

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL  
**UFERSA**  
RURAL DO SEMI-ÁRIDO

**SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**FRANCISCO FÁBIO DE SOUSA RIBEIRO**

**ANALIZ E AS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS: UMA PROPOSTA  
PEDAGÓGICA**

MOSSORÓ - RN  
2021

FRANCISCO FABIO DE SOUSA RIBEIRO

**ANALIZ E AS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS: UMA PROPOSTA PEDÁGOGICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, como parte fundamental para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Lázaro Luís de Lima Sousa

MOSSORÓ - RN  
2021

Ra       Ribeiro, Francisco Fábio de Sousa .  
          Análiz e as proposições quânticas: Uma proposta  
          pedagógica / Francisco Fábio de Sousa Ribeiro. -  
          2021.  
          166 f. : il.

          Orientador: Lázaro Luís de Lima.  
          Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
          Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
          Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2021.

          1. Física quântica. 2. História em quadrinhos. 3.  
          Ensino. I. Lima, Lázaro Luís de , orient. II.  
          Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

FRANCISCO FABIO DE SOUSA RIBEIRO

**ANALIZ E AS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPFEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Lázaro Luis de Lima Sousa

Aprovado em 30/12/2021

**BANCA EXAMINADORA**

**Lázaro Luis de  
Lima Sousa**

Assinado digitalmente por Lázaro Luis de Lima  
Data: 2022.03.24 09:11:08-0300  
Certificado: CN=Lázaro Luis de Lima Sousa, OU=UNIVERSIDADE FEDERAL DO SEMI-ÁRIDO, C=BR

Prof. Dr. Lázaro Luis de Lima Sousa (Orientador)



Prof. Dr. Alexandre Pereira Lima

**LUCIANA ANGELICA DA  
SILVA**  
NUNES:83876820391

Assinado de forma digital por  
LUCIANA ANGELICA DA SILVA  
Data: 2022.03.23 20:05:40 -03'00'

Prof. Dra. Luciana Angelica da Silva Nunes

Dedico este trabalho a toda minha família principalmente a meu pai e minha mãe. A minha filha Analiz Batista Ribeiro, que como símbolo de luta e de muito amor foi e será meu norte.

## RESUMO

### **ANALIZ E AS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA**

Francisco Fábio de Sousa Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Lázaro Luís de Lima Sousa

**RESUMO:** O presente trabalho é base fundamental para a conclusão do curso mestrado nacional no ensino de física, onde ele faz referência ao uso de uma ferramenta que facilitará o entendimento básico de física quântica, podendo qualquer escola fazer uso desta ferramenta de ensino. Será abordado especificamente o assunto de física quântica que está relacionado ao nosso cotidiano, perpassando o conhecimento livresco. Através do uso de uma HQs em que o próprio aluno é autor e coautor de seu aprendizado, a ferramenta proporcionará ao mesmo a possibilidade de entender os fenômenos da física quântica inserido em nosso cotidiano. A história discorrerá a partir de uma personagem principal, filha do autor deste trabalho, onde o diálogo entre os dois está pautado no princípio básico e nas proposições quânticas vivenciadas e não percebida. O trabalho apresentado se torna uma nova forma de transmitir o conhecimento, tentando deixar mais claro e objetivo através da história em quadrinho, pautado na ludicidade e nas imagens a base para o esclarecimento e entendimento de física quântica. O produto educacional será testado na escola Estadual de Educação profissional Edson Queiroz, com alunos dos 1º anos, em que será aplicado um pré-teste para analisar o conhecimento prévio dos alunos, será realizado uma intervenção pedagógica e posteriormente aplicaremos os testes desafios que se encontram no final de cada capítulo da História em Quadrinhos, para identificarmos o crescimento do saber cognitivo dos alunos em relação ao conhecimento básico sobre física quântica.

**Palavras chaves:** Física quântica. História em quadrinhos. Ensino.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Páginas do livro <i>Histoire de Mr. Jabot</i> , de autoria de Rudolf Töpffer.....	6
<b>Figura 2:</b> Em (A) Considerado o criado da primeira HQ, Richard Outcault; (B) Uma página da publicação intitulada <i>The Yellow Kid</i> , de Richard Outcault.....	6
<b>Figura 3:</b> (A) Capa de <i>O Tico-Tico</i> n.174 (1909); (B) Primeiro quadro da pág. 11 de <i>O Tico-Tico</i> n.301 (1911).....	7
<b>Figura 4:</b> Tirinha <i>Garfield</i> , de Jim Davis.....	8
<b>Figura 5:</b> Tirinha de <i>Mafalda</i> .....	8
<b>Figura 6:</b> Tirinha de <i>Mafalda</i> com alguns elementos identificados de composição de uma HQ.....	9
<b>Figura 7:</b> Mecanismo da estrutura do aprendizado mecânico e o significativo.....	14
<b>Figura 8:</b> Visão esquemática da contínua aprendizagem mecânica em relação à aprendizagem significativa.....	16
<b>Figura 9:</b> Esquema da interação e obtenção do aprendizado significativo.....	17
<b>Figura 10:</b> Trecho da HQ <i>Analiz e as proposições quântica: uma proposta pedagógica, do conteúdo de buraco negro</i> .....	23
<b>Figura 11:</b> Quadrinho com reações perceptível pela expressão corporal e ação das personagens.....	24
<b>Figura 12:</b> Relação entre os diversos comprimentos de onda do espectro eletromagnético e os fótons associados.....	33
<b>Figura 13:</b> Liberação e absorção de fótons por um átomo genérico.....	34
<b>Figura 14:</b> Linhas de emissão e absorção para o átomo de hidrogênio.....	34
<b>Figura 15:</b> Leis de Kirchhoff do estudo dos espectros.....	35
<b>Figura 16:</b> Linhas de absorção de estrelas de acordo com a classe espectral.....	36
<b>Figura 17:</b> Fótons absorvidos por uma nuvem.....	36
<b>Figura 18:</b> Fótons espalhados por uma nuvem.....	37
<b>Figura 19:</b> Resistência elétrica utilizada para a simulação de um corpo negro.....	38
<b>Figura 20:</b> Efeito fotoelétrico.....	39
<b>Figura 21:</b> Representação do experimento do efeito fotoelétrico decorrente da ação do campo elétrico sobre os elétrons emitidos, estabelecendo uma corrente elétrica mensurável.....	40
<b>Figura 22:</b> Padrões de interferência de uma onda eletromagnética.....	43
<b>Figura 23:</b> Padrões de distribuição de esferas lançadas em experimento de dupla fenda.....	44
<b>Figura 24:</b> Padrões de interferências de um feixe de elétrons.....	44
<b>Figura 25:</b> Representação do experimento mental idealizado por Heisenberg, para ilustrar a impossibilidade de precisão absoluta na medida de elétrons quânticos.....	46
<b>Figura 26:</b> Representação gráfica do experimento mental de Schrodinger.....	48
<b>Figura 27:</b> Plataforma de escolha do tema da Pixton para criação da HQ.....	50
<b>Figura 28:</b> Opções de edição da HQ.....	51
<b>Figura 29:</b> Escolha dos personagens da HQ na plataforma da Pixton.....	52
<b>Figura 30:</b> Foco e desfoque da HQ.....	52
<b>Figura 31:</b> Escrita dos diálogos em cada quadro da HQ.....	53
<b>Figura 32:</b> Efeitos da HQ.....	53
<b>Figura 33:</b> Capa da HQ <i>Analiz e as proposições quânticas</i> .....	54
<b>Figura 34:</b> Rotação entre os grupos produtivos.....	56
<b>Figura 35:</b> Cooperação entre os componentes do grupo.....	58
<b>Figura 36:</b> Momento individual de escolha dos temas.....	60
<b>Figura 37:</b> Divisão dos tópicos de cada capítulo.....	61
<b>Figura 38:</b> A interação entre os componentes do grupo na atividade.....	63
<b>Figura 39:</b> Recorte de uma cena do vídeo <i>LHC: O grande colisor de hádrons, parte 1</i> .....	66
<b>Figura 40:</b> Recorte de uma cena do vídeo <i>CURIOSIDADES SOBRE O BURACO NEGRO   Ciências da Natureza</i> .....	67
<b>Figura 41:</b> Exposição do tema.....	69
<b>Figura 42:</b> Trabalhando o contexto e os objetivos da HQ.....	70
<b>Figura 43:</b> Aula sobre a ponte quântica.....	71
<b>Figura 44:</b> Número de alunos em sala versus alunos participantes do teste quântico.....	71
<b>Figura 45:</b> Analisando o teste das bolas na caixa.....	72
<b>Figura 46:</b> Níveis de conhecimentos da proposição a ponte quântica.....	75
<b>Figura 47:</b> Aula sobre dualidade onda-partícula.....	76
<b>Figura 48:</b> Quantidade de alunos que responderam a proposição dualidade onda partícula.....	76
<b>Figura 49:</b> Teste sobre a dualidade quântica.....	77
<b>Figura 50:</b> Analisando os subsunçores dos alunos A, B e C.....	79
<b>Figura 51:</b> Contextualizando com os alunos o conceito do efeito fotoelétrico.....	80

<b>Figura 52:</b> Alunos que participaram do teste quântico.....	80
<b>Figura 53:</b> Analisando o teste sobre o efeito fotoelétrico.....	81
<b>Figura 54:</b> Analisando subsunçores.....	83
<b>Figura 55:</b> número de alunos que responderam o teste a seguir .....	84
<b>Figura 56:</b> Aula sobre radiação do corpo negro.....	84
<b>Figura 57:</b> Analisando o teste sobre a lata negra .....	85
<b>Figura 58:</b> analisando os subsunçores .....	86
<b>Figura 59:</b> Demonstração da proposição quântica a absorção e emissões de luz .....	87
<b>Figura 60:</b> Analisando o desafio sobre o arco-íris .....	87
<b>Figura 61:</b> quantidade de alunos que participaram do teste.....	88
<b>Figura 62:</b> uma análise sobre os resultados levando em consideração seus subsunçores.....	90
<b>Figura 63:</b> número de alunos que respondeu o teste .....	91
<b>Figura 64:</b> Aula sobre as curiosidades do buraco negro .....	91
<b>Figura 65:</b> Desafio sobre a proposição curiosidade buraco negro .....	92
<b>Figura 66:</b> Os subsunçores em destaque .....	94

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> <i>Resumo das ações executadas no primeiro momento com os discentes</i> .....	57
<b>Quadro 2:</b> <i>Resumo das ações executadas no segundo momento com os discentes</i> .....	59
<b>Quadro 3:</b> <i>Resumo das ações executadas no terceiro momento com os discentes</i> .....	61
<b>Quadro 4:</b> <i>Resumo das ações executadas no quarto momento com os discentes</i> .....	62
<b>Quadro 5:</b> <i>Resumo das ações executadas no quinto momento com os discentes</i> .....	66
<b>Quadro 6:</b> <i>Resumo das ações executadas no sexto momento com os discentes</i> .....	68
<b>Quadro 7:</b> <i>Descrição dos valores que nortearam a avaliação dos resultados.</i> .....	72

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO .....	1
1.1: Objetivos .....	4
CAPÍTULO 2: A HQ E SEU ALCANE NO CAMPO EDUCACIONAL .....	5
2.1: O surgimento da HQ e seus aspectos básicos .....	5
2.2: A HQ pode contribuir no ensino e aprendizagem .....	10
CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
3.1: A base do aprendizado segundo Ausubel .....	12
3.2: A aprendizagem significativa .....	13
3.3: A aprendizagem significativa e a relação com as HQs .....	18
3.4: Aprendizagem cooperativa .....	20
3.5: A História da aprendizagem cooperativa .....	21
3.6: A aprendizagem cooperativa com as HQs .....	22
3.7: Aspectos da aprendizagem cooperativa .....	25
3.8: Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para o Ensino Fundamental e Ensino Médio .....	27
3.9: Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para o Ensino Médio .....	30
CAPÍTULO 4: A FÍSICA QUÂNTICA .....	33
4.1: A emissão de luz pelas estrelas .....	33
4.2: Radiação do corpo negro .....	37
4.3: O efeito fotoelétrico .....	39
4.4: A dualidade onda partícula .....	42
4.5: Princípio da incerteza de Heisenberg e a contribuição de Schrödinger .....	45
CAPÍTULO 5: METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	49
5.1: Público-alvo e a escola .....	49
5.2: Procedimento de produção da HQ 'Análiz e as proposições quânticas' .....	50
5.3: Estratégia pedagógica .....	54
5.4: Primeira aula: "O início da jornada" e a "ponte quântica" .....	56
5.5: Segunda aula: "Dualidade onda-partícula" .....	58
5.6: Terceira aula: "Entendendo fótons e o efeito fotoelétrico" .....	59
5.7: Quarta aula: "Radiação do corpo negro" .....	62
5.8: Quinta aula: "Absorção e emissão da luz" .....	64
5.9: Sexta aula: "Curiosidade buraco negro" .....	66

5.10: Sétima aula: “Por fim, eu, Analiz” .....	68
CAPÍTULO 6: RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	69
6.1: A ponte quântica .....	70
6.2: A dualidade onda partícula .....	75
6.3: Sobre a aplicação da HQ .....	77
6.4: O efeito fotoelétrico .....	79
6.5: Sobre a aplicação da HQ .....	81
6.6: Radiação do corpo negro.....	83
6.7: Sobre a aplicação da HQ .....	84
6.8: Absorção e emissões de luz .....	86
6.9: Sobre a aplicação da HQ .....	87
6.10: Curiosidade Buraco negro .....	90
6.11: Sobre a aplicação da HQ .....	92
CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99
APÊDICE A: COMO APLICAR O PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA .....	107
APÊNDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL .....	110

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

---

O mundo infantil é robusto de descobertas e de momentos de muita alegria e diversão. Compreender como esse público consegue desenvolver seu poder de pensamento não é nada fácil e nos coloca em um caminho vasto de desafios. O uso de recursos nesta fase é um mecanismo auxiliador nesta jornada e as histórias em quadrinhos (HQs) é um deles. Elas vêm mostrando e deixando bem claro que é possível alcançar o processo de ensino e aprendizagem dentro da sala de aula se bem empregadas em um contexto educacional (MARTA, 2015). Ela traça um poder cultural que pode chegar no íntimo não só do público infantil, mas em outros níveis de idades e outros níveis culturais.

Uma boa parte do público infantil começa a ter o seu primeiro contato com a leitura através de letras e desenhos que se encontram nas HQs e, mesmo antes de entender a leitura ou entender a escrita, já tem contato com as personagens que lhe passaram alguma informação, ou seja, a leitura por meio de estampas em suas roupas, temas de festas de aniversário, adesivos de paredes dentre outras informações encontradas no seu dia a dia.

As HQs têm características próprias. Elas chamam a atenção dos leitores, como por exemplo os textos narrativos que contam aquela história, geralmente apresentam desafios e estão cheios de ludicidade. Há a presença de um ou mais personagens, que produzem acontecimentos e movimentam a história.

Eles podem interagir com diálogos dentro de balões, traduzindo de forma objetiva o que de fato é de intenção das personagens, como se pudesse ser lido o que eles estariam pensando. Sinais de pontuação servem para enfatizar os sentimentos das personagens, se eles estão tristes ou alegres. Para dar ainda mais detalhes, nas HQs podem conter a presença de onomatopeias e a existência de linguagem verbal e não verbal, que sempre associam as palavras com as imagens.

Os acontecimentos das HQs ocorrem em determinado local e tempo, mesmo que não seja explícito na história. Segundo Resende (2014), as HQs são “[...] obras ricas em simbologia – podem ser vistas como objeto de lazer, estudo e investigação. A maneira como as palavras, imagens e as formas são correlacionadas apresentam um convite à interação autor-leitor, podendo proporcionar a ele uma aprendizagem mais significativa, por isso me detenho a este trabalho com o produto que partirá do

princípio da aprendizagem significativa, proporcionando ao leitor a significância para o estudo do conteúdo proposto.

Segundo Ramos (2019), as HQs potencializam o hábito da leitura e, ao decorrer de alguns anos, foi refutado a ideia de que ela poderia colaborar para o afastamento das crianças e jovens do mundo da leitura. Por outro lado, os leitores deste tipo de conteúdo também fazem parte de um público que lê outros materiais, como por exemplo, jornais, revistas e livros. Vergueiro (2007) aponta que o discente poderá usar as Hqs na sala de aula de forma positiva, deixando as aulas mais dinamizadas, fazendo assim com que os alunos se sintam mais motivados e até conseguindo melhorar os resultados no processo de ensino e aprendizagem.

A escola como ambiente de investimento pessoal e social, necessita de ferramentas que possam facilitar o entendimento de determinado conteúdo, reciclando e proporcionando o desenvolvimento de uma educação de qualidade, pois tem o propósito de transformar e inserir estudando no meio social. As HQs já foram introduzidas no meio educacional.

Para Siqueira (2011), existe a necessidade para que o aluno consiga de forma efetiva inserir novos conhecimentos, novas abordagens por parte do professor, portanto a inserção da HQ no ensino de ciências pode ser considerada uma nova metodologia e que pode ser eficiente para o processo de ensino e aprendizagem. Há uma necessidade diária por parte do processo educacional a busca incansável por novos métodos de ensino.

Para Schnetzler (2004), esse processo se deve pela necessidade de estar sempre em constante evolução. Isso também se deve por que há uma grande disponibilidade de recursos, como tecnológicos, como jogos e as histórias em quadrinhos, possibilitando deixar as aulas mais dinâmicas e produtivas, segundo Siqueira (2011).

As HQs podem ser consideradas como recursos didáticos, pois elas têm o poder de causar alguns efeitos positivos no processo de ensino e aprendizagem, tais como, auxilia o discente compreender melhor os conteúdos propostos. Nesse contexto as instituições de ensino devem colaborar com o professor para o desenvolvimento desta ferramenta de ensino (SANJUAN, 2009).

Segundo Marta (2015), após ser feito um levantamento através de um questionário eletrônico ficou percebido que todos os alunos daquela instituição teriam contato com alguma história que fosse narrada através de uma HQ. Ficou percebido

também que eles tiveram contato com a ferramenta apenas com o objetivo de efetuar alguma leitura, não foi usada com algum direcionamento pedagógico. Em seu trabalho, quando se indagou o uso da HQ como ferramenta pedagógica cerca de 95% acreditou possível ela ser útil para esse fim, ou seja, serviria como meio de ensino e aprendizagem, pois para aqueles alunos a HQ estimularia e facilitaria na compreensão dos conteúdos. Segundo a maioria dos alunos eles poderiam aprender de forma divertida.

Tomando o sentido pedagógico das HQs e seu poder no processo de ensinar, será conduzida a inserção do contexto escolar o produto educacional aqui descrito se propõe a apresentar o seu poder no processo de ensino e aprendizagem no trabalho do professor de diversas disciplinas, em particular a disciplina de física que proporciona aos alunos o medo por falta de esclarecimento, a qual requer, pelo educador, um trabalho ordenado com os gêneros do discurso para a capacitação de leitores capazes e assíduos, levando aos seres uma chance de enxergar a física como disciplina que traz prazer e de grande importância para os que estudam, além de tudo isso, importante para a humanidade.

Esta dissertação traz uma intervenção pedagógica que utiliza uma HQ para auxiliar o ensino de Física Quântica, como um produto educacional. Ela foi produzida e confeccionada sendo intitulada de *Análiz e as Proposições Quânticas* e é direcionada às turmas do Ensino Médio. Essa necessidade é advinda da preocupação das escolas em renovar suas metodologias, por outro lado não dispõem de produtos que possam dar significados ao ensino da Física mais atualizada, que é o caso da Física Quântica.

O trabalho científico aqui exibido está ordenado levando em consideração os pontos essenciais para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem de Física Quântica no Ensino Médio, de forma conceitual, sem o apelo matemático. Pontos como a aprendizagem significativa de Ausubel, a aprendizagem cooperativa e as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para o Ensino médio. Será enfatizado, também, o processo de produção da HQ, bem como a aplicação do produto e os resultados analisados a partir dos testes de aceitabilidade e verificação da aprendizagem através das metodologias aqui abordadas.

Ao fim deste trabalho são apresentadas as considerações finais salientando os pontos aqui estudados, mostrando o que foi alcançado após a utilização do produto educacional aqui desenvolvido como um material que pode ser inserido no mundo da

educação, como meio facilitador desse processo de ensino e aprendizagem. Objetivando o auxílio no processo de ensino de física quântica, mostraremos as considerações finais acerca do que conseguimos evidenciar através da pesquisa bibliográfica e dos desafios propostos na HQ e da aceitabilidade do público ali estudado.

Salientar a objetividade de produzir novas histórias em quadrinhos com proposições envolvendo outros níveis de conhecimento e outros assuntos de física em nível da educação básica.

### **1.1: Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um produto educacional na forma de uma HQ para estudo de apontamentos da Física Quântica em seu caráter introdutório no Ensino Médio. Os objetivos específicos são norteadores para um processo de ensino e aprendizagem, com eles potencializamos o uso deste produto educacional:

- Efetuar nivelamento em física;
- Potencializar a leitura e interpretação dos alunos;
- Aguçar a curiosidade em relação aos fenômenos quânticos;
- Estimular a participação nas aulas remotas em tempos de pandemia (Covid19).

## CAPÍTULO 2: A HQ E SEU ALCANE NO CAMPO EDUCACIONAL

---

Neste capítulo serão dadas as primeiras noções básicas para apresentação do produto educacional na forma de uma HQ e, por isso, nos tópicos a seguir serão apresentadas informações de como surgiu a HQ, as suas características e sua inserção no processo de ensino e aprendizagem.

### 2.1: O surgimento da HQ e seus aspectos básicos

Uma HQ é marcada basicamente por uma sequência de imagens, na forma de desenhos, separadas por uma região delimitada, em um processo evolutivo de acontecimentos, mesmo que não seja acompanhada de textos. Estas imagens em quadros potencializam a compreensão da história. Muitos outros nomes podem associar essa forma de literatura e arte, por exemplo, gibi, tirinhas, arte sequencial, narrativa gráfica, revistas ilustradas (VERGUEIRO, 2007).

Existem diferenças sistemáticas entre uma tirinha e uma HQ (PEREIRA, OLENKA, OLIVEIRA, 2016). As duas usam da linguagem mista, ou seja, a mistura de ilustrações com textos, porém, as tirinhas contêm poucos quadrinhos, dois a quatro, já a HQ terá mais de quatro quadrinhos. A tirinha prevalece desse diálogo curto e objetivo, tratando de um determinado assunto crítico ou levando aquele humor como a HQ também pode fazer.

