11
<b>4. Avaliação da UEPS</b> .....	15

## APRESENTAÇÃO

Prezado amigo professor,

Sabe-se que o mundo tem sofrido constantes revoluções tecnológicas, e conseqüentemente, mudanças no ensino e a física moderna tem ganhado aplicabilidades cada vez maiores dentro da sociedade. Bem como, alcançado seus espaços nos materiais didáticos do ensino médio. Foi pensando na dificuldade encontrada para ensinar um conteúdo tão abstrato e complexo, além de sua dificuldade em aplicá-lo no dia a dia, que criamos esse material.

No intuito de desenvolver uma aprendizagem verdadeiramente significativa, fundamentada na teoria de David P. Ausubel, criamos essa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS -, amparada com o uso do Quiz PPOTT (Physics Phone On The Table) dentro da plataforma Socrative, que alinhados, formam o produto educacional apresentado ao Mestrado Nacional Profissional do Ensino de física, da Sociedade Brasileira de Física (SBF), pólo 59, vinculado à Universidade Federal do Acre (UFAC).

Infere-se, pois que esse material é de apoio ao professor, e que sua aplicação depende apenas do uso de tecnologias e um bom preparo com planejamento de física, concernente ao ensino de física moderna. Na certeza de que esse material pode ser útil, nos colocamos a disposição para eventuais dúvidas que possam surgir na tentativa de aplicabilidade.

Os autores

Prof. Érik Rocha de Oliveira  
[physics.erik@outlook.com](mailto:physics.erik@outlook.com)

Prof. Dr. Antônio Romero da Costa Pinheiro  
[aromerocp@gmail.com](mailto:aromerocp@gmail.com)

## UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DE FÍSICA MODERNA COM QUIZ NA PLATAFORMA SOCRATIVE

### 1. Sequência da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Física moderna

A apresentação de produto educacional, se refere a um Conjunto de Quizzes, que ao todo formam um único Quiz sobre a física moderna e sua relação com o cotidiano. Este, por sua vez, é inserido dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e aplicado dentro da plataforma Socrative. Um tutorial do uso da plataforma está disponível no Apêndice D deste documento.

Para tanto, elabora-se o quadro 1, proposto abaixo, que seja um guia de conteúdos e oscilações entre as aplicações. Que baseia o docente nas horas trabalhadas com cada conteúdo e a sequência de aplicação de cada um deles antes da aplicação do PPOTT. Ressalta-se ainda que qualquer recurso a conteúdo utilizado na elaboração deste trabalho, pode ser encontrado no apêndice E.

**Quadro 1:** Quadro com planejamento pedagógico dos conteúdos e seus respectivos horários disponíveis

Nº	Conteúdos	Principais objetivos	Quantidade de aulas
1	Revisão de ondas eletromagnéticas	Revisar possível defasagem dos alunos com relação ao comportamento da luz, além de introduzi-los a novas aplicabilidades de algumas ondas dentro do espectro eletromagnético no dia a dia dos alunos.	2 aulas (120 minutos)
2	Primeira aplicação do Quiz: A nova onda da física moderna SOC-46936588	Aplicação do Quiz	1 aula (60 minutos)
3	O surgimento da Física Quântica	Apresentar aos alunos a Biografia de Marx Planck bem como a sua teoria de Radiação de corpo negro. Falando um pouco sobre o experimento de Michelson-Morley e a crença da existência do éter.	1 aula (60 minutos)
4	Relatividade especial de Einstein	Introduzir os alunos à Física moderna, a partir da publicação do artigo de 1905 de Einstein. Mostrar também a adição de velocidades, a energia relativística e noção sobre a relatividade Geral.	2 aulas (120 minutos)
5	Efeito Fotoelétrico	Trabalhar com os alunos o Efeito fotoelétrico e suas aplicações no dia a dia	1 aula (60 minutos)

<b>6</b>	Segunda aplicação do Quiz: Física Moderna #challengeaccepted	Aplicação do Quiz	1 aula (60 minutos)
<b>7</b>	O modelo atômico de Bohr	Apresentar aos alunos a biografia de Niels Bohr e suas contribuições com as pesquisas sobre o átomo de hidrogênio.	1 aula (60 minutos)
<b>8</b>	Dualidade Onda-Partícula	Verificar com os alunos as mídias sobre o assunto, bem como, entender a luz e seus mistérios, complementando a teoria dos quanta de Planck.	2 aulas (120 minutos)
<b>9</b>	Princípio da Incerteza de Heisenberg	Apresentar as contribuições de Heisenberg a Física moderna, e o prêmio Nobel a partícula criada em reação nuclear no sol.	1 aula (60 minutos)
<b>10</b>	Última aplicação do Quiz: End Game	Aplicação do Quiz	1 aula (60 minutos)

**Fonte:** Próprio autor

Segue-se a construção da UEPS a partir do quadro 2, em 8 passos sequenciais, norteada de acordo com a (TAS) Teoria de aprendizagem de David Ausubel.

**Quadro 2:** Oito aspectos sequencias de acordo com Moreira (2011) para elaboração de uma UEPS.

<b>Aspectos sequenciais de uma UEPS</b>	<b>Desenvolvimento e aplicação do Quiz</b>
1. Definir o tópico a ser abordado, resgatando o conhecimento prévio, e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.	O conteúdo abordado é a física moderna
2. Proporcionar situações para externalizar o conhecimento prévio dos alunos.	Essa é a fase de aplicação do questionário
3. Introduções ao tópico com situações que relacionem a nova informação com o conhecimento prévio (subsunçor) e o novo conteúdo.	Etapa de passagem de séculos e evolução das leis físicas
4. Apresentar os conteúdos partindo dos assuntos mais gerais para os mais específicos.	Abordagem interativa do professor
5. Retomada dos aspectos mais gerais dos conteúdos, com progressiva complexidade e interação entre o grupo, envolvendo negociação e significados.	Resolução de exercícios propostos pelo material didático
6. Abordagem de maior complexidade, com diversificação das atividades em uma abordagem integradora e colaborativa.	Desafio em criar questões sobre o conteúdo
7. Avaliação Processual e formativa da aprendizagem	O questionário inicial é reaplicado

8. Avaliação da UEPS, seguindo evidências da Aprendizagem Significativa.	Quantificação de erros e acertos para mapeamento de possíveis melhorias do material
--	---

**Fonte:** (Souza, 2018. Pg. 2) apud (Moreira, 2011), adaptado pelo autor.

## 1.1 Conceitos de Física Moderna

### 1.1.1 *O Quiz Física Moderna*

O quiz, recebe a sigla de **PPOTT (Physics Phone On The Table)**, que em português traz a ideia de “A física do telefone sobre a mesa”. A ideia do nome, vem para facilitar o conhecimento e registrar o quiz, para que seja reconhecido de uma maneira diferente no mundo vasto de quizzes existentes sobre os mais variados assuntos.

Em primeiro plano, o PPOTT é considerado um Quiz sobre física moderna, dividido em três partes, com três diferentes tipos de respostas. O primeiro Quiz, é composto por dez questões de múltiplas escolhas, de (A-E), e é nomeado na plataforma Socrative como: A nova onda da física moderna, exposto no apêndice B.

A segunda parte do Quiz, é não um novo, mas a continuação do primeiro. Só que agora com respostas variando entre verdadeiro ou falso. É composto por 10 afirmações e é nomeado na plataforma Socrative como: Física Moderna #challengeaccepted. A hashtag é dada em função da sua constante utilização nas redes sociais pelos usuários quando tentam fazer uma coisa demasiadamente difícil, mas possível. Utilizada com o intuito de também chamar a atenção dos alunos para o exercício.

A terceira etapa, é dada em consonância com a finalidade da aplicação do conteúdo de física moderna na classe. Esse por sua vez, foi nomeado de: End Game – PPOTT; em homenagem ao encerramento de uma saga de super-heróis no cinema, que usam muitas vezes da expressão mecânica quântica nas suas produções, e também por usarmos as imagens de alguns heróis que o compõe, com o objetivo de manter uma dinâmica interacional com os alunos. É composto de 5 questões subjetivas que devem ser respondidas com expressões curtas, uma opção também disponível na plataforma Socrative.

No quadro abaixo, nomeamos os Quiz, com suas respectivas partes e disponibilizamos o código de compartilhamento dentro da plataforma, dessa forma, outros professores que optarem por cadastro no Socrative, poderão utilizar do Quiz em sua totalidade se assim lhes for útil. Também disponibilizamos um link direto para tornar prático o seu acesso.

**Quadro 3:** O produto educacional na plataforma Socrative

<b>Nome do Quiz (Questionário PPOTT)</b>	<b>Código do PPOTT no Socrative</b>	<b>URL do questionário</b>
A nova onda da física moderna	SOC-46936588	<a href="https://b.socrative.com/teacher/#import-quiz/46936588">https://b.socrative.com/teacher/#import-quiz/46936588</a>
Física Moderna #challengeaccepted	SOC-47032829	<a href="https://b.socrative.com/teacher/#import-quiz/47032829">https://b.socrative.com/teacher/#import-quiz/47032829</a>
End Game - PPOTT	SOC-47035750	<a href="https://b.socrative.com/teacher/#import-quiz/47035750">https://b.socrative.com/teacher/#import-quiz/47035750</a>

. **Fonte:** Próprio autor

### 1.1.2 *Uma conversa sobre física Moderna*

O professor apresenta a unidade para os alunos, para que saibam o que irão estudar. Nesse caso é introduzida a primeira ideia da física moderna. Na intenção de ouvir mais subjetivamente o que os alunos sabem. Orienta-se os alunos a sentarem em círculo a fim de mudar a dinâmica da sala.

Na conversa premeditada com os alunos, questiona-se, se a física, é aplicada no seu dia a dia. E se sim, onde especificamente ela pode atuar. Para tanto, de acordo com o quadro 2, formula-se um quadro de possíveis perguntas que podem ser utilizadas pelo professor, para aprimorar o possível debate dos alunos.

**Quadro 4:** possíveis perguntas que podem ser feitas pelo professor para introduzir o assunto de física moderna.

Você já usou/viu ou usou algo que contivesse física hoje?
Você acredita que vai usar a física que aprende na escola algum dia na sua vida?
Vocês podem apontar alguma coisa dentro da sala que contenha princípios físicos?
Seus parentes já disseram que algo era místico (atribuído a algum deus) e você tinha certeza que se tratava de um fato científico?
Algum de vocês se ver trabalhando em alguma profissão que se utilize muito da física?

**Fonte:** Próprio autor

As perguntas funcionam como aguçadores de memória que farão o aluno fazer um esforço maior tentando assimilar aquilo que eles consideram útil da física no seu dia a dia. É importante o

controle das falas dos alunos para que estas não se tornem empecilhos para uma boa conversa com a turma. Nesse momento, o professor deve se mostrar extremamente preparado para responder grande parte das perguntas, humilde para descobrir junto com os alunos aquilo que ambos possam não conhecer, e firme para mediar o controle de sala.

## **1.2 Externalizando o conhecimento Prévio e fazendo o levantamento dos subsunções**

A importância de aplicação do questionário inicial, justifica-se a partir da relação do conhecimento prévio que o educador deve possuir dos seus alunos, em função das experiências de aprendizagem que o aluno já possui. Além de mapear a afinidade com a metodologia proposta pelo docente. Para tanto, o pré-teste mapeia o conhecimento e a funcionalidade dos alunos em relação ao uso de tecnologias ao mesmo tempo que o nivela para a relação da física moderna com o cotidiano.

Disponibilizamos a aplicação do teste na opção de compartilhamento na plataforma Socrative através do código **SOC-42280950**, que também pode ser baixado através do uso da internet e aplicado de maneira manual aos alunos. Em caso de possíveis imprevistos com o uso da internet, o docente pode optar por esse meio, podendo usar o questionário editado para aplicação manual no APÊNDICE A.

Salientamos que o uso interativo com as tecnologias é fator intrínseco de assimilação do conteúdo com a física moderna. Portanto, não recomenda-se a aplicação manual, através de folhas impressas.

## **2. Guia de aplicabilidade**

### **2.1 A interatividade com a turma (1)**

Nesta aula, é proposto que os alunos levem exames de raio x, tomografias, lasers, protetor solar, como se fosse uma amostra prática das ondas que estão estudando. Na ideia de compartilhar histórias entre eles, como também entender o funcionamento de cada onda dentro de sua respectiva aplicação. O professor pode separar algumas amostras de determinadas pessoas, para expor aos demais alunos em frente a turma. Podendo optar em critério de escolha por fraturas mais graves até diferentes FPS nos produtos.

Ao fim dessa etapa os alunos deverão responder ao Quiz PPOTT (parte1), exposto no APÊNDICE B desta unidade, denominado de “A nova onda da Física Moderna”. Código do Socrative SOC-46936588.

### **2.2 A interatividade com a turma (2)**

Agora que você professor, já conhece um pouco mais sobre o conhecimento prévio e os subsunçores dos alunos, fala-se da interatividade com a turma nesse processo.

Inicia-se a aula, fazendo questionamentos da aula anterior, que os remeta a lembrar do processo e dos conteúdos abordados. Podendo até se usar do quadro 4, de possíveis perguntas para o professor.

Essa aula deve especificamente ocorrer no ambiente da sala de informática, para que o aluno possa se sentir fora do ambiente padronizado de ensino. Afinal, a física moderna não é nada padronizada.

Peçam que iniciem seus computadores no vídeo publicado pela BBC<sup>1</sup>, disponível no link <https://youtu.be/fwzzgJOLZkM>. Após a visualização do vídeo opta-se por uma aula expositiva, onde o professor possa recorrer ao material didático usado em sala (respectivo livro de física).

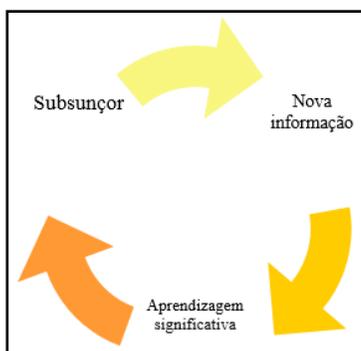
---

<sup>1</sup> BBC World Service é um serviço de rede pública de televisão do Reino Unido.

### 3. Retomada do conteúdo com complexidade e negociação dos significados

A retomada do conteúdo com os alunos se dará de maneira progressiva, uma vez que o professor utilizará de cada nova informação agravada como um novo subsunçor para uma informação mais sólida.

**Figura 1:** Demonstração da ancoragem da nova informação junto ao subsunçor gerando uma aprendizagem significativa



**Fonte:** Próprio autor

Abaixo relaciona-se uma possível prática que pode ser abordada pelo professor, como é o caso da criação 3D de um buraco negro, podendo ser representada de uma das formas previstas pelo quadro 5 e 6 abaixo:

**Quadro 5:** Roteiro para confecção de buraco negro 3D

<b>Materiais utilizados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ 1 bola de isopor grande oca por dentro</li><li>❖ 3 folhas de papel isopor</li><li>❖ Tinta guache da cor preta, azul e branca</li><li>❖ Palitos de churrasco / palitos de dente</li><li>❖ Glitter Azul e lilás.</li><li>❖ Pincéis</li></ul>
<b>Confecção</b>	<p>Pode se dividir a turma em grupos, ou um grupo pode dividir a tarefa por pessoas.</p> <p>Serão divididos em duas partes, a primeira é a confecção da pintura da bola de isopor do centro, que deve ser completamente pintada de preto, para aferir que a luz também pode ser sugada pelo buraco negro.</p> <p>As folhas de isopor em formato retângulo devem ser cortadas no molde de um círculo do tamanho da bola de isopor que você tem.</p> <p>Após isso, deve também ser pintado, de cor preta, o molde circular cortado.</p> <p>O glitter no formato azul e lilás, deve ser jogado ainda com a tinta fresca para fixar no horizonte de eventos.</p>

Após isso, as hastes que formam o horizonte de eventos devem ser fixadas com palitos de dentes ou de fósforo.

**Fonte:** Próprio autor.

**Quadro 6:** Roteiro para confecção de buraco negro 3D com tecido de lycra

<b>Materiais utilizados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ 2 metros quadrados de tecido de lycra preto</li><li>❖ Bolinhas de metal e/ou bolinhas de gude</li></ul>
<b>Confecção</b>	Nesse processo não existe uma confecção específica do material, e sim o método de utilização. O professor deve pedir que os alunos estiquem o tecido preto, de modo a representar o espaço tempo contínuo, onde as bolinhas de gude, ou bolinha de metal podem ser soltas no tecido, fazendo uma pequena dobra ao seu redor, representado a dobra do espaço-tempo. A exemplificação fica ainda maior com o aumento da massa do objeto escolhido. Maiores massas podem representar corpos massivos do universo, enquanto menores massas podem representar luas e/ou outros satélites, bem como meteoros e até planetas anões. A criatividade é o limite.

**Fonte:** Próprio autor

As práticas acima supracitadas devem chegar ao similar da figura 2 abaixo, podendo ambas serem utilizadas em sala, ou dependendo da carga horária da disciplina e do desenvolver dos conteúdos, apenas uma das práticas ser aplicadas

**Figura 2:** Demonstração tridimensional de um buraco negro e seu horizonte de eventos.



**Fonte:** Próprio autor

Nessa etapa opta-se pela aplicação da segunda parte do Quiz, nomeado de Física Moderna #challengeaccepted, código do Socrative SOC-47032829, que contará com questões afirmativas, onde o aluno deverá dizer se tal, é verdadeira ou falsa.

Os alunos são previamente avisados do Quiz, mas não de seu funcionamento de respostas até o momento de ter que responde-lo. O elemento surpresa, o deixa preparado a esperar uma coisa diferente na parte 3 do exercício (a terceira aplicação do Quiz). Isso faz com que ele precise retomar conteúdos já vistos, como fixar conteúdos daquela aula, ou do último visto em sala.

### **3.1 Abordagem integradora, diversificando o aprendizado**

Após a aplicação do questionário (parte 2 do Quis), o professor deve revisar cada afirmativa. Para isso, opta-se pela montagem de grupos, podendo ser divididos em grupos de 4 ou 5 alunos, e estes devem dizer por que cada uma das alternativas no Quis 2 são falsas, bem como dizer porque as verdadeiras se justificam.

A atividade em grupo para debate do Quis. Leva os alunos a compartilharem saberes ainda não solidificados na mente de alguns. Além de entrarem em consenso sobre o conteúdo. Criando assim novas questões sobre a física não presentes no Quiz.

### **3.2 Avaliação Processual e formativa da aprendizagem**

Essa avaliação é dada com a última aplicação do PPOTT, a parte 3, nomeada de End Game-PPOTT, código do Socrative SOC-47035750. Disponível no apêndice D.

Essa parte é formada por 5 questões subjetivas onde os alunos precisarão formular suas próprias respostas curtas. Essa avaliação continua, camuflada dentro do Quiz, pode retirar o peso do nervosismo, pressionados pela necessidade de nota ao fim do bimestre, fazendo com que os alunos, estejam unicamente focados em aprender de verdade, senso sinceros com seus próprios conhecimentos prévios e aprendizagem efetiva.

### 3.3 Execução da UEPS

As aulas de física acontecem 3 vezes na semana. Ou seja, semanalmente os alunos possuem 180 minutos de aulas de física. Subdividido em um encontro com 120 minutos e 1 encontro de 60. Portanto, algumas aulas acabaram se subdividindo e tendo que ser continuadas na próxima semana.

O primeiro encontro durou 60 minutos e foi destinado a aplicação do questionário, que mapearia os subsunçores dos alunos, como também traria informações sobre o uso da tecnologia no cotidiano deles. Além disso, focou-se em alguns conteúdos específicos, para testar os conhecimentos mais profundos de física moderna e sua relação aplicável a eles. Conteúdos, tais como: Efeito Fotoelétrico, radiação do corpo negro, emissão de radiação e aplicação de ondas.

Essa análise feita a partir do teste inicial, levanta o conhecimento prévio dos alunos além de ajudar os professores a focalizar em que parte do conteúdo deverão ter uma atenção redobrada e qual a linguagem mais compatível para aquela turma.

O segundo e terceiro encontro consistiu em uma espécie de revisão do conteúdo anterior, mas que é considerado por várias literaturas como parte essencial da física moderna. Focou-se no Espectro Eletromagnético e as ondas provenientes dentro de sua exploração. Portanto, os alunos revisaram os conteúdos de luz visível, ondas de rádio, ondas de raio x, raios gama, radiação ultravioleta, radiação infravermelha, micro-ondas e laser. Para tanto, postou-se na plataforma dos alunos em forma de tarefa, que estes deveriam levar para a sala de aula, radiografias, tomografias, ultrassonografias, Walk talks, protetor solar, ou qualquer outro equipamento que pudesse ser utilizando dentro desses conteúdos como aplicação prática.

Os alunos se divertiram com fotos de fraturas das mais variadas, desde a quebra do braço por brincar de pega pega, como fraturas múltiplas por acidentes de trânsito. Dividiu-se os alunos em grupos conforme os objetos que eles tinham levado, e dessa forma, os equipamentos era reversado por grupos a cada cinco minutos. Este encontro serviu como introdução dos conteúdos propostos para formalizar assim a primeira etapa de uma UEPS.