Apesar da expressão de arte e desenho ser tão antiga quanto a história do próprio homem, a literatura aponta que o criador do estilo de desenho e contagem de histórias na forma de uma HQ é o desenhista Rudolf Töpffer, com o livro *Histoire de Mr. Jabot*, que foi publicado em 1833. A Figura 1 mostra uma página contendo algumas ilustrações deste livro.

A produção, partindo da criação de personagens que chamem atenção, se torna ainda mais fácil a aceitação por parte dos leitores. É percebido que quando há uma preocupação por parte do autor em atingir a todos os níveis de público, com as mais diversas imagens ou comportamento dos personagens, a história fica mais rica e cada vez mais cheia de ludicidade em que potencializa e enriquece o trabalho ali desenvolvido. Com essas características fica bem mais fácil atingir o objetivo de ensinar usando as HQs.

**Figura 1:** Páginas do livro *Histoire de Mr. Jabot*, de autoria de Rudolf Töpffer



Fonte: <http://www.19thc-artworldwide.org/spring07/46-spring07/spring07/article/145-the-invention-of-comics>

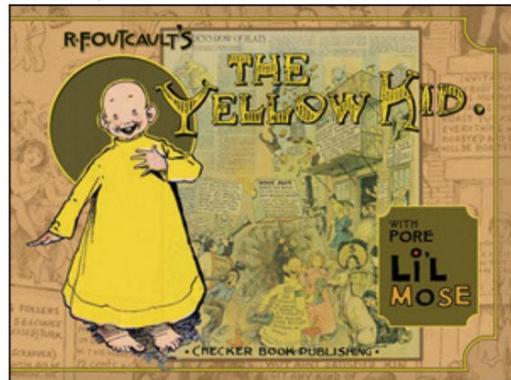
A popularização das HQs em seu formato mais próximo do que conhecemos veio fortemente em 1895, com o americano Richard Outcault, mostrado na Figura 2(A), criador do famoso *The Yellow Kid* (O menino amarelo), de 1895, com imagens de uma de suas páginas na Figura 2(B) e contava com histórias vividas por um menino dentuço que se vestia de amarelo, comunicando-se por gírias, em uma linguagem coloquial e trazia reflexões sobre a sociedade, na época. A história ficou bem conhecida e era impressa em cores para leitura de muitos americanos que acompanhavam as leituras pelos jornais (DE ARAÚJO, 2009).

**Figura 2:** Em (A) Considerado o criador da primeira HQ, Richard Outcault; (B) Uma página da publicação intitulada *The Yellow Kid*, de Richard Outcault

(A)



(B)



Fonte: (A) <http://www.guiadosquadrinhos.com/artista/richard-felton-outcault/1355>; (B) De Araújo, 2009

No Brasil, as HQs foram introduzidas em 1905, com o Tico-Tico, e foi escrita na cidade do Rio de Janeiro, porém a primeira publicação em cores veio em 1960, com *A Turma do Pererê*, do cartunista Ziraldo, com personagens inspirados na nossa cultura. A Figura 3 mostra a capa do tico-tico.

**Figura 3:** (A) Capa de O Tico-Tico n.174 (1909); (B) Primeiro quadro da pág. 11 de O Tico-Tico n.301 (1911)



Fonte: editado de Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional.

Ao longo dos anos, as HQs saíam dos jornais e ganhavam seu destaque natural como as revistas que conhecemos hoje em seu formato tradicional, como um produto independente.

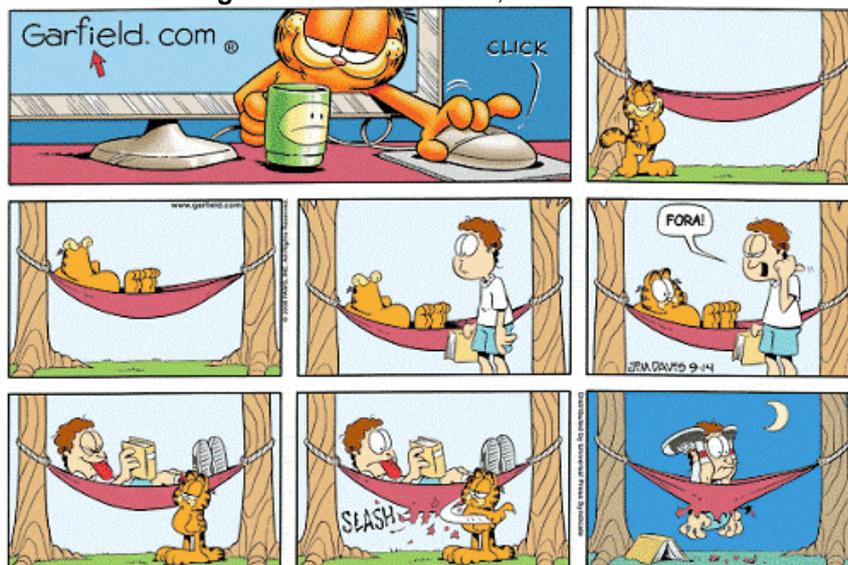
Desde então, houve um grande número de publicações com personagens marcantes que hoje ocupam o imaginário de muitas crianças, jovens e adultos, ao despertar grande interesse devido ao fato de que os personagens passam por situações semelhantes às de seus leitores: vão à escola, ao parque, têm pesadelos e sentem medos. Esta forma de composição literária permite promover a identidade e a familiaridade entre os personagens e seus leitores (PENTEADO, 2008, p. 02).

As HQs prevalecem de um gênero textual conhecido como a narração (EGUTI, 2001, p. 45). Esse gênero é usado para descrever determinados acontecimentos em um curto intervalo de tempo. Não existe uma quantidade mínima de quadrinhos para se contar uma história. Ele usa dois tipos de linguagens: verbal e não verbal.

A linguagem não verbal é aquela em que prevalece a ausência de palavras, assim, ela utiliza amplamente as imagens, sendo estas muito importante para o percurso da história (GUIMARÃES, 2013). Como exemplo, a Figura 4 mostra uma situação sem diálogo em que as personagens disputam a posse de uma rede. Apesar

de não haver uma conversação clara, é possível notar como a história é desenrolada pela sequência de imagens, a expressão facial e corporal das personagens.

Figura 4: Tirinha Garfield, de Jim Davis.



Fonte: <https://blogdoenem.com.br/>, acesso em novembro de 2021

Em contraponto, a linguagem verbal é aquela que usa as palavras, sendo essa essencial para compreensão e interpretação do texto, mesmo que haja a presença de imagens (GUIMARÃES, 2013), como exemplo a Figura 5 mostra esse tipo de linguagem sendo empregada para contar a história.

As falas das personagens, geralmente, são visualizadas nos balões de diálogos, que é uma região delimitada que não compõe o ambiente do personagem, ou seja, somente o leitor está ciente deste recurso. Sem os balões com as falas das personagens, ficaria quase que impossível decifrar qual era a ação que estaria ocorrendo naquela cena. Desta forma, a linguagem escrita é necessária para que haja fluidez na interpretação da ilustração. O que podemos perceber na Figura 5.

Figura 5: Tirinha de Mafalda



Fonte: Argentino Quino (1932-2020)

Mesmo a HQ se sustentando apenas em tirinhas, elas precisam ser identificadas como uma história, ou seja, uma sequência de acontecimentos, prevalecendo o processo básico de um conto, que deve ter início, meio e fim. O ponto de vista narrativo, a evolução da escrita e das imagens devem respeitar a ordem cronológica, ou seja, a HQ quer contar uma história, então deve seguir uma sequência narrativa.

A relação entre os quadros está marcando a evolução da história e os planos devem prevalecer nesta sequência evolutiva. As cores marcam a intensidade daquela situação, criando um ambiente mais realista ao enredo. A variação de plano nos orienta para dar mais significado para os conceitos ali envolvidos. A Figura 6 mostra alguns elementos visuais integrantes de uma HQ.

**Figura 6:** Tirinha de Mafalda com alguns elementos identificados de composição de uma HQ



Fonte: Argentino Quino (1932-2020)

Em cada quadro há uma expressão da vontade do autor do desenho, qual sentimento ele deseja transmitir, expressa por mudanças na expressão corporal ou facial das personagens. Os balões de diálogos, quando existentes, descrevem o que de fato o personagem quer falar ou fazer. Os formatos destes balões podem ser utilizados para mostrar ao leitor ações mentais, faladas ou, até mesmo, o tempo em que ela ocorre. A pontuação gramatical, a onomatopeia e as interjeições nos textos permitem brincar com a evolução dos personagens, podendo utilizar de várias formas, há depender das características das personagens e seus sentimentos naquele momento da história.

Essa composição de imagens, situações, diálogos corroboram para a popularidade que esse material tem nos dias de hoje, atingindo os mais diversos públicos, sejam de crianças, jovens ou adultos. Essas características potencializam a forma se comunicar com o leitor que é preso pela busca do que acontecerá em

seguida ou pelas várias interpretações dadas pelas situações vivenciadas pelas personagens, imprimindo, assim, sua forma de visualizar a situação, com testemunho próprio e individualizado, apesar de ser um observador sem poder alterar as ações ali apresentadas nas imagens.

## **2.2: A HQ pode contribuir no ensino e aprendizagem**

As HQ, além de uma forma de entretenimento literário, têm sido utilizadas como recursos didáticos no ensino em várias vertentes (OLIVEIRA, 2008) e, com isso, o processo de ensino e aprendizagem se dá por um caráter lúdico, atendendo as necessidades de leveza e dinamicidade na construção do aprendizado. A utilização desta ferramenta tem como objetivo a soma de meios para a inserção do conhecimento durante o processo educacional.

Por muitos anos, uma limitação ao introduzir a HQ como recurso no ensino nas escolas, apenas sendo usadas como meio de ilustrações nos livros didáticos e não como um livro que os alunos pudessem ler fazer as devidas interpretações.

As HQs, quando inseridas dentro de um contexto educacional apropriado, podem aproximar conteúdos de difícil aprendizagem de uma forma lúdica, usufruindo de diagrama e linguagens que tentam atingir o processo de ensino aprendizagem dos assuntos tratados nos livros didáticos específicos para alunos da educação básica. Elas motivam à leitura e desenvolvem o pensamento reflexivo do leitor, melhorando sua capacidade de argumentar e compreender melhor o ambiente que o cerca (VILELA, 2004).

A procura por HQs direcionadas ao meio educacional ainda é tímida. Possivelmente pela insegurança quanto ao efeito que este material poderia provocar em seus estudantes-leitores. Desta forma, professores podem acabar por acreditar que a inserção das HQs no processo de ensino possa afastar esses jovens das leituras dos materiais considerados tradicionais, atrapalhando o crescimento profissional destes jovens, deixando-os dispersos de seus objetivos mais importantes ou atrasando seu amadurecimento quanto ao ser mais responsável e pronto para o mercado de trabalho.

Nos dias atuais, as HQs já são mais aceitas. O uso delas nas escolas é mais intenso. Já existe até estímulo por parte de alguns governos estaduais para que sejam usadas no processo de ensino e aprendizagem, com o objetivo de incentivar a prática

da leitura, podendo alavancar o melhoramento de competências relacionadas à interpretação de texto.

Creches utilizam as HQs infantis como recurso para as crianças, ligando o mundo infantil e o aprender a ler e interpretar, usando apenas da linguagem não verbal. Segundo Vergueiro (2004), existem alguns limites na utilização desta ferramenta, como por exemplo a falta de criatividade do professor e a capacidade de usá-la para atingir determinados objetivos.

Vilela (2004) chama a atenção para o professor que ao usar a HQ como ferramenta pedagógica, quando a produção deste material for por parte dos alunos, isso fará com que eles desenvolvam sua criatividade e potencialize a curiosidade e mergulhe a fundo na pesquisa e na sua representação. Barbosa (2004) ressalta que todos os conceitos básicos de artes estão inseridos em uma HQ, apesar de que elas não devem ser usadas apenas com essa finalidade. É importante que haja um contexto inserido nesta representação.

## CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica sobre a teoria da aprendizagem de Ausubel utilizada para criação e utilização do produto educacional. Este estudo é iniciado pela definição da aprendizagem defendida por ele.

### 3.1: A base do aprendizado segundo Ausubel

Segundo Ausubel (1982), a aprendizagem só pode ser significativa cujo conhecimento que ali irá adquirir estiver relacionado com seus conhecimentos prévios, dando sentido a tudo aquilo que ele está vivenciando pela primeira vez, que ele chama de aprendizagem significativa. Ao contrário disso, o conhecimento fica mecanizado e cansativo, tornando as aulas desinteressantes e monótona.

As condições para haja aprendizagem significativa deve estar pautada, segundo Ausubel (1982), em duas vertentes, que proporcionará a este estudante embasamento para compreender de fato o que significa e o que é mais importante para seu aprendizado: o *aluno precisa estar disponível para aprender*, esse é o primeiro passo para uma aprendizagem significativa, se ele estiver aberto apenas a memorizar o conteúdo, então ele literalmente está atrelado ao conhecimento mecanizado; em segundo lugar, o *conteúdo escolar deve estar potencialmente ligado a significados* para a vida daquele estudante, ou seja, tem que está ligado a lógica e um significado psicologicamente cheio de sentido para a vida daquele indivíduo.

David Ausubel chamava a aprendizagem significativa de ideia âncora. Para ele, só há uma aprendizagem de fato se existir um subsunçor, que é um conhecimento específico existente na vida daquele estudante e serve para dar sentido a um novo conhecimento que ali foi apresentado. Então, toda informação só pode ser absorvida se existir conhecimento prévio, que serve de âncora para entender os conteúdos futuros (AUSUBEL, 1982).

O subsunçor é um meio que pode traçar o conhecimento que está dentro de estrutura cognitiva do aluno que aprende e que se permite aprender. Isso ocorre através da interação com o outro para que o significado dê suporte a outros conhecimentos. Estes subsunçores variam ao longo tempo, pois o saber é dinâmico, não estático, que pode envolver e evoluir, ou seja, retroceder e proceder para entender os novos conhecimentos. A nossa estrutura cognitiva é capaz de organizar-se e reorganizar-se.

### 3.2: A aprendizagem significativa

Os saberes aqui desenvolvidos durante o processo de ensino e aprendizagem podem ser conceituais, procedimentais ou atitudinais (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 28). Os subsunçores de David Ausubel são de caráter conceitual, ou seja, de conhecimento declarativo (AUSUBEL, 1982).

Novos significados são adquiridos quando símbolos, conceitos e proposições são relacionados e incorporados à estrutura cognitiva de uma forma não arbitrária e substantiva. Desde que a estrutura cognitiva tende a ser hierarquicamente organizada com respeito ao nível de abstração, generalidade e inclusividade, aparecimento de novos significados reflete a "subsunção" de um material potencialmente significativo por um conteúdo mais inclusivo. Por outro lado, pode existir também uma situação na qual o novo material que é apreendido é uma extensão, elaboração ou qualificação de conceitos previamente aprendidos (Ausubel, 1965).

Objetivando uma boa compreensão do conteúdo o aluno deve estar munido de símbolos e significados. Para que não exista um conhecimento mecanizado, o professor deve planejar e reorganizar seus conceitos para aquele assunto, fazendo com que os discentes enxerguem sentido naquele novo conhecimento.

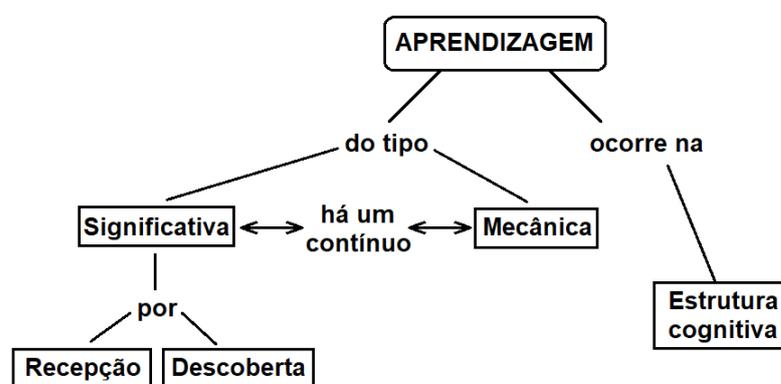
Os subsunçores devem dar sentido para os novos conhecimentos que irão surgir. Deve existir uma ligação coerente dos conteúdos preestabelecidos e os novos propostos pelo professor. O potencial do assunto abordado só dependerá da qualificação dos conceitos previamente inseridos.

As condições para existir uma aprendizagem significativa são essencialmente, duas: o produto educacional tem que ser de um nível significativo e além de tudo o aluno ou aprendiz deve desejar aprender junto com o mediador. Aqui existe duas vertentes que não são tão fáceis, elas nos chamam a atenção pois não é simples fazer um aluno adquirir aquela vontade de aprender, a outra é fazer um plano de aula que seja potencialmente significativo, que não seja mecanizado.

A organização do material escolar e reorganização curricular também favorece para uma boa inserção da aprendizagem significativa. Toda a equipe educacional deve estar engajada para que esse processo educacional de aprendizagem ocorra e, deste modo, a aprendizagem mecanizada não prevaleça. É importante salientar que não existem materiais pedagógicos significativos, como por exemplo um livro significativo, o que existe de fato é que o aluno deve atribuir significados para os materiais que serão reorganizados para o cunho pedagógico. A equipe do setor educativo também deve prevalecer-se de significados, deve potencializar isso tudo no âmbito escolar.

Por algum motivo o sujeito deve se predispor a relacionar integralmente com o novo conhecimento, com a sua estrutura cognitiva e, desta forma, o aprendizado tem potencial para se tornar significativo. Caso isso não ocorra, o aluno dificilmente consolidará saberes, diminuindo o alcance de seu potencial em seus processos avaliativos, impossibilitando o seu crescimento acadêmico, podendo corroborar com o aumento do estudo somente pela memorização, o que não traz nenhuma relevância a longo tempo. A Figura 7 abaixo esquematiza as linhas traçadas para um processo educacional de aprendizagem mecânica em significativa.

**Figura 7:** Mecanismo da estrutura do aprendizado mecânico e o significativo



Fonte: adaptado de Ausubel (1965).

O papel da estrutura cognitiva na aprendizagem significativa está ligado à transparência, à manutenção e à organização do conhecimento prévio em um dado corpo de conhecimentos, em certos instantes, auxiliando a aquisição significativa de novos saberes. Após adquirir novos sentidos é que a organização das informações começa a ficar mais estáveis, mais seguras e diferenciadas das outras informações sem conexão com o conteúdo estudado.

A aprendizagem mecânica, encontrada ainda em muitas escolas e instituições de ensino, é negativa para o desenvolvimento cognitivo dos discentes. Ela tem como foco principal decorar as informações, sem significado, que serve apenas para uma devida prova ou avaliação e depois é esquecida, apagada de seus arquivos cognitivos, pois para ele não foi dada importância devida para sua vida pessoal ou acadêmica. A passagem da aprendizagem mecânica para uma aprendizagem significativa não é tão simples. Ela depende de alguns fatores, com os subsunçores adequados e com o desejo dos discentes em ir além do que é mostrado, de conhecer coisas novas, os

materiais devem ser concedidos de conteúdos potencialmente significativos e da mediação do professor.

A aprendizagem significativa é progressiva, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato. Ao contrário, é progressivo, com rupturas e continuidades [...]. [...] um processo que envolve uma negociação de significados entre discente e docente e que pode ser longo. (MOREIRA, 2012, p.13).

A aprendizagem significativa é contínua e sua construção depende de conhecimentos prévios que devem estar interligados um ao outro e, conseqüentemente, que o sentido seja prevaletido. O estudante precisa captar a ideia por trás da informação, ação ou discussão e desenvolvê-la.

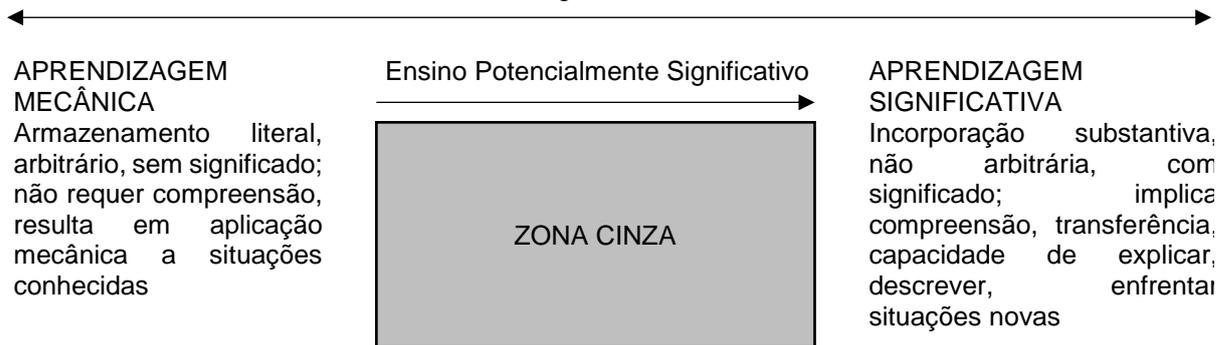
Essa aprendizagem precisa estar atrelada a rupturas e ao mesmo dar continuidade ao que já foi estudado anteriormente. É um processo que requer abstração e indução, em resumo, que possam levar os alunos a novos caminhos para um novo conhecimento, proporcionar aos alunos o poder de crítica que passam a liderar aqueles que as deram origem.

Segundo Ausubel, Novak & Hanesian (1980), há um tipo de aprendizagem que é denominada de aprendizagem representacional, essa denominação se dá pela inserção de símbolos que passam a dar significados e, desta forma, é estipulado os objetos ou eventos em uma relação homogenia, ou seja, o símbolo significa apenas o dado referente que representa o processo de ensino e aprendizagem.

Uma aprendizagem nova depende das outras previamente adquiridas no decorrer de sua vida, nas suas etapas de desenvolvimento, na sua vida estudantil, pois tudo que se representa através de símbolos terá grande valia para se entender aquilo que se deseja transmitir. A Figura 8 retrata um esquema em que está interligado a aprendizagem mecânica, sugerindo alternativas para que a aprendizagem significativa seja a prioridade.

A aprendizagem significativa é conseguida quando nasce um novo conhecimento e é entendido e associado de forma substantiva e não arbitrária a outro já presente, sendo o estudante como elemento com predisposição a isso.

**Figura 8:** Visão esquemática da contínua aprendizagem mecânica em relação à aprendizagem significativa



Fonte: adaptado de Moreira, 2013, p. 16

Para que tudo ocorra de forma positiva, é necessário a inserção de um ensino potencialmente significativo, ou seja, precisa dar sentido para aquele momento da inserção dos novos saberes, que seja bem planejado, que exista uma organização previa dos conteúdos, que leve em consideração o contexto dos alunos, e levar em consideração também o contexto em que o professor estar inserido e, finalmente, trabalhar com equidade o processo de ensino e aprendizagem (AUSUBEL, 1995).

“A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva” (não literal). David Ausubel (1995).

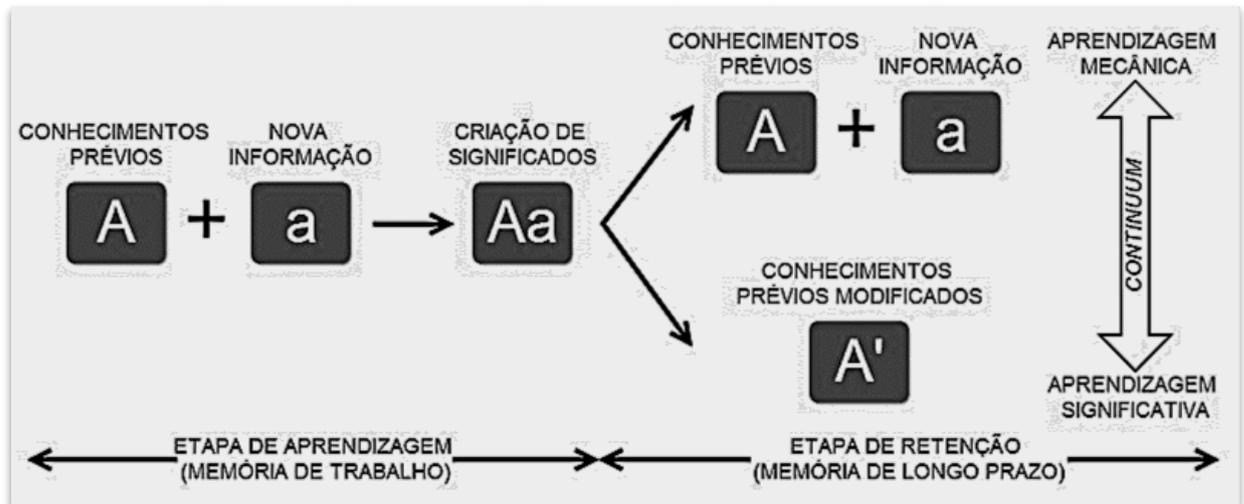
As bases de conhecimentos dos discentes também devem ser levadas em consideração nesse processo. Ausubel (1995). Os conhecimentos prévios sendo eles de forma equivocada ou inacabada podem trazer informações sobre a forma como os alunos pensam, sendo aí que o mediador do conhecimento começa a agir.

Somente a partir da investigação o professor começa a sugerir algumas situações de ensino mais adequadas para que os discentes possam atribuir significados às novas informações e, se for o caso, coloquem em foco seus pensamentos.

O momento ideal para começar a agir nesse processo de ensino e aprendizagem é quando acontece a imersão de uma nova ideia, então isso tudo se relaciona aos conhecimentos existentes do indivíduo. Aguçado por uma circunstância que faça sentido, proposta pelo docente, o aluno expande, avalia, atualiza e ajusta as informações anteriores, transformando-a em uma nova informação.

A Figura 9 mostra um esquema de como os conhecimentos prévios e a nova informação são posicionadas em cada tipo de aprendizagem.

**Figura 9:** Esquema da interação e obtenção do aprendizado significativo



Fonte: Ausubel, 1965

Na Figura 9, é considerada os conhecimentos prévios como “A” e a nova informação chamada de “a”. A criação de significados é a dada pela mistura entre “a” e “A”. Até este momento são as etapas de aprendizagem. No caso de conhecimentos prévios modificados pela inserção de uma nova informação, obtendo uma aprendizagem significativa, o resultado da mistura de “A” e “a” resultada em uma nova designação, na etapa de retenção, sendo representada por “A’”, diferente de suas antecessoras.

Se a aprendizagem for mecanizada, a etapa de retenção é dada ainda pelas novas informações e os conhecimentos prévios ainda sem conexão. Acredita-se que a interação do conhecimento prévio com uma nova informação deve ser o caminho ideal para uma aprendizagem significativa, quando juntamos esses dois produtos tem-se a criação de significado.

Ao longo da vida acadêmica existem algumas etapas que podem ser vivenciadas através da memória do trabalho, ali abordado, e da memória ao longo prazo do estudante. No momento em que não é usado um conhecimento por muito tempo, se a aprendizagem tiver sido verdadeiramente significativa temos a sensação de que, se for necessário, é possível reaprender esse conhecimento sem grandes dificuldades, em um tempo relativamente curto, isso porque os subsunçores foram fixados com grande potencial.

Por outro lado, sendo a aprendizagem mecanizada, então a sensação é de que esse conhecimento nunca foi compreendido ou absorvido verdadeiramente, e não tem sentido falar em reaprendizagem. De início os pontos positivos da aprendizagem

significativa em relação a aprendizagem mecânica é a compreensão, a interpretação e a capacidade de transferência as situações novas.

Por conseguinte, o que leva a ter maior vantagem uma sobre a outra é que a aprendizagem significativa é dotada de uma maior abstração e possibilita uma maior reaprendizagem, que isso não acontece quando o processo de ensino tende ao aprendizado mecanizado.

### **3.3: A aprendizagem significativa e a relação com as HQs**

É de conhecimento que as HQs podem contextualizar informações em suas tirinhas e por isso, ela tem sua importância na leitura e motivação de seus leitores. Para uma aprendizagem significativa, ela nos traz o legado em que todos aqueles que usufruem desta ferramenta como meio pedagógico ficam mergulhados em uma vertente de uma leitura atrativa, pela leitura que atribui uma linguagem verbal ou não verbal e pela utilização de imagens que podem contribuir com aquela explicação.

Sobretudo, as HQs vêm ganhando seu espaço no ambiente educacional, pois atribui um ensino lúdico e contextualizado, atraindo os subsunçores, ou seja, os conhecimentos prévios podem ser potencializados com a sua leitura e/ou utilização no ambiente escolar. Em muitos casos, elas têm a intenção de resgatar informações pré-existentes na vida do adolescente ou mesmo das crianças.

As HQs tentam retratar informações semelhantes às dos leitores, isso está muito bem explícito no que concerne à aprendizagem significativa, para isso, o bom uso da HQ facilita o entendimento daquele conhecimento, para que o estudante resgate informações e façam a ligação daqueles subsunçores e a conexão possa prevalecer para que a aprendizagem seja significativa.

HQs fazem parte de materiais pedagógicos usados em escolas, visando despertar a criatividade, provocar a sensibilidade, a sociabilidade, o senso crítico e a imaginação criadora, pois possui uma linguagem simples, curta é apresentada em quadros coloridos, Oliveira (2007), apud TANINO, (2011).

Quando o aluno está lendo a história em quadrinho em grupo produtivo está colocando em prática o fator social, podendo ele despertar a criatividade e provocar a sensibilidade em querer aprender, um dos produtos essenciais para se adquirir a aprendizagem significativa.

Portanto ao aluno ficará disponível o senso crítico através da leitura desta história em quadrinho que terá como tema Analiz e as proposições quântica: uma proposta

pedagógica. Essa HQ tem como foco aguçar os subsensores dos alunos em relação a física quântica, potencializar suas imaginações com sua linguagem simples e contextualizada com seu dia a dia.

As HQs são “[...] obras ricas em simbologia – podem ser vistas como objeto de lazer, estudo e investigação. A maneira como as palavras, imagens e as formas são trabalhadas apresenta um convite à interação autor-leitor (REZENDE, 2009, p. 40).

Usufruindo de seu potencial lúdico iremos inserir esta ferramenta como método de ensino e aprendizagem, principal foco é servir como meio mobilizador e ferramenta necessária para colocar seu cognitivo em estado de atenção no que é mais relevante e garantir para os discentes a oportunidade de descobrir o novo, de dar subsídio para que ele aguçe seu desejo de estudar sobre determinado assunto de física. Além de tudo ser ferramenta motivadora para alavancar o potencial de pesquisador.

O uso das HQs se torna muito importantes, pois nelas existem ações em que há a presença dos signos, sendo estes compostos pela assiduidade linguísticos e visuais, pois nas histórias em quadrinhos estão presentes a linguagem verbal e a não verbal. Neste sentido eles tem um papel fundamental de amparar o homem na interpretação e na vivência que o cerca.

Os signos na física são de fundamental importância para uma excelente compreensão e para que os subsensores sejam de fato fator relevante. Tornar relevante os signos ideológicos é ponto crucial para que as histórias em quadrinhos possam contribuir no que desejamos, o ensino e aprendizagem seja de fato significativa.

Tem-se como contribuição a ideia de uma aprendizagem significativa crítica. Entender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não somente por palavras (outros signos, ferramentas e método também), mas principalmente palavras, de maneira substantiva e não-arbitrária.

Educar de maneira crítica é entender que essa nova linguagem como um outro jeito de ver o mundo. O ensino e aprendizagem devem buscar a facilitação dessa compreensão, e então entra a cena o princípio da interação social e da indagação: o conhecimento da nova linguagem é mediada pela troca de significados, pelo esclarecimento de significados, enfim, pela negociação de significados que é feita através da linguagem do ser humano.

Não existe nada entre seres humanos que não seja instigado, negociado, esclarecido, ou mistificado pela linguagem, incluindo nossas tentativas de adquirir conhecimento (Postman, 1996, p. 123).

A linguagem é a conciliadora de toda a compreensão humana. O que podemos perceber é que não podemos separar de como falamos sobre o que absorvemos.

### **3.4: Aprendizagem cooperativa**

A não existência de uma metodologia mútua e o uso de métodos de ensino tradicionais nas escolas estabelecem e insere no meio educacional um clima de individualidade e competitividade, deixando assim um processo educacional mais frágil.

Esses métodos, que dar ênfase a competição, enfatiza o sentimento de baixa eficácia e polariza o sentimento de competição reforçando assim a certeza daqueles que se sentem com menor aproveitamento nos estudos aprofundar-se no sentimento de desnível intelectual, isso tudo potencializa a exclusão social, além de não preparar o mesmo para os desafios e exigências que a sociedade exige.

Então a comunidade escolar tem papel fundamental para mudar a atuais realidades, caso contrário pode se definir como um ambiente que estimula muito mais a competição e o individualismo do que o processo de ensino e aprendizagem de modo leve e prazeroso.

Portanto neste contexto, a escola deve dar subsídios às diferentes necessidades de seus discentes, como priorizar o desenvolvimento de suas capacidades, enriquecendo-os, planejando e se organizando de novas metodologias que oportunize aos professores a participação e a divisão de suas responsabilidades em relação ao processo de ensino e aprendizagem.

A aprendizagem cooperativa tem o poder de estimular e desenvolver habilidades sociais inseridas naquele indivíduo, também cria um apoio ao sistema social ainda mais forte. Encoraja ao aluno a adquirir a responsabilidade para um com o outro, tem potencial de desenvolver a liderança, quando o trabalho em equipe estiver bem definido. Eleva a autoestima do aluno quando ele mesmo consegue enxergar seus potenciais e seus subsunçores. O aluno passa a potencializar seu pensamento crítico e enriquece a comunicação oral.

No entanto, como o foco também é a aprendizagem significativa a aprendizagem por cooperação também melhora um dos produtos existentes, que chamamos de conhecimentos prévios, ela melhora as recordações dos conteúdos já estudados. No mais ela potencializa um ambiente ativo e investigativo.

### **3.5: A História da aprendizagem cooperativa**

A aprendizagem cooperativa é bem antiga, mostra-se que seu uso e seu estudo a década vem sendo usufruída para fins pedagógicos. Segundo Johnson e Johnson (1997), não foi nada em vão que a capacidade para exercer qualquer atividade de forma a exercer a cooperatividade foi um dos pontos que mais marcou para a sobrevivência da nossa espécie, sempre houve essa necessidade de trabalhar em equipe, essa necessidade natural é fundamental para o trabalho com cooperação.

Ao longo do processo da vida humana, foram percebidos que os indivíduos que se organizavam e se estruturavam, ou seja, traçavam seus esforços para atingir o que desejavam em comum, os que tiveram o resultado alcançados foram em praticamente todos que usaram o empreendimento humano, ou seja, trabalham de forma a usar a cooperatividade como meio facilitador para alcançar as devidas metas.

Existem fatos, por exemplo em vários artigos escritos, entre eles a Bíblia, têm-se referências acerca da cooperação entre indivíduos, essa cooperação era em relação ao bem em comum.

Na idade Antiga, entre 470 e 390 a.C. o grande filósofo Sócrates passava aquele ensinamento aos seus discípulos, ali ele formava pequenos grupos, com o objetivo de atingir alguns resultados. Durante a Idade Média se organizava os grêmios de artesão que colocavam seus aprendizes para aprender juntos isso acontecia em pequenos grupos e assim deveria acontecer o processo de ensino, lecionava suas habilidades aos que sabiam menos, e assim repassar seus conhecimentos através de grupos que produziam entre se o conhecimento, os saberes eram repassados e compartilhado de forma que todos deveriam aprender juntos.

Ao passar dos tempos a história foi prevalecendo e as marcas desses processos ficaram até hoje, temos comprovações de várias tentativas de ensino por cooperativas. John Dewey, um filósofo e pedagogo que morava nos Estados Unidos, também tentou introduziu nos seus processos de ensino e aprendizagem a aplicação de grupos cooperativos.

Para Dewey, o discente ao lecionar, além de capacitar, de orientar, de contribuir para uma vida mais justa, de ser aquele ser que pode potencializar os sonhos dos seus alunos ele pode traçar caminhos para um bom processo de ensino. A escola também deve ser um espaço de vida e trabalho em que docentes e discentes, possam em

atividades, compartilhar o conhecimento, onde pode-se aprender ensinando ao mesmo tempo.

No Brasil, essa metodologia foi aplicada ainda de forma tímida, porém a aprendizagem cooperativa é usada com bastante frequência hoje, há alguns estudos que relatam e se detêm sobre a ideia de algumas tentativas isoladas quase sem nenhuma divulgação da não aceitação dessa metodologia.

Já no nosso estado, Ceará, existe o Programa que usa a aprendizagem cooperativa, que se detêm aos estudos por células. É bastante aceito esse tipo de ensino, há relatos de muitas aprovações usando essa metodologia, a educação em Células Cooperativas- conhecida como PRECE, que utiliza de um sistema de estudo em células (grupos produtivos) por cooperação, com os mesmos conceitos da metodologia cooperativa.

### **3.6: A aprendizagem cooperativa com as HQs**

No que concerne à aprendizagem cooperativa com a HQ vigente? O que podemos tirar de positivo do estudo através desta ferramenta? Ora, nos deparamos aqui com o mais forte produto e se não o caminho ideal para aguçar nos alunos a vontade de estudar sem a necessidade de ter avaliações ou até mesmo cobranças externas para adquirir uma nota, não quero me deter a isso.

O foco principal é potencializar o que já existe em cada estudante, seu conhecimento prévio é o suficiente, usando a HQ para enriquecer e favorecer ao mesmo o entendimento da física quântica.

É preciso cada vez mais inserir no processo ensino-aprendizagem, novas abordagens de ensino para que o aluno seja inserido efetivamente em um processo eficiente de aprendizagem (Siqueira, 2011, p. 45).

Para isso, foi estudado a possibilidade da inserção da HQ no desenvolvimento do potencial dos discentes, para tanto enfatizar a importância do resgate dos conhecimentos prévio e até mesmo da sinergia entre a cooperação dos membros de cada grupo em buscar e compartilhar o conhecimento. Na Figura 10 se encontra um pequeno diálogo desenvolvido durante a produção da HQ.

**Figura 10:** Trecho da HQ Analiz e as proposições quântica: uma proposta pedagógica, do conteúdo de buraco negro



Fonte: Próprio autor.

No entanto, para esses “recursos didáticos” funcionarem o professor deve demonstrar determinadas habilidades para aplicá-las, já que se trata de experiências ainda não vividas que precisam ser estudadas, analisadas e selecionadas antes de sua aplicação (Gomes *et al.*, 2014, p. 26).

Percebamos o quanto é forte a coparticipação do corpo docente em qualquer inserção de uma nova metodologia, no entanto o que precisamos aqui é salientar a importância para o grupo docente de que novas formas sempre serão bem-vista, a história em quadrinho aqui descrita será e terá cunho além de educacional, motivacional.

A ferramenta aqui utilizada será mais uma forma de inovar em sala de aula, tendo a certeza que o material com o seu potencial de ludicidade nos garantirá leveza no aprendizado. Ancorando com as devidas subsunções da aprendizagem significativa e das metodologias das atividades cooperativas iremos traçar um caminho rico e potencialmente motivador para o ensino e aprendizagem.

Será usado do cooperativismo para aplicar o produto na forma de uma HQ para nos garantir um maior índice de aprendizagem. Usaremos da interação dos grupos produtivos para desenvolver entre eles os mais poderosos subsunçores e garantir entre os mesmo a mais vasta ramificação para se entender os conteúdos propostos. As proposições quânticas em forma de HQ é uma bela e enigmática maneira de instigar aos alunos a buscar e aprofundar-se naquelas informações preestabelecidas, ou seja, nos conhecimentos prévios.

As propostas de inserção de diferentes abordagens de ensino, que atraiam a atenção do aluno, principalmente no ensino de Ciências, vêm sendo desenvolvidas em diferentes sistemas; um destes é o método de ensino por histórias em quadrinhos (Maia *et al.*, 2011, p. 37).

As propostas pedagógicas devem sempre que puder e for necessário buscar se renovar, devemos como profissional da educação procurar por mudanças no que se refere as metodologias, por meios que favoreçam aos alunos o entendimento do referido conteúdo ou assunto abordado na física ou qualquer outra disciplina. Com embasamento verifica-se que a história em quadrinho é uma ferramenta que pode contribuir na facilitação do entendimento de determinado assunto abordado no ensino de ciências. Na Figura 11, o comportamento das personagens diante de fatos que discorre na HQ é percebido pela própria reação corporal, sem a necessidade de textos ou diálogos.

**Figura 11:** Quadrinho com reações perceptível pela expressão corporal e ação das personagens



Fonte: próprio autor

Quando da utilização de softwares, o professor deve compreender, ter habilidade e saber ensinar sobre as áreas de interesse do software, seu manuseio, como dispor os quadrinhos, entre outras informações necessárias para a elaboração da atividade (Monteiro, 2010, p. 17).

Aqui é dada a importância de salientar que a HQ em destaque também pode ser disponibilizada para estudo via softwares. Atualmente, a tecnologia é algo muito forte nos parâmetros educacionais. Lutar pela inclusão digital é um passo importante, pois é ela que fará alavancar o leque de ramificações de leituras de produções literárias. Então, a leitura desta HQ pode ser feita via WhatsApp e outras ferramentas tecnológicas.

É de conhecimento que, para uma boa aula, é necessário um bom planejamento. Então, as instruções do uso desta ferramenta estarão detalhadas. As características e a forma como os personagens agem na história nos traduz muito do que está acontecendo ali. Por isso, a HQ é importante para facilitar e motivar aos discentes o desejo de aprender.

### **3.7: Aspectos da aprendizagem cooperativa**

Segundo Johnson & Johnson (1999), para que ocorram de fato uma aprendizagem por cooperação, ou seja, ela seja cooperativa é percebido que necessita se verificar algumas características que não podem atuar de forma isolada, porém são independentes.

Então, serão apresentadas as características fundamentais de uma aprendizagem cooperativa. Segue as vertentes para a existência dela, interdependência positiva; responsabilidade individual; interação frente a frente permitindo o desenvolvimento de competências sociais; desenvolvimento de competências interpessoais e grupais; será realizado avaliações do trabalho realizado nas células afim de encontrar as falhas e buscar alternativas de melhoras para o funcionamento do trabalho realizado. Detalharemos a seguir cada característica específica da aprendizagem cooperativa. A seguir é detalhada cada um separadamente.

A interdependência positiva é uma das características que tem ponto fundamental a dependência mútua dos indivíduos da equipe, ou seja, através da implementação das estratégias específicas é que os discentes podem fortalecer este laço de dependência. Percebendo que um depende do outro para a compreensão dos conteúdos. Onde existem a inclusão das divisões das tarefas a inclusão de formação de liderança. Sem a interdependência positiva não haverá cooperação.

No grupo produtivo deve existir tarefas onde cada membro deve ser responsável por cada uma delas. Percebendo que se um falhar todos falham. Existem cinco modalidades de interdependência, segue logo abaixo as que podemos inserir no meio educacional. São elas; a interdependência positiva de finalidades; a interdependência positiva de recompensa/celebração; a interdependência de tarefas; a interdependência de recursos; a interdependência de papéis.

A interdependência por finalidade ocorre quando todos os discentes realizam um trabalho para um fim, eles têm consciência que só conseguiram realizar a tarefa com esmero se todos se saírem bem nesta, o grupo se une para um bem em comum, então eles sabem que se conseguirem navegar serão todos juntos e se o barco afundar todos afundam juntos. Quando a equipe consegue alcançar seus objetivos todos comemoram tal assertiva.

Interdependência positiva de recompensa/celebração é aquela em que os estudantes ganham uma recompensa quando conseguem realizar as atividades

propostas, sendo assim tem que ser algo que aumente seu entusiasmo em estudar, sua autoestima seja potencializada, aumentando assim a motivação para um novo aprendizado.

A interdependência de tarefas é aquela em que todos os discentes se reúnem para concretizar tal atividade proposta pelo professor. Por exemplo quando eles conseguem resolver ou atribuir algum problema. Sendo esta interdependência ligada a interdependência de recursos, está caracterizada porque cada aluno só possui uma parte de determinado assunto, para que o grupo atinja seus objetivos, ambos têm que compartilhar do que sabe. Sendo assim devem compartilhar dos materiais que possuem.

Interdependência de papéis é quando cada indivíduo possui um papel naquela equipe que está dependente dos outros. O segundo elemento que favorece a aprendizagem por cooperação é a responsabilidade pessoal e o compromisso individual, para eles se saírem bem precisam destacar estes dois pontos, precisam perceber que o compromisso e a dedicação devem prevalecer, pois para ocorrer a aprendizagem significativa, deve-se existir um fator crucial, o desejo de aprender.

Cada grupo produtivo deve se sentir responsável pela aprendizagem de ambos, ninguém deve se aproveitar do trabalho do outro, e sim, cada um contribuir de forma lúdica e harmônica para que o problema seja solucionado. O objetivo é que todos aprendam juntos, para depois contribuir de forma individual seus conhecimentos para com a turma.