O quarto encontro foi destinado a aplicação da primeira parte do Quiz PPOTT, código do Socrative: SOC-46936588; nomeado de “A nova onda da física moderna”, no intuito de revisar de

maneira prática essa primeira parte. Com muita responsabilidade e seriedade os alunos tiveram 60 minutos para responde-los.

O quinto, sexto e sétimo encontro foram destinados a submersão na física moderna já evoluída no longo do século XX. Os principais nomes trabalhados foram os de Marx Planck, Albert Einstein e Michelson-Morley. Trabalhou-se um pouco da biografia destes e o rompimento da física moderna com os dogmas da física clássica, para tanto utilizou-se o vídeo: Quer que desenhe-gravidade, do canal de humor, um sábado qualquer, disponível no link <https://youtu.be/jSSVmJItv8E> . Essa parte da sequência didática é denominada pela UEPS como sendo a situação inicial, dessa forma, dando sequência a um conteúdo anterior como fator inicial para o desenvolvimento do conteúdo posterior.

Após explicada a teoria da relatividade, desdobra-se um grande tecido da cor preta de modo que todos os alunos conseguissem segurá-lo com altura de um metro a nível do chão. Depois de bem esticado, considera-se que este tecido era o espaço tempo, coloca-se um ímã com peso de aproximadamente um kg no centro do tecido de modo que os alunos percebessem a deformação, por mais bem esticado que ele estivesse. Na sequência, joga-se bolinhas de metal em formato elíptico ao ímã no meio no tecido, para representar dessa forma, a nova concepção da gravidade formulada por Einstein na teoria da relatividade e ondas gravitacionais. Essa parte do trabalho foi amparado por uma maquete tridimensional de um buraco negro, representando com muitas cores em seu horizonte de eventos.

No oitavo encontro, começa-se fazendo uma rápida revisão sobre a aula anterior no intuito de resgatar os assuntos explorados. E nesse encontro se trabalhou com a formulação de problemas iniciais para um novo assunto, seguindo o viés de uma UEPS.

Se trabalhou o efeito fotoelétrico, onde um engenheiro elétrico convidado, explicou o funcionamento das placas solares e sua relação com a descoberta de Einstein. Monta-se um quadro no meio da aula chamado de pergunte ao engenheiro, onde os alunos tiveram a oportunidade de fazer algumas perguntas em uma roda de conversa com ele. Destaca-se algumas das perguntas que foram feitas ao engenheiro e que acha-se plausível para o desenvolvimento da aula.

**Quadro 7:** Perguntas efetuadas pelos alunos durante o quadro pergunte ao engenheiro

<b>Aluno A</b>	Você já levou choque enquanto instalava uma placa solar?
<b>Aluno B</b>	O choque tem alguma coisa relacionada ao efeito fotoelétrico?
<b>Aluno C</b>	Vi que existe muita aplicação da física nessa área, todas as engenharias funcionam dessa forma?
<b>Aluno D</b>	Existe alguma aplicação do efeito fotoelétrico dentro da física médica?

**Fonte:** Próprio autor

Várias aplicações foram citadas pelos participantes nessa aula para a utilização do efeito fotoelétrico no dia a dia, o que mostrava um nível de preparação muito grande para que os alunos respondessem a parte 2 do quiz PPOOT.

O nono encontro foi destinado a essa aplicação, os alunos tiveram o tempo de um horário para responder ao questionário (60 minutos), que foi muito bem utilizado por eles. Apesar de serem afirmativas, todos mostraram grande empenho em tentar acertar o máximo que questões. Nenhum aluno finalizou o questionário antes de decorridos 35 minutos de aplicação dessa parte do Quiz (código do Socrative SOC-47032829).

Esse encontro é acentuado por uma UEPS, como sendo a parte que os alunos produzem ou manipulam os experimentos, como a aplicação da física moderna está presente na própria internet que os rodeia, optou-se pela aplicação dessa parte do Quiz. Uma vez que os alunos já tinham manipulado o desdobramento do espaço tempo com o tecido.

O décimo encontro iniciou com a correção do questionário Quiz Física Moderna (parte 2), e se estendeu com o estudo do átomo de hidrogênio de Bohr. Os alunos produziram a partir de bolinhas de isopor, átomos de Prótio, Deutério e Trítio. Trabalha-se várias aplicações industriais e em petroquímicas.

A dualidade onda partícula foi o tema do Décimo primeiro encontro. A aula começou com a aplicação do vídeo “Física Quântica (Dr. Quantum) Fenda Dupla - Dublado PT” disponível no link (<https://youtu.be/UtPf0XYQzFI>). Trabalha-se com um laser e também projeta-se o experimento de fenda dupla no laboratório junto com os alunos.

O décimo segundo e décimo terceiro encontro foi projetado para o conteúdo do princípio da incerteza de Heisenberg. Nessa proposta, optou-se por uma aula expositiva dialogada

integradora, onde poder-se-ia reaver o princípio da incerteza nos conteúdos já estudados retomando os conteúdos como orienta uma UEPS.

Paralelos a cada etapa seguida, os alunos seguiam o material didático e resolviam os exercícios propostos, incluindo aqueles envolvendo cálculos sobre a temática.

No décimo quarto encontro, os alunos realizaram a última resolução do Quiz Física Moderna (parte 3) (código do Socrative SOC-47035750), denominado de End Game. Nesta por sua vez, os alunos tinham 5 questões subjetivas e o tempo que levaram para resolver as outras duas partes, 60 minutos.

Decorridos 30 dias de término da aplicação do último Quiz Física Moderna, reaplica-se o questionário inicial, agora denominado de pós-teste, na intenção de mapear a aprendizagem significativa dos alunos adquiridas na execução da UEPS.

#### **4. Avaliação da UEPS**

A avaliação da UEPS, é dada conforme a aplicação do questionário Inicial. O mesmo questionário aplicado antes da formulação dos conteúdos. Esse por sua vez será uma via de mão dupla. Os alunos serão avaliados mediante aprendizagem que apresentarem na resolução dos quizzes, e também deverão apresentar acertos significativos quando comparados ao questionário inicial.

**Total de encontros (60 minutos):** 13 a 15 encontros

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Diana, et al. Micro-ondas. Escola Superior Agraria de Coimbra. Processamento geral de alimentos, 2010.

ALVES, R. M. M. et al. O Quiz como recurso pedagógico no processo educacional: apresentação de um objeto de aprendizagem. In: **XIII Congresso Internacional de Tecnologia na Educação. Pernambuco**. 2015.

ANASTACIO, Marco Antonio Sanches; VOELZKE, Marcos Rincon. O uso do aplicativo Socrative como ferramenta de engajamento no processo de aprendizagem: uma aplicação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no ensino de Física. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. 17, 2020.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

AUSUBEL, David P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. **Lisboa: Plátano**, v. 1, 2003.

AUSUBEL, David Paul et al. Educational psychology: A cognitive view. 1968.

AUSUBEL, David Paul. Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. **Elam, S. (Comp.)**, v. 211, p. 239, 1973.

AWEDH, Mohammad et al. Using Socrative and Smartphones for the support of collaborative learning. **arXiv preprint arXiv:1501.01276**, 2015.

BARRETO, Raquel Goulart. Tecnologia e educação: trabalho e formação docente. **Educação & Sociedade**, v. 25, n. 89, p. 1181-1201, 2004.

BARROS, A. et al. Sobre a contração de Lorentz-Fitzgerald. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 621-623, 2005.

BECQUEREL, M. E. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences**, v. 9, p. 561-567, 1839.

BETZ, Michel; LIMA, Ismael de; MUSSATTO, Gabriel. Dualidade onda-partícula: um objeto de aprendizagem baseado no interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 3501.1-3501.8, 2009.

BOHR, Niels; MARTINS, JL Rodrigues; TRAD. DE EGÍDIO NAMORADO. Sobre a constituição de átomos e moléculas. **Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian**, 1979.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. Base Nacional Curricular Comum. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> Acesso em: 01 de abril de 2020

CARDEIRA, Ana Mafalda. **Caracterização material e técnica das "Académias de Nu" de José Veloso Salgado, pertencentes à colecção da FBAUL**. 2014. Tese de Doutorado.

CHECHIA, Valéria Aparecida; ANDRADE, Antônio dos Santos. O desempenho escolar dos filhos na percepção de pais de alunos com sucesso e insucesso escolar. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 10, n. 3, p. 431-440, 2005.

CHUIEIRE, Mary Stela Ferreira. Concepções sobre a avaliação escolar. **Estudos em avaliação educacional**, v. 19, n. 39, p. 49-64, 2008.

DA SILVEIRA, Fernando L.; DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 27-55, 2006.

DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; MOREIRA, Alysson Magalhães. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

DE MOURA, Fábio Andrade; VIANNA, Pedro Oliveira. O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 3, p. 14, 2019.

DE OLIVEIRA, Terezinha Marisa Ribeiro; AMARAL, Carmem Lúcia Costa. O uso do aplicativo socrative como ferramenta de diagnóstico e intervenção no ensino da matemática. **CIET: EnPED**, 2018.

DEVECHI, Catia Piccolo Viero; TREVISAN, Amarildo Luiz. Sobre a proximidade do senso comum das pesquisas qualitativas em educação: positividade ou simples decadência? **Revista Brasileira de Educação**, v. 15, n. 43, p. 148-161, 2010.

DINER, Simon et al. (Ed.). **The Wave-particle dualism: a tribute to Louis de Broglie on his 90th birthday**. Springer Science & Business Media, 2012.

EFEITO fotoelétrico e Compton, a física quântica é maravilhosa. Disponível em: <https://efeitofotoeletricoecompton.webnode.com.br/efeito-compton/aplica%c3%a7%c3%a3o/>. Acesso em: 20 de Abril de 2020.

EINSTEIN, A. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. *Annalen der physik*, v. 322, n. 6, p. 132-148, 1905.

FARIA, Elaine Turk. O professor e as novas tecnologias. **Ser professor**, v. 4, p. 57-72, 2004.

FIGUEIREDO, Nélia Maria Almeida de. (Org.). **Método e Metodologia na Pesquisa Científica**. s.l., **Difusão Editora**, 2004, 247 p.

FONTAL, Bernardo; SUÁREZ, Trino; REYES, Maricela. El espectro electromagnético y sus aplicaciones. **Escuela de La Ingeniería**, v. 1, p. 24, 2005.

FRANKLIN, Allan. Doing much about nothing. **Archive for history of exact sciences**, v. 58, n. 4, p. 323-379, 2004.

GEORGES, A. A. D. et al. Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. **Physics Letters B**, v. 716, n. 1, p. 1-29, 2012.

GIBERT, Armando. **Origens históricas da física moderna: introdução abreviada**. 1982.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio; HERSCOVITZ, Victoria E. Uma proposta para o ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 444-457, 2001.

GRIEBELER, Adriane. Inserção de tópicos de física quântica no ensino médio através de uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Lume repositório digital**. 2012.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

GUIDONI, Marcio. Como a Radiação Ultravioleta Causa o Foto envelhecimento da Pele. Disponível em: <http://marcioguidoni.com.br/midia/post/do/action/code/NTM>. Acesso em: 08 de junho de 2020.

HEISENBERG, Werner. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. In: **Original Scientific Papers Wissenschaftliche Originalarbeiten**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1985. p. 478-504.

HELERBROCK "Espectro eletromagnético"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 04 de junho

HOLTON, Gerald James; ELKANA, Yehuda. **Albert Einstein: Historical and cultural perspectives**. Courier Corporation, 1997.

JUNIOR, Ramalho F.; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, Paulo A. de toledo; **Os fundamentos da Física 3**. Editora Moderna, 9ª edição. São Paulo, 2007.

KLEPPNER, Daniel. Relendo Einstein sobre radiação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 87-91, 2005.

LEONEL, André Ary et al. Nanociência e Nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 2012.

LOPES, Ângela Tenilly Ribeiro. A importância do planejamento para o sucesso escolar. 2014.

MANGILI, Arthur Issa. Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 6, p. 32-48, 2012.

MEIRELLES, S. Fernando. *FGV EAESP*. Pesquisa anual de TI. **FGV EAESP**. São Paulo. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa> Acesso em: 21 de abril de 2019

MICHA, D. N. P, et al. Enxergando no escuro: A física do invisível. **A Física na Escola** (Online), v.12, p. 19-, 2011.

MICHELSON, Albert A. ART. XXI.--The relative motion of the Earth and the Luminiferous ether. **American Journal of Science (1880-1910)**, v. 22, n. 128, p. 120, 1881.

MILL, Tarvo et al. Road surface surveying using terrestrial laser scanner and total station technologies. In: **Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE**. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, 2011. p. 1142.

MOREIRA, Marco A. A Teoria da aprendizagem Significativa Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. **Porto Alegre, Brasil**, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física**, 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino. **Anais online do IX Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, p. 4, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino. **Anais online do IX Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, p. 17-19, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas–UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas–UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOTA, Carolina Pimenta et al. Sistema de visão por infravermelho próximo para monitoramento de processos de soldagem a arco. 2011.

MULLIGAN, Joseph F. Heinrich Hertz and Philipp Lenard: two distinguished physicists, two disparate men. **Physics in Perspective**, v. 1, n. 4, p. 345-366, 1999.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; NEVES, L. S.; RAMALHO, Betânia Leite. Uma reflexão em relação ao estudo da mecânica quântica: o caso do principio da incerteza. **OEI-Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653) Espanha**, p. 1, 2003.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Eletromagnetismo (vol. 3)**. Editora Blucher, 2015.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.

PAIS, Abraham. **Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein: The Science and the Life of Albert Einstein**. Oxford University Press, USA, 1982.

PATRIOTA, Maria Eduarda de Proença Rosa. O impacto da tecnologia móvel no relacionamento interpessoal da Geração Z. 2015.

PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PHEULA, Arieta de França; SOUZA, Eduardo Chaves de. Estudo sobre comportamento dos jovens das gerações Y e Z quando conectados à internet. **ScientiaTec**, v. 3, n. 1, p. 54-94, 2016.

PRADO, Cláudia; VAZ, Débora Rodrigues; ALMEIDA, Denise Maria de. Teoria da aprendizagem significativa: elaboração e avaliação de aula virtual na plataforma Moodle. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 64, n. 6, p. 114-1121, 2011.

RENN, Jürgen. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 27, n. 1, p. 27-36, 2005.

RODITI, Itzhak. **Dicionário Houaiss de física**. Editora Objetiva, 2005..

RUTHERFORD, E.; GEIGER, H. An electrical method of counting the number of  $\alpha$ -particles from radioactive substances. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 81, n. 546, p. 141-161, 1908.

RUTHERFORD, Ernest; GEIGER, Hans. Anais da Royal Society de Londres. Série A, Contendo trabalhos de caráter matemático e físico, v. 81, n. 546, p. 141-161, 1908. /

SALES, Gilvandenys L.; LEITE, Eliana A. Moreira; VASCONSELOS, FHL. Quiz online como Suporte à Aprendizagem de Física no Ensino Médio. In: **Nuevas Ideas en Informática Educativa. In: nuevas ideas em Informática educativa: Memorias del XVI Congreso Internacional de Informática Educativa, Santiago de Chile**. 2014.

SAMPAIO, Brendo Mesquita; ALMEIDA, Rafael Pessoa. Quiz dominó de física: jogos adaptados como recurso pedagógico no ensino de Física1. **IV Congresso Nacional de Educação**. Fortaleza, 2019.

SANCHES, Mônica Bordim. A física moderna e contemporânea no ensino médio: qual sua presença em sala de aula. Universidade Estadual de Maringá. 2006.

SANCHES. JM Ron. El Origen y Desarrollo de la Relatividad (Alianza Universidad, Madrid, 1983).

SANT'ANNA, Blaidi et al. **Conexões com a Física**. São Paulo: Moderna, 1º edição, v. 3, 2010.

SEARS, F. ZEMANSKY, M. YOUNG, H. Física: **Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica**, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 922, 1973.

SEEL, Norbert M. (Ed.). **Encyclopedia of the Sciences of Learning**. Springer Science & Business Media, 2011.

SEIXAS, Wladimir. O Princípio DA RELATIVIDADE—DE GALILEU A EINSTEIN. **Revista Brasileira de História da Matemática**, v. 5, p. 43-56, 2005.

SILVA, Cármen A.; HALPERNI, Fernando Barros E. Sílvia C.; SILVA, Luciana A. Meninas bem-comportadas, boas alunas; meninos inteligentes, indisciplinados. **Cadernos de Pesquisa**, n. 107, p. 207-225, 1999.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Efeito Compton"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasile scola.uol.com.br/fisica/efeito-compton.htm>. Acesso em 12 de junho de 2020.

SILVA, Flavio Urbano da. Uso de Quiz em smartphones visando o auxílio na aprendizagem de física no ensino médio. **Dissertação de Mestrado MNPEF**, IFRN, 2015.

SILVA, Oreci Escobar da et al. Estudo do exchange bias em filmes finos de NiFe/FeMn (bicamadas) E NiFe/IrMn (multicamadas). 2016.

SOCRATIVE teacher. 2020. Disponível em: <https://socrative.com/apps/>. Acesso em: 6 de junho de 2020.

SOUZA, Graziela Ferreira; PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) na pesquisa brasileira: identificando tendências e traçando possibilidades, **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**. 2018.

SOUZA, José Carlos et al. Quiz and Games as Previous Knowledge Organizers: A Medical Training Experience Report. **Creative Education**, v. 11, n. 1, p. 68-76, 2020.

TAUHATA, Luiz et al. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. CBPF, 2003.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Revista conceitos**, v. 10, p. 55-60, 2004.

THORNDIKE E. L. Career Achievement Award. **America Psychological Association** disponível em: <https://www.apa.org/about/awards/div-15-thorndike> . Acesso em: 24 de março de 2020.

TOKANAI, Fuyuki et al. Performance of optical imaging capillary plate gas detector with synchrotron radiation. **IEEE transactions on nuclear science**, v. 53, n. 3, p. 1634-1642, 2006.

TORRES, Carlos magno A. [et al.] **Física: ciência e tecnologia**, Editora Moderna. São Paulo, 2016.

UFRGS. Física Moderna. Rio Grande do Sul: Wolfgang Christian et al. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod01/index.html>. acesso em: (03 de abril de 2020).

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, p. 17, 2006.

VETTORI, Marcelo; ZARO, Milton Antonio. Avaliação do Socrative App como ferramenta auxiliar de ensino para a construção de aprendizagens significativas em uma disciplina de física geral a partir do Peer Instruction. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2016. p. 190.

WEBER, Maíra Amélia Leite; BEHRENS, Marilda Aparecida. Paradigmas educacionais e o ensino com a utilização de mídias. **Revista Intersaberes**, v. 5, n. 10, p. 245-270, 2012.

WIKIWAND. Radiação eletromagnética. Disponível em: [https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica7](https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica7). Acesso em: 08 de abril de 2019

YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 57-67, 2009.

## APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO INICIAL/FINAL – PRÉ TESTE/PÓSTESTE

### QUESTIONÁRIO DE FÍSICA MODERNA

Nome:

Data:



## Questionário de Física Moderna

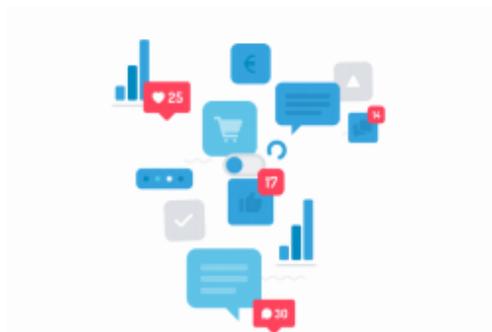
**1.** Caríssimo (a) aluno, este questionário faz parte de um levantamento realizado pelo mestrando **Érik Rocha de Oliveira**, discente do Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física (MNPEF). Um dos seus principais objetivos consiste em buscar subsídios para o entendimento do seu cognitivo a respeito do conteúdo de física moderna. E, subsidiar a construção de novas metodologias de execução para o ensino, que tenham como preocupação assegurar o ensino aprendizagem com qualidade. As informações que você registrará servirão de base para um diagnóstico, cujo objetivo é levantar um perfil cognitivo do seu entendimento sobre física moderna. Suas respostas são importantes para compormos um quadro avaliativo da situação e dos desafios enfrentados no seu cotidiano de estudante. Os dados que nos forem apresentados neste questionário não serão divulgados individualmente, sendo tratados somente por processos estatísticos e relatórios analíticos. Desde já agradecemos a sua colaboração e nos colocamos a sua disposição para quaisquer dúvidas e/ou informações complementares.

Em caso de aceite com os termos supracitados, selecione a opção **VERDADEIRO**. Em discordância do método exposto, por favor marcar **FALSO**.