Entende-se que um dos pontos fortes da aprendizagem por cooperação é facilitar o entendimento de que cada um dos componentes daquela equipe chamada de célula chegue a se tornar um ser mais firme e coerente no seu processo de ensino e aprendizagem.

O terceiro elemento de uma aprendizagem cooperativa é a interação frente-a-frente ou cara-a-cara com o aluno, é aí que a equipe começa a ser formada, a ponto que todos os membros estejam frente a frente, um olhando para o outro, e que ambos consigam olhar um nos olhos do outro, para que os diferentes alunos possam ter coragem e que eles possam facilitar os esforços de ambos no grupo produtivo.

O quarto elemento da aprendizagem cooperativa são as competências sociais e grupais, onde os estudantes têm que se organizar e identificar seu ponto forte e encontrar seu lado sólido, onde deve estar envolvido nas competências sociais dos

alunos. Os alunos não se encontram de imediato com estas competências sociais, e nem aparecem de forma espontânea.

Essas competências devem ser bem orientadas e trabalhadas de forma coesa e sistemática com seu dia a dia em sala de aula, de modo a fazer perceber que a sua aquisição e conseqüentemente a sua participação nos grupos produtivos são importantíssimas. Quanto mais alto tiver o nível das competências sociais desses alunos maiores será o nível de rendimento desses discentes em sala de aula.

O quinto elemento do processo da aprendizagem cooperativa é a avaliação da equipe. Destacam que este processo avaliativo ocorre quando os componentes de cada grupo analisam em que medida os objetivos desejados da equipe foram alcançados, tendo em vista as regras já definidas. Temos ainda que determinar quais as posturas positivas e negativas e destacar quais a equipe deve mudar e quais devem manter para o bom funcionamento do grupo.

Deve ser uma avaliação sistemática e periódica, deve ser dinâmica, tem que permitir com que a equipe reflita sobre seus resultados, garantir que todos os membros realizem feedback sobre seu desempenho, dar oportunidade para que eles possam modificar seus comportamentos e dos outros também.

### **3.8: Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para o Ensino Fundamental e Ensino Médio**

As Diretrizes Curriculares Nacionais são uma condição do sistema governamental do Brasil disposto na Constituição Federal, título III (da organização do estado), capítulo II (da união), artigo 22, inciso XXIV que está descrito: “Compete privativamente à União legislar sobre diretrizes e bases da educação nacional Brasil (1988)” bem como no artigo 210 da Constituição Federal, que narra: tomaremos por base a fixação de conteúdos básicos para o processo de ensino em nível fundamental, de maneira a garantir uma formação básica comum e que possamos respeitar os valores culturais e artísticos, nacionais e regionais daqueles estudantes.

A educação básica anos iniciais é alicerce para a sequência potencializada da educação em nosso país, fonte de muita luta e debate em torno de uma educação de qualidade, tornando-se por muitas mudanças e perspectivas positivas para o progresso de um ensino de qualidade.

Nesse sentido as Diretrizes Curriculares Nacionais se constituem segundo a lei 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996 nos seguintes pontos:

Art. 3º O Ensino Fundamental se traduz como um direito público subjetivo de cada um e como dever do estado e da família na sua oferta a todos.

Art. 4º É dever do estado garantir a oferta do Ensino Fundamental público, gratuito e de qualidade, sem requisição de seleção.

Parágrafo único. As escolas que ministram esse ensino deverão trabalhar considerando essa etapa da educação com aquela capaz de assegurar a cada um e a todos o acesso ao conhecimento e aos elementos da cultura imprescindível para o seu desenvolvimento pessoal e para a vida em sociedade, assim como os benefícios de uma formação comum, independentemente da grande diversidade da população escolar e das demandas sociais.

Art. 5º O direito à educação, entendido como um direito inalienável do ser humano, constitui o fundamento maior dessas Diretrizes. A educação, ao proporcionar o desenvolvimento do potencial humano, permite o exercício dos direitos civis, políticos, sociais e do direito à diferença, sendo ela mesma também um direito social, e possibilita a formação cidadã e o usufruto dos bens comuns e culturais... (BRASIL, 2013)

Na verdade, toda criança terá perante a lei ter um ensino de qualidade, no entanto é um dever de todos nós garantir que isso aconteça (Estado e família), precisamos nos unir para fazer com que esses direitos sejam realmente cumpridos. Apesar de não ter uma escola de qualidade nos envia uma sociedade sem perspectiva de crescimento enquanto ser humano pensante e crítico no que rege os parâmetros educacionais de nosso país.

Com essa inquietação, ansiedade de não dar certo, não cumprir com alguns conceitos legais é que foi instituída a Lei nº 11.274/2006 que trata da ampliação do ensino fundamental de 9 anos de duração (BRASIL, 2013). Com isso propõe a uma mudança na construção de um novo currículo como também de um novo projeto político pedagógico.

O ponto crucial de uma educação de qualidade é o desenvolvimento do ser humano. De acordo com Cury (2002), seja por motivos políticos ou por estar ligado ao indivíduo, a educação foi uma marca conhecida historicamente e também um canal de acesso aos bens sociais e à luta política e, também um caminho de emancipação do indivíduo.

Então, o direito a uma educação de qualidade é indispensável para que todos os seres envolvidos tenham a mesma oportunidade de se desenvolver socialmente, politicamente e humanamente.

As instituições de ensino brasileiro de educação básica devem seguir alguns princípios que orienta as políticas educativas e as devidas ações pedagógicas, como

está organizado e pré-estabelecido nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica Brasileira. São três os princípios norteadores;

a) **Princípios éticos:** valorização da autonomia, da responsabilidade, da solidariedade e do respeito ao bem comum, ao meio ambiente e às diferentes culturas, identidades e singularidades. Cabe às instituições de Educação Infantil assegurar às crianças a manifestação de seus interesses, desejos e curiosidades ao participar das práticas educativas, valorizar suas produções, individuais e coletivas, e trabalhar pela conquista por elas da autonomia para a escolha de brincadeiras e de atividades e para a realização de cuidados pessoais diários. Tais instituições devem proporcionar às crianças oportunidades para ampliarem as possibilidades de aprendizado e de compreensão de mundo e de si próprio trazidas por diferentes tradições culturais e a construir atitudes de respeito e solidariedade, fortalecendo a autoestima e os vínculos afetivos de todas as crianças.

Desde muito pequenas, as crianças devem ser mediadas na construção de uma visão de mundo e de conhecimento como elementos plurais, formar atitudes de solidariedade e aprender a identificar e combater preconceitos que incidem sobre as diferentes formas dos seres humanos se constituírem enquanto pessoas. Poderão assim questionar e romper com formas de dominação étnica, socioeconômica, étnico-racial, de gênero, regional, linguística e religiosa, existentes em nossa sociedade e recriadas na relação dos adultos com as crianças e entre elas. Com isso elas podem e devem aprender sobre o valor de cada pessoa e dos diferentes grupos culturais, adquirir valores como os da inviolabilidade da vida humana, a liberdade e a integridade individuais, a igualdade de direitos de todas as pessoas, a igualdade entre homens e mulheres, assim como a solidariedade com grupos enfraquecidos e vulneráveis política e economicamente. Essa valorização também se estende à relação com a natureza e os espaços públicos, o respeito a todas as formas de vida, o cuidado de seres vivos e a preservação dos recursos naturais.

b) **Princípios políticos:** dos direitos de cidadania, do exercício da criticidade e do respeito à ordem democrática.

A Educação Infantil deve trilhar o caminho de educar para a cidadania, analisando se suas práticas educativas de fato promovem a formação participativa e crítica das crianças e criam contextos que lhes permitem a expressão de sentimentos, ideias, questionamentos, comprometidos com a busca do bem estar coletivo e individual, com a preocupação com o outro e com a coletividade.

Como parte da formação para a cidadania e diante da concepção da Educação Infantil como um direito, é necessário garantir uma experiência bem sucedida de aprendizagem a todas as crianças, sem discriminação. Isso requer proporcionar oportunidades para o alcance de conhecimentos básicos que são considerados aquisições valiosas para elas.

A educação para a cidadania se volta para ajudar a criança a tomar a perspectiva do outro – da mãe, do pai, do professor, de outra criança, e também de quem vai mudar-se para longe, de quem tem o pai doente. O importante é que se criem condições para que a criança aprenda a opinar e a considerar os sentimentos e a opinião dos outros sobre um acontecimento, uma reação afetiva, uma ideia, um conflito.

c) **Princípios estéticos:** valorização da sensibilidade, da criatividade, da ludicidade e da diversidade de manifestações artísticas e culturais. O trabalho pedagógico na unidade de Educação Infantil, em um mundo em que a reprodução em massa sufoca o olhar das pessoas e apaga singularidades, deve voltar-se para uma sensibilidade que valoriza o ato criador e a construção pelas crianças de respostas singulares, garantindo-lhes a participação em diversificadas experiências.

As instituições de Educação Infantil precisam organizar um cotidiano de situações agradáveis, estimulantes, que desafiem o que cada criança e seu

grupo de crianças já sabem sem ameaçar sua autoestima nem promover competitividade, ampliando as possibilidades infantis de cuidar e ser cuidada, de se expressar, comunicar e criar, de organizar pensamentos e ideias, de conviver, brincar e trabalhar em grupo, de ter iniciativa e buscar soluções para os problemas e conflitos que se apresentam às mais diferentes idades, e lhes possibilitem apropriar-se de diferentes linguagens e saberes que circulam em nossa sociedade, selecionados pelo valor formativo que possuem em relação aos objetivos definidos em seu Projeto Político-Pedagógico. (BRASIL, pp 87 e 88 2013)

De outra forma, a matriz curricular do Ensino Fundamental é composta de uma base nacional comum e a parte diversificada e há sugestões expressas de que os mesmos não podem ser tratados como segmentos diferenciados, mas sim como uma totalização dos currículos da Educação Básica.

Devido a essa união, é que o currículo do Ensino Básico possibilita a sintonia dos interesses mais amplos de formação do cidadão com a realidade local (BRASIL, 2012).

O currículo da base nacional comum, dessa maneira, deverá englobar o estudo linguagem matemática, o conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política, em específico no Brasil, essa está inserida no ensino de Arte, na Educação Física e no Ensino Religioso, conforme mostra o art. 26 da LDB (Leis de Diretrizes e Bases).

Na parte diversificada do currículo, será colocado de forma essencial, a partir do 6º ano, o ensino de uma língua estrangeira moderna, que ficará a critério da comunidade escolar a sua devida escolha.

Conceituado nessas diretrizes legais, podemos compreender a importância de lutarmos cada vez mais por uma educação de qualidade, em que o ser, como agente transformador da sociedade, deverá ser cada dia mais vislumbrado com muita valia, e a sociedade ganhará com tudo isso, pelo desenvolvimento de uma educação mais justa e igualitária.

Para garantir que essas leis sejam realmente efetivadas, necessitamos cada vez mais de uma sociedade participativa, para que seja garantida, de forma igualitária, uma educação de qualidade.

### **3.9: Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para o Ensino Médio**

Demonstraremos aqui os referenciais legais para o ensino médio, “Art. 3º O ensino médio é direito de todos e dever do Estado e da família e será promovido e incentivado com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da

peessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho, conforme previsto no art. 205 da Constituição Federal e no art. 2º da Lei nº 9.394/1996 (LDB). Esta parte da lei descreve o que é mais sublime no que discorre sobre a Família e o Estado onde eles devem fazer para que seja de fato concretizado o ensino.

O seguinte artigo trata da base curricular, como o currículo deve ser no ensino médio. “Art. 7º O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e socioemocionais”. Então para uma instituição de ensino é necessário desenvolver a proposta curricular de acordo com sua realidade, junto com a comunidade escolar, devem desenvolver o currículo mais próximo da realidade de cada aluno.

O currículo deve contemplar no mínimo alguns parâmetros, como diz o artigo “Art. 8º As propostas curriculares do ensino médio devem”:

I - garantir o desenvolvimento das competências gerais e específicas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC);

II - garantir ações que promovam:

- a) a integração curricular como estratégia de organização do currículo em áreas do conhecimento que dialogue com todos os elementos previstos na proposta pedagógica na perspectiva da formação integral do estudante;
- b) cultura e linguagens digitais, pensamento computacional, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes, das tecnologias da informação, da matemática, bem como a possibilidade de protagonismo dos estudantes para a autoria e produção de inovação;
- c) o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura;
- d) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

III - adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que potencializem o desenvolvimento das competências e habilidades expressas na BNCC e estimulem o protagonismo dos estudantes;

- IV - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação, por meio de atividades teóricas e práticas, provas orais e escritas, seminários, projetos e atividades *online*, autoria, resolução de problemas, diagnósticos em sala de aula, projetos de aprendizagem inovadores e atividades orientadas, de tal forma que ao final do ensino médio o estudante demonstre:
- a) competências e habilidades na aplicação dos conhecimentos desenvolvidos;
  - b) domínio dos princípios científicos e tecnológicos que estão presentes na produção moderna;
  - c) práticas sociais e produtivas determinando novas reflexões para a aprendizagem;
  - d) domínio das formas contemporâneas de linguagem;

V - considerar a formação integral do estudante, contemplando seu projeto de vida e sua formação nos aspectos físicos, cognitivos e socioemocionais;

VI - considerar que a educação integral ocorre em múltiplos espaços de aprendizagem e extrapola a ampliação do tempo de permanência na escola.

As concepções pedagógicas devem ser um dos principais focos nas instituições de ensino no Brasil, pois elas nos conduzem e nos orientam, sendo assim o artigo que segue demonstra isso. “Art. 26. Com fundamento no princípio do pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas, no exercício de sua autonomia e na gestão democrática, a proposta pedagógica das unidades escolares deve traduzir a proposta educativa construída coletivamente, garantida a participação efetiva da comunidade escolar e local, bem como a permanente construção da identidade entre a escola e o território no qual está inserida”.

Por tudo que existe, pelos embasamentos legais, pela legislação vigente, LDB, necessitamos além das leis, seres que não só coloque em prática a lei, mas que faça com esmero o seu papel de educador.

## CAPÍTULO 4: A FÍSICA QUÂNTICA

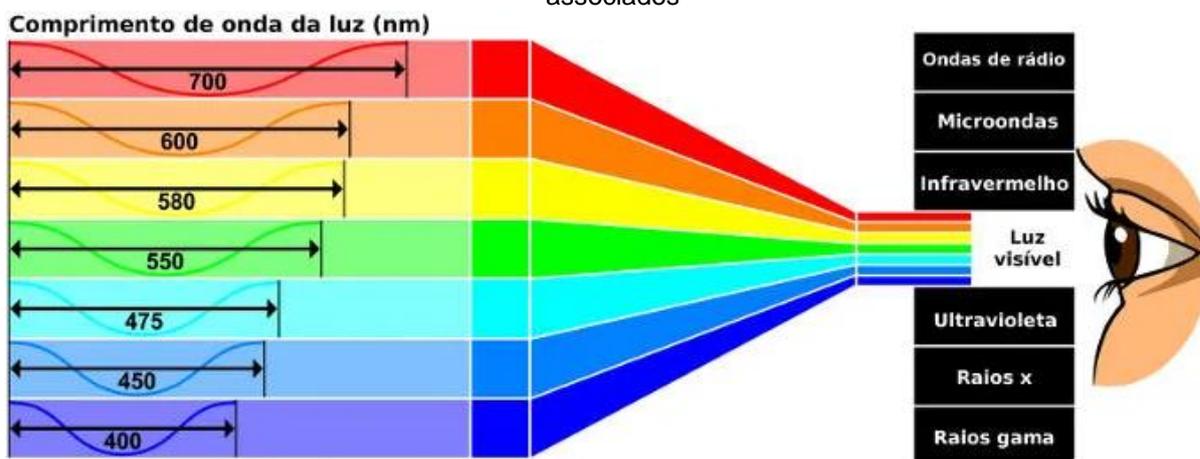
Neste capítulo será apresentada a física relacionada com o produto educacional: a Física Quântica ou Mecânica Quântica. Apesar de ser em caráter introdutório, serão mostrados conceitos e informações sobre essa área que auxiliam no entendimento de apontamentos e na justificativa da escolha desta vertente da Física.

### 4.1: A emissão de luz pelas estrelas

Para entender melhor como utilizar as propriedades da luz no ensino é necessário entender a composição química das estrelas, exatamente nestes instantes deixado de enxergar a luz com o comportamento ondulatório e estudaremos seu comportamento através do modelo atômico de Bohr.

O entendimento que a luz é composta por partículas chamadas de fótons, cada fóton tem um pacote de energia que é ligada diretamente com o seu comprimento de onda, ou seja, da Luz correspondente. A Figura 12 traz uma ilustração com os vários comprimentos de ondas possível e a faixa de percepção, inclusive relacionando com a temperatura que os corpos têm.

**Figura 12:** Relação entre os diversos comprimentos de onda do espectro eletromagnético e os fótons associados

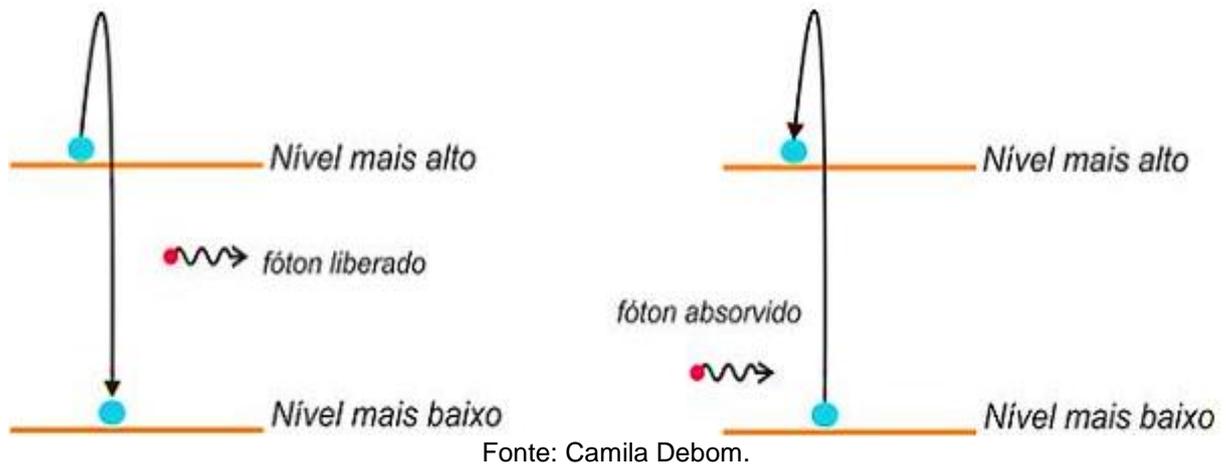


Fonte: adaptado de [myasadata.larc.nasa.gov](http://myasadata.larc.nasa.gov)

Vale lembrar que no modelo de Bohr para um átomo de Hidrogênio, onde a energia desses elétrons não assume qualquer valor, mas sim valores permitidos, lembramos ainda que um átomo realiza uma mudança de um nível de energia para outro, mudando seu nível, ou seja, de um mais alto para um nível de energia mais

baixo, ali ocorre a liberação de energia sob a forma de Luz que podemos chamar de um pacotinho de Luz, conhecido como fóton. A Figura 13 descreve o comportamento do fóton ao mudar de nível.

**Figura 13:** Liberação e absorção de fótons por um átomo genérico

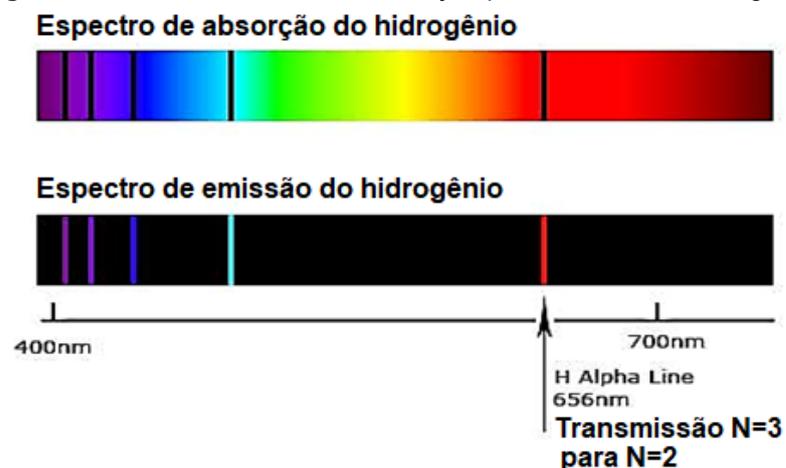


Fonte: Camila Debom.

O espectro de emissão e de absorção do átomo é uma característica dele. Pois cada átomo tem suas características, isso é apresentado nas diferenças de energia entre níveis, que são únicas para cada átomo. Com base nessas informações que podemos chamar de impressão digital é que nos debruçamos sobre a sua composição química, onde daí entra o estudo das estrelas.

A seguir é demonstrado, através da Figura 14, o comportamento do hidrogênio em relação ao poder de emissão e absorção.

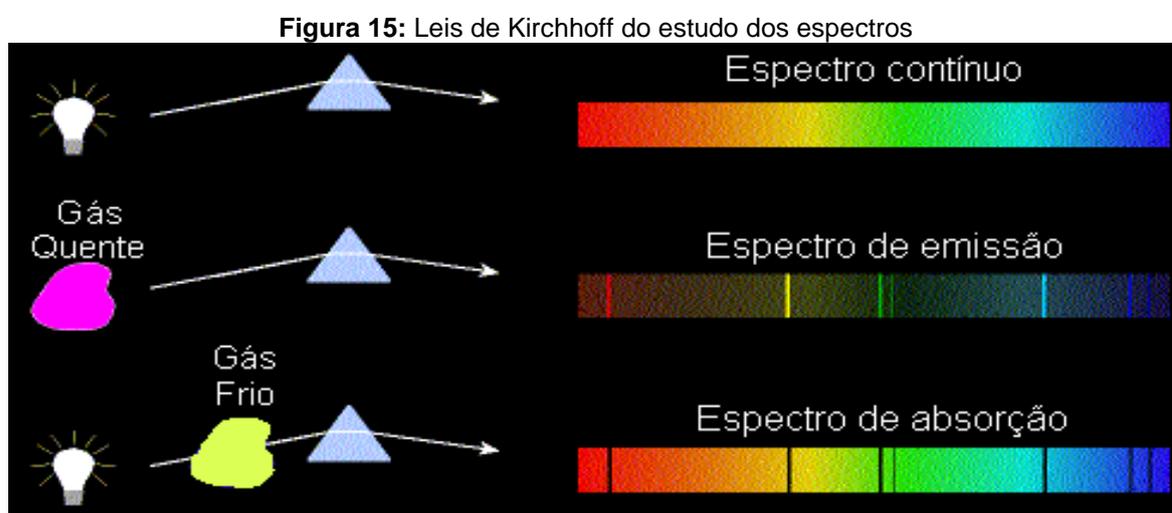
**Figura 14:** Linhas de emissão e absorção para o átomo de hidrogênio



Fonte: adaptado de prommenta.ac.th

Ficou constatado que nem toda a luz que é emitida de uma estrela chega até a terra, isso acontece porque ocorre que parte da luz que a estrela emite é absorvida pelo gás nas camadas mais frias da estrela e a parte que não chega, nos permite analisar através destas informações a sua composição química e a sua temperatura da superfície.