(V) VERDADEIRO

(F) FALSO

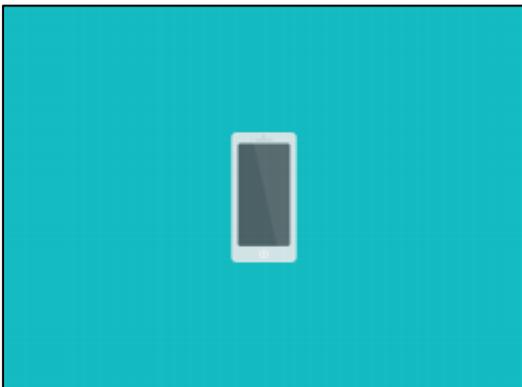
**2.** Como você costuma utilizar seu tempo livre ?



- a) Lendo Livros
- b) Assistindo televisão
- c) Mexendo no telefone
- d) Saindo com os amigos
- e) Utilizando o computador
- f) Interagindo com os pais

**Imagem disponível em:** <https://ismailbolden.files.wordpress.com/2019/08/e3af65bb-cef3-4272-998e-20d9ae611613-1258-000001167cc7764a.gif?w=640>

**3.** Você gosta de brincar com jogos ou sites interativos no seu Smart Phone?



- a) Muito
- b) Frequentemente
- c) Algumas vezes
- d) Raramente
- e) Não gosto de Jogos

Imagem disponível em: <http://gph.is/2fgXSRC>

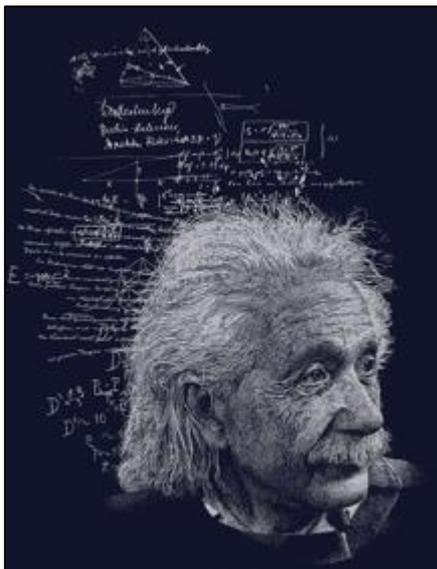
**4.** Levando em consideração as aulas lecionadas durante o ano letivo. Você acredita que as aulas em sala de aula têm seguido o ritmo do crescimento tecnológico, isto é, os professores usam esses recursos?



Imagem disponível em: <https://i.makeagif.com/media/11-06-2016/tG3PHE.gif>

- a) Os professores UTILIZAM MUITOS recursos tecnológicos e a aula é atrativa.
- b) Os professores UTILIZAM POUCOS recursos tecnológicos e a aula é atrativa.
- c) Os professores NÃO UTILIZAM recursos tecnológicos e a aula é atrativa.
- d) Os professores NÃO UTILIZAM recursos tecnológicos e a aula NÃO é atrativa.
- e) Não sei opinar diante dessa afirmação.

5. Qual das alternativas abaixo você acredita ser o conceito de Física Moderna?

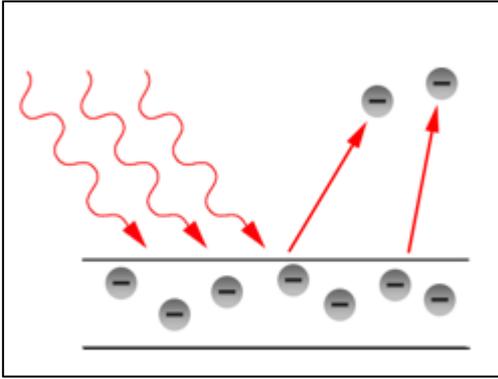


**Imagem disponível em:**

<https://i.pinimg.com/originals/30/1c/50/301c50799e6ea65aeb01c9a51f0a7d62.jpg>

- a) Física moderna é a parte da física que utiliza os conceitos que surgiram no início do século XX com a mecânica quântica e com a relatividade especial.
- b) Física moderna é o conjunto de teorias surgidas no começo do ano de 2000, iniciando com a descoberta das Ondas Gravitacionais provando a Teoria da Relatividade e as alterações no entendimento científico daí decorrentes, bem como todas as teorias posteriores.
- c) Física moderna é o conjunto de teorias surgidas no começo do ano de 2000, iniciando com a descoberta das Ondas Gravitacionais e os Buracos Negros, com as alterações no entendimento científico daí decorrentes, bem como todas as teorias posteriores.
- d) Física moderna é toda a física estudada durante os 3 anos de ensino médio, englobando os mais diversos conteúdos e suas contribuições para as tecnologias hoje existentes.
- e) Não sei o conceito de física moderna.

**6.** O efeito fotoelétrico, fenômeno estudado por Albert Einstein que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física, consiste no fenômeno que se manifesta pela liberação de elétrons quando determinadas substâncias são submetidas à radiação eletromagnética. Este fenômeno é compatível com a mecânica quântica e com os fótons que são quanta da radiação eletromagnética. A partir disso, que fenômeno do cotidiano pode se relacionar com esse fenômeno?



**Imagem disponível em:**

[https://static.todamateria.com.br/upload/ph/ot/photoelectric\\_effect\\_1.jpg](https://static.todamateria.com.br/upload/ph/ot/photoelectric_effect_1.jpg)

- a) As portas automáticas e as placas solares
- b) As Tv's de plasma e os óculos escuros
- c) Os óculos 3d e a TV de tubo
- d) Buraco de minhoca e Buraco negro
- e) Viagem no tempo e teletransporte

**7. Quais dos conceitos abaixo se relaciona com A TEORIA DA RELATIVIDADE ?**

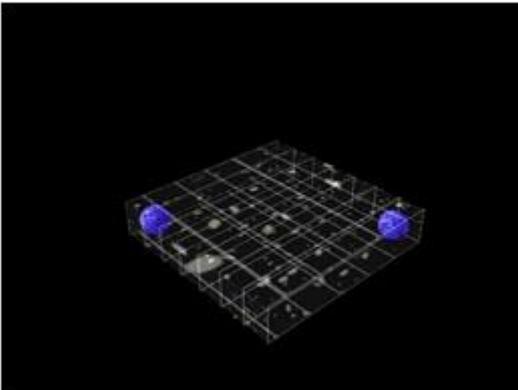


Imagem disponível em: <https://fu2re.files.wordpress.com/2010/06/graviton.gif?w=549>

- a) Sistemas de GPS
- b) Viagem no tempo
- c) Carro em alta velocidade
- d) TV de plasma
- e) Geladeira em funcionamento

**8.** 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.



**Imagem disponível em:**

[https://pa1.narvii.com/6455/ff903b65c827e80f86c69603d871d51772622a86\\_hq.gif](https://pa1.narvii.com/6455/ff903b65c827e80f86c69603d871d51772622a86_hq.gif)

- a) Luz visível
- b) Raios Gama
- c) Ultravioleta
- d) Infravermelho
- e) Micro-ondas

**9.** 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:



**Imagem disponível em:** <https://bluebus-wp.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2014/01/xray-skeleton.gif>

- a) Elétrons
- b) Fótons
- c) Prótons
- d) Nêutrons
- e) Pósitrons

**10.** Que alternativas abaixo podem melhor definir Corpo Negro no conteúdo de "Radiação de Corpo Negro" ?



**Imagem disponível em:** <https://blog.borealld.com.br/wp-content/uploads/2018/12/lampada-filamento-carbono-led-vintage.jpg>

- a) Corpo hipotético que absorve totalmente qualquer radiação que sobre ele incide e para o qual nenhuma radiação é refletida. permanecendo em equilíbrio em relação a radiação incidente e por ela emitida a qualquer temperatura dada. Um reservatório com um único e pequeno orifício se comporta de maneira semelhante a um corpo negro.
- b) É definido como corpo negro todo corpo completamente opaco. Toda matéria que se encontra em um estado solido ou líquido, também conhecido como matéria condensada, emite um espectro contínuo de frequências. Ou seja, existem espaços vazios no espectro.
- c) É um ramo da física hipotético que pode emitir luz negra e matéria escura.
- d) É a radiação que ocorre por meio de Energia Escura , incidente em metais ou ametais que podem ser encontrados dentro de buracos negros. Objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida.

## APÊNDICE B - QUIZ PPOTT (PARTE 1)

### A NOVA ONDA DA FÍSICA MODERNA

Nome:

Data:



## A nova Onda da Física Moderna

1. A cor preta em um tabuleiro de Xadrez, significa AUSÊNCIA de cor ?



Disponível em: <http://www.queroxadrez.com.br/products/product-8191a17ab74ab092bce62dd32d3993bd03600ef1.jpg>

a) A cor preta é uma cor como qualquer outra .

**b) A cor preta pode ser considerada como ausência total da reflexão da Luz.**

c) A cor preta não tem relação direta com a luz, mas pode se manifestar de diferentes formas e escalas, incluindo o cinza.

d) Todas as cores são ondas cerebrais manipuladas pelo nervo óptico, codificadas e enviadas até o cérebro.

e) A cor preta não significa ausência de cor, pois o próprio nome já sugere que é uma cor.

2. Por que o céu é azul ?



Disponível em: <https://th.bing.com/th/id/OIP.HDm8qFODMvfiBnMnIBSBAGHaEo?pid=Api&rs=1>

- a) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de **DISPERSÃO LUMINOSA**. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhadas que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.
- b) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de **REFLEXÃO GASOSA**. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhadas que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.
- c) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de **REFLEXÃO ATMOSFÉRICA DA LUZ VÍSEL**. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhadas que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.
- d) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de **REFRAÇÃO DOS GASES ATMOSFÉRICOS**. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhadas que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.
- e) Porque ele reflete a cor da água do mar.

3. Você já viu uma televisão como essa? Qual o princípio físico que a representa?



**Disponível em:** <https://abrilveja.files.wordpress.com/2016/12/tv-tubo.jpg?quality=70&strip=info>

- a) A tela é recoberta por um vidro especial que é atingido por prótons emitidos pelo canhão protônico e acelerado em baixas velocidades. E a parte quadrada de trás é um computador embutido.
- b) As imagens são recepcionadas através de um sensor dentro da TV, que retransmite a imagem modulada no formato quântico.
- c) As antenas presentes nos televisores de tubo, recepcionam a imagem através de ondas

de rádio que codificam a imagens e a transformam em luz.

d) Todos os televisores funcionam da mesma forma, com computações que vão melhorando ao longo do tempo, mas o funcionamento é o mesmo.

e) **A tela é recoberta por um material fluorescente que é atingido por elétrons emitidos pelo canhão eletrônico e acelerado a altíssimas velocidades. O impacto desses elétrons na tela produz luz e forma, conseqüentemente, as imagens.**

4. Como explicar a diferença de temperatura entre o alimento e o prato após aquecido no Micro-ondas ?



Disponível em: <https://moveissimonetti.vteximg.com.br/arquivos/ids/159395-300-300/48692.jpg?v=636277967154030000>

a) Isso ocorre, porque o micro-ondas só aquece alimentos que ele identifica previamente por um scanner presente dentro do de seu interior, direcionando o aquecimento só para os alimentos. Os recipientes não aquecem pois são desprezados pelos sensores.

b) Os recipientes não são aquecidos pois são sólidos, e o micro-ondas é programados pelo magnetron, apenas para alimentos com baixa densidade.

c) A micro-ondas aquece tanto os alimentos quanto os recipientes de igual forma, entretanto os alimentos são suscetíveis a aquecerem mais rápido, e os recipientes não, pois possuem uma resistência maior.

d) **Isso ocorre porque os alimentos possuem moléculas de água, pelos quais o micro-ondas provoca rotações nas moléculas, causando atrito entre elas, o que aumenta a agitação molecular e esquentam os alimentos. E os recipientes não são aquecidos pela ausência dessas moléculas de água.**

e) O micro ondas é uma onda como qualquer outra, aquecendo os alimentos que possuem moléculas de água e os recipientes de igual forma, só que com menor intensidade.

5. Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen descobriu os raios X, que são usados principalmente na área médica e industrial. Esses raios são:



Disponível em: <http://bluebus-wp.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2014/01/hand.gif>

- a) Radiações formadas por partículas alfa com grande poder de penetração.
- b) Radiações formadas por elétrons dotados de grandes velocidades.
- c) Ondas eletromagnéticas de frequências maiores que as das ondas ultravioletas.
- d) Ondas eletromagnéticas de frequências menores do que as das ondas luminosas.
- e) Ondas eletromagnéticas de frequências iguais as das ondas infravermelhas.

6. Analise o fenômeno descrito: Incide nas regiões claras e escuras e retorna a informação para o sensor. Os dados viram sinais elétricos e são processados por um computador. A qual aparelho/fenômeno esta se referindo ?



Disponível em: [https://i.ytimg.com/vi/Bx\\_5wMYNIRc/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/Bx_5wMYNIRc/maxresdefault.jpg)

- a) O laser - Cirurgia Ocular
- b) O laser - O leitor código de Barras
- c) O laser - Mísseis teleguiados
- d) O controle Remoto - Radiação Infravermelho
- e) Laser - Leitor de Cd e Dvd

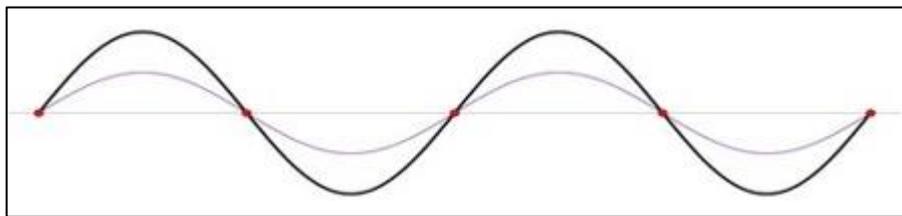
7. O funcionamento de televisores, rádios e celulares se dá por meio da transmissão da informação a partir da antena do emissor até o aparelho do usuário. A propagação dessa informação ocorre sob a forma de ondas:



Disponível em: [https://img.freepik.com/free-vector/young-couple-talking-on-the-phone-vector-illustration\\_1212-963.jpg?size=338&ext=jpg](https://img.freepik.com/free-vector/young-couple-talking-on-the-phone-vector-illustration_1212-963.jpg?size=338&ext=jpg)

- a) eletromagnéticas, que são formadas pela oscilação de um campo elétrico e um magnético perpendiculares entre si.
- b) sonoras, que transportam energia e entram em ressonância com os elétrons das antenas desses equipamentos.
- c) de pressão, que oscilam em movimento harmônico simples (MHS) com amplitude proporcional à frequência do sinal.
- d) gravitacionais, que são ondulações na curvatura espaço- tempo, previstas pela teoria da relatividade geral.
- e) Duais, que funcionam tanto de maneira mecânica quanto eletromagnética.

8. Considere M para ondas do tipo mecânica e E para ondas do tipo eletromagnéticas.



Disponível em: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Standing\\_wave\\_2.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Standing_wave_2.gif)

- Ondas do mar.
- Ondas sonoras.
- Ondas de radiofrequência.
- Ondas nas cordas de um piano.
- Bluetooth.
- Raios X.
- Ondas produzidas pelo aparelho de ultrassonografia.

- a) M,M,M,E,M,E,M
- b) M,M,E,M,E,E,M**
- c) M,M,M,M,E,E,E
- d) E,E,E,E,E,E,E
- e) E,E,E,M,M,M,M

9. Qual o tipo de Ultravioleta usado para o bronzeamento da pele ?



Disponível em: [https://cdn.pixabay.com/photo/2017/10/28/21/39/cartoon-2898206\\_340.png](https://cdn.pixabay.com/photo/2017/10/28/21/39/cartoon-2898206_340.png)

- a) Ultra violeta longo : UV-A**
- b) Ultra violeta médio : UV-B
- c) Ultra violeta curto : UV-C
- d) Ultra Violeta curto : UV-A
- e) Ultra violeta longo : UV-C

10. Qual o princípio físico que rege o funcionamento do controle remoto ?



Disponível em: [https://i.ytimg.com/vi/ml2ZqmC\\_aIs/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/ml2ZqmC_aIs/maxresdefault.jpg)

- a) Micro-ondas
- b) Raios Ultravioletas
- c) Raios Gama
- d) Raios Infravermelho**
- e) Raios x

APÊNDICE B - QUIZ PPOTT (PARTE 2)  
FÍSICA MODERNA #CHALLENGEACCEPTED

Nome:

Data:



## Física Moderna #challengeaccepted

1. A radiação com maior poder de penetração no organismo humano é a **Radiação Gama**.



- VERDADEIRO  
 FALSO

Disponível em: <https://th.bing.com/th/id/OIP. iyEc2CLLOcc-lghHdDMGAAAAA?pid=Api&rs=1>

2. Os raios X se constituem em um feixe de **Elétrons**.



- VERDADEIRO  
 FALSO

Disponível em: [https://i.ytimg.com/vi/AT7Ho\\_17SnA/hqdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/AT7Ho_17SnA/hqdefault.jpg)

3. Uma das fórmulas mais famosas da física moderna é  $E=mc^2$ , onde (C) é igual a **velocidade**.



- VERDADEIRO  
 FALSO

Disponível em: <https://th.bing.com/th/id/OIP.qnSEUqI8FETAohZhQAIHYQHAIId?pid=Api&rs=1> . .

4. É proibido fotografar em museus, pois o flash da câmera pode adulterar a cor dos quadros, devido a emissão de fótons. Gerando exposição das obras à radiação ultravioleta



( X ) VERDADEIRO  
( ) FALSO

Disponível em: <https://vladcordeiro.files.wordpress.com/2013/01/proibido-flash.jpg?w=228>

5. Considerando a teoria da relatividade, é possível medir um objeto com a mesma régua e obter valores muito diferentes?



( X ) VERDADEIRO  
( ) FALSO

Disponível em: <https://2.bp.blogspot.com/-79c5l8BDdBeg/WEYT-XYbCDI/AAAAAAAAAHJ0/4V5N3LtS5-09XIfN1g-qzX-WCgmtxZyTACLcB/s1600/top-10-the-flash-gifts-lover-running-gif-dc-comics.gif>

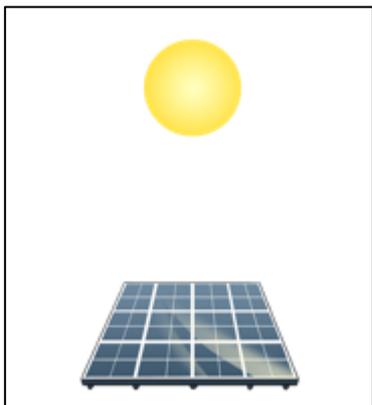
6. O carvão em chamas em um churrasco de domingo, pode ser considerado um corpo negro IDEAL ?



( ) VERDADEIRO  
( X ) FALSO

Disponível em: <https://i.ytimg.com/vi/dEdNS4xY85k/maxresdefault.jpg>

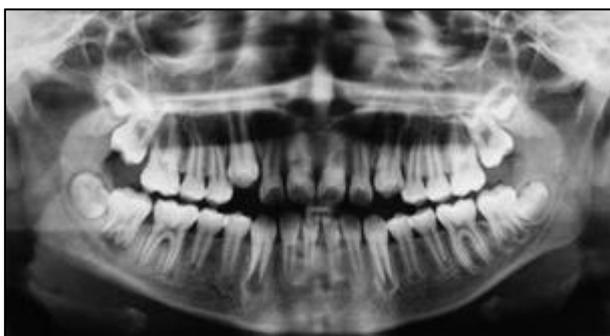
7. É possível obter corrente elétrica iluminando um pedaço de metal ?



( X ) VERDADEIRO  
( ) FALSO

Disponível em: <http://addinpower.com/images/solar/solar.gif>

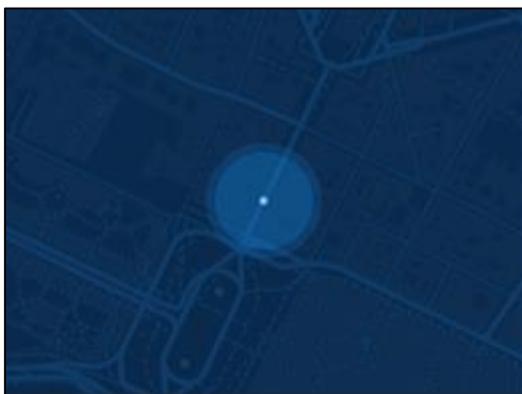
8. Na prática, os processos Compton e fotoelétrico, contribuem ambos, para a produção da radiografia.



( X ) VERDADEIRO  
( ) FALSO

Disponível em: <https://th.bing.com/th/id/OIP.eTe2NUqkofDPBFrzdju36AHaEC?pid=Api&rs=1>

9. Os dispositivos de GPS são programados para realizar as correções necessárias com cálculos baseados na relatividade de Einstein.



( X ) VERDADEIRO  
( ) FALSO

Disponível em: <https://cdn.dribbble.com/users/20752/screenshots/2125432/dot-animation.gif>

10. A utilização da física moderna ainda não é muito aplicada na área da saúde. Não sendo realidade ainda, a sua utilização para o tratamento de doenças, como o câncer por exemplo.