Vários componentes absorvem e emitem mais luz em determinada temperatura do que outro; por outro lado, essas temperaturas, suas linhas com poder de absorção e de emissão são mais intensas do que o normal. Então, percebendo essas linhas de absorção de cada átomo onde está descrito na Figura 15, é conseguido observar as devidas informações sobre a composição e a temperatura das estrelas.

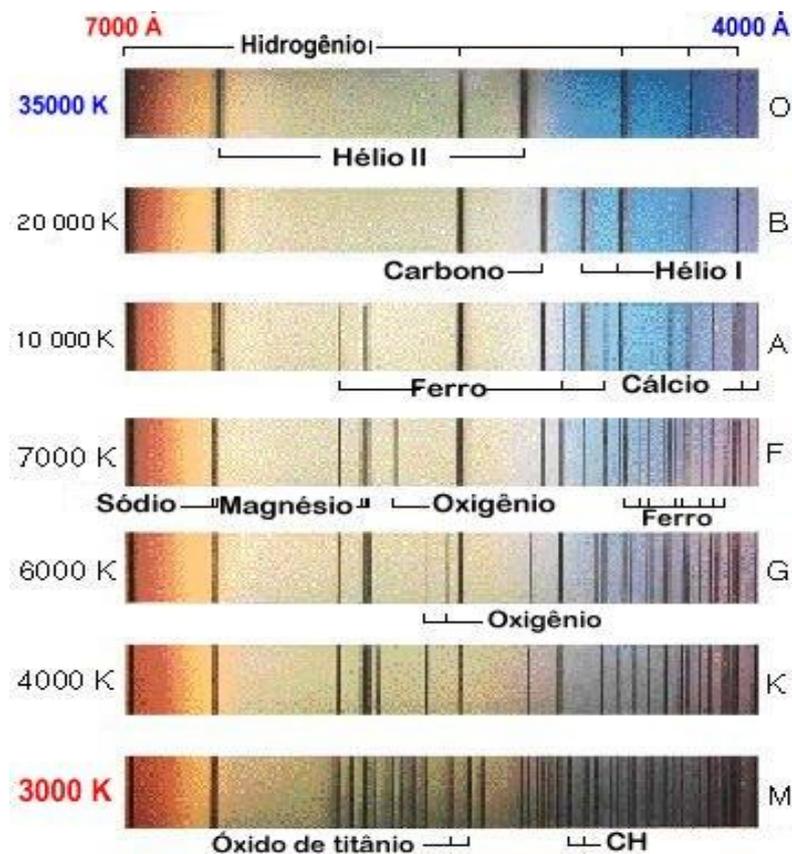


Fonte: astro.if.ufrgs.br

Tendo como norte o espectro de absorção, essas estrelas são divididas em algumas classes espectrais, que também podem ser classificadas através de suas temperaturas. Segue a Figura 16 que descreve as linhas de absorção das estrelas em relação à sua temperatura e conteúdo.

Entendendo um pouco da composição das estrelas, é possível compreender a interação da luz com a matéria, algo que também tem grandes implicações astronômicas. Fenômenos físicos podem ser explicados por tais estudos. Os fótons de luz são lançados em direção ao átomo e absorvidos por eles pelo meio em que a luz viaja, acontecendo de ser reemitidos ou não. A absorção vai depender basicamente de duas situações: o local em que a luz se encontra e a energia desses fótons.

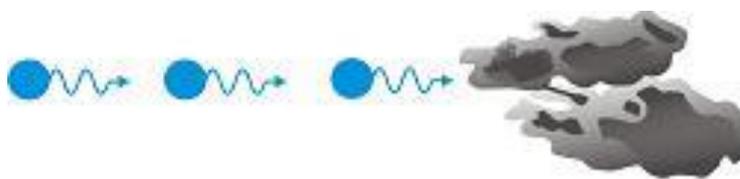
**Figura 16:** Linhas de absorção de estrelas de acordo com a classe espectral



Fonte: astro.if.ufrgs.br

Tomando por base o exemplo dos raios solares que chegam até as nuvens, se não existir reemissão desses fótons absorvidos, a sua energia emitida é transformada em uma outra forma de energia, que não pode ser a luminosa. Como os fótons são absorvidos pelas nuvens, a sua energia tende a aumentar (olhe a Figura 17).

**Figura 17:** Fótons absorvidos por uma nuvem



Fonte: Camila Debom

De outra forma, existindo a reemissão, por consequência tem o fenômeno do espalhamento. Neste caso, os fótons que incidem em uma direção são espalhados para outras direções. No entanto, é possível a existência da absorção e do espalhamento concomitantemente, por isso, parte dessa energia do fóton é absorvida

e a outra parte é liberada em outra direção. O comportamento dos fótons ao ser absorvidos pelas nuvens, que tem sua energia aumentada é ilustrado na Figura 18. Neste caso, a energia dos fótons espalhados é menor que a energia dos fótons incidentes.

**Figura 18:** Fótons espalhados por uma nuvem



Fonte: Camila Debom

## 4.2: Radiação do corpo negro

No século XIX diversos pesquisadores, entre esses, os austríacos Josef Stefan (1835-1893) e Ludwin Boltzmann (1844-1928) indagaram empiricamente que o espectro eletromagnético emitido por um radiador térmico ideal, intitulado de corpo negro. Por meio de da tentativa foi identificado que este corpo conseguiria ser determinado também como era um corpo ideal que pega toda a radiação térmica que bate nele.

Para que consigamos entender melhor aquele contexto ou conceito, é fundamental entender melhor o caráter da radiação térmica. As informações a apreço da natureza da radiação térmica, estudado no final do século XIX, se inicia com a compreensão da natureza do calor.

Muitos admitiam que o calor seria um fluido, apelidavam de calórico, este que passava através dos corpos por conta da presença de uma diferença de temperatura, isso era o que se pensava naquela época. Porém, para isso ser uma veracidade era essencial a existência da fluidez deste líquido, seria importante a presença de um deliberado meio material.

Sem esta presença, seria inviável que o fluido pudesse se deslocar de um ponto para outro. A evidência da existência do calor de se transferir através de uma determinada radiação, sem que exista a necessidade de um meio material só foi possível no final do século XIX.

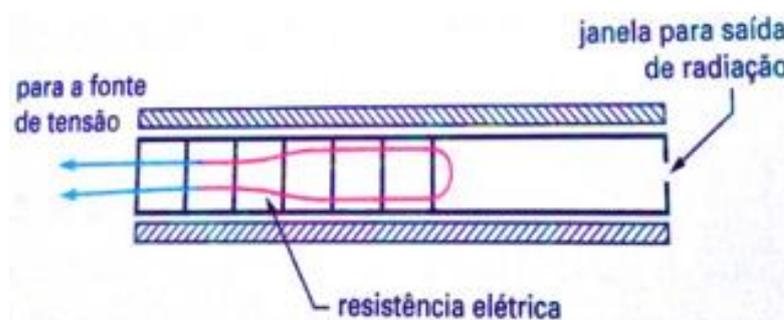
No entanto, os experimentos foram realizados, e foi neste instante que através deles pode-se observar que existia uma descrição direta entre radiação de luz e de calor. Em 1859, a consonância já estava acordada, demonstrada no artigo “Sobre a comparação entre emissão e absorção de luz e calor”, pesquisado e melhorado pelo físico alemão Gustav Kirchhoff.

No conveniente trabalho o autor além de expressar que a irradiação de luz e de calor seriam de mesma natureza, apresenta como proposta que a causa entre o poder emissivo e o poder absorptivo de um corpo sólido, para radiações de mesma constância, depende exclusivamente da sua temperatura, ou seja, a sua temperatura define a sua característica. Poder emissivo está atrelada a energia radiante que é emitida de um corpo firme, em uma diferença de tempo.

Poder absorptivo: É enquanto a energia radiante é absorvida em um corpo sólido, em um deliberado intervalo de tempo. Kirchhoff entendia que a constância da radiação emitida por um corpo sólido era definida a partir da sua temperatura. Era da mesma forma, podemos entender que através da radiação originário dos corpos, poderia compreender a natureza intrínseca da matéria.

Para isso, foi buscado o uso idealizado do já citado nos estudos sobre corpo negro, de poder absorptivo absoluto. Sempre, costuma-se descrever o corpo negro a uma cavidade com um limitado orifício. Logo, para explorar a radiação térmica em laboratório, é fundamental que o corpo negro além de absorver toda a radiação, também emita radiação. Se uma caixa for fechada com uma abertura e com uma fonte de calor em seu interior, comumente se usa uma resistência elétrica, proporcionalmente podemos verificar na Figura 19.

**Figura 19:** Resistencia elétrica utilizada para a simulação de um corpo negro



Fonte: Biscuola, G.J.; Bôas, N. V.; Doca, R.H. física 3.2ed. São Paulo:2013

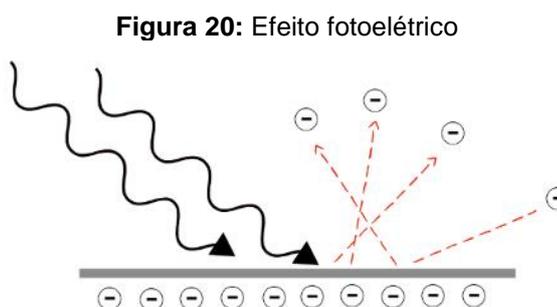
Na metade de 1879, Josef Stefan (1835-1893), por meio de efeitos práticos, certa expressão matemática no qual foi deduzida de forma teórica no ano de 1884 pelo físico Ludwin Boltzmann (1844-1906). No entretanto, atualmente, se entende a famosa equação pela lei de Stefan- Boltzmann, mostrada na Equação 1, onde  $P$  é a potência irradiada,  $\varepsilon$  é a emissividade,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann, onde o seu valor é adquirido e expresso com três algarismos, sendo eles significativos ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ),  $A$  é a área da superfície radiadora e  $T$  é a temperatura.

$$P = \varepsilon \sigma A T^4 \quad \text{Equação 1}$$

Na Equação 1, a letra épsilon ( $\varepsilon$ ) está mostrando o poder de emissividade do corpo. Caso o corpo seja um corpo negro, certa variável tem o valor de 1 (valor máximo). Se o corpo não for um corpo negro, este terá um valor entre 0 e 1. Desta forma, podemos levar em apreciação que um corpo só cessaria de emitir radiação eletromagnética quando atingisse a temperatura absoluta de zero grau kelvin. Como já devemos saber, certo fato, de acordo com a terceira lei da termodinâmica, seria absurdo.

### 4.3: O efeito fotoelétrico

Na data de 1887, Heinrich Hertz (1857 – 1894) revelou-se que quando uma placa de metal eletricamente neutra, quando iluminada por uma fonte de luz de alta frequência, a placa começava a adquirir carga positiva. Porém, quando fazia o mesmo experimento utilizando uma luz de baixa frequência, o mesmo não acontecia. Esse acontecimento tornou-se conhecido como o Efeito Fotoelétrico, e pode ser visto na Figura 20.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoeletrico.htm#>, acesso em março de 2022

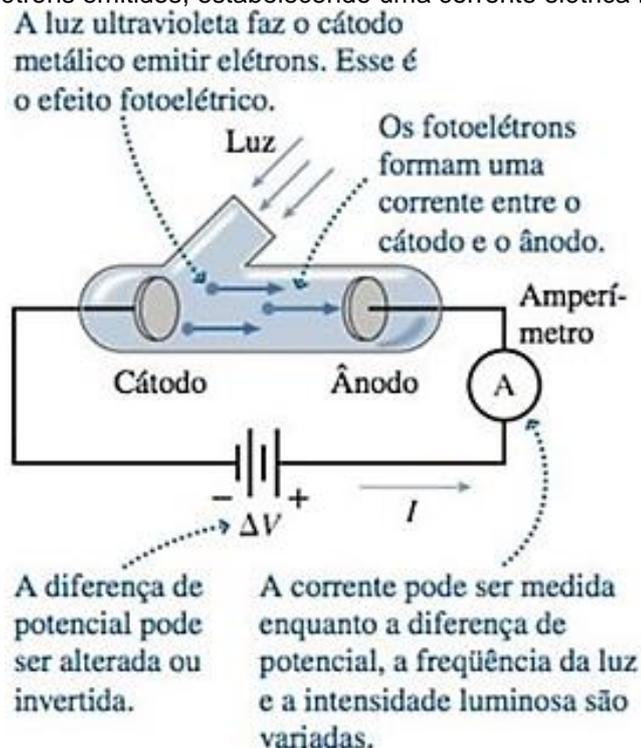
Para a período era muito confuso fazer assimilar a analogia entre a frequência da onda da radiação e o processo de eletrização, ou não eletrização, da placa metálica.

Apesar de colher várias críticas a princípio, em 1905, Albert Einstein (1879-1955) gera uma perspectiva para o fenômeno. Este trabalho lhe daria o prêmio Nobel de Física da época. Considerando a hipótese da quantização proveniente dos trabalhos de Max Planck, Einstein sugere que a radiação luminosa, seja criada por pequenos pacotes de energia, e estes equivalentes à sua frequência.

No presente momento em que uma dada quantidade de radiação luminosa é incidida em uma placa, a luz cede a ela energia suficiente para fazer com que elétrons sejam liberados da placa, tornando o metal carregado positivamente.

Para fazer com que o elétron seja desprendido da chapa metálica, este necessita de uma certa extensão de energia, que é fornecida através de uma entidade que Einstein chamou de fóton. No conquanto, a energia do fóton, está descrita a frequência da luz incidente, e não de sua intensidade, como se pensava na época. Logo, apenas uma pequena intensidade de luz, mas com valor de frequência suficiente, é capaz de eliminar elétrons do metal, como é mostrado na Figura 21.

**Figura 21:** Representação do experimento do efeito fotoelétrico decorrente da ação do campo elétrico sobre os elétrons emitidos, estabelecendo uma corrente elétrica mensurável.



Fonte: KNIGHT, Randall; Física 4; uma abordagem estratégica- Porto Alegre, 2009

Pode-se ratificar aqui umas particularidades a respeito do efeito fotoelétrico: A primeira dela é que para que o efeito fotoelétrico ocorra, deve existir uma determinada frequência, chamada de mínima de radiação incidente. Caso isso não venha ocorrer, ou seja, a radiação incidente possua frequência inferior a esse valor, não interessa qual seja a intensidade da radiação, não será capaz arrancar os elétrons do material.

A segunda situação é que: No momento em que os elétrons são arrancados do material, sua energia cinética é mantida, independente da intensidade de luz que é incidida, ou seja, sua energia cinética não depende da intensidade luminosa.

O que muda com o crescimento da intensidade da luz incidente, é unicamente o aumento da quantidade de elétrons desprendidos, e não a sua energia cinética. Sendo assim, a radiação adquire uma nova interpretação; abre-se a possibilidade de que as radiações eletromagnéticas, inclusive a luz, além do caráter ondulatório, possa incorporar um caráter corpuscular.

É possível entender através da Equação 2 que os fótons se comportam como ondas, onde  $E$  é a energia mínima que o fóton pode assumir,  $h$  é a constante de Planck e  $f$  é a frequência da onda luminosa.

$$E = hf \qquad \text{Equação 2}$$

Desta forma, em valores quantizados, os possíveis valores de energia são, então, valores proporcionais aos números inteiros do resultado mostrado na a Equação 2.

O mais estimulante de se observar neste momento da concepção da explicação do efeito fotoelétrico, até mesmo pelo próprio Planck que ficou receoso com aquele conhecimento, ele mesmo não aceitou a ideia de que se fizesse a possibilidade em que a luz pudesse ser ao mesmo tempo uma onda e uma partícula.

Até Einstein chegou a pensar que a correspondente ideia seria aceita como um simples subsídio especulativo e momentâneo, já que a situação ali em estudo era bastante inovadora para aquela época. Não obstante, novas provas de quantização da luz e da energia começaram a aparecer, de forma que, a teoria corpuscular da luz fosse cada vez mais aceita. Logo, a interpretação dada por Einstein para o efeito fotoelétrico só reforçou ainda mais a teoria de Planck para o problema da radiação de corpo negro.

A revelação do efeito fotoelétrico fez com que a tecnologia dotada de células fotoelétricas fosse desenvolvida e reparada, com o intuito de que a energia luminosa pudesse ser transformada em energia elétrica. As células presentes neste sistema também podem ser usadas para ligar e desligar circuitos elétricos, no caso de sistema para abrir e fechar torneiras de lavatório, acender e desligar imediatamente a iluminação de prédios e ruas, interceptar o funcionamento de uma máquina industrial, dentre outras. Convém salientar também aqui o cuidado, não venha confundir efeito fotoelétrico com efeito fotovoltaico.

#### 4.4: A dualidade onda partícula

Incluindo como base, a teoria corpuscular de Einstein para a luz, Louis de Broglie (1892- 1987) aborda a ideia de que se a luz, que era entendida como uma exposição de onda, poderia ser analisada e interpretada como uma expressão corpuscular, vem então o elétron que era compreendido como uma partícula, entende-se que esse comportamento pode ser compreendido como uma manifestação da onda.

No ano de 1923, este físico teórico vem a apresentar a comunidade científica suas ideias, que está apresentado na Equação 2, expressão essa que é relativamente simples e elegante para se calcular o comprimento de onda de um elétron. Expressão para o cálculo do comprimento de onda de De Broglie é dada pela Equação 3.

$$\lambda = \frac{h}{Q} = \frac{h}{mv} \quad \text{Equação 3}$$

Neste caso,  $\lambda$  é o comprimento de onda do elétron, e tem como unidade no S.I. o metro ( $m$ ),  $h$  é uma constante, conhecida como a constante de Planck,  $Q$  é a quantidade de movimento do elétron que tem como unidade no S.I. o quilograma metro por segundo ( $kg.m/s$ ),  $m$  é sua massa, que no S.I. tem como unidade o quilograma ( $kg$ ) e  $v$  entende-se como a velocidade, que no S.I. tem o metro por segundo ( $m/s$ ) como unidade.

Em seu belo trabalho, De Broglie postula que a frequência  $f$  presente em cada onda de matéria, poderia ser calculada através da Equação 4, de sua autoria e originalidade.

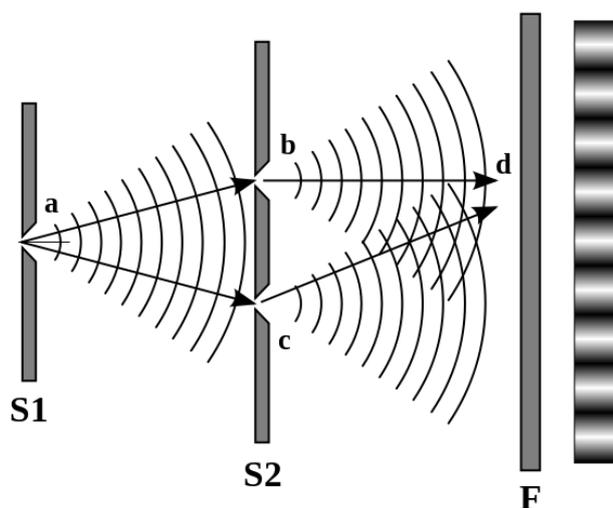
$$f = \frac{E}{h}$$

Equação 4

Teremos suas finalidades e podemos descrever que  $E$  é a energia e  $h$  é a constante de Planck (com unidades no S.I. já mostrado anteriormente). A verificação de sua eficácia foi obtida experimentalmente em meados do ano 1927 (4 anos depois), tendo por base o experimento realizado por Thomas Young (1773-1829).

Esse experimento foi constituído de uma luz monocromática, onde ela pudesse incidir em duas fendas próximas, e em seguida estudar o padrão que seria formado em um anteparo do lado oposto a fonte de luz. O que foi observado após a passagem da luz pelas fendas, foi que existia a formação de um padrão de interferência era, e que ali também existia o aspecto de linhas paralelas de diferentes larguras, conforme pode ser visualizado na Figura 22.

**Figura 22:** Padrões de interferência de uma onda eletromagnética

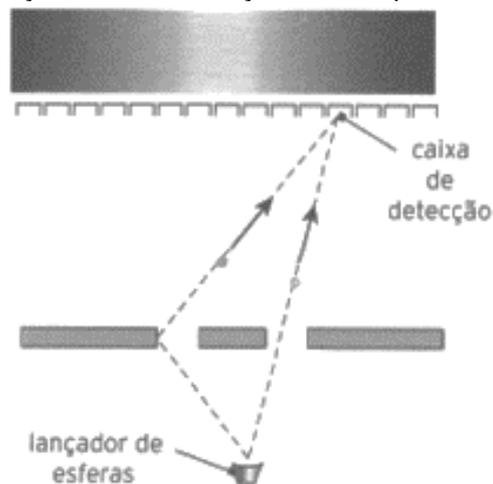


Fonte: Por en:User:Lacatosias, User:Stannered - Image:Ebohr1.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3568992>, acesso em março de 2022

Então, considerando o experimento de Young ilustrado na Figura 22, De Broglie entende que o fenômeno de difração, responsável pelo aparecimento do padrão de interferência no anteparo, também ocorra com a incidência de um feixe de partículas.

Praticando um experimento semelhante ao que foi colocado em prática por Young, com a simples variação, que ao invés da luz, seriam lançadas esferas suficientemente pequenas, oportunizando assim que elas transpassassem através das fendas, De Broglie obteve um padrão de distribuição de partícula, como pode ser observado na Figura 23.

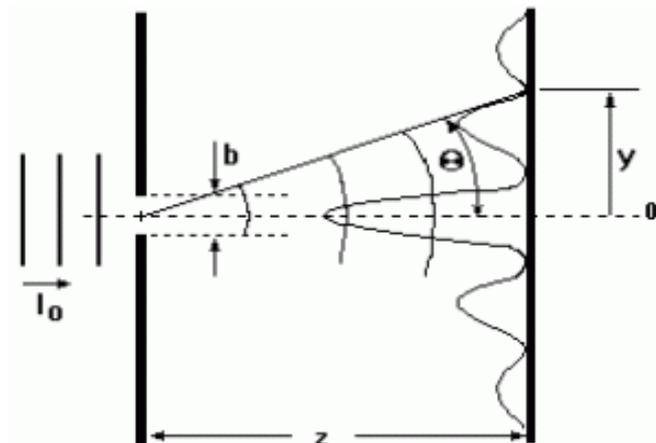
**Figura 23:** Padrões de distribuição de esferas lançadas em experimento de dupla fenda



Fonte: Stefanovits, A. Ser protagonista: física, 3º ano ensino médio. 2 ed. São Paulo, 2013

Como já mencionado aqui, após passar quatro anos da proposição lançada por De Broglie, Clinton J. Davisson (1881-1958) e Lester H. Germer (1896-1971) organizam um experimento similar ao de Young e conseguem lançar um feixe de elétrons através de duas fendas. O que foi notado no anteparo, foi que essa padronização formada foi um semelhante ao padrão de interferência obtido anteriormente com a luz, esse fato está descrito na Figura 24.

**Figura 24:** Padrões de interferências de um feixe de elétrons



Fonte: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/roteiros-do-laboratorio/3-difracao-de-fendas/>, acesso em março de 2022

Então dessa forma, garantia a comprovação de que a matéria também pode ser explorada sob o entendimento de uma onda. Dessa análise, inúmeras dúvidas

surgiram. Uma delas foi quando se comparava o experimento de Young original, a luz passava através das duas fendas de forma simultânea.

Para tanto, com os elétrons, o que se esperava era que estes também atravessassem ambas as fendas de forma simultânea, adquirindo dessa forma, o comportamento de uma “onda de matéria”. Porém isso não foi possível de observar.

Na tentativa de entender melhor essa situação em questão, havia a necessidade de mudar a maneira de como olhar o que ocorria no experimento, mudar a postura de fato, e conseqüentemente nos conceitos físicos considerados como inquestionáveis na época. Algo muito complexo para aquela época.

Essas questões só viriam a ser respondidas, através dos trabalhos do físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976) e do austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961).

#### **4.5: Princípio da incerteza de Heisenberg e a contribuição de Schrödinger**

Na mesma época em que foi realizado o experimento de dupla fendas com esferas (1927), o físico Werner Heisenberg (1901-1976) rompe mais um dos paradigmas na Física, através do que ele chamou de princípio da Incerteza.

Esse princípio é baseado de forma simples, na seguinte afirmação: Ficou comprovado que é impossível obter as medidas ao mesmo tempo de sua posição e a quantidade de movimento daquele corpo, ou seja, de uma partícula atômica. Percebemos que quando se realiza uma certa medida na física clássica, naturalmente estas apresentam valores de incertezas (não são medidas seguras) associadas muitas das vezes a falta de precisão dos equipamentos ou ao cuidado necessário nos procedimentos que se realiza para medir.

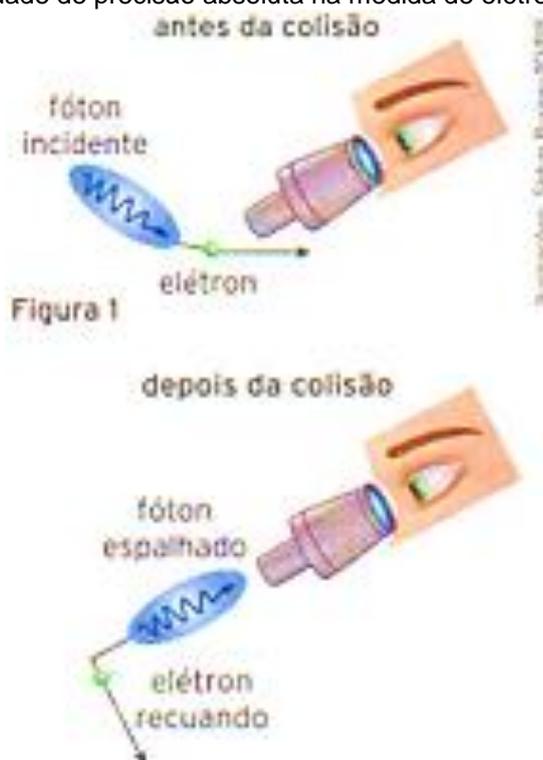
No momento em que se realiza o experimento utilizando equipamentos mais precisos, e quando começamos a executar procedimentos adequados de medição, os erros começam a diminuir, sem que exista um limite de precisão.

Na Física Quântica, a situação muda de figura com relação a essa precisão. De acordo com o princípio da Incerteza, citado acima, a incerteza na medida não pode ser minimizada indefinidamente. Pelo simples fato de mensurar uma determinada grandeza em um sistema quântico, uma mudança irreversível do sistema é percebida, sendo impossível detectar o estado em que se encontrava anterior da realização da medida ou do experimento.

Então, para melhor visualizar esse princípio, imagine tal experimento em que com um microscópio óptico, fosse possível medir a posição e a velocidade de um determinado elétron com exatidão (sem percentual de erro). Nesse processo então, um fóton teria de incidir no elétron, passar pelas lentes do microscópio e após isso, retornar ao olho do observador.

Porém, surge um problema. No exato momento em que o fóton entra em contato com o elétron, ele transmite parte de sua energia ao elétron, modificando dessa forma a quantidade de movimento dele. Então, quando se procura identificar o elétron com precisão, a mudança de sua velocidade, faz com que a incerteza na medida aumente, impossibilitando uma medida totalmente exata. Na Figura 25, podemos ver uma representação para esse experimento idealizado por Heisenberg.

**Figura 25:** Representação do experimento mental idealizado por Heisenberg, para ilustrar a impossibilidade de precisão absoluta na medida de elétrons quânticos



Fonte: STEFANOVITS, A. Ser protagonista: física, 3º ano ensino médio. 2 ed. São Paulo, 2013

Tendo como embasamento tal princípio, foi possível que os físicos pudessem compreender melhor, a natureza da dualidade da luz e da matéria. Eles conseguiram concluir que, só é possível evidenciar apenas um aspecto por vez. Isso quer dizer que, quando se faz o experimento do efeito fotoelétrico, somente o comportamento

corpúscular do fóton é visto, não sendo possível observar o aspecto ondulatório da luz.

Portanto, se colocarmos em prática o experimento de dupla fendas, será percebido o comportamento ondulatório da luz, sem que possamos perceber seu comportamento corpúscular. Tal situação, ocorre da mesma forma para o elétron, justificando aquele padrão de interferência que é observado no experimento de dupla fenda explicado anteriormente. Então a partir destes fatos podemos generalizar que, de acordo com esse princípio, todas essas entidades são ondas e partículas ao mesmo tempo, mas somente apresentando suas características próprias, de partícula ou de onda, em cada situação experimental.

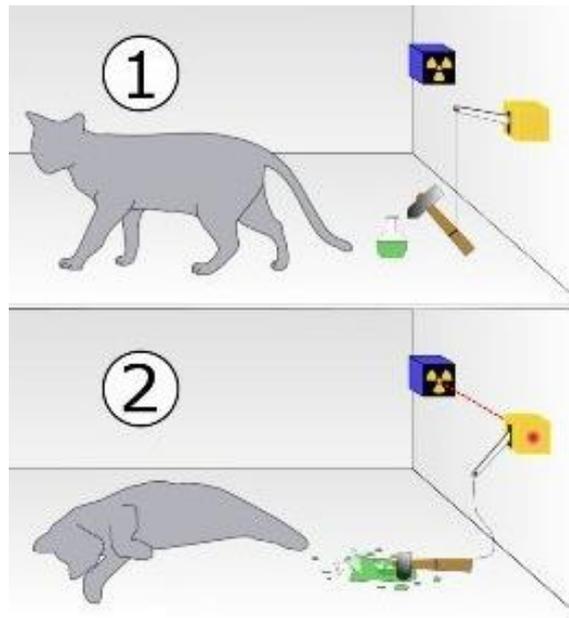
A compreensão do mundo quântico foi condensada sobretudo, pelo físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961). Ele sugere uma equação de onda cuja solução, chamada de função de onda, demonstraria todo o estado quântico de uma determinada partícula em função de sua posição e do tempo.

Em famosa abordagem, não é impossível separar um elétron do restante do átomo, de tal forma que, essa função de onda fornece dados acerca de seu estado, nunca de uma variável ou de uma partícula isoladamente. Se elevarmos ao quadrado, a função de onda, este resultado é visto como sendo a probabilidade de se encontrar a partícula em determinado ponto do espaço. Por meio dela, pode-se encontrar a distribuição estatística desta partícula através do espaço, em função do tempo. Tal função, é anulada naqueles pontos aonde a partícula quântica não pode estar presente, prevendo apenas a probabilidade de um determinado evento acontecer, sem se deter com a obrigatoriedade da ocorrência ou das causas envolvidas na mesma.

Então, este estudo consiste em um experimento mental, idealizado por Schrödinger, com o objetivo de tentar explicar de forma macroscópica o comportamento das partículas quânticas. Basicamente ele pensou em ter um gato preso em uma caixa fechada, onde existiria um sistema que deixaria a vida daquele gato à deriva da radiação, proveniente de um determinado produto químico presente dentro da caixa.

Caso a radiação chegasse a entrar em contato com o gato, ele conseqüentemente morreria. Se então essa radiação não entrasse em contato com o gato, ele permaneceria vivo, essa situação se encontra descrito na Figura 26.

**Figura 26:** Representação gráfica do experimento mental de Schrodinger



. Fonte: <https://waltercarlos.wordpress.com/2010/0927/0-gato-de-schrodinger/>

Segundo as concepções advindas da Física Quântica, o gato estaria em um estado que poderia considerá-lo vivo e morto ao mesmo tempo. Porém, no instante em que alguém tirasse a tampa da caixa para verificar o estado do gato, este verificaria apenas uma das possibilidades.

De acordo com as concepções da Física Quântica, o ato de abrir a caixa para verificar se o gato estava morto ou vivo, há uma mudança no estado quântico daquele corpo em estudo, fazendo com que os estados entrem em colapso. É muito parecido com o que vimos anteriormente com relação a observação de partículas subatômicas.

## **CAPÍTULO 5: METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

---

Neste capítulo será apresentada a metodologia de aplicação do produto educacional "Análise e as proposições quânticas" e a descrição de como ele pode ser inserido dentro do contexto educacional. Em complementação, é importante, também, descrever o público-alvo, para que o leitor entenda em que ambiente e amostra essa percepção poderá ser válida.

### **5.1: Público-alvo e a escola**

Este produto educacional foi aplicado na Escola Estadual de Educação Profissional Edson Queiroz, na cidade de Cascavel-CE, fundada em 2009, oferecendo ensino profissionalizante em tempo integral, com o objetivo de dar condições que favorecessem ao aluno o desenvolvimento cognitivo e a possibilidade da inserção no mercado de trabalho.

A escola é constituída de um total de 28 acomodações, sendo estas subdivididas 12 salas de aula, 5 laboratórios de ciências e informática, 1 sala para os professores, 1 sala para apoio pedagógico, 1 cozinha de apoio, 2 banheiros masculinos e 2 femininos, 1 depósito, 1 auditório, 1 cozinha e 1 portaria. A escola trabalha com os três níveis de ensino: 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio. O produto educacional foi aplicado ao 1º ano.

De acordo com o projeto político pedagógico da escola, a proposta Curricular da Escola Estadual de Educação Profissional Edson Queiroz está pautada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, com o objetivo de estabelecer uma relação entre as disciplinas e os conhecimentos prévios dos discentes. É fato que a escola se preocupa em destacar que a grade curricular abrange os três componentes curriculares, por se tratar de uma escola técnica profissionalizante a mesa está dividida em: Base Nacional Comum, Disciplinas Diversificada e Disciplinas Técnicas.

O estudo será norteado nos princípios da pesquisa de natureza qualitativa e quantitativa, onde nos debruçaremos sobre os aspectos do desenvolvimento do ensino e aprendizagem, o uso da HQs na sala de aula e a produção de testes de conhecimentos, estes inerentes aos seus conhecimentos prévios sobre determinados assuntos de física quântica.

Tomando como base os princípios básicos da educação, a vivência desses alunos na escola pública e seus anseios para com a política educacional, onde só se passa determinados conteúdos se esses estiverem devidamente escancarados nas provas externas.

Esses alunos se encontram em regime de ensino em tempo integral, facilitando assim a aplicação e desenvolvimento da pesquisa e aplicação do produto educacional. O produto foi aplicado com os estudantes do 1º ano do Ensino Médio do curso técnico de informática, em março de 2020.

Tivemos um engajamento de 20 estudantes de um total de 45. Esse quantitativo é justificado pelo momento pandêmico que, no período de aplicação do produto, para o desenvolvimento didático de forma segura, foram cumpridas as normas e os decretos protocolados para a prevenção da COVID-19, diminuindo a quantidade de alunos presentes em um mesmo espaço físico.

## 5.2: Procedimento de produção da HQ ‘Analiz e as proposições quânticas’

A HQ aqui desenvolvida teve como base o site *app-es.pixton* ele foi base fundamental para a criação desta história. A seguir detalharei cada passo seguido para a criação e desenvolvimento de cada parte que compões a HQ. O site te proporciona uma base com muita clareza e objetividade, te norteando em alguns caminhos para que a sua construção seja efetivada com objetividade.

Na Figura 27 é mostrada a plataforma da Pixton para escolha do tema, demonstrando a introdução do desenvolvimento de uma HQ neste software online.

Figura 27: Plataforma de escolha do tema da Pixton para criação da HQ



Fonte: *app-es.pixton*

Veja que ao abrir o site da Pixton, o criador tem a opção de fazer a HQ partindo do pressuposto de usar as configurações já estabelecidas por profissional, sendo ele dividido em um perfil acadêmico, ou seja, com personagens ligados a faculdade, seja por corpo discentes, levando em consideração o perfil dos estudantes, por responsáveis (pais, mães ou qualquer parentesco familiar) contextualizando assim um perfil mais família e/ou por perfil mais profissional, como por exemplo empresarial. Tendo em vista todas essas opções e levando em consideração a objetividade da HQ, escolhi o perfil estudantil, pois traçava um caminho com mais objetividade e acrescentava os objetivos aqui desejados.

Na Figura 28 é mostrada a etapa de criação com as opções de espaço para edição, ou seja, é possível escolher dentre as opções, em qual cenário a história poderá escolher.



Fonte: app-es.pixton

É notado que nesta parte foi escolhido a parte que representa o fundo dos quadros da HQ, é nele que se inicia a contar de forma introdutória o que se deseja passar, quais informações serão relevantes para a narrativa dessa história. Se o quadro terá fundo coloridos, se será apenas de fundo branco, isso tudo será ponto fundamental para o desenvolvimento desta HQ.

Na Figura 29 é mostrada as diversas personagens disponibilizadas pela plataforma Pixton. Nesta imagem é mostrada as possibilidades de escolha das características físicas dos personagens. Parte fundamental para começar a tornar mais consiste a formação ou criação da HQ, é vantajoso ter em mente todas essas informações antes mesmo de começar a escrever, pois são a partir deles que teremos

alicerces para a construção e narração desta história. Pois, serão pai e filha conversando sobre as proposições quânticas, é nesse ponto que decidimos o caminho que devemos percorrer, tentei escolher o personagem que mais se aproximasse da realidade ilustrativa de uma criança e um jovem professor.

**Figura 29:** Escolha dos personagens da HQ na plataforma da Pixton



Fonte: app-es.pixton

A Analiz foi escolhida já com uma idade um pouco superior da que tem hoje, ela se encontra com 5 anos de idade, o atual personagem que a ilustra está com aproximadamente 15 anos, esse fato se deu pela percepção mais juvenil, e fazer perceber que aos seus quinze anos já lembrava dessa data tão especial. Corroborando o sentimento de pai, tanto na confecção da HQ, quanto na escrita dela.

A Figura 30 consiste em mostrar que esta característica está pautada na configuração de desfocar ou não a imagem que deseja.

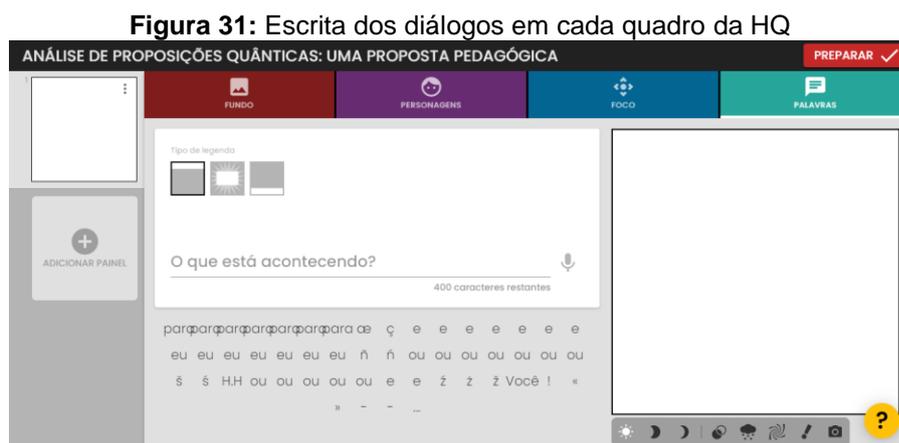
**Figura 30:** Foco e desfoque da HQ



Fonte: app-es.pixton

Essa parte da Figura 30 consiste em configurar as imagens, deixando-as mais focadas ou menos, salientando através dessa característica alguns pontos mais importantes da HQ. Podemos através desta função deixar uma informação com maior destaque para chamar a atenção dos leitores.

A seguir, a Figura 31 descreve a função da escolha dos diálogos das personagens nos quadros para composição da HQ.



Fonte: app-es.pixton

Nesta parte é onde começamos a digitar os diálogos das personagens com as devidas produções textuais escolhidas pelo autor da história. É através desta configuração que traçamos os modelos de diálogos e suas características, como por exemplo, fonte do texto e tamanho da caixa de diálogo.

Adiante, na Figura 32, é mostrada o recorte da plataforma que mostra as opções sobre os efeitos que podem ser inseridos na HQ.



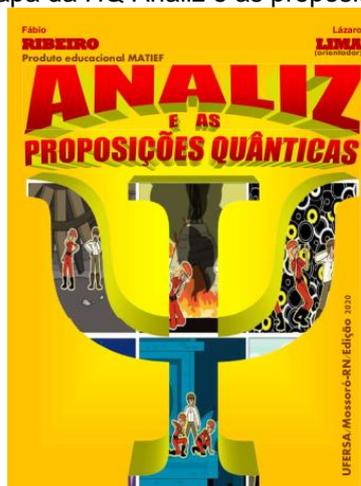
Fonte: app-es.pixton

Estes efeitos são os retorques finais. É nessa etapa que se considera o fechamento para que a HQ torne significativa para o leitor. Desta forma, o editor consegue traçar as características de toda a história, partindo do comportamento dos personagens até o contexto histórico.

É fazer aquele arranjo das informações contida em toda a narrativa da HQ, perpassando por todos os detalhes que ali se deseja alcançar. Os objetivos aqui desejados pelo autor também estão interligados aos efeitos, pois são neles que existem as expressões não verbais por parte da evolução histórica da HQ.

A HQ produzida foi chamada de Analiz e as proposições quânticas, que é encontrada com mais detalhes nos anexos deste trabalho. A Figura 33 mostra a capa deste material.

**Figura 33:** Capa da HQ Analiz e as proposições quânticas



Fonte: Autoria própria

Nos tópicos seguintes é abordado a metodologia empregada para aplicação do produto educacional.

### **5.3: Estratégia pedagógica**

Os estudantes foram distribuídos em quatro grupos produtivos. Cada grupo com no máximo cinco componentes, divididos por corredores, e sala de aula, assim como são organizados rotineiramente para realizarem suas atividades escolares nesta instituição, isso aconteceu no início do mês de março de 2020. Essa prática é realizada em todas as aulas desta instituição, ficando assim fácil a aplicação desta metodologia.

Antes de analisar os resultados destacamos alguns pontos importantes a serem observados em relação a aprendizagem significativa e os objetivos deste trabalho. Os discentes participantes das aulas são adolescentes que durante o período de aplicação do projeto não tiveram oportunidade de estudar os conteúdos abordados, além da sala de aula remota. Um outro ponto não menos importante, é que estes estudantes estão sem aulas presenciais a mais de um ano por conta das medidas de segurança sanitária para COVID-19.

As atividades foram aplicadas em seis aulas, já incluído na carga horária do professor autor, sendo assim, desenvolvido e aplicado os capítulos nos dias intercalados em seu horário semanal, que se somam 12 horas-aulas e 20min, pois cada aula consta de duas horas, porém a última aula foi apenas um pequeno encerramento que durou 20min, onde lá tivemos a oportunidade de discorrer sobre a evolução da personagem principal, sendo assim, totalizando duas semanas de aulas subdivididas durante o primeiro bimestre do ano de 2020.

Na primeira aula foram discutidos assuntos como o início da jornada, relatada pelo pai e a filha e a ponte quântica, em que abordamos os conceitos de estado quântico. Na segunda aula abordamos a proposição da dualidade onda partícula. Posteriormente, na terceira aula aprofundamos os estudos nos assuntos relacionados ao efeito fotoelétrico.

Chegando na quarta aula, mergulhamos nos conceitos da proposição denominada radiação do corpo negro. Na quinta aula, estudamos o capítulo que falava sobre absorção e emissão de luz. Na sexta aula, estávamos estudando as curiosidades do buraco negro e, por fim, no sétimo encontro tivemos o prazer de entender os anseios e expectativas da Analiz em relação ao seu convívio com as proposições quânticas relatadas na HQ.

No desenvolvimento destas aulas foram realizados a aplicação de algumas metodologias ativas, como objetivo de alcançar a aprendizagem significativa, além disso tivemos questionários, leituras e discussões. As metodologias foram desenvolvidas com o objetivo de compreender quais os conhecimentos os estudantes possuíam referentes aos temas discutidos e assim introduzir conceitos iniciais de física quântica com os seus devidos subsunçores. As aulas estão descritas nos tópicos seguintes.