- ( ) VERDADEIRO  
( X ) FALSO

Disponível em: [https://static.medicoresponde.com.br/imagens/img/ca/nc/cancer%20pulmao\\_c.jpg](https://static.medicoresponde.com.br/imagens/img/ca/nc/cancer%20pulmao_c.jpg)

## APÊNDICE B - QUIZ PPOTT (PARTE 3)

### END GAME - PPOTT

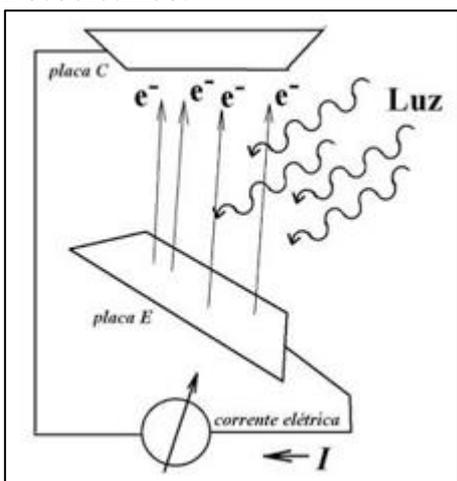
Nome:

Data:



## End Game – PPOTT

1. Cite uma aplicação do dia a dia que envolva o uso do fenômeno: Efeito Fotoelétrico.



---

---

---

---

---

Disponível em: [http://1.bp.blogspot.com/-LkyZj2tBmnQ/UhZSxfPkyrI/AAAAAAAAAJ0/9woJOw\\_2dmg/s1600/efeito+fotoelettrico.png](http://1.bp.blogspot.com/-LkyZj2tBmnQ/UhZSxfPkyrI/AAAAAAAAAJ0/9woJOw_2dmg/s1600/efeito+fotoelettrico.png)

2. Cite uma aplicação do dia a dia que use o raio Laser.



---

---

---

---

---

Disponível em: <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-aaa676db378c8880ca4ada8af3ca6498>

3. Cite um eletrodoméstico/aparelho que use em seu funcionamento mais de um conceito de física moderna.



---

---

---

---

---

---

---

---

Disponível em: <http://3.bp.blogspot.com/-ktAjxrIBZOc/UXIzE7RTRBI/AAAAAAAAAoNk/oG22h3qF0I4/w1200-h630-p-k-no-nu/dxj9zb1i.jpg>

4. Diga quais conceitos de física moderna podem ser encontrados em um smartphone?



---

---

---

---

---

---

Disponível em: [https://s3-us-west-2.amazonaws.com/hs-production-blog/blog/wp-content/uploads/2017/02/03111816/headspace\\_blog\\_phone-phobia\\_feature\\_v3.gif](https://s3-us-west-2.amazonaws.com/hs-production-blog/blog/wp-content/uploads/2017/02/03111816/headspace_blog_phone-phobia_feature_v3.gif)

5. Cite o nome de 3 físicos que foram essenciais no desenvolvimento da física moderna para como a conhecemos hoje.



---

---

---

---

---

---

---

---

Disponível em: [https://img.buzzfeed.com/buzzfeed-static/static/2016-06/8/23/asset/buzzfeed-prod-web04/anigif\\_sub-buzz-25599-1465442422-2.gif](https://img.buzzfeed.com/buzzfeed-static/static/2016-06/8/23/asset/buzzfeed-prod-web04/anigif_sub-buzz-25599-1465442422-2.gif)

## APÊNDICE C – TUTORIAL DE USO DA PLATAFORMA SOCRATIVE

O Socrative é uma aplicação simples de elaboração de questionários (preparação de testes, quizzes, etc.) que pode ser usada em sala de aula para receber feedback em tempo real da aprendizagem do aluno. Dessa forma, o professor pode instantaneamente acompanhar as respostas de todos os alunos, e ainda preparar uma corrida entre grupos. Para tanto, apresentarem um tutorial rápido de uso da plataforma.

Para o uso da plataforma basta acessar o site: [www.socrative.com](http://www.socrative.com), onde na opção entrada, opta-se pelo login como: professor ou aluno.

**Figura 1:** Pagina inicial da plataforma Socrative

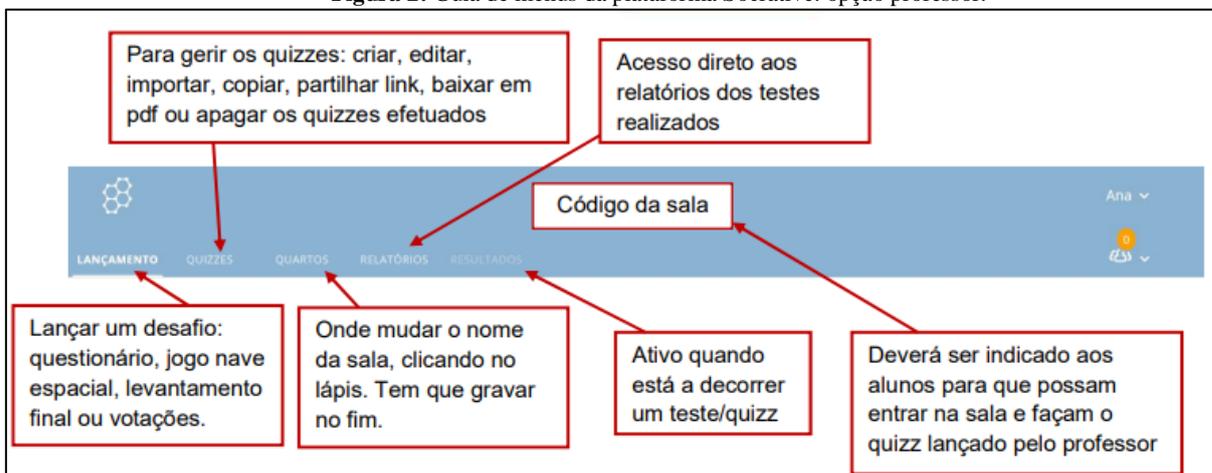


**Fonte:** Workshop, 2020. Pg. 1

Caso opte pela opção **Teacher Login** (opção de login como professor), o mesmo deverá se cadastrar na plataforma para ter acesso ao seu número/nome de sala. Caso opte pela opção **Student Login** (opção de login como aluno), este só irá precisar inserir o nome da sala disponibilizada pelo professor no momento de criação do seu próprio Login.

Atualmente existe uma versão gratuita da plataforma que permite ao professor criar apenas uma sala. Mas, o mesmo pode optar por uma opção “Pro<sup>2</sup>”, com alguns recursos a mais disponíveis, como exemplo um número maior de salas.

**Figura 2:** Guia de menus da plataforma Socrative: opção professor.



**Fonte:** (Workshop, 2020. Pg. 1)

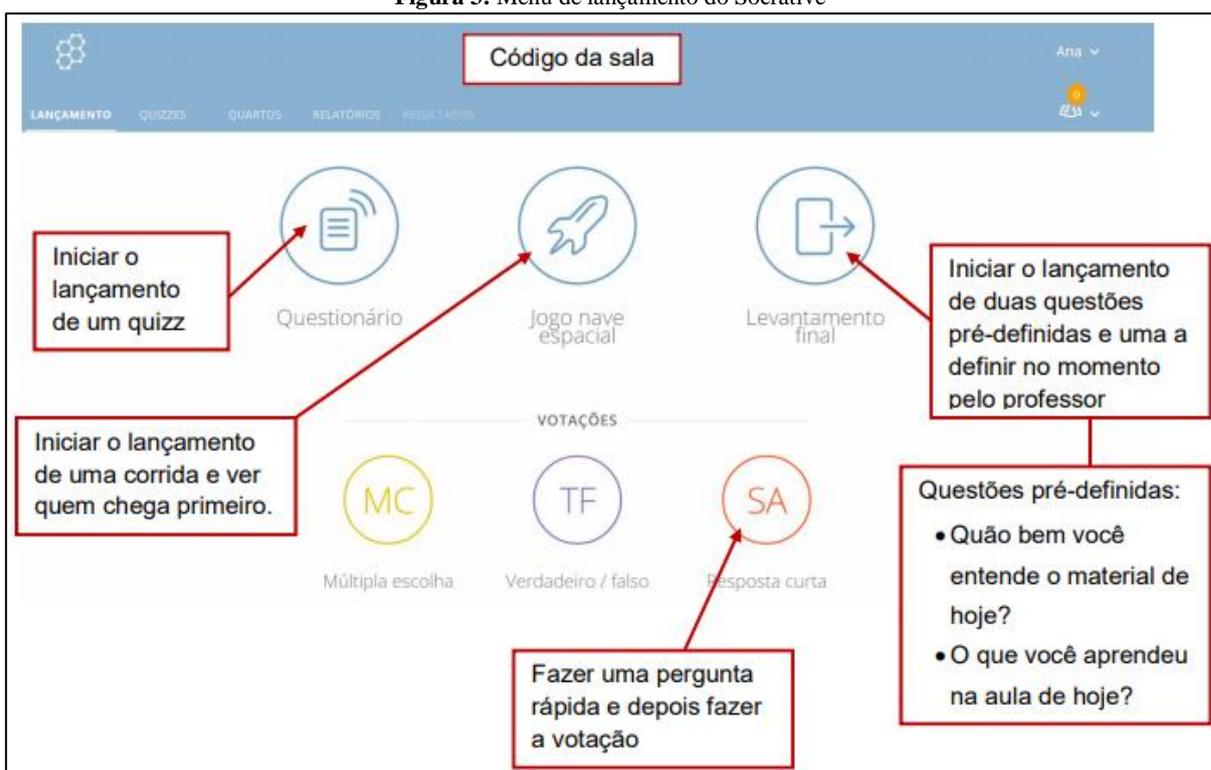
<sup>2</sup> Versão paga da plataforma

A partir do menu de entrada, figura 2, o professor pode optar por lançar um questionário, na opção “**lançamento**”, ou ainda fazer a votação sobre determinado assunto. Isso faz com que ele tenha uma interatividade instantânea com a turma e a tecnologia.

Na opção Quartos/Salas, ele pode mudar o nome da sua sala, para a maneira que o convém. Na aplicação desse produto, batizamos o nome da sala de MNPEF, em decorrência do Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física. A opção Quizzes, Relatórios e Resultados exploraremos um pouco mais adiante.

Retornando ao Menu de lançamento, são apresentadas as seguintes opções, conforme a figura 3 abaixo:

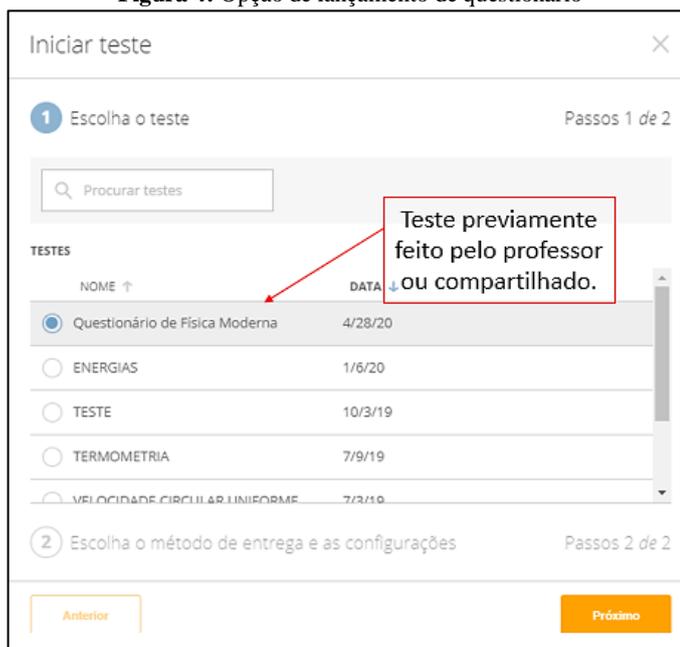
**Figura 3:** Menu de lançamento do Socrative



**Fonte:** (Workshop, 2020. Pg. 2)

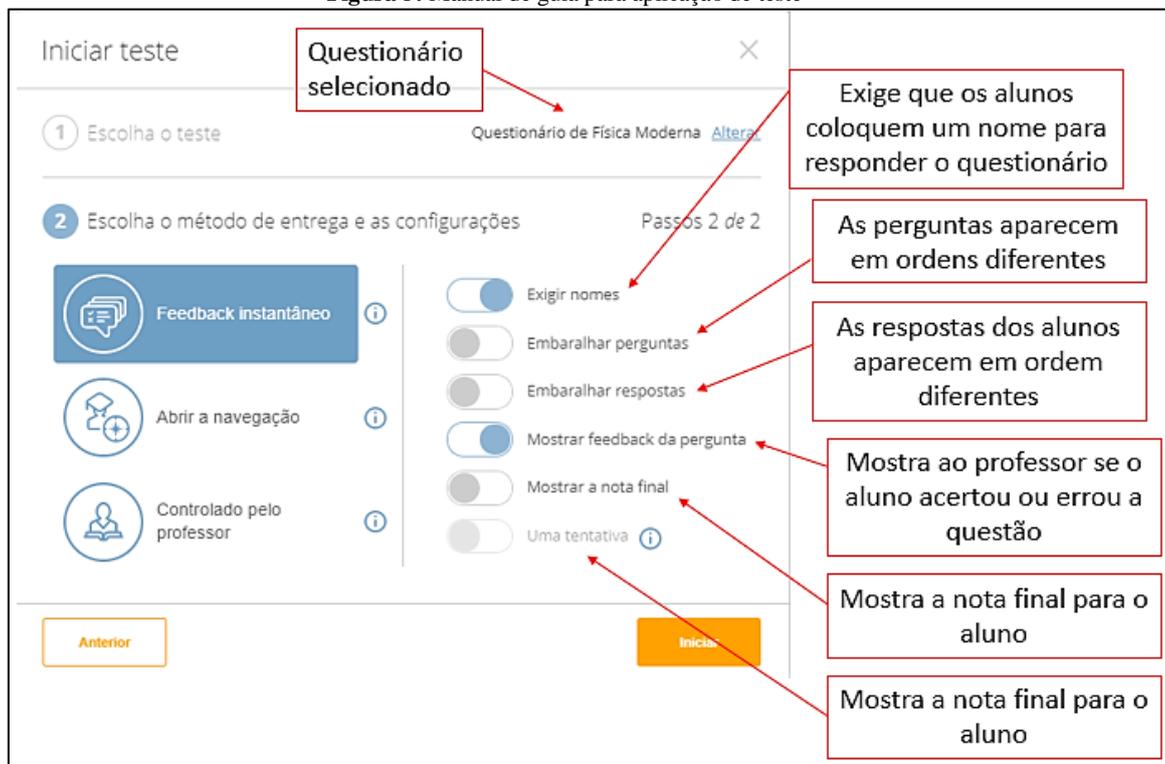
O professor pode optar pelo lançamento de um Quiz individual para ser respondido com ou sem tempo determinado pelos alunos no menu de “**Lançamento**”, na opção **Questionário**; De acordo essa opção de aplicação de teste, o professor pode adequar o questionário na maneira que melhor convém na aula, conforme figura 4 e 5 abaixo:

**Figura 4:** Opção de lançamento de questionário



Fonte: Próprio autor

**Figura 5:** Manual de guia para aplicação de teste



Fonte: Próprio autor

O resultado é o acompanhamento em tempo real do professor com as respostas dos alunos, visualizando o índice de acertos e/ou erros de cada questão, conforme figura 6 abaixo:

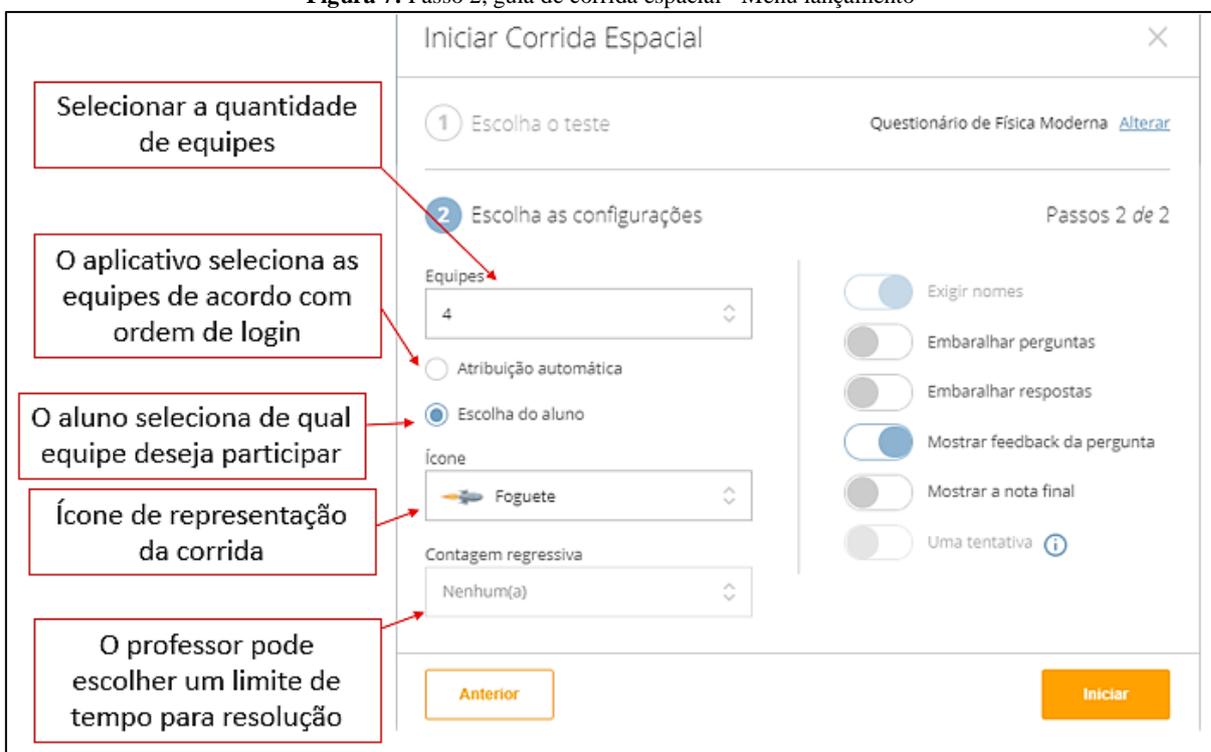
**Figura 6:** Acompanhamento em tempo real das respostas dos alunos



Fonte: Próprio Autor

A segunda opção no menu Lançamento, de acordo com a figura 2, é o “**Jogo nave espacial**”, onde o mediador pode dividir os alunos por grupos ou trata-los de maneira individual para uma espécie de corrida contra o tempo para resolução do exercício. Ao clicar nessa opção, o professor seleciona novamente qual Quiz deseja aplicar conforme figura 4, e é redirecionado para a parte representada na figura 7 abaixo:

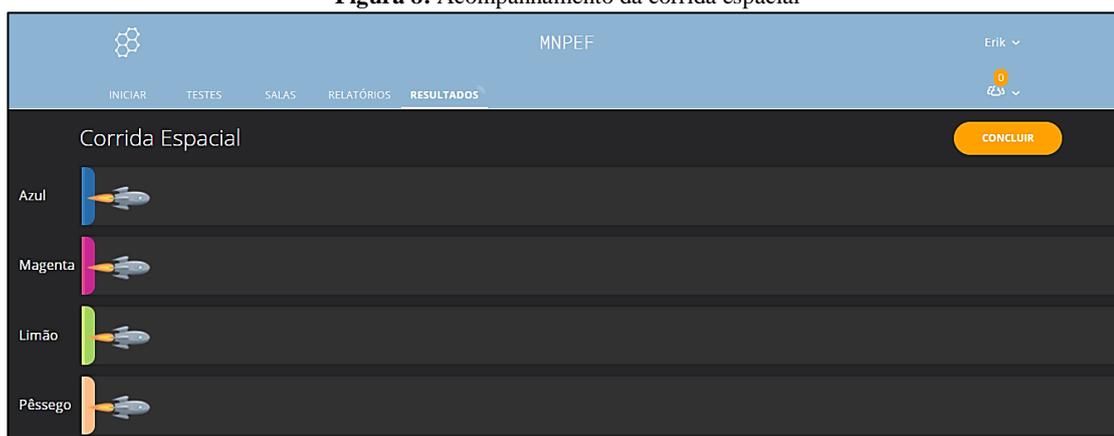
**Figura 7:** Passo 2, guia de corrida espacial - Menu lançamento



Fonte: Próprio Autor

Depois de configurado a corrida espacial, uma tela de controle de grupos pode ser projetada pelo professor no Data Show da sala, para que os alunos acompanhem também em tempo real, que grupo está ganhando a corrida, conforme figura 8 abaixo:

**Figura 8:** Acompanhamento da corrida espacial

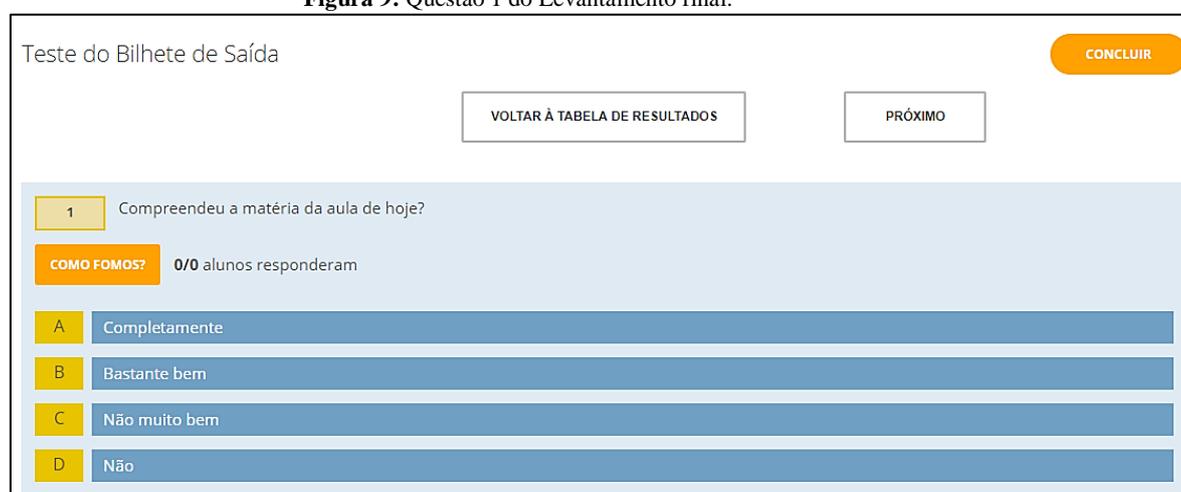


**Fonte:** Próprio Autor

Observamos que os grupos ganham nomes de cores pelas quais são representados em foguetes, o primeiro a completar o quadrante com a sua cor, vence. Nesse caso o professor pode definir quantos lugares irá considerar para os vencedores, se 1, 2, 3 ou todos serão ganhadores. Vale observar que o importante não é o ganhador, e sim a quantidade de respostas corretas pelos alunos e a análise de absorção do conteúdo que está sendo aplicado.

A terceira opção no menu de lançamento, é o Bilhete de saída, ou, de acordo com a figura 3, o **Levantamento Final**. Nessa parte, os alunos podem responder o que aprenderam da aula. Geralmente o bilhete de saída é apenas 3 questões, recomendadas pelo aplicativo visando inferir o aprendizado e progresso do aluno naquela aula. Essas questões recomendadas podem ser alteradas da forma que melhor for conveniente para o professor, podendo assim variar de docente para docente.

**Figura 9:** Questão 1 do Levantamento final.



**Fonte:** Próprio Autor

Salienta-se a importância do feedback ao professor do andamento da aula, para que possa se auto corrigir em aulas posteriores e verificar assuntos que porventura não tenham se

fixado completamente no entendimento dos alunos. Daí a importância de uma aba como essa na plataforma.

O professor pode ainda, em decorrência da aula, questionar aos alunos através das opções de Pergunta Rápida

**Figura 10:** Menu de respostas rápidas MC/TF/SA



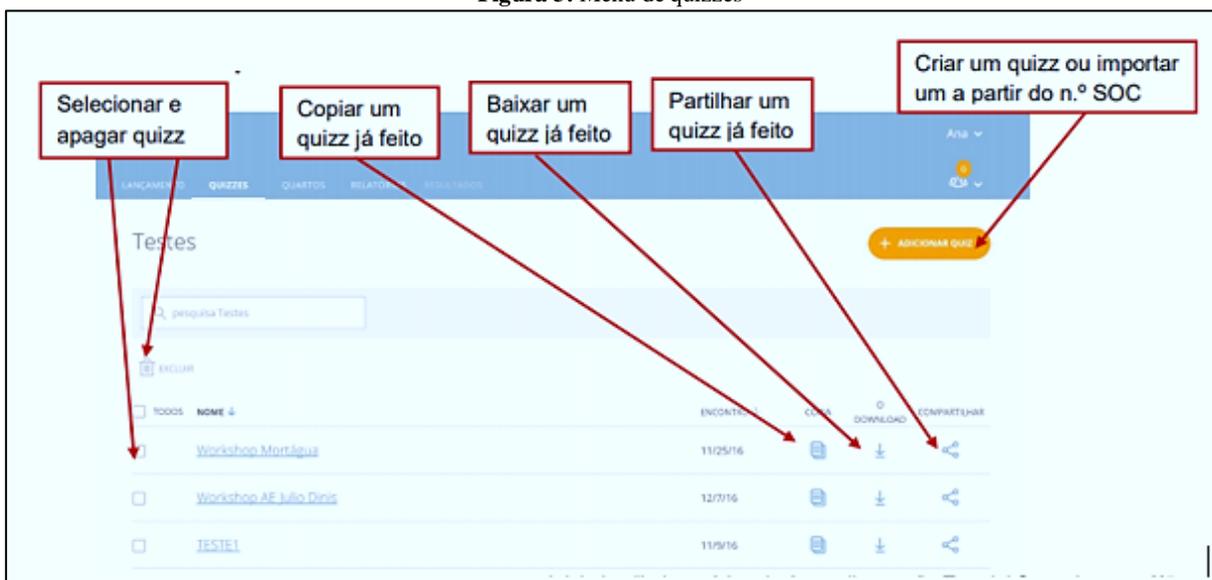
**Fonte:** Próprio Autor

Na opção **MC**, ele elabora uma questão de múltiplas escolhas; no **TF**, uma questão de verdadeiro ou falso; e no **AS**, uma questão que pode ser respondida em poucas palavras. Todas elas podem ser acompanhadas também em tempo real pelo professor, para identificar se os alunos estão concentrados durante a aula.

Já no menu de Quizzes, apresentado na figura 2, o professor tem várias opções. Dentre elas, podemos destacar: a criação de um novo Quiz, selecionar e apagar e copiar um teste já existente; tudo isso para trabalhar em sala de aula a partir do conteúdo, não se restringindo somente a criação de conteúdo de física, mas estendido as mais variáveis disciplinas.

O professor pode explorar a opção de dividir um Quiz feito por ele com um novo professor, dessa forma, docentes de outras escolas, estados e até de outros países, podem dividir seus materiais dentro da plataforma.

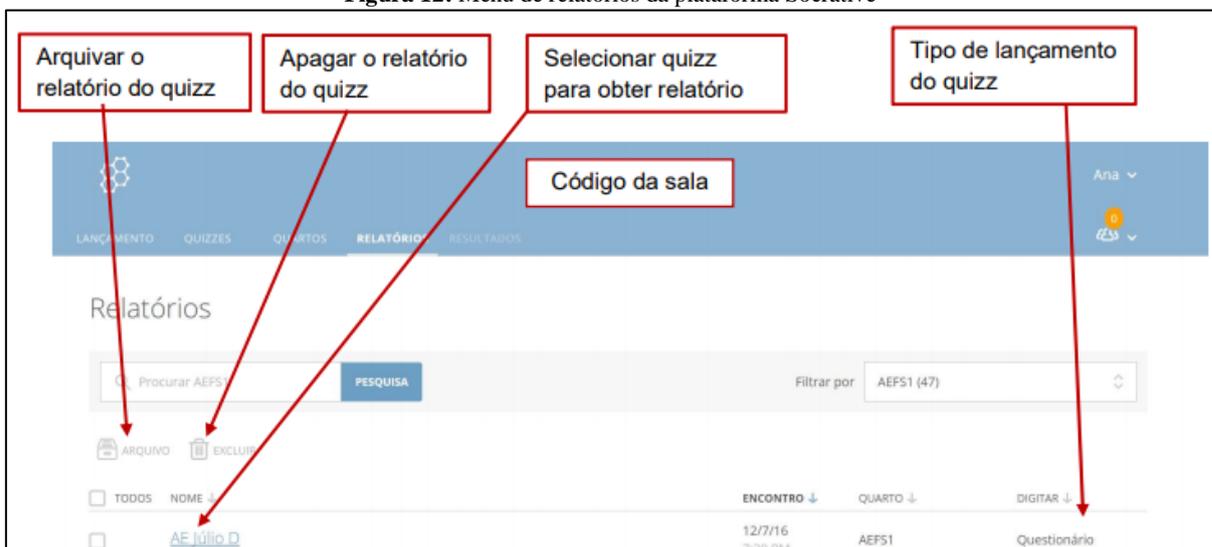
Figura 3: Menu de quizzes



Fonte: (Workshop, 2020. Pg. 2)

Após aplicado o Quiz, o professor tem acesso ao menu de relatórios, onde pode acompanhar o desenvolvimento dos alunos ou grupos se assim desejar. Visualizando, por exemplo a questão com maior percentual de erro e/ou acertos.

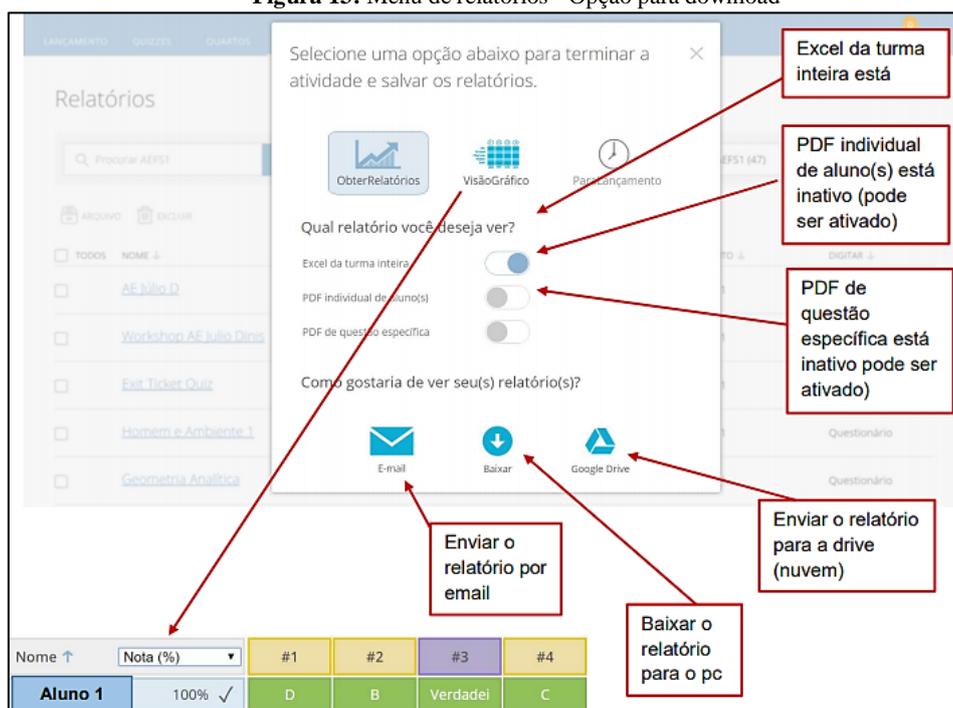
Figura 12: Menu de relatórios da plataforma Socrative



Fonte: (Workshop, 2020. Pg. 3)

O professor pode optar ainda por fazer o download dos relatórios a fim de usá-lo para fins posteriores, mesmo não executando o download, o relatório ainda ficará disponível na aba de **“relatórios”** dentro da plataforma Socrative de acordo com sua data e horário de aplicação.

**Figura 13:** Menu de relatórios - Opção para download



Fonte: (Workshop, 2020. Pg. 4)

Agora que compreendemos um pouco mais da plataforma, podemos inicia-los ao Quiz PPOTT que foi aplicado aos alunos durante a execução desse trabalho.

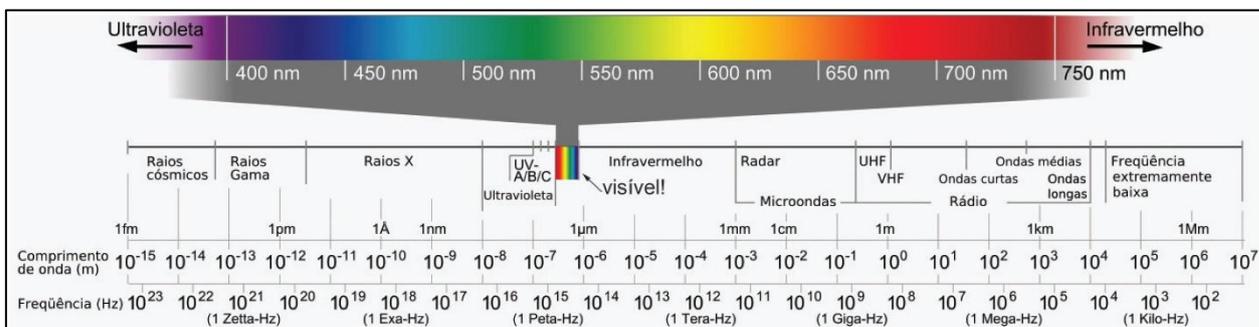
## APÊNDICE D – AUXÍLIO DE CONTEÚDO

A introdução da física moderna nesse contexto se dará em uma transição de séculos, especificamente o final do século XIX e início do século XX. Para tanto, faremos uma abordagem revisional do conteúdo de eletromagnetismo, principalmente no que concerne ao espectro eletromagnético e as aplicações das diferentes frequências de onda.

### O espectro eletromagnético e algumas de suas aplicações

De acordo com Sant'Anna (2010) algumas décadas após a descoberta das ondas eletromagnéticas uma verdadeira revolução se iniciou, foi possível produzir ondas eletromagnéticas das mais diferentes formas. Como a frequência é uma grandeza física que caracteriza uma onda, diferentes frequências indicam diferentes tipos de ondas, já o conjunto de todas essas ondas é chamado de Espectro eletromagnético, como está representado na figura 1 abaixo.

**Figura 1:** Espectro eletromagnético e seus respectivos comprimentos de ondas e frequências.



Fonte: MICHA, 2011.

O espectro eletromagnético mostra o entendimento do homem sobre o comportamento das ondas eletromagnéticas. Esse conjunto de ondas com comprimentos diferentes revolucionaram diversas áreas na vida do ser humano na terra, facilitando o avanço da ciência médica, os avanços nas áreas alimentícias e até mesmo os avanços nas áreas de telecomunicação.

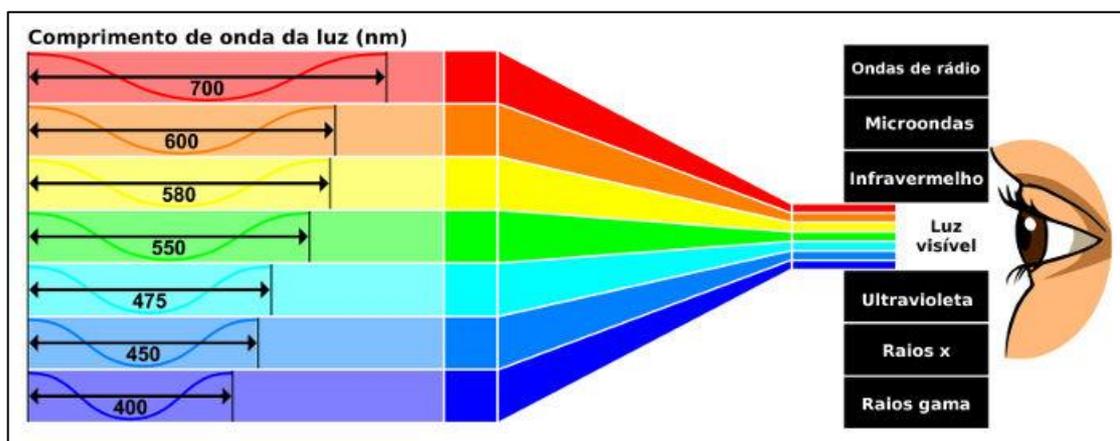
É fácil analisar a figura 12 e perceber que algumas ondas se destacam, como é o caso das ondas de Rádio, infravermelho e Micro-ondas, do lado esquerdo, e as ondas, ultravioletas, raio x e raios gama, no lado direito. Esses conjuntos de ondas com comprimentos diferentes

revolucionaram diversas áreas na vida do ser humano na terra, facilitando o avanço da ciência médica, os avanços nas áreas alimentícias e até mesmo os avanços nas áreas de telecomunicação. Portanto, vejamos um pouco mais a respeito desses diferentes comprimentos de onda.

➤ A luz visível

Grande parte das informações que chegam até o nosso cérebro, chegam através da nossa visão. Esta por sua vez, só é permitida devido a luz visível, que provoca uma sensação visual, dados pelos elementos sensórios permitidos pela retina. A luz visível no espectro eletromagnético corresponde em torno de 1/8 do total. Dentro desse espectro o olho humano capta ondas com comprimento de onda entre 400 a 760 nm, onde ficam disponíveis todas as cores observáveis, desde as cores quentes (comprimento de onda maior) até as cores frias (comprimento de onda menor), como mostra figura 2. Um fenômeno que podemos observar todas essas cores é o arco íris, (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta).

**Figura 2:** Espectro de luz visível, representando as suas cores e seus respectivos comprimentos de onda.



Fonte: HELERBROCK, 2020.

De acordo com Sant’Anna, 2010, p. 318)“a luz visível são as radiações eletromagnéticas compreendidas entre  $10^{14}$  e  $10^{16}$  Hz, são capazes de sensibilizar a visão humana [...] é por meio delas que construímos a percepção da realidade que nos cerca”.

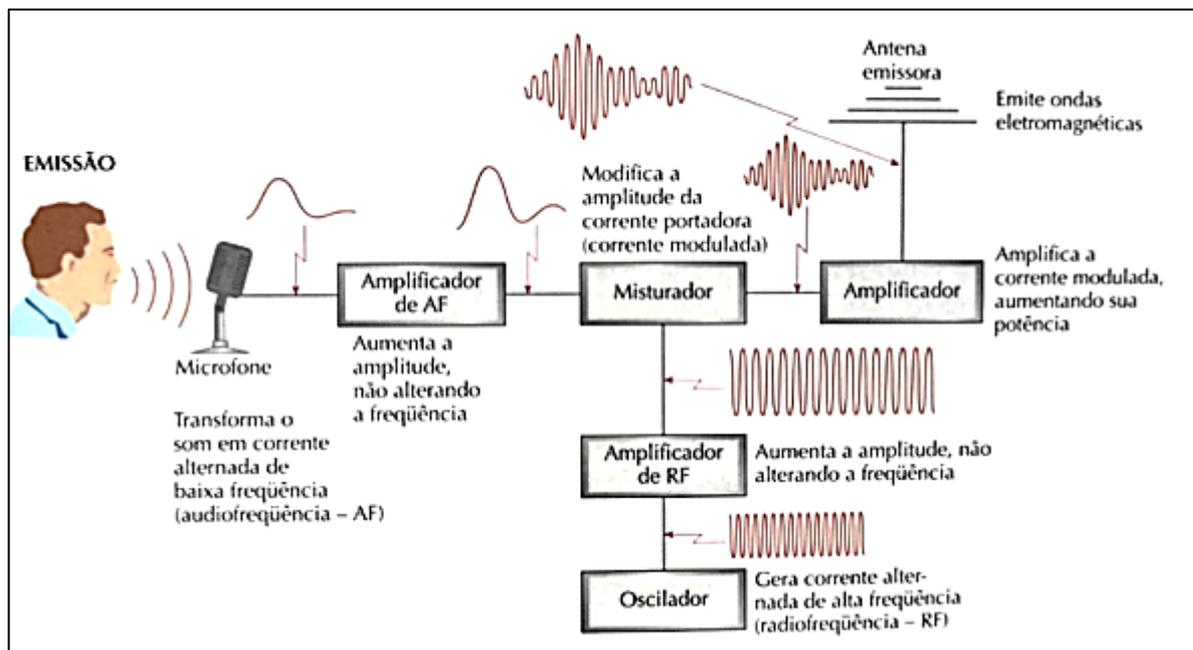
➤ As Ondas de Rádio

As ondas de rádio podem ser definidas como ondas eletromagnéticas cujas frequências se encontram na região compreendida entre 3 quilohertz e 300 giga-hertz e que são utilizadas em emissão e recepção radiofônicas. Essas ondas podem ser geradas pelo movimento oscilatório senoidal de elétrons, que ocorre em uma antena transmissora submetida a uma corrente elétrica alternada. Complementando com Torres (2016. p. 123

As ondas de rádio são usadas não apenas em transmissões radiofônicas ou em telegrafia sem fio, mas também em transmissões telefônicas, televisão, radar etc. No Brasil, a atribuição, a destinação e a distribuição das faixas de frequências são regulamentadas pela Agência Nacional de Telecomunicação (Anatel). Algumas dessas faixas são dedicadas as tecnologias sem fio (Wireless) e usadas por exemplo em aviões, controles remotos de garagens, sistemas de alarme, telefones sem fio, babás eletrônicas e brinquedos de controle remoto. (TORRES, 2016, p. 123)

A figura 14 mostra o processo de emissão de ondas de rádio. A pessoa emite ondas sonoras que são recepcionadas pelo microfone, que transformam o som da voz em corrente elétrica alternada de baixa frequência, enviando as ondas para um amplificador que aumenta a amplitude da onda, preservando a frequência da onda.