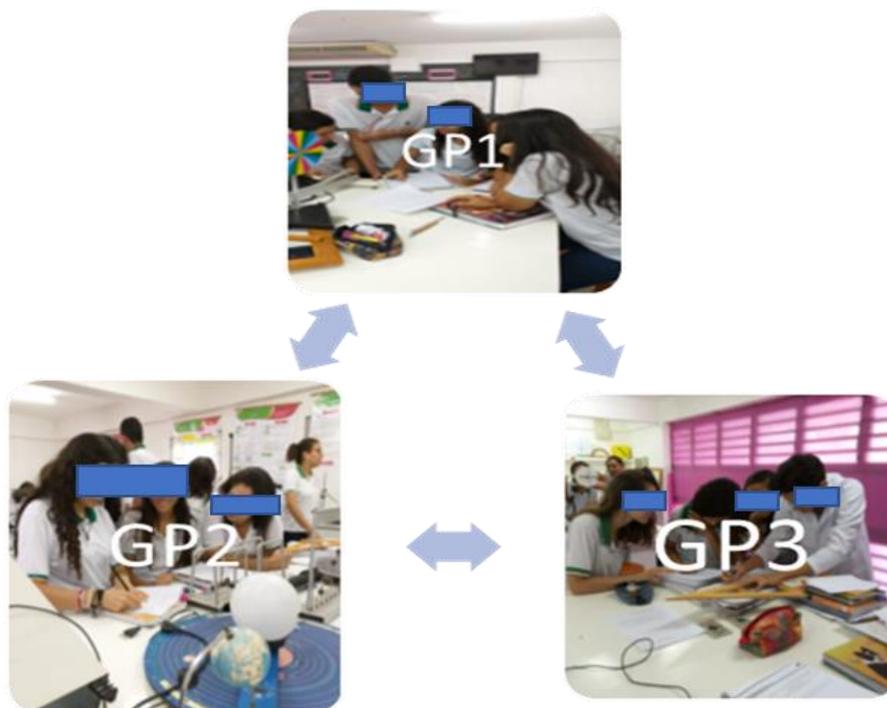
#### 5.4: Primeira aula: “O início da jornada” e a “ponte quântica”

Para iniciar, a primeira aula foi realizada a leitura das proposições quânticas e a “ponte quântica” e o contexto histórico relatado pela Analiz. O material foi disponibilizado via WhatsApp, onde todos os componentes dos devidos grupos produtivos possuíam um aparelho eletrônico que podiam ler a história em quadrinhos. Essa leitura se deu utilizando a metodologia ativa rotação por estações, em grupo produtivo, os alunos efetuaram a interpretação da leitura destas duas proposições.

Assim, todos os membros do grupo produtivo efetuarão a sua interpretação que será repassada para os outros grupos. Essa metodologia tem a capacidade de potencializar a autonomia desses estudantes, o engajamento e o trabalho em equipe, esse é o ponto forte para o uso dessa metodologia. Além disso, há um repasse de informações, ou seja, de interpretação do que foi estudado, resultando na existência de uma cooperação entre os colegas de sala de aula.

Na Figura 34 há uma demonstração de como se utiliza essa metodologia ativa no processo de ensino e aprendizagem.

Figura 34: Rotação entre os grupos produtivos



. Fonte: autoria própria

Nota-se na Figura 34 como é o processo em que todos os grupos (GP1, GP2 e GP3) passarão a ter contato com as proposições quânticas, através da rotação por

estação. É esperado que a leitura e a interpretação destes capítulos se deram desta forma para alcançar o maior nível de aprendizagem significativa, levando em consideração cada subsunçores existentes em cada componente dos grupos, sendo assim mais viável alcançar o objetivo proposto.

A HQ com os capítulos “A ponte quântica” e o “contexto histórico” foram aplicadas na primeira aula, que teve uma duração de 2 horas. Este primeiro momento foi bastante interessante, pois ao ler as proposições descritas acima, mesmo sem a necessidade de serem instigados, muitos dos alunos expuseram suas opiniões, acerca da clareza naquela HQ, alguns se posicionaram a favor e outros contra a proposta de se utilizar uma HQ no ensino de física quântica.

O Quadro 1 traz um resumo de como foi planejada os primeiros momentos com os alunos, na aplicação do produto educacional.

**Quadro 1:** Resumo das ações executadas no primeiro momento com os discentes

<b>Conteúdo específico</b>	Estado Probabilístico e Estado quântico da matéria dividido em: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª hora-aula: Contexto Histórico dos personagens;</li> <li>• 2ª hora-aula: O que é “Quantização”</li> </ul>
<b>Pré-requisitos</b>	Os discentes devem ter noções básicas ou subsunçores sobre o estado quântico e probabilístico da matéria.
<b>Objetivos:</b>	Entender como funciona a probabilidade de um corpo na física quântica; Compreender a relação de quantidade na física quântica; Realizar teste quântico após a leitura da HQ; Permitir o trabalho em grupo produtivo pelo método rotação por estação.
<b>Metodologia</b>	Diálogo entre os grupos produtivos; Aula dialogada questionando e explicando a quantização; Metodologia rotação por estações.

Fonte: autoria própria

Após a leitura dos dois capítulos foram esclarecidos as devidas dúvidas e o segundo momento da aula se deu através do prosseguimento da aula, ou seja, sendo solicitado que eles respondessem os testes desafios contido no final de cada proposição quântica, composto por duas questões em cada capítulo.

Foi questionado aos discentes sobre conceitos que deveriam ficar mais claro à medida que a discussão deva ir avançando:

- *Pergunta 1: Neste caso, usando o que você aprendeu lendo ‘A ponte quântica’, quais seriam os estados quânticos deste experimento?*
- *Pergunta 2: Depois que você segurou uma das bolas sem ver, qual a probabilidade de estar segurando uma bola azul?*

O questionário final teve a finalidade de compreender o que os estudantes entendem sobre as devidas proposições quânticas. As informações desses testes se deram através do Google Questionário contido na sala de aula virtual. Depois de respondido os desafios quânticos foram realizadas discussões sobre cada uma das perguntas.

### 5.5: Segunda aula: “Dualidade onda-partícula”

Ao iniciar a aula, é explicado o objetivo da aula, tentando enfatizar a duração dela, é explicada as atividades que serão realizadas em todo o processo da leitura da HQ. Foi criado uma boa investigação para as atividades futuras, ou seja, os testes quânticos. Foi perguntado aos alunos: *o que é a luz?* A pergunta tenta aguçar no aluno o primeiro entendimento do que ela é, e daí criar a necessidade de estudos para compreender as demandas atribuídas na HQ.

Após a pergunta, é importante ouvir as respostas dos discentes e iniciar um diálogo usando a proposição quântica desenvolvida através de um capítulo da HQ denominada de dualidade onda partícula. A metodologia ativa esperada para este momento é a cooperação entre os membros do próprio grupo. É através desta interação que vai ser possível a discussão dos conteúdos quânticos, trazendo suas percepções e comparando com as demais. A Figura 35 mostra como é esperada essa cooperação entre alunos.

**Figura 35:** Cooperação entre os componentes do grupo



Fonte: Próprio autor.

A utilização de uma nova metodologia, não experienciada por eles, que possibilite aos discentes a participação e o compartilhamento de suas

responsabilidades em relação a sua aprendizagem, pode resultar em mais empatia entre eles, dando maiores condições ao aprendiz.

Observando que há a necessidade de verificar o nível de conhecimentos prévios de cada aluno sobre luz e o seu comportamento dual será aplicado duas questões sobre o efeito fotoelétrico, no final da proposição quântica, e dupla fenda. Eles serão aplicados de forma contextualizada, ou seja, levando em consideração algum acontecimento do cotidiano e correlacionar com o assunto em estudo, possibilitando deste modo a aplicação dos conceitos sobre a luz existente na concepção do aluno, sendo assim aguçar a curiosidade do aluno.

- *Pergunta 1: Você acha que o princípio de Huygens se aplica a onda mecânica?*
- *Pergunta 2: Um furo no teto que passa a luz solar, pode ser considerado um fenômeno de difração?*

No Quadro 2 é mostrado o resumo das ações neste segundo encontro.

**Quadro 2:** Resumo das ações executadas no segundo momento com os discentes

<b>Conteúdo específico</b>	Comportamento ondulatório pelo capítulo de Dualidade onda partícula
<b>Pré-requisitos</b>	Os discentes devem ter noções básicas ou subsunçores sobre o estado quântico e probabilístico da matéria.
<b>Objetivos:</b>	Entender os fenômenos sobre onda e suas características; Compreender os fenômenos correlacionados à dualidade da onda; Relacionar o conceito de ondas com seu dia a dia; Permitir o trabalho em grupo produtivo através da metodologia cooperativa.
<b>Metodologia</b>	Aula procedeu por meio da cooperação dos componentes do grupo produtivo; Aula dialogada questionando os conceitos da onda; Todas os procedimentos se deram através da metodologia por cooperação.

Fonte: autoria própria

Ao final da aula, é aplicado um teste quântico referente a aprendizagem de Física com o direcionamento no tema dualidade da luz. Será analisado as afirmativas propostas pelos alunos após a leitura da proposição exposta acima.

### **5.6: Terceira aula: “Entendendo fótons e o efeito fotoelétrico”**

Na aula sobre efeito fotoelétrico, foi necessário definir as etapas do processo de ensino e aprendizagem, no primeiro momento iniciamos com um levantamento dos conhecimentos prévios que serviram de subsunçores, ou como indicativo da necessidade de definir os organizadores prévios. Após é trabalhado com o capítulo

da HQ relacionado ao conteúdo, e então desenvolver as atividades proposta no produto educacional com todos os elementos necessários a uma aprendizagem significativa e contextualizada. Como ferramenta de estudo, implantaremos organizadores prévios sobre quantização.

Na segunda etapa, aplicamos o trabalho em grupo produtivo. Aqui foi utilizada a metodologia da sala de aula invertida. Para que não haja prejuízos, é necessário planejar a inversão. As partes envolvidas no processo precisam planejar cada momento, partindo da ocorrência da transmissão dos conteúdos até a assimilação dos conteúdos e habilidades competentes, apresentando exemplos de ações e exercícios para ambos.

Na figura abaixo destacamos a aplicação da metodologia ativa sala de aula invertida, esses discentes tiveram a chance de participar de uma nova visão do processo de ensino e aprendizagem, sendo cada vez mais protagonista de seu aprendizado.

A Figura 36 descreve o momento em que se planeja a escolha de cada tópico da história em quadrinhos para ser inserido nos grupos produtivos.

**Figura 36:** Momento individual de escolha dos temas



Fonte: Próprio autor.

No que tange a pedagogia tradicional, que não prevalece o uso de uma abordagem ativa para a o ensino e aprendizagem, o professor por muitas das vezes planeja as suas aulas apenas num único sentido, de ser aquele ser que detêm do saber, entendendo que ele é o único que sabe daqueles conteúdos e que deve ser repassado aos discentes de forma única e abstrata.

Reunidos por temas, a Figura 37 mostra os grupos produtivos efetuando a divisão de conteúdo para cada membro do grupo, em que será definido cada tema que será estudado. Os estudantes estão ali para ouvir, mas, se não foi o suficiente

para assimilar e dar novo significado aos conteúdos, eles podem não ter compreendido o assunto.

**Figura 37:** Divisão dos tópicos de cada capítulo



Fonte: Próprio autor.

Foram aplicados testes desafios para entendermos como andava o processo de ensino e aprendizagem, com as perguntas:

- *Pergunta 1: A energia cinética dos elétrons ejetados dependem exclusivamente da frequência da luz incidente?*
- *Pergunta 2: A intensidade incidente da luz afetará somente a quantidade de elétrons que é ejetado a cada segundo?*

O Quadro 3 traz um resumo do que foi realizado na terceira aula.

**Quadro 3:** Resumo das ações executadas no terceiro momento com os discentes

<b>Conteúdo específico</b>	Entendendo o fóton e o efeito fotoelétrico dividido em: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª hora-aula: A energia e o efeito fotoelétrico;</li> <li>• 2ª hora-aula: O que é quantização</li> </ul>
<b>Pré-requisitos</b>	Os discentes devem ter noções básicas ou subsunçores sobre o efeito fotoelétrico
<b>Objetivos:</b>	Entender os conceitos básicos sobre o efeito fotoelétrico; Permitir o trabalho em grupo produtivo metodologia sala de aula invertida.
<b>Metodologia</b>	Diálogo e indicadores de como proceder na leitura da HQ; Metodologia sala de aula invertida; Aula dialogada questionando e explicando a quantização; Prevalece a metodologia sala de aula invertida.

Fonte: autoria própria

Todas as análises serão realizadas no capítulo de resultados, tendo em vista que serão avaliadas as respostas usufruindo da avaliação quantitativa e qualitativa, pois esse processo avaliativo abrange todas as expectativas para esse processo avaliativo.

## 5.7: Quarta aula: “Radiação do corpo negro”

O papel do professor nessa aula, além de distribuir as atividades, organizar e criar um ambiente adequado para aprendizagem é de mediador ativo e participativo, sendo sua ação imprescindível antes, durante e após o desenvolvimento do conteúdo a ser trabalhado. Além disso, o educador deve promover o debate produtivo entre os alunos, dando espaço a liberdade de expressão de suas ideias, usando e explorando o conhecimento por ele já adquirido.

A quarta aula se constitui em uma organização utilizando de metodologias ativas e servirá para auxiliar o professor nas aulas de Radiação do Corpo Negro, buscando alcançar a aprendizagem significativa. Segue abaixo, no Quadro 4, a programação pedagógica da proposição radiação do corpo negro descrita nos diálogos da HQ.

**Quadro 4:** Resumo das ações executadas no quarto momento com os discentes

<b>Conteúdo específico</b>	Radiação do corpo negro dividido em dois momentos: <ul style="list-style-type: none"><li>• 1ª hora-aula: Radiação do corpo negro</li><li>• 2ª hora-aula: Fenômenos a partir da radiação do corpo negro</li></ul>
<b>Pré-requisitos</b>	Os discentes devem ter noções básicas ou subsunções sobre os conceitos de radiação do corpo negro
<b>Objetivos:</b>	Entender os mecanismos de absorção da radiação por um corpo de cor escura; Compreender os fenômenos correlacionados à radiação; Aplicação no seu cotidiano, ou seja, fenômenos relacionados ao seu dia a dia; Permitir o trabalho em grupo produtivo
<b>Metodologia</b>	Diálogo e indicadores de como proceder na leitura da HQ, usando da metodologia de coop-coop (LOPES & SILVA, 2009; MENEZES, BARBOSA JÓFILIS, 2007); Aula dialogada questionando e explicando os conceitos da aula através dos grupos produtivos.

Fonte: autoria própria

Esta aula foi dividida em duas etapas, primeiro foi apresentado o conteúdo teórico incluindo a parte histórica que trata sobre o porquê dos estudos sobre radiação do corpo negro contextualizado e, de maneira sutil, direcionando para o dia a dia. A HQ traz subsídio para aprofundar tal estudo.

Na segunda etapa, tratou da abordagem dos fenômenos sobre radiação do corpo negro, assim como questionário pós leitura da proposição quântica. Contextualizamos e relacionamos os conceitos com fenômenos dos cotidianos dos alunos.

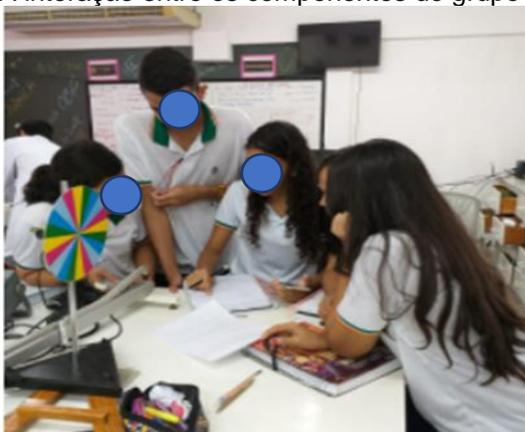
Nesta aula optamos por aplicar a metodologia coop-coop (LOPES & SILVA, 2009; MENEZES, BARBOSA JÓFILIS, 2007), ou seja, aproveitar o trabalho em equipe e desenvolver todas as competências já existentes em cada aluno. A inserção de

métodos por cooperação de aprendizagem, apesar de conceder alguns obstáculos, como a desarmonia nos relacionamentos interpessoais, em contrapartida pode apresentar diversos benefícios.

A metodologia cooperativa coop-coop, foi avaliada como mais vantajosa que as aulas tradicionais e que as atividades em grupos produtivos, além de alavancar o estímulo dos alunos a participarem de forma mais interativa nas aulas, contribuiu com o relacionamento entre professor e aluno, deixando-os mais próximos no desenvolvimento de habilidades sociais e na avaliação individual e do grupo produtivo.

A seguir, é destacada na Figura 38 a imersão dos participantes para o cumprimento da tarefa, como esperado pela metodologia aplicada.

**Figura 38:** A interação entre os componentes do grupo na atividade



Fonte: Próprio autor.

As perguntas para discussão, após entendimento dos conceitos, são advindas do 'teste da lata negra':

- *Pergunta 1: Você resolve passear por volta de meio-dia, ensolarado. Qual a diferença em usar uma camisa branca e outra preta?*
- *Pergunta 2: Imagina uma lâmpada amarela (quente) é colocada próximo de duas latas, uma branca e outra preta. Qual das duas ficará com maior temperatura? Por que isso acontece?*

As respostas serão discutidas a frente, no capítulo posterior, por outro lado, nesta etapa é direcionado ao aluno uma imersão cada vez mais aprofundada dos conceitos de física quântica.

## 5.8: Quinta aula: “Absorção e emissão da luz”

Nesta quinta aula, serão apresentados e discutidos elementos sobre a composição e a decomposição da luz, além de sua relação com a formação das cores e questionários avaliativos que se encontram no final da proposição. Para tanto, serão sugeridas discussões e atividades.

Inicie o momento da aula organizando o espaço pedagógico e deixando claro para os estudantes que aquela aula será trabalhada em grupos produtivos de três ou quatro integrantes, a depender do número total da turma. Posteriormente será realizado um questionamento para toda a turma, de forma verbalizada, ou seja, apenas uma breve discussão sobre as devidas respostas, a pergunta que devemos fazer é: O que é a luz visível?

Coloque em destaque a questão no quadro branco e solicite aos estudantes que a discutam com os outros membros do grupo produtivo e elaborem suas respostas no caderno. Em um momento posterior, solicite aos grupos produtivos que exponham suas hipóteses sobre a pergunta e anote-as no quadro branco.

Com essa questão inicial, espera-se que os estudantes procurem reforçar o entendimento sobre o assunto que foram construídos ao longo de sua vida educacional e até no seu cotidiano e mencionem, por exemplo, que a luz é uma forma de energia, que a utilizamos para poder ver as coisas, ou que é necessária para o desenvolvimento da natureza no geral.

Esclareça aos discentes que, quando buscamos uma definição para um conceito ou a explicação de um fenômeno, a ciência busca descrever exatamente o conceito ou como se dá um fenômeno físico. Então o mediador de conhecimento deve buscar uma definição para a luz que seria uma tarefa um tanto quanto ousada, visto que, atualmente sabemos que ela apresenta um comportamento bem complexo, exibindo características de matéria e de energia. Portanto, coloque em destaque também que, para os estudos realizados deste assunto devemos seguir nesta ordem, para isso deve-se entender a luz visível como uma forma de energia.

Lembre os estudantes de que as ondas eletromagnéticas não necessitam de meio para se propagar. Elas diferem de ondas mecânicas, como o som, que só se propagam pela vibração de partículas de um meio material.

Após essa explicação, questione-os: “O que são as cores? ”; “Qual é a relação entre as cores e a luz visível?”. Oriente os estudantes a discutir as questões com os

membros de seu grupo e a escrever as respostas no caderno. Posteriormente, peça a cada grupo que leia suas respostas. Anote essas respostas no quadro branco para, assim, iniciar uma discussão sobre a natureza das cores.

Com esses questionamentos, espera-se que os estudantes tentem associar a noção de cor com a ideia de luz ao dizer, por exemplo, que só enxergamos as cores em razão da existência de luz.

Em seguida, questione-os novamente: “Por que enxergamos os objetos com cores diferentes? ”. Peça a eles que anotem a resposta no caderno e, em seguida, exponham suas hipóteses para a turma. Espera-se que essa última questão seja um ponto de partida para o estudo da composição e da decomposição da luz e sua relação com as cores.

Ouçã e anote as hipóteses dos estudantes. Com base no que eles mencionarem, amplie a discussão, informando que as cores podem ser captadas por nossos olhos em virtude de um fenômeno chamado reflexão da luz. A luz emitida por uma fonte percorre o espaço até atingir dada superfície. Essa superfície é constituída por uma pigmentação característica, ou seja, é de alguma cor, como uma camisa vermelha ou uma calça azul. Quando a luz entra em contato com essa pigmentação, parte dela é absorvida pelo material que forma a superfície, e outra parte é refletida para nossos olhos.

Para continuar, esclareça que a luz que é refletida e chega aos nossos olhos nos dá a percepção da cor de determinado objeto, como a camisa vermelha ou calça azul, por exemplo. Em um momento posterior, pergunte aos estudantes sobre as cores que compõem a luz do Sol, que é essencialmente uma luz branca. Deixe que exponham suas hipóteses livremente.

Nesse momento, não realize nenhuma explicação complementar. Apenas anote, no quadro de giz, as principais hipóteses citadas e explique que será realizada uma atividade demonstrativa para entender a composição de cores da luz branca. Segue as perguntas relacionada ao teste quântico disponibilizado no Google sala de aula:

- *Pergunta 1: Como é possível produzir um arco-íris usando a água que sai da mangueira?*
- *Pergunta 2: Será que eu poderia produzir um arco-íris usando a luz de uma lâmpada em minha casa (incandescente)?*

Segue no Quadro 5, a metodologia da aula sobre a proposição descrita acima, usufruindo da HQ, objeto deste trabalho.

**Quadro 5:** Resumo das ações executadas no quinto momento com os discentes

<b>Conteúdo específico</b>	Absorção e emissão da luz e como são formadas as cores divididas em dois momentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª hora-aula: Discussão sobre a luz. Composição e a decomposição da luz</li> <li>• 2ª hora-aula: Formação das cores</li> </ul>
<b>Pré-requisitos</b>	Os discentes devem ter noções básicas ou subsunçores sobre o conceito básico do que é luz e a formação das cores
<b>Objetivos:</b>	Entender como enxergamos; Como as cores são formadas; Resolver questionários/testes desafios; Permitir o trabalho em grupo produtivo usufruindo das afirmações como sendo verdade ou mentira.
<b>Metodologia</b>	Diálogo e indicadores de como proceder na leitura da HQ; Usufruímos da metodologia ativa verdade ou mentira; Aula dialogada, questionando e explicando a formação das cores.