Figura 3: Processo de emissão de ondas de rádio.



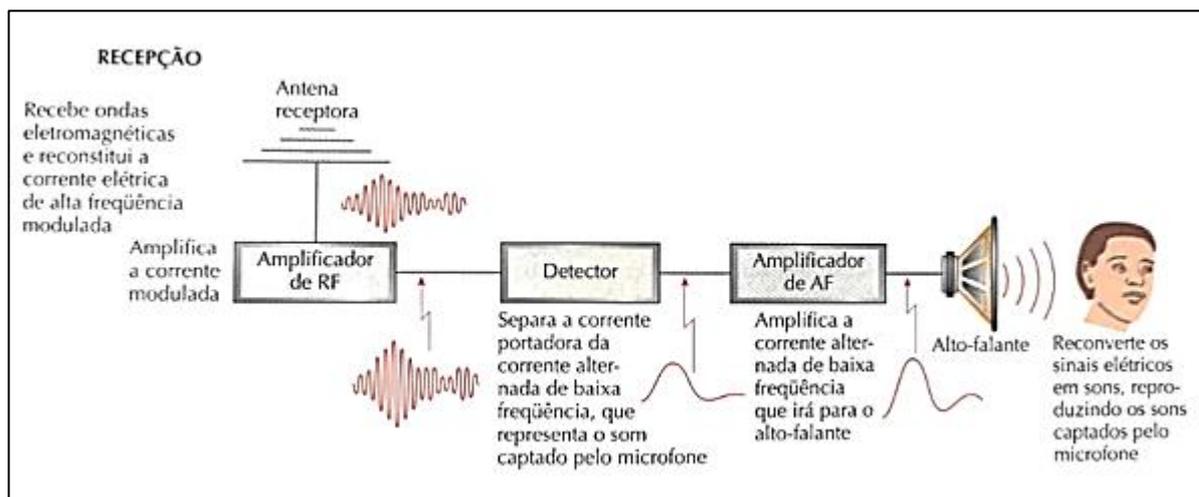
Fonte: JUNIOR, 2007.

O misturador recebe as ondas do amplificador e modifica (combinação de sinais de entrada) novamente a sua amplitude para uma amplitude de corrente portadora, também conhecida como corrente modulada. O misturador pode encaminhar as ondas para um amplificador de radiofrequência (RF) ou ainda enviar para um novo amplificador, a fim de

aumentar a sua potência. No primeiro caso, o amplificador de RF aumenta a amplitude e envia para um oscilador, que vai gerar uma corrente alternada de alta frequência apenas em ondas rádio. No segundo caso, o amplificador modula a corrente e aumenta sua potência, enviando as ondas no formato eletromagnético para as antenas emissoras que redirecionam para os devidos equipamentos eletrônicos.

Já a figura 15 mostra o processo de recepção das ondas, uma antena receptora ligada a um amplificador de Rádio Frequência recebe a onda e reconstitui no formato de corrente elétrica de alta frequência modulada. O detector recebe a onda e separa a corrente portadora da corrente alternada de baixa frequência, que representa o som captado pelo microfone ainda no processo de emissão. Sem perder as ligações, um amplificador de AF, aplica a corrente alternada de baixa frequência e só então encaminha para a saída de som, podendo ser um alto falante, um fone de ouvido, uma caixa de som ou outros dispositivos sonoros. Vale ressaltar ainda a diferença entre RF e AF, este primeiro ajuda a aumentar a amplitude da onda, mantendo-a no padrão de frequência das ondas de rádio e o segundo a diminuir.

**Figura 4:** Processo de recepção de ondas de rádio



Fonte: JUNIOR, 2007.

### ➤ Ondas de Raios-X

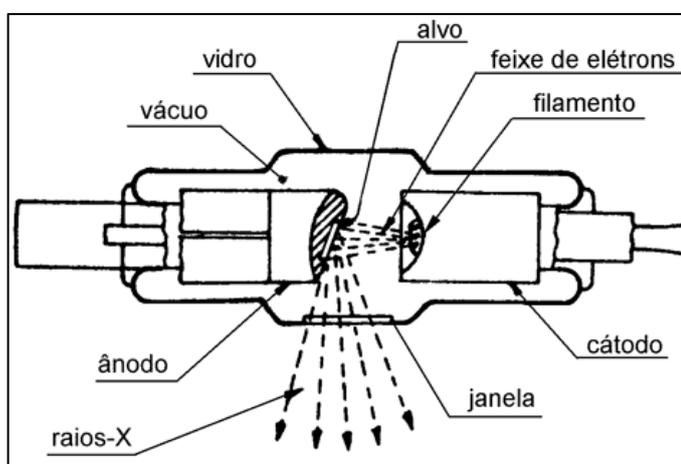
É a radiação eletromagnética cujo comprimento de onda é menor que o da radiação ultravioleta. Consequentemente possui altíssimas frequências que vão da ordem de  $10^6$  até  $10^9$  GHz.

Os raios-X podem ser produzidos por oscilações de elétrons das camadas mais internas dos átomos ou quando elétrons de alta energia colidem com outras cargas elétricas ou com átomos de um alvo metálico. Essa radiação eletromagnética foi

descoberta acidentalmente em novembro de 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen. (TORRES, 2016, p. 134)

O raio-X é produzido em uma ampola formada por um tubo, onde foi produzido um alto vácuo, contendo um filamento (Cátodo) e um alvo metálico rotativo (ânodo), como mostra a figura 16. O filamento é aquecido pela passagem de corrente elétrica, liberando elétrons (efeito termiônico). Os elétrons que saem do cátodo são acelerados, pela alta diferença de potencial elétrico, no sentido do ânodo. Ao incidir no ânodo, a energia cinética depositada é convertida em radiação, ou melhor, raios x de alta frequência. O ânodo é feito de um metal muito elevado em seu ponto de fusão, geralmente tungstênio.

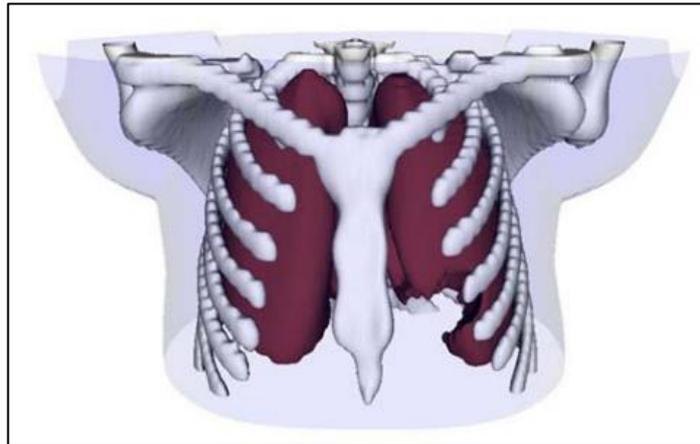
**Figura 5:** Esquema ilustrativo de tubos de raio X



Fonte: SILVA, 2016.

Os raios x são amplamente aplicados à método de diagnóstico por imagem mais usado na medicina. O imageamento do interior do corpo, em que tecidos de mais densos, como ossos, registra na placa de filme de raio-X a cor cinza claro, enquanto as partes mais moles aparecem em cinza mais escuro. Isso ocorre por que os ossos átomos mais pesados, como os de cálcio, absorvem mais intensamente os raios-X, e conseqüentemente uma quantidade menor de radiação atinge o filme. Já as partes moles absorvem pouca radiação e o filme é atingido com mais intensidade nessas partes. Atualmente existe a radiografia digital, neste caso, os raios-X são capturados por uma placa de circuitos sensíveis à radiação, que gera uma imagem digital. A figura 6 mostra uma imagem digital gerada no computador.

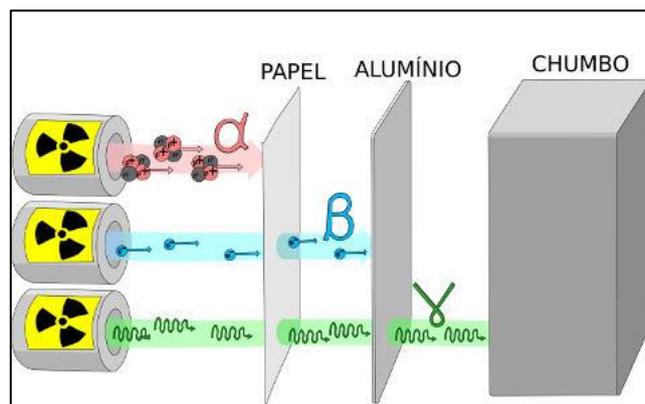
**Figura 6:** Modelo 3d de raio x, com tecido ósseo e ar da caixa torácica (pulmões) juntos.



**Fonte:** OLIVEIRA, 2007.

Em 1899, O físico Neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), realizando experimentos com uranio radioativo, identificou dois tipos de emissão radioativa, radiação alfa  $\alpha$  (núcleo de átomo de hélio) e radiação beta  $\beta$  (elétrons  $e^-$  ou pósitrons  $e^+$ ). Um ano mais tarde, descobriu-se um terceiro tipo, os raios gamas  $\gamma$  (TORRES, 2016). A figura ilustra o poder de penetração dessas três radiações.

**Figura 7:** Poder de penetração dos raios alfa, beta e gama e suas respectivas capacidades de ultrapassagem nos materiais.



**Fonte:** HELERBROCK, 2020

De acordo com Fontal (2005), os raios  $\gamma$  correspondem a região de fótons mais energéticos do espectro eletromagnético, com energias em dezenas de MeV ( $10^6$  elétron Volt) e pode chegar a milhares de GeV, ou seja, são milhões de vezes mais energéticos que os fótons de luz visível.

A radiação gama é muito mais energética e muito mais penetrantes do que as radiações alfa e beta. Os raios gamas são produzidos no núcleo atômico a partir da desexcitação dos nucleons, diferente do raio-X que é uma desexcitação dos elétrons. .

Para Junior,

Existem ondas eletromagnéticas com frequências ainda mais altas do que as do raio X. São os chamados raios  $\gamma$ . A radiação gama é emitida pelos núcleos instáveis dos elementos radioativos, que se desintegram natural ou artificialmente. Uma importante aplicação dos raios gama é o mapeamento por radioisótopos, substâncias radioativas. Quando administrados aos pacientes, estes se concentram de maneiras diferentes nos diversos órgãos do corpo, como o caso do iodo da glândula tireoide. Os raios ( $\gamma$ ) emitidos são detectados por uma câmara especial, que gera, em tela de vídeo, uma imagem do órgão em estudo. (JUNIOR, 2007, p. 404)

De acordo com Torres (2016), para se ter uma ideia da importância das tecnologias criadas a partir da radiação gama, cita-se a braquiterapia. Esse tipo de tratamento permite que uma dose maior de radiação seja usada para tratar um câncer e sem que atinja tecidos saudáveis vizinhos. Essa técnica pode ser usada para o tratamento de tumores no cérebro, pulmão, esôfago, próstata, além daqueles que podem se desenvolver no sistema genital feminino.

#### ➤ Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta também está prevista dentro do espectro eletromagnético compreendida entre 400 nanômetros, de acordo com Roditi.

Radiação eletromagnética de comprimento de onda compreendida entre 400 nanômetros, região da luz violeta e 4 nanômetros, região dos raios X longos. O sol é uma das principais fontes naturais de radiação ultravioleta, grande parte dessa é absorvida pela camada de ozônio da atmosfera. A radiação ultravioleta tem um importante papel na síntese de vitamina D, que contribui na regulação dos níveis de cálcio e fósforo na corrente sanguínea; entretanto este também está associado a diversos problemas dermatológicos, segundo seu poder de penetração na pele. Esta pode ser classificada em UV-A, UV-B e UV-C. (RODITI, 2005, p. 192)

O quadro 4 mostra as classificações UV-A, UV-B e UV-C e seus respectivos comprimentos de onda e aplicações.

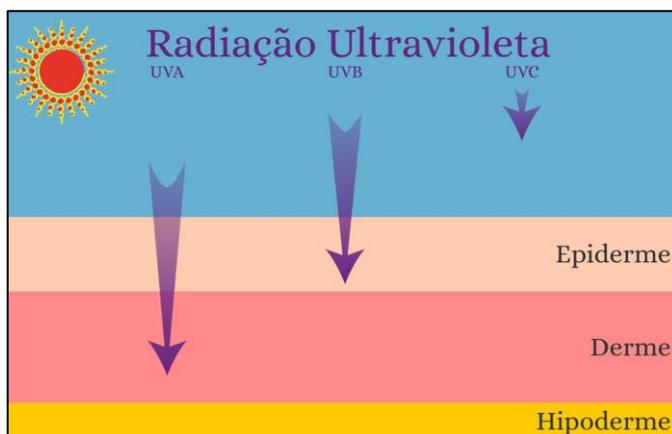
**Quadro 1:** Tipos de ultravioleta e suas respectivas aplicações.

<b>Tipos de ultravioleta</b>	<b>Comprimento de onda</b>	<b>Aplicação</b>
Ultra Violeta longo - UV-A	$4 \times 10^{-7}$ e $3 \times 10^{-7}$	Bronzeamento e produção de melanina
Ultra Violeta médio - UV-B	$3 \times 10^{-7}$ e $2 \times 10^{-7}$	Vermelhidão na pele
Ultra Violeta curto - UV-C	$2 \times 10^{-7}$ e $4 \times 10^{-9}$	Geralmente absorvida pela atmosfera

**Fonte:** Próprio autor

Entende-se que uma das maneiras de prevenir o foto envelhecimento, é o uso constante de protetores solares, e vale ressaltar ainda que o fator FPS (filtro de protetor solar) serve apenas para as radiações UV-B. como ilustra a figura 8, os tipos de raios ultravioletas e sua deposição de energias nas camadas da pele.

**Figura 8:** Demonstração de infiltração na pele de acordo com os tipos de raios UV's



**Fonte:** GUIDONI, 2020.

#### ➤ Radiação Infravermelha

A descoberta da radiação infravermelha é atribuída ao astrônomo inglês Friedrich Willian Herschel (1738-1822). Em março de 1781, ele identificou o planeta urano, o primeiro a ser descoberto em quase dois mil anos depois dos primeiros registros astronômicos.

De acordo com Sant'Anna (2010), qualquer objeto aquecido, como um forno de cozinha, podemos perceber a presença da radiação infravermelha pela temperatura no meio ao redor. Recentemente foram desenvolvidos filmes fotográficos, sensíveis a essa radiação, para fornecer informações de regiões em que a luz visível é insuficiente, como o espaço sideral.

A definição do dicionário Roditi, (2005), a radiação eletromagnética de comprimento de onda compreendido entre  $0,7 \times 10^{-3}$  m e  $10^{-3}$  m, ou seja, maior que o comprimento de onda na região do vermelho e menor que das ondas de rádio. As transições entre os estados vibracionais de energia dos átomos e moléculas são uma fonte de radiação infravermelha. Um dos mais frequentes usos atuais da radiação infravermelha. Um dos mais frequentes usos atuais da radiação infravermelha é em controles remotos, pois esse tipo de radiação não causa interferência com sinais de rádio ou televisão.

A figura mostra outra aplicação da radiação infravermelha. Ela pode ser usada para detectar a temperatura de corpos distantes e, por esse motivo, tem muitas aplicações na Astronomia. No campo militar, mísseis podem ser programados para seguir determinada fonte de calor, como as turbinas de um avião inimigo ou a temperatura de uma pessoa.

**Figura 9:** monitoramento visual de soldagem de tubulação através de visão infravermelha



**Fonte:** MOTA, 2011.

#### ➤ Micro-ondas

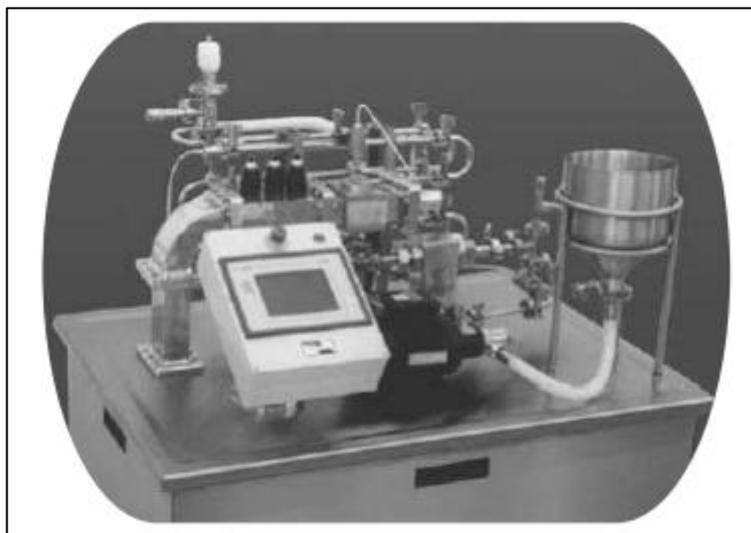
De acordo com Torres (2016) são usadas em telecomunicação, e são geradas em válvulas eletrônicas especiais. No campo das telecomunicações são empregadas para carregar informações de sistemas de telefonia e de televisão. A vantagem é que elas transportam mais informações que as ondas de rádio, por terem maior frequência.

A micro-onda possui radiação eletromagnética com comprimento de onda entre 0,001 e 1m e frequência maior que 1 GHz, chegando a 1 THz. Também chamada de onda curta. Elas são geradas e usadas em um grande número de aplicações e, como resultado, a maioria das pessoas acaba se expondo a um baixo nível de radiação. Assim como para outras novas tecnologias e materiais, é difícil determinar os efeitos biológicos, em longo prazo, desses baixos níveis de radiação sobre as pessoas. Pesquisas recentes levantaram suposições, ainda não confirmada de que as radiações em telefonia celular podem alterar o metabolismo das células humanas – desencadeando o câncer – e provocar dores de cabeça – devido ao aquecimento dos tecidos.

Como exemplo da maior aplicabilidade na vida do ser humano, podemos citar o forno micro-ondas, uma descoberta que hoje se faz presente na maioria das cozinhas do mundo, e

acabou se tornando um uso prático para o aquecimento de alimentos, sem precisar de muito esforço. O primeiro forno micro-ondas chegou ao mercado em 1947 (TORRES, 2016), media quase 1,70 m de altura e pesava cerca de 380 kg e custava em torno de 5 mil dólares. Na figura 10, vê-se um pasteurizador de leite, usado a partir de micro-ondas, também usado para esterilização de bebidas variadas, nesse caso, o leite.

**Figura 10:** Pasteurizador de micro-ondas



**Fonte:** ALMEIDA, 2010.

Os Micro-ondas atuais são modernos e com o constante avanço da física moderna, as peças ficam cada vez menores, o que permite que o aparelho também diminua, podendo ser de fácil manuseio e transporte. A figura 21 mostra os dois modelos citados. Nesses eletrodomésticos, um circuito elétrico especial gera as micro-ondas, que são espalhadas dentro do forno por um ventilador metálico. Elas têm a propriedade de provocar rotações nas moléculas de água presente nos alimentos.

#### ➤ **Light Amplification by Simulated Emission of Radiation – LASER**

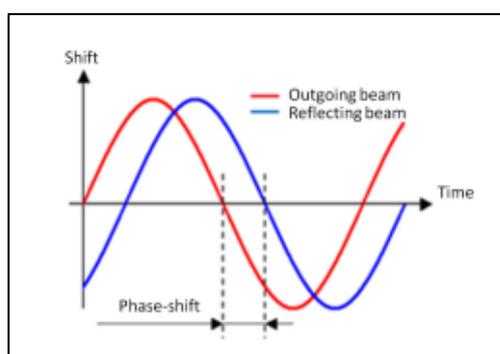
O laser é um tipo de onda eletromagnética com frequências que vão do ultravioleta ao infravermelho, do espectro eletromagnético. O laser possui uma qualidade intrinsecamente interessante, ele é extremamente fino, o que o faz com que seja mais potente por ocupar uma área menor.

Qualquer aparelho que produza radiação eletromagnética monocromática e coerente na região visível, infravermelha ou ultravioleta, possuindo inúmeras aplicações que vão da soldagem à cirurgia. O nome laser é um acrônimo para **Light Amplification by Simulated**

**Emission of Radiation** (*amplificação da luz por emissão estimulada de radiação*) que ocorre quando um elétron de um átomo ocupa um nível excitado e um fóton estimula o decaimento para um nível de menor energia com a emissão de um fóton de mesma fase e frequência, se há uma população grande nesses níveis excitados, o que é conhecido como inversão de população, a passagem do fóton resultará em diversas emissões desse tipo, com a produção de radiação eletromagnética corrente. (RODITI, 2005)

Além disso, podemos ressaltar que o laser é uma luz monocromática coerente, ou seja, cada onda do espectro eletromagnético que o compõe está em fase com outra onda, como mostra a figura 11.

**Figura 11:** Ondas em aproximação de fase representando a emissão estimulada



**Fonte:** MILL, 2011.

Na emissão estimulada, como o próprio nome do laser sugere, os elétrons são excitados e forçados a retornar aos níveis mais baixos de energia pela passagem de radiação (luz) no interior dos átomos. Dessa forma, as ondas eletromagnéticas emitidas na transição dos elétrons são da mesma frequência que a radiação incidente e estão em fase.

#### Dos assuntos mais Gerais aos mais Especificos

Considera-se que a física moderna começou no início do século XX, tendo em vista maior revolução tecnológica, no século XXI, derivada de descobertas físicas, fundamentadas em duas grandes linhas, a teoria da relatividade proposta por Albert Einstein (1879-1955) e a teoria quântica iniciada com Max Planck.(1858-1947), abrindo um mundo de possibilidades para todas as áreas da vida do ser humano na Terra e no Universo.

#### Nas palavras de Torres

[...] Na virada para o século XX, duas teorias abalaram os alicerces da física, que hoje denominamos de física clássica. Provocando uma revolução no pensamento científico da época. A primeira em 1900, foi a teoria quântica da radiação de Marx Planck, e a

outra em 1905 foi a teoria especial da relatividade de Albert Einstein. Tamanha foi a teoria científica provocada pelas duas teorias e suas consequências. Que o próprio Einstein exclamou: “ é um tempo maravilhoso de se viver. (TORRES, 2016, p. 186)

Acredita-se que muitos estudos estavam em andamento, na virada do século XIX para o XX, sobre fenômenos que não eram bem esclarecidos. De acordo com Torres:

A termodinâmica, por exemplo, não esclarecia a discrepância entre a teoria e a experiência, para o espectro das radiações emitidas pelos corpos aquecidos para frequências próximas as do ultravioletas ou superiores. Era a catástrofe do ultravioleta, como Paul Ehrenfest (1880-1933) a denominou em 1911. Também as equações de Maxwell não se enquadravam nos princípios da relatividade de galileu e de newton. Além disso, a existência dos raios x e a radioatividade de certos elementos não podiam ser explicados com as teorias existentes até então. (TORRES, 2016. p. 187)

No final do século XIX, Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), trabalhava incessantemente para provar sua teoria que ficou conhecida como Efeito Fotovoltaico, que mais tarde poderia ser confundida com o Efeito Fotoelétrico. Becquerel ficou conhecido por seus experimentos envolvendo luminescência e fosforescência. Ele mesmo publicou uma artigo chamado “*Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires*”, em português, Dissertação sobre os efeitos elétricos produzidos sob a influência dos raios solares, onde apresentar-se diretamente sua descoberta.

De acordo com Vallêra, (2006) O efeito fotovoltaico foi observado por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. Roditi define o efeito fotovoltaico como:

é um efeito do tipo fotoelétrico que consiste na produção de uma diferença de potencial entre duas camadas sobrepostas de materiais diferentes quando expostas à radiação eletromagnética. Em geral se obtém este efeito na junção de semicondutores do tipo- p e do tipo- n, a junção p-n, ou na junção entre um semicondutor e um condutor. (RODITI, 2005, p. 72).

Estas pesquisas, em relação à transferência de energia eletrônica a partir da radiação luminosa, tomaram brilhantismo no século XXI, como enfatiza Vallêra:

Decorrido meio século desde a construção da primeira célula solar de silício, a tecnologia fotovoltaica atingiu finalmente uma fase de maturidade que permite antecipar que, nas próximas décadas, o fotovoltaico se pode vir a transformar numa das mais importantes formas de produção de eletricidade. [...] Hoje é dado ênfase a mecanismos de apoio à criação e desenvolvimento de um verdadeiro mercado de eletricidade solar sustentável que, nos próximos 25 anos, possa levar a energia fotovoltaica a muitos dos lares do planeta. (VALLÊRA, 2006, p. 5)

Como falamos anteriormente, o efeito fotoelétrico está relacionado com o efeito fotovoltaico. No efeito fotoelétrico, os elétrons são ejetados da superfície de um material após exposição à radiação eletromagnética, com energia suficiente.

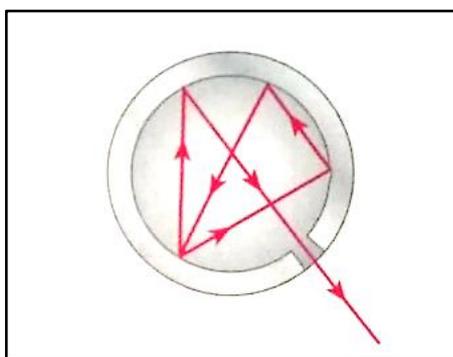
Alguns autores consideram que o verdadeiro descobridor do efeito fotoelétrico foi Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) (MULLINGAN, 1999; GILBERT, 1982; SEARS, 1973; NUSSENZVEIG, 1998), com destaque a os trabalhos dos autores Sears e Nussenzveig, em que os livros são utilizados em cursos de graduação da área de Ciências Exatas em diversas universidades.

Afinal, Hertz é o verdadeiro descobridor do efeito fotoelétrico? De acordo com Mangili:

Uma leitura mais contextualizada, pautada em uma tendência historiográfica mais atualizada, conduziu-nos a refletir sobre até que ponto poderíamos atribuir a Hertz a descoberta do efeito. Em nossa investigação constatamos que, em finais do século XIX e começo do século XX, a comunidade científica que estudava os fenômenos eletromagnéticos procurava descrever a onda eletromagnética, comparando-a à luz, e tentava também compreender a sua interação com o meio de propagação. Além disso, constatamos também que o elétron não havia sido estudado de maneira suficiente para que o Efeito Fotoelétrico fosse compreendido tal como conhecemos hoje. (MANGILI, 2012. p. 33)

No início do século XX, Max Planck estudava o problema do corpo negro, isto é, corpos com altas temperaturas emitiam luz. Um modelo prático do corpo negro é representado na figura 12.

**Figura 12:** Um modelo prático de um corpo negro consiste em um objeto oco com um pequeno orifício. O objeto oco é aquecido por meio de uma fonte de calor situada em seu interior.



**Fonte:** JUNIOR et al., 2007.

A indagação sobre esse sistema era em relação a distribuição espectral de sua radiação eletromagnética prevista nas teorias clássicas. De acordo com a Lei de Rayleigh-Jeans, a densidade de energia da radiação do corpo negro é

$$f(\lambda) = 8\pi k \frac{T}{\lambda^4}. \quad (13)$$

Onde  $k$  é a constante de Boltzmann e  $T$  a temperatura do corpo. Esta lei previa uma produção de energia infinita, ao passo que o comprimento de onda  $\lambda$  tomava valores muito pequeno, com o aumento da temperatura.

Em 1900, Planck apresentou uma nova abordagem para a distribuição de espectro de energia da radiação do corpo negro, ou seja,

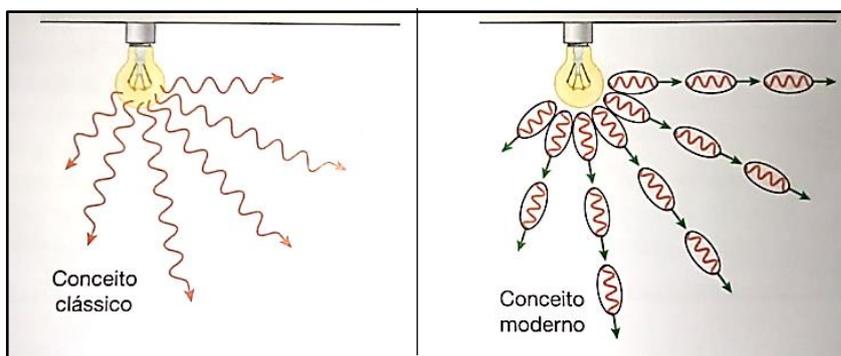
$$f(\lambda) = 8\pi hc \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{hc}{\lambda kT} - 1}}, \quad (14)$$

onde  $h$  é a constante de Planck e  $c$  a velocidade da luz. Neste caso, a energia da radiação do corpo negro era composta de pacotes, dada por

$$E = hf, \quad (15)$$

onde  $f$  é a frequência da radiação. A lei concorda com medições experimentais. A figura 24 mostra uma representação sobre a distribuição de energias na visão clássica e moderna.

**Figura 13:** Conceito clássico para distribuição de energia versus o conceito moderno, aplicando o modelo de pacotes de energia.



Fonte: SANT'ANNA, 2010.

Todos os objetos com temperatura finita, inclusive os nossos corpos, emitem radiação. Para Valadares e Moreira (1998), o espectro de emissão dos objetos depende, em geral, da sua geometria e do material constituinte. Uma cavidade no interior de um tarugo de alumínio ou outro material constitui um caso muito especial. Ainda para eles,

É necessário um pequeno orifício para que uma fração da radiação emitida pela cavidade saia para fora da mesma e seja detectada. O espectro de emissão da cavidade

depende apenas da temperatura do corpo onde ela se encontra e é universal. Temos então um corpo negro. Por que negro? Porque este corpo apresenta o máximo de absorção e, conseqüentemente, de emissão de radiação para uma dada temperatura. Qualquer outro corpo absorve ou emite menos radiação que o corpo negro. Você pode verificar, por exemplo, que as cavidades formadas por carvões em brasa parecem mais brilhantes uma evidência do seu caráter de corpo negro. (VALADARES e MOREIRA, 1998, p. 133)

**Figura 14:** Nas cavidades de corpos negros as emissões de radiação são bem maiores do que nas outras partes



**Fonte:** JUNIOR et al; 2007.

Em 1905, Einstein usou as ideias de Planck para desenvolver e explicar o efeito fotoelétrico, ele publicou o artigo “*Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*” em português, Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e da transformação da luz (EINSTEIN, 1905) que trazia ideias extremamente sólidas sobre o efeito fotoelétrico.

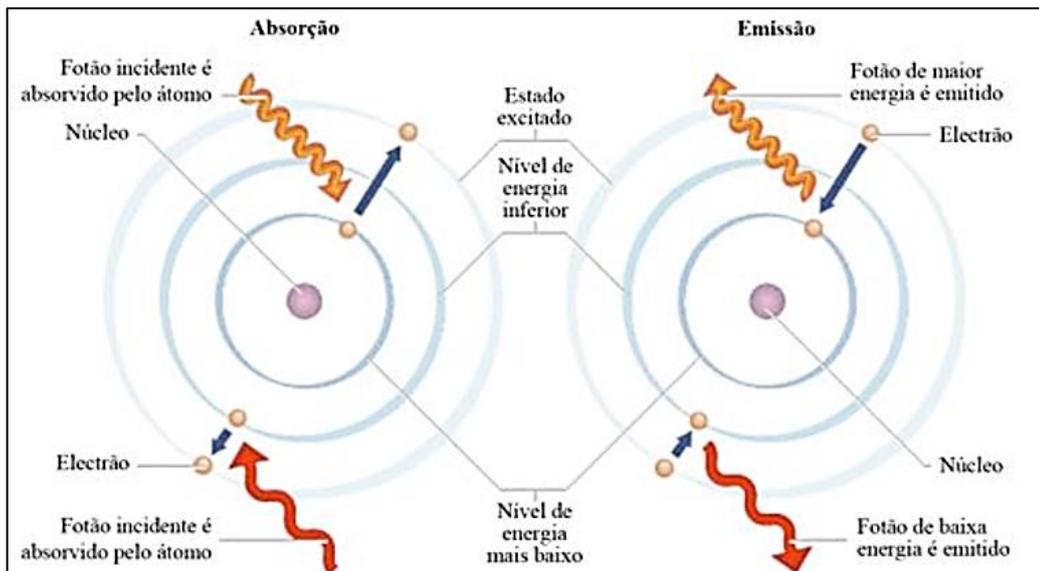
Entre 1908 e 1911, Rutherford e Geiger realizaram o experimento de espalhamento de partículas alfa, que levou à descoberta do núcleo atômico (RUTHERFORD, 1908), de carga positiva, rodeado por elétrons, denominando de modelo planetário.

Por volta de 1913, Niels Bohr sugere o modelo atômico (BOHR, 1979), que foi capaz de explicar várias séries espectroscópicas do hidrogênio e conseqüentemente constrói um modelo de camada para o átomo. Este modelo dava a predição da quantização dos níveis de energia para a eletrosfera do átomo de hidrogênio, isto é,

$$E = - \left( \frac{e^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^2} \right) \frac{Z^2}{n^2}$$

No esquema da figura 21, temos uma representação dos três possíveis saltos quânticos do átomo de hidrogênio, onde os elétrons saltam de sua camada estacionária para uma camada mais energética (excitação), e voltam emitindo luz. É interessante ressaltar que essa excitação pode ocorrer com um bombardeamento de fótons. Aqui utiliza-se o átomo de hidrogênio, pois no modelo de Bohr, foi o utilizado para a conclusão do átomo quantizado, baseada na ideia de quantização de Planck, sendo assim, os elétrons estão confinados em certos níveis de energia, chamados de estados Estacionários.

**Figura 15:** Representação esquemática do salto quântico do elétron de uma camada energética para outra.



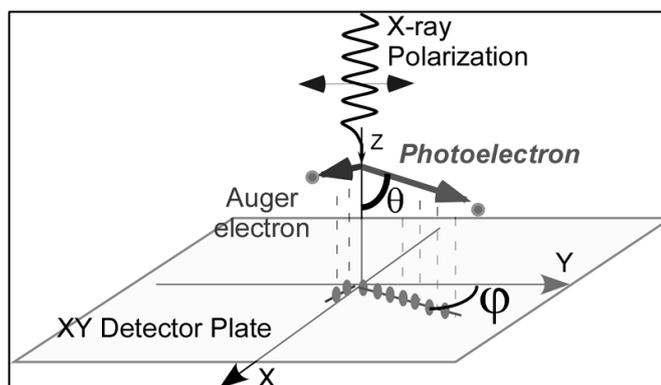
Fonte: CARDEIRA, 2014.

A partir das conclusões de Planck e Bohr, Einstein propõe que a luz não apresenta somente propriedades ondulatórias assinaladas pela frequência  $f$  e pelo comprimento de onda  $\lambda$ , mas, também, apresenta características corpusculares. Ele admitiu que a energia radiante está quantizada em pacotes de energia, os fótons de energia  $hf$ . Esses fótons transferiam toda sua energia quando colidiam com os elétrons do metal, como ilustra a figura 16. Tal fenômeno foi chamado de efeito fotoelétrico. Esses elétrons eram ejetados da placa metálica com uma determinada energia cinética dada por

$$E_{cin} = hf - V, \quad (16)$$

onde  $V$  está relacionado com energia para arrancar um elétron do material.

**Figura 16:** Fóton incidindo sobre uma superfície metálica, promovendo elétrons livres.



Fonte: TOKANAI et al., 2006.

Em 1921, Einstein foi laureado com o Prêmio Nobel de Física, pelos serviços na física atômica teórica e especialmente pela sua descoberta do Efeito fotoelétrico, um dos marcos para o desenvolvimento da física moderna.

### Ondas de Matéria

A dualidade da luz, proposta por Einstein, levou Louis Victor de Broglie a propor, em 1924, a dualidade partícula-onda dos elétrons, isto é, dependendo das circunstâncias, eles poderiam se comportar como partícula ou como onda.

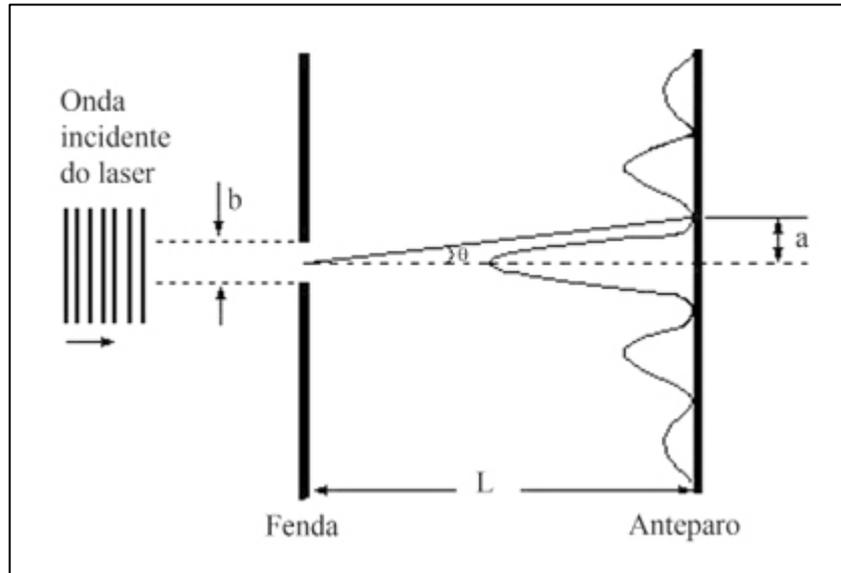
Para entendermos melhor a posição de Louis De Broglie, sobre o comportamento da matéria, Diner apresenta, em “A dualidade Onda-Partícula: Um tributo a Louis de Broglie no seu aniversário de 90 anos”, que

A ideia principal de De Broglie não é o dualismo, mas a coexistência entre ondas e partículas. Aqui está a diferença entre Bohr e De Broglie. Bohr, acreditava em uma espécie de fenômeno físico que nos aparece como uma dupla face: em certas circunstâncias a luz se comporta como uma partícula e em outras como uma onda; O contrário do que pensava de Broglie, que considerou que há apenas uma coisa, que é sempre (ao mesmo tempo) uma partícula e uma onda, e que é tal que as propriedades da partícula que observamos são guiadas - comandadas por a estrutura de ondas do sistema. E foi essa a ideia dele desde o início das ondas mecânicas. A ideia portanto era a seguinte: De Broglie foi o primeiro que considerou a luz como uma partícula; para esta partícula, ele supôs isso. (Seguindo suas próprias palavras: "como consequência de uma grande lei da natureza"), pode-se associar uma frequência definida pela igualdade entre "energia de Einstein" e "energia de Planck", escrita no sistema apropriado. (DINER, 2012, p. 2).

Considerarmos o padrão de interferência de um laser, figura , jamais obteria se o padrão de franjas, se a luz se comportasse como partículas. Desta forma, o fenômeno de interferência

é perfeitamente explicado pelo comportamento ondulatório da luz, enquanto que o efeito fotoelétrico é corpuscular.

**Figura 17:** Padrão de interferência em uma fenda simples



**Fonte:** ABREGO, 2013.

Uma das essências da física quântica é a dualidade onda partícula que desafia o entendimento das gerações atuais e por muito tempo desafiou vários físicos renomados. Separadamente, ondas e partículas são elementos familiares da nossa realidade.

Sendo assim, De Broglie expressou o comprimento de onda  $\lambda$  de uma partícula em função de sua quantidade de movimento:

$$p = mv \tag{17}$$

Portanto, a partir da relação massa-energia de Einstein, dada pela famosa equação  $E=MC^2$ , abstraiu a massa associada do fóton:

$$m = \frac{E}{c^2} \tag{18}$$

Onde o  $m$ , representa a massa do corpo,  $E$ , representa a sua energia e,  $c$ , é a velocidade da luz ao quadrado no vácuo. Logo abaixo, considerasse a relação, do momento relativístico, para energia sobre a velocidade da luz, representada na equação 19 abaixo.

$$p = \frac{E}{c} \tag{19}$$

Em análise de propriedade, é possível verificar que, Energia (E), será igual a constante de Planck, multiplicado pelo valor da frequência de determinada onda, dada assim pela figura 20 abaixo:

$$E = hf \quad (20)$$

Desse modo, podemos então dizer que o comprimento dessa onda, pode ser inferido, partir da divisão da constante de Planck pelo momento relativístico de Einstein.

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (21)$$

De acordo com (Junior, 2007. Pg. 443) O advento da física quântica não forneceu apenas uma descrição exata dos fenômenos atômicos. Com ela alterou-se profundamente a maneira de encarar a natureza, de modo que agora pensa-se em termos de probabilidade e não de certeza.

O modelo atômico de Bohr era restrito para o átomo de hidrogênio. A extensão para átomos de maior número atômico surgiu por volta de 1929, provocada pelos estudos de Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887 – 1961). A proposta de Schrödinger<sup>3</sup> surge como consequência de alguns resultados experimentais.

Todavia, foi partindo das ideias de De Broglie, Erwin Schrödinger, já baseada nas ideias de Heisenberg (1927), formula matematicamente o comportamento ondulatório da luz, também conhecida como *Equação de Schrödinger*, definida pelo dicionário Houaiss como sendo

A equação que descreve o comportamento dinâmico de um sistema quântico não relativístico. Trata-se de uma equação diferencial linear de derivadas parciais, de primeira ordem no tempo (t) e de segunda ordem nas coordenadas espaciais (x, y, z) que pode ser escrita, para o caso de uma partícula sujeita a um potencial como

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi - V\psi = 0 \quad (22)$$

onde  $m$  é a massa da partícula,  $V$  é o potencial e  $\hbar$  é a constante de Planck dividida por  $2\pi$ . A equação governa dinâmica temporal e espacial da função de onda  $\psi$ .

---

<sup>3</sup> HANLE, Paul A. Erwin Schrödinger's reaction to Louis de Broglie's thesis on the quantum theory. *Isis*, v. 68, n. 4, p. 606-609, 1977.

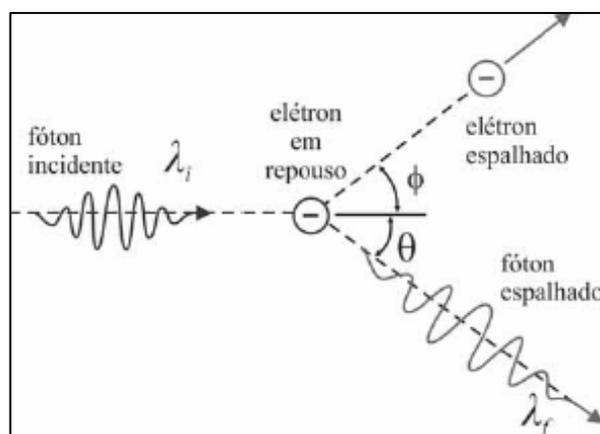
Na formulação de Schrödinger, a função da onda é um objeto crucial que contém a informação sobre o estado de um sistema com números quânticos associados a observáveis que caracterizam o sistema quântico. A interpretação probabilística da mecânica quântica considera a função de onda como uma amplitude de probabilidade dos observáveis e suas normas é proporcional à probabilidade de encontrar o sistema de um determinado estado, ou seja, a probabilidade de encontrá-lo numa dada região de valores de quantidades mensuráveis, tais como a posição, o momento linear, o momento angular, e a energia. É importante observar que nem sempre é possível medir simultaneamente quantidades observáveis. Para que medidas simultâneas sejam possíveis, é necessário que os operadores associados a estas quantidades comutem entre si.

### Efeito Compton

O físico norte-americano Arthur Holly Compton (1892- 1962) foi laureado em 1927, com o Prêmio Nobel de Física, pela sua explicação quântica para o processo de espalhamento dos raios X pela matéria.

De acordo com Yoshimura (2009), o efeito Compton (ou espalhamento inelástico) é espalhamento de um fóton por um elétron livre do material. Há transferência de parte da energia e do momento do fóton para o elétron, e um fóton com a energia restante é espalhado em outra direção, como está representado na figura 18.

**Figure 18:** Radiação espalhada pela amostra em função do ângulo  $\theta$ .



Fonte: TAUHATA, 2003

Este fenômeno consiste na redução da energia de fótons de alta energia e no subsequente desvio angular de suas trajetórias, ao serem espalhados por elétrons livres que absorvem esta energia. Dessa forma, a partir da figura 25, as presunções feitas por Compton

são válidas desde que o comprimento de onda do fóton seja definido de acordo com a equação de espalhamento

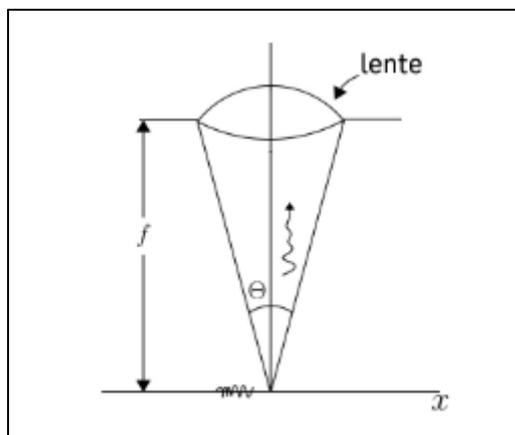
$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta) \quad (23)$$

Os processos Compton e fotoelétrico contribuem ambos para a produção da radiação. A percentagem relativa ao total de interações que ocorrem por um processo ou outro depende da energia do fóton. Portanto, o contraste objeto, depende da composição da massa efetiva e do número atômico do objeto. A predominância de interações Compton ou fotoelétrico causará menor ou maior contraste objeto, respectivamente, considerando que o objeto seja composto de vários materiais de diferentes números atômicos. Para um dado objeto, o contraste será maior para feixes de baixa energia (predominância do efeito fotoelétrico) e menor para energias mais altas (predominância do efeito Compton).

### O princípio da incerteza de Heisenberg

Werner Heisenberg (1901 – 1932) é o responsável pela criação da primeira estrutura teórica formal da física quântica, cujas aplicações possibilitaram a descoberta de formas alotrópicas do hidrogênio, o mesmo recebeu o prêmio Nobel de física em 1932. Heisenberg é conhecido não só pela comunidade científica, por sua formulação do princípio da incerteza, que afirma que se conhecermos muito precisamente a posição de uma partícula será muito grande a imprecisão sobre o valor do seu momentum linear, ou seja, é impossível conhecermos as duas grandezas de maneira infinitamente precisa (Roditi, 2005).

**Figura 19:** Ilustração para o microscópico de Heisenberg



Fonte: LAGE, 2020.

De acordo com Núñez (2003), os conteúdos da física quântica possuem dois conhecimentos primordiais para a compreensão desse modelo teórico como referência científica que explica a estrutura da matéria. São eles: dualidade onda partícula e o princípio da incerteza de Heisenberg. Na base desses conhecimentos emanam determinadas concepções sobre a matéria, o que torna esse assunto primordial para os alunos de física.

O princípio da incerteza de Heisenberg é um princípio da mecânica quântica segundo o qual não é possível realizar a medição simultânea do momentum  $p$  e da posição  $x$  de uma partícula, a menos de uma incerteza dada por

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{2} \quad (24)$$

onde  $\Delta x$ , é a incerteza na medida da posição da partícula e  $\Delta p$ , é a incerteza na componente  $x$  do momento da partícula.

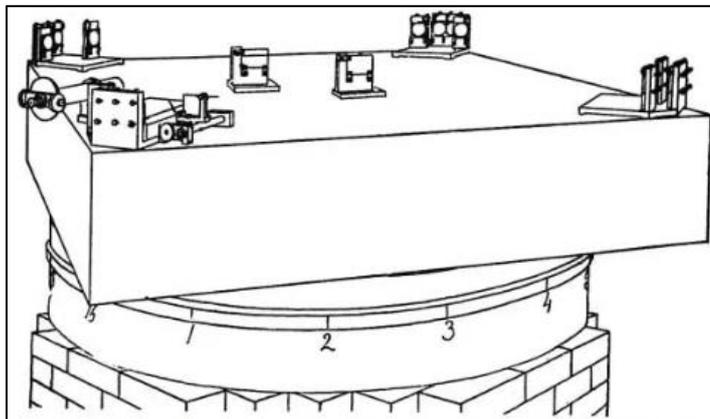
### **Teoria da Relatividade de Albert Einstein**

O experimento de Michelson-Morley criado por Albert Abraham Michelson (1852 – 1931) e Edward Williams Morley (1838-1923) foi construído para provar a não existência do ÉTER. Os cientistas clássicos acreditavam que o éter, era uma espécie de matéria (não materializada, um fluído) que ocupava todo o espaço terrestre e que a luz se propagava por ele. Uma vez que o som precisava de um meio material para se propagar, analogamente atribuíram também isso a luz mesmo sendo considerada uma onda eletromagnética.

Com o objetivo de comprovar a existência do éter, construiu um interferômetro capaz de dividir um raio de luz em dois, emiti-los em diferentes direções transversais e uni-las novamente; [...] com a ajuda de Morley, sobre condições quase perfeitas, chegou à conclusão de que o éter não existia. Esse estudo ficou conhecido como experimento de Michael-Morley e rendeu o prêmio Nobel de física em 1907 para Michelson além de ter sido crucial no desenvolvimento da teoria da relatividade de Einstein. (Roditi, 2005, p. 151)

De acordo com Michelson (1881), o experimento estaria fundamentado no próprio movimento de rotação da terra, inferindo que se lançassem raios de luz em movimento contrário ao de rotação, a luz estaria indo em movimento contrário ao do éter, o que causaria sua retardação, e conseqüentemente viajaria com uma velocidade menor. Michelson estava convicto de que a velocidade da luz não mudaria, por que o éter simplesmente não existia. O que o levou a cada vez mais buscar com exatidão a real velocidade da luz.

**Figura 20:** Desenho representando o interferômetro de Michaelson-Morley em seu artigo de 1887 para provar a variação da velocidade da luz no Éter



**Fonte:** FRANKLIN, 2004.

De acordo com Da Silveira,

Segundo a história empirista, esses experimentos mostraram que a hipótese da existência do éter era falsa e que, portanto, não existia um sistema de referência absoluto. Os experimentos de Michelson-Morley derrubaram a física clássica que pressupunha um sistema de referência absoluto (o espaço absoluto de Newton) e o tempo absoluto. Albert Einstein (1879-1955) aceitou o veredicto experimental da constância da velocidade da luz, estatuidando-o como um dos postulados fundamentais da sua teoria em 1905. (2006, p. 37)

De acordo com Sant'Anna (2010), ainda na adolescência Einstein chegou a se perguntar, como perceber-se-ia um raio de luz, se pudéssemos acompanhá-lo na mesma velocidade? A resposta foi publicada em 1905, no artigo intitulado “sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”

Einstein verificou que diferentes observadores que estejam em movimento uniforme uns em relação aos outros percebem de forma diferente não apenas o espaço, mas também a passagem do tempo. Esta constatação contraria totalmente a física clássica, para qual o tempo é um conceito absoluto, ou seja, é visto da mesma forma por diferentes observadores que apresentam movimento relativos entre si. (Sant'Anna, 2010, p. 35)

Assim, surge a Teoria da Relatividade Especial, em que As leis da física idênticas para todos os referenciais inerciais, e que a velocidade da luz no vácuo é constante, isto é, seu valor é o mesmo para diferentes observadores que se movem a velocidades constante. Estes dois postulados são equivalentes a afirmação de que as leis da física são invariantes frente as transformações de Lorentz, das coordenadas de espaço e tempo. As previsões teóricas da relatividade especial, tais como a dilatação do tempo, a contração do comprimento e o aumento da massa inercial com velocidade foram plenamente confirmadas.

Para Renn (2005. p. 27), “considerando dois objetos, sendo eles um Relógio e uma régua, e de acordo com a teoria da relatividade especial, esses objetos acabariam se movendo de uma forma diferente em relação a um referencial inercial”. Comportando-se, portanto, de maneira arbitrária daqueles que se encontram em repouso em relação a este mesmo referencial.

Para dois eventos ocorrerem num mesmo instante em um dado referencial, dizemos que eles são simultâneos nesse referencial. Entretanto, esses mesmos eventos não serão necessariamente simultâneos em outros referenciais. De acordo com Renn,

Relógios em movimento funcionam mais devagar e réguas se encolhem ao longo da direção do movimento. Enquanto que na física clássica espaço e tempo fornecem, em cada teoria ou experimento, um alicerce absoluto e imutável de qualquer processo físico, **na teoria especial este alicerce depende do sistema de referência no qual um processo físico particular é medido e, na teoria geral, ele depende até mesmo da distribuição de massa e energia no universo.** Mas a mudança dos conceitos de espaço e tempo já na teoria especial contradiz nossas experiências do dia-a-dia. No entanto, foi apenas através desta mudança que foi possível a Einstein reconciliar dois princípios que, em função de uma longa história, haviam se mostrado irrefutáveis: o princípio da relatividade e o princípio da constância da velocidade da luz. (Renn, 2005, p. 27)

Em resumo, a teoria de Einstein se formulava em dois postulados:

- I. *O princípio da relatividade*: as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
- II. *Princípio da constância da velocidade da luz* no vácuo, em todos os referenciais inerciais, independentemente do movimento da fonte em relação ao observador.

➤ As transformações de Galileu versus as transformações de Lorentz

Galileu defendiam que a passagem do tempo não dependia do referencial, já que para eles o tempo era absoluto. Considerando a posição de Galileu, de acordo com Seixas:

Muitas das hipóteses foram corrigidas através de experimentos, como por exemplo, a concepção aristotélica de que os corpos mais pesados caíam mais rapidamente que os mais leves. Sua visão do universo consistia na observação, na experimentação e na aplicação da Matemática. A Galileu devemos a descoberta do isocronismo do pêndulo, a compreensão do movimento circular e da queda livre, o teorema da composição de velocidades, além dos primeiros princípios fundamentais da Física: I O PRINCIPIO DA RELATIVIDADE E O PRINCIPIO DA INÉRCIA (Seixas, 2005, p. 45)

Dentro destes conceitos, evidencia-se os postulados como:

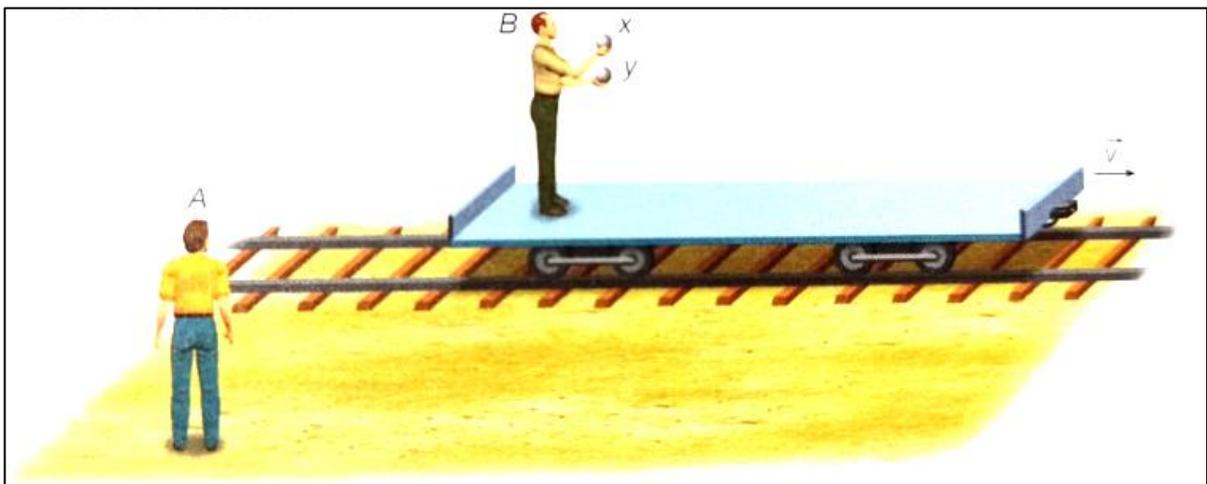
- I. Princípio da relatividade: se as leis da mecânica são válidas num dado referencial, então são também válidas em qualquer referencial que se mova com velocidade retilínea e uniforme em relação ao primeiro.
- II. Princípio da inércia: Um corpo tende a permanecer em repouso ou em movimento a menos que uma força atue sobre ele.

Para Seixas,

O princípio da relatividade de Galileu nos diz que as leis da Mecânica serão válidas em todos os referenciais que estejam em movimento retilíneo uniforme, um em relação ao outro. Isto quer dizer que observadores que se movem em uma reta com velocidade constante observam as mesmas leis da Mecânica que no caso de estarem parados. O Princípio da relatividade “traduz a vontade de encontrar uma imagem do mundo que seja independentemente da situação dos diversos observadores. (Seixas, 2005, p. 52)

Imaginemos, portanto, dois observadores, conforme figura 30, o observador B, que segura duas esferas carregadas e sente forças eletrostáticas agindo entre as cargas, em cima de um trilho em movimento  $v$  na direção  $x$ ; e um observador A, que se encontra fora dos trilhos observando as esferas.

**Figura 21:** Representação do esquema de observadores



**Fonte:** SANT'ANNA, 2010.

O observador A no referencial S, por estar fora do sistema S' de B, acaba enxergando esferas carregadas movendo-se em trajetórias paralelas, com uma velocidade  $v$ . Então, além de enxergar as forças eletrostáticas, ele observa também um par de forças magnéticas entre as esferas.

Ainda de acordo com Sant'Anna e Seixas, na sequência, temos que:

Estas forças magnéticas aparecem quando relacionamos os dois referenciais utilizando as transformações de Galileu. Temos então nesse caso, “duas” físicas, uma para o observador A, e outra para o observador B. O que viola o postulada sobre a

equivalência das leis físicas para diferentes referencias inerciais. (Sant'Anna, 2010, p. 362)

Sendo a luz um fenômeno eletromagnético, ela nada mais é do que a oscilação de dois campos perpendiculares entre si, o elétrico e o magnético. Ao nos movermos a uma velocidade próxima da luz e então observarmos um feixe de luz, teremos que o caráter oscilatório da luz deixará de existir. Este fato nega o princípio da relatividade, quando aplicado a leis do eletromagnetismo. Desta maneira, as equações de Maxwell não são compatíveis com os referenciais inerciais da Mecânica newtoniana. (Seixas, 2005, p. 52)

O postulado da teoria da relatividade de Einstein, não era satisfeito nas transformações de Galileu,

$$x' = x + vt \quad (25)$$

$$t' = t, \quad (26)$$

E sim nas transformações de Lorentz, apresentadas nas equações 27, 28, 29 e 30, acompanhados de propriedade de Lorentz (o fator de Lorentz). Onde existem as posições x, y e z, acompanhados da velocidade relativística, e também a velocidade da luz.

$$x' = \gamma(x - vt) \quad (27)$$

$$y' = y \quad (28)$$

$$z' = z \quad (29)$$

$$t' = \gamma \left( t - \frac{v \cdot x}{c^2} \right) \quad (30)$$

onde  $\gamma$  é o fator de Lorentz, previsto como propriedade específica, dada por

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

De acordo Sant'Anna (2010) em 1905, Einstein aplicou essas transformações a teorias eletromagnéticas e verificou que ela se mantinha inalterada para diferentes referenciais em movimento uniforme em relação uns aos outros.

➤ A relatividade do tempo

Podemos expressar a dilatação do tempo matematicamente como sendo:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (31)$$

na qual  $\Delta t'$  é chamado de intervalo de tempo próprio. Onde  $\Delta t$  é o intervalo de tempo no referencial do corpo em movimento. O intervalo de tempo medido no referencial S', é diferente do intervalo de tempo medido no referencial S.

De acordo com Junior, (2007) inferimos, portanto que os intervalos de tempo também são afetados pela relatividade de Einstein, contrariando mais uma vez o princípio da simultaneidade de eventos proposta por Galileu. É importante observar que essas características de mudanças do tempo, só são aplicadas a velocidades muito próximas a da luz, o que ocorre no domínio das partículas elementares.

#### ➤ Energia Relativística

Com o advento da relatividade, os conceitos de energia também sofreram modificações significativas, passando a ser conhecida como dualidade massa e energia, a famosa equação de Einstein:

$$E_0 = m \cdot c^2 \quad (32)$$

De acordo com Torres, (2016),  $E_0$ , representa a energia equivalente a massa ( $m$ ) em repouso e costuma ser chamada de energia de repouso. Todavia se queremos calcular a energia total de uma partícula livre em movimento, devemos somar a energia de repouso com a energia cinética relativista, ver-se a energia relativística com o fator de Lorentz:

$$E = \frac{m \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (33)$$

Dessa forma, para a energia cinética relativística, temos:

$$E_c = E - E_0 \quad (34)$$

$$E_c = \gamma \cdot m \cdot c^2 - m \cdot c^2 \quad (35)$$

De acordo com Riffel,

o princípio da conservação da energia total pode ser comprovado experimentalmente para processos relativísticos. Entretanto, outro princípio de conservação – o princípio de conservação da massa – não deve ser tratado de maneira isolada na teoria da relatividade especial, devido a relação entre a massa e a energia. A relação massa-energia implica na substituição das leis de conservação de massa e de energia por uma única lei de conservação de massa-energia. (Riffel, 2011, p. 30)

➤ A relatividade do comprimento

Outra medida considerada para a física clássica como absoluta é o comprimento. Com as aplicações da relatividade de Einstein, a dilatação do tempo passou a ser uma realidade, e com ele, o comprimento variado, o a relatividade do comprimento.

De acordo com Barros

De fato, a contração do comprimento, na relatividade especial, surge como consequência de que todos os observadores em movimento relativo uniforme devem medir o mesmo valor para a velocidade da luz. Ela ocorre apenas para um observador que mede o comprimento de uma barra em movimento, dependendo o valor da contração da velocidade com que a barra se move em relação a ele (a contração é relativa). (Barros, 2005, p. 622)

As equações que regem tais princípios de relatividade da medida do comprimento e a propriedade de contração do comprimento é dada de acordo com Junior (2007):

$$L = L' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

As aplicações da teoria da relatividade especial só chegaram após um século. Entre as aplicações mais expressivas estão o sistema de posicionamento global, a sigla em inglês GPS, que calcula a localizada com o tempo de resposta entre os satélites que orbitam a Terra e nossos aparelhos. A relatividade também revolucionou a maneira de comunicação mundial. Outra aplicação é a energia nuclear, que tem um papel importantíssimo no campo da produção de energia elétrica e na medicina.