Fonte: autoria própria

Usando da metodologia ativa, verdade ou mentira os alunos foram “desafiados” entre os grupos produtivos para salientar algumas afirmações e verificar se elas eram verdadeiras ou falsas, sendo assim cada componente de um grupo A desafiava um componente do grupo B.

### 5.9: Sexta aula: “Curiosidade buraco negro”

Aqui predominou o método sala de aula invertida, pois devido alguns percalços por conta da pandemia, se fez necessário investir neste método. Potencializando o seu protagonismo. Inicialmente, foi então introduzido vídeo *LHC: O grande colisor de hádrons*, parte 1, do YouTube, tempo do vídeo de 10min54s. Um recorde deste vídeo é mostrado na Figura 39. Então, após assistir ao vídeo, foi realizada a aula com uma segunda discussão sobre o acelerador de partículas.

**Figura 39:** Recorte de uma cena do vídeo LHC: O grande colisor de hádrons, parte 1



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Q7eDW0oh9Ro>, acesso em março de 2022

Posteriormente, os discentes puderam assistir ao vídeo como algo motivador e incentivador para as ideias ou curiosidades existentes nos buracos negros, o vídeo tem o tema curiosidade buraco negro, tempo de vídeo de 5min09s. Um recorte desse vídeo pode ser visto na Figura 40. Um dos questionamentos a serem trabalhados era: *O que é um acelerador de partículas? Para que serve?*

Na segunda aula, foi realizada uma oficina de leitura da HQ, na qual os alunos foram estimulados a lerem o capítulo em grupo produtivo: “As curiosidades do buraco negro”, que aborda sobre um diálogo que relata os pontos curiosos sobre buraco negro. Os alunos foram divididos em grupos de no máximo cinco alunos, realizaram a leitura dos textos em 30 minutos, restando 20 minutos para discussão dos principais pontos, ou seja, do que mais lhe chamou a atenção.

**Figura 40:** Recorte de uma cena do vídeo CURIOSIDADES SOBRE O BURACO NEGRO | Ciências da Natureza



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=6vymPTKa4b0>, acesso em março de 2022

Posteriormente, no final da proposição quântica, foi disponibilizado um teste quântico, todos os componentes do grupo puderam contribuir uns aos outros para que encontrasse as devidas respostas para a questão que surgira no questionário eletrônico, com as perguntas:

- *Pergunta 1: O buraco negro é invisível? Como podemos descobrir algo sobre ele?*
- *Pergunta 2: Quanto tempo leva para um buraco negro se formar?*

A ideia era oferecer aos discentes uma oportunidade diferente de estudar as proposições quânticas sobre os buracos negros e estimular a leitura em outros materiais disponíveis pelos alunos, acreditando que uma das funções das disciplinas é colaborar para que o hábito de leitura seja reforçado e a compreensão para os

fenômenos da ciência possa ser compreendido com maior leveza. O Quadro 6 mostra o resumo da aula.

**Quadro 6:** Resumo das ações executadas no sexto momento com os discentes

<b>Conteúdo específico</b>	Curiosidade do buraco negro, o grande colisor de hádrons divididas em dois momentos: <ul style="list-style-type: none"><li>• 1ª hora-aula: O grande colisor de hádrons</li><li>• 2ª hora-aula: Buraco negro</li></ul>
<b>Pré-requisitos</b>	Os discentes devem ter noções básicas ou subsunções que possa alavancar as curiosidades dos alunos, quando nos referimos aos fenômenos sobre os buracos negros
<b>Objetivos:</b>	Entender os mecanismos e as relevâncias dos buracos negros para nossa galáxia; Permitir o trabalho em grupo produtivo;
<b>Metodologia</b>	Vídeo aula e diálogo

Fonte: autoria própria

### 5.10: Sétima aula: “Por fim, eu, Analiz”

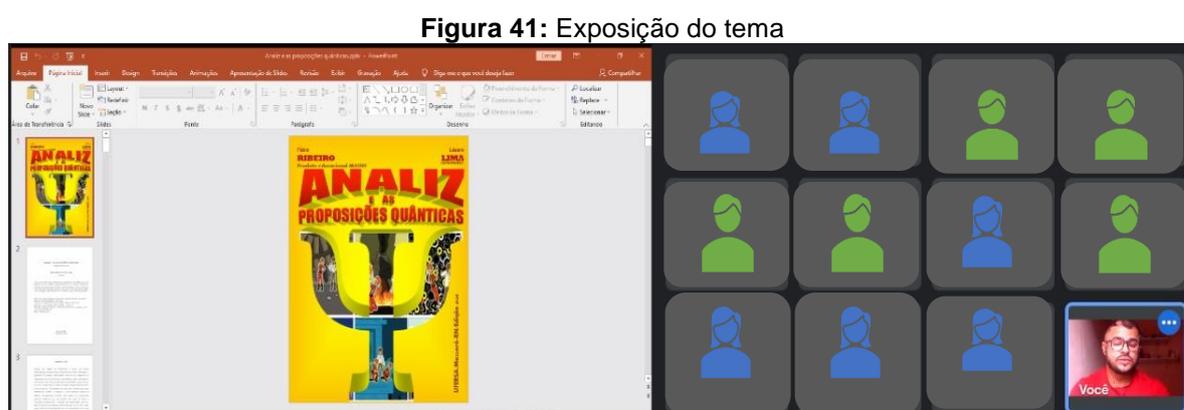
Esta aula teve duração de 20 minutos, pois aqui atentamos apenas para a evolução da personagem, e os alunos perceberam como a personagem “cresceu” durante a história. Não houve a necessidade de teste quântico, ao menos avaliar o processo de leitura e interpretação desta proposição. Foi a conclusão e a avaliação sobre todo esse processo de aprendizagem.

## CAPÍTULO 6: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Usufruindo da ferramenta Google sala de aula em tempos de pandemia, usou-se o Google questionário para avaliar os testes quânticos, tendo como base a avaliação quantitativa, qualitativa e os conhecimentos prévios destes alunos se fez necessário um diálogo entre as respostas dos alunos A, B ou C.

Estes alunos avaliados pertenciam a turma do primeiro ano de informática da Escola de Educação Profissional Edson Queiroz, situada no município de Cascavel Ceará. Foi necessário o uso de todas as metodologias ativas aqui citadas, tendo em vista que a aplicação deste produto se deu antes de iniciar o período pandêmico, o uso de todas as metodologias são caminhos norteadores para que se alcance os resultados pretendido e a aprendizagem significativa seja potencializada.

Com a aplicação das histórias em quadrinhos e o questionário eletrônico foi constatado o maior interesse dos alunos nas aulas teóricas, haja visto que, tiveram a oportunidade de acompanhar uma atividade experimental simples, usufruindo de uma HQ, mas que os colocavam em uma situação de aprendizagem que eles podiam vivenciar através de uma ferramenta já usada antes sem cunho pedagógico, proporcionando aos alunos o saber, onde puderam participar, interagir e exercitar os assuntos abordados em sala de aula. Na Figura 41 se encontra a apresentação do produto. A imagem identificando os alunos foram substituídas por ícones, para preservar a identidade dos discentes.

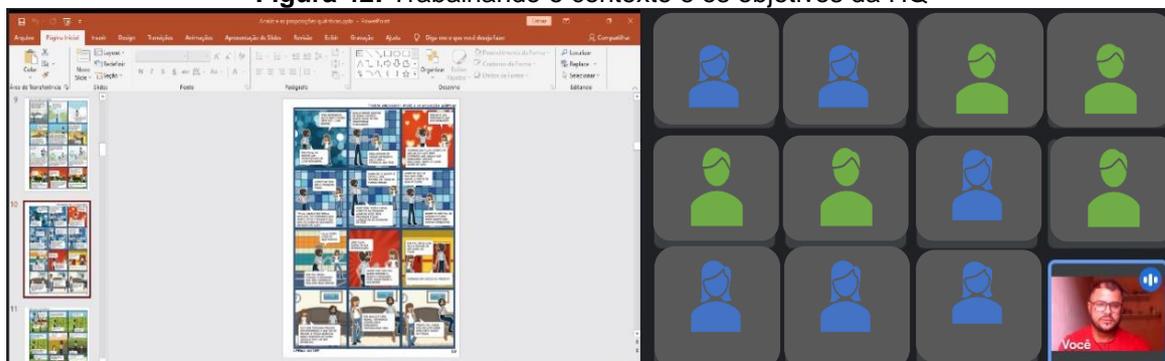


. Fonte: Próprio autor

Cada HQ proporcionou aos estudantes uma situação de aprendizagem, além de ponderar seus conhecimentos, onde estes poderiam estar corretos ou não, fazê-los

utilizar seus saberes para resolverem situações problemas. Posteriormente, a Figura 42 demonstra a aplicação da introdução da HQ.

**Figura 42:** Trabalhando o contexto e os objetivos da HQ



Fonte: próprio autor.

A seguir, é apresentado os resultados de cada situação problema indagado através das proposições quânticas, que são a aplicação do produto, com as proposições: A ponte quântica, dualidade onda partícula, entendendo o efeito fotoelétrico, radiação do corpo negro, as emissões de luz e as curiosidades buraco negro.

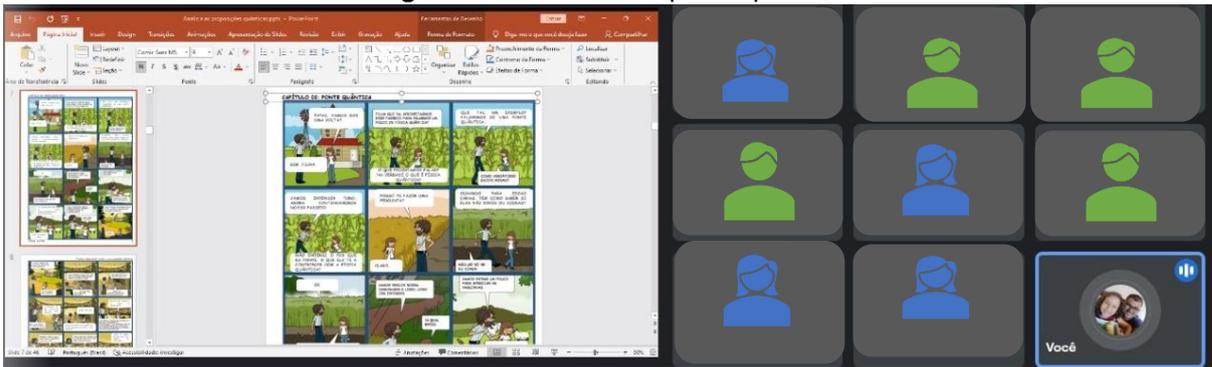
### 6.1: A ponte quântica

Esta proposição trata de uma relação da física quântica com o cotidiano do aluno, o que desejamos inserir com essa proposição é a leveza do entendimento, da compreensão dos fatos em que a ciência é responsável. É possível perceber que esse capítulo estará interligado com o conhecimento de mundo, estará interligado com seus subsunçores, nada mais que um conhecimento caminhando com a vivência do aluno.

Nota-se também que essa história contada a partir de uma travessia de uma ponte, interliga com um assunto muito abordado em física quântica, ou seja, o estado quântico da matéria e o estado probabilístico. Na

Figura 43 se encontra a demonstração da aula sobre a ponte quântica. Essa correlação com o conhecimento de mundo potencializa o entendimento e compressão do referido problema em estudo, nos dar aquele Norte para poder responder os devidos questionários, ou testes. A proposição ponte quântica realça a importância de inserir física quântica no ensino médio, ou ensino fundamental, pois tem a capacidade de aguçar ainda mais a curiosidade dos discentes, proporcionando a eles um anseio a pesquisa.

**Figura 43:** Aula sobre a ponte quântica



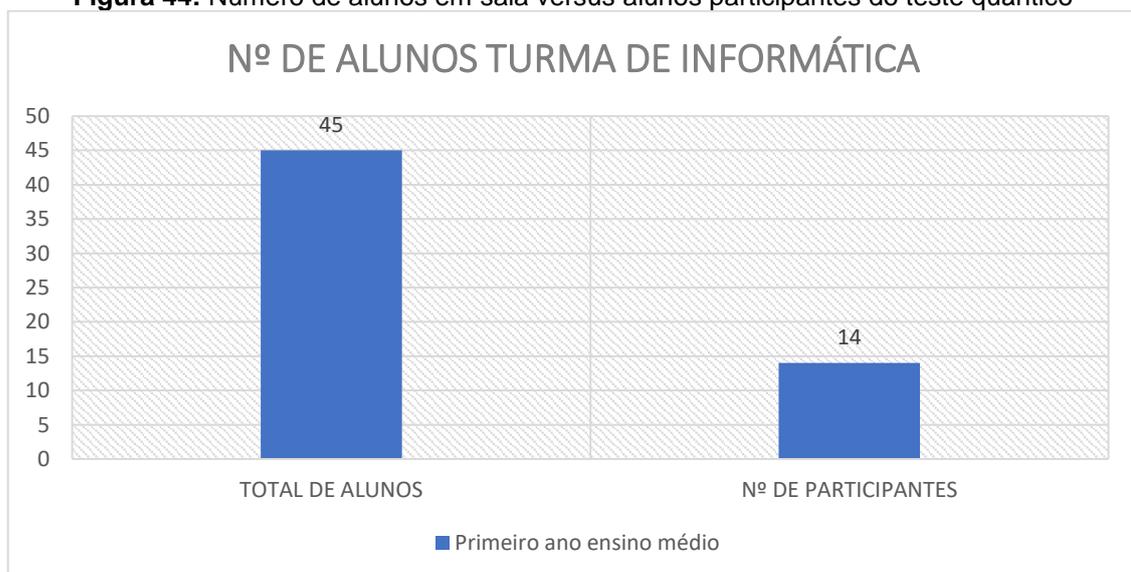
Fonte: próprio autor

Através de uma situação real, apenas fazendo interligação ao capítulo de física quântica a travessia nesta ponte pode proporcionar ao leitor um vasto mundo de conhecimento científico, não só de física quântica, como também o envolvimento da matemática e a língua portuguesa, sendo assim contextualizando as informações.

Então foi realizado um teste quântico que foi intitulada como caixa quântica, com o intuito de relacionar a problemática da ponte quântica com a situação problema envolvida nesta caixa. Foi conservada as mesmas problemáticas envolvidas na proposição da ponte quântica.

A seguir teremos a análise da Figura 44 que demonstra a quantidade de alunos que responderam ao questionário sobre a ponte quântica. Salientando que todos os questionários ficaram disponível na plataforma e foi avaliado por amostragem.

**Figura 44:** Número de alunos em sala versus alunos participantes do teste quântico



Fonte: próprio autor

Foi percebido que por conta da pandemia e todas as adaptações incluídas durante o processo de ensino remoto, tivemos a dificuldade de alcançar todos os alunos, porém esse resultado não impede de efetuar a análise dos resultados, pois esta avaliação consiste em verificar de forma individual os conhecimentos prévios que foram base para o entendimento de cada proposição. Portanto o número de alunos para esta avaliação não é levado em consideração. Foi percebido que apenas 31% dos alunos da referida turma responderam o teste, isso pode estar relacionado ao momento pandêmico, porém não interfere de forma negativa na avaliação deste trabalho.

A seguir proponho uma tabela com as descrições e valores avaliativos dos devidos subsunçores que foi avaliado. Foi distribuído usando os valores, bom, ótimo e excelente. Veja o Quadro 7 com as discriminações.

**Quadro 7:** Descrição dos valores que nortearam a avaliação dos resultados.

BOM	ÓTIMO	EXCELENTE
Se aproximou de forma relevante das respostas científica, porém se manteve mais próximo ao conhecimento de mundo.	Suas respostas teve uma base científica, mas em alguns momentos de suas afirmações preferiu usar de argumentos pessoas.	Usou de fundamentos científicos para fundamentar suas respostas. Se manteve firme em suas respostas, apenas ancorando no saber científico.

Fonte: próprio autor

A aplicação desta proposição se deteve aos mais puros detalhes, suas respostas aqui obtidas são de alunos que basicamente nunca tiveram o contato com o devido assunto, porém o objetivo aqui não é mensurar valores e sim chegar a entender determinados pontos ou conhecimento de mundo que estejam correlacionados com o saber científico. Na Figura 45 tem-se o teste e as respostas obtidas pelos discentes no teste da caixa quântica.

**Figura 45:** Analisando o teste das bolas na caixa



Fonte: Próprio autor.

- *Pergunta 01: Em uma caixa colocamos quatro bolas, uma preta, uma branca, uma azul e outra vermelha, qual a probabilidade de ser retirada uma bola branca? Agora coloque sua mão dentro da caixa e segure uma bola, sem retirar a mão da caixa, ou seja, mesmo segurando uma bola você não é capaz de ver qual cor tirou. Qual a probabilidade de estar segurando uma bola branca?*
- *Pergunta 02: Neste exemplo da caixa com as quatro bolas coloridas, quais seriam os estados quânticos?*

A seguir analisaremos as devidas respostas baseada na avaliação qualitativa. Com o objetivo de analisar apenas suas respostas em nível de conhecimento de mundo, com a tentativa de compreender as relações dos fatos ali abordado.

Suas respostas serão expostas usando apenas as letras A, B e C, não iremos identificar nenhum aluno por seu nome. O que desejamos aqui é salientar a importância da relação dos conteúdos de física com o conhecimento de mundo. Essa proposição traz uma vivência educacional interligada com as problemáticas vivenciadas em seu dia a dia. Segue a respostas do aluno A.

- *Resposta 1: Acho que 25% nos dois casos.*
- *Resposta 2: Com as 4 na caixa seria 4 estados, tirando uma seriam 3.*

O discente verbaliza no sentido de dúvidas, isso é puramente normal, pois mesmo ele lendo a proposição da ponte quântica e efetuando a leitura das informações prévias no teste pode haver o sentimento de dúvida, pois o ensino e aprendizagem é munido de processo, ou seja, ao longo dos dias ele irá adquirir conhecimento o suficiente para se sentir mais seguro em suas respostas ou afirmações.

Durante o processo educacional o aluno pode passar por várias fases, sendo capaz de evoluir a ponto de não necessitar mais de um mediador de conhecimento. Sendo assim, mesmo respondendo com dúvida o aluno conseguiu compreender o que a caixa quântica queria passar, essa contextualização dos fenômenos da física com o que ele ver no seu cotidiano facilita no processo de ensino.

Este discente enfatiza na segunda pergunta os estados quânticos da matéria correlacionando com a caixa, onde ela possui uma certa quantidade de bolinha. Ele

compreendeu de fato o que é estado quântico, conduzindo de forma positiva a sua resposta. A sua compreensão só é percebida quando ele leu a história em quadrinho intitulada como a ponte quântica e relacionou com a caixa quântica. Analisaremos a seguir as respostas do aluno B.

- *Resposta 1: A probabilidade de ser tirada uma bola branca será de 25%, porque 100% dividido para 4 bolas, terá resultado 25; a probabilidade continua sendo 25%.*
- *Resposta 2: Acho que seria a probabilidade de ser retirada a bola colorida.*

O aluno B usa de conhecimento de matemática para buscar respostas para o teste quântico, sem dúvida em contextualizou e buscou caminhos para o entendimento desta questão. Com base em suas respostas fica fácil de compreender que ele leu e interpretou a proposição com muita clareza, usufruindo de seus subsunçores de matemática ou física conseguiu responder ao teste, fica notado que ele mergulhou na leitura desta proposição quântica. O conhecimento de mundo também facilitou a sua compreensão.

O discente continua a relatar em forma de afirmação como foi o seu entendimento desta proposição, veja que na segunda resposta ele relata achar que pode ser retirada a bola colorida, de fato pode sim ser retirada uma bola colorida, pois são quatro bolas cada um a de uma cor diferente, porém parece que ele não compreendeu que a pergunta falava de seu estado quântico. Portanto a sua resposta ainda se baseada na primeira pergunta, não deixa de ter sentido. A seguir estudaremos as afirmações do aluno C.

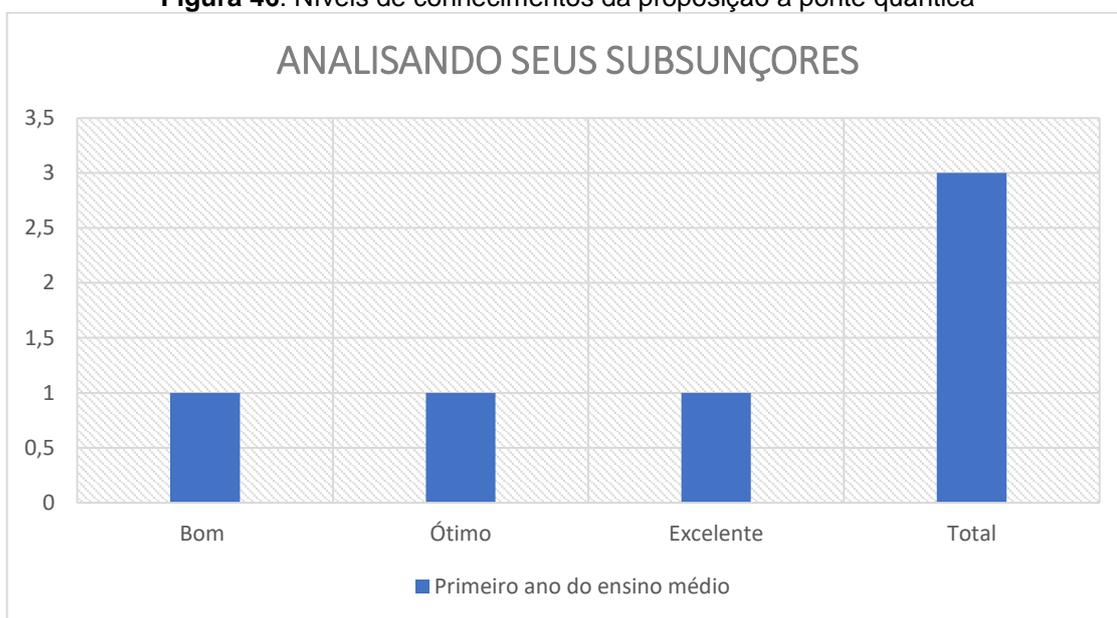
- *Resposta 1: A probabilidade é 1 em 4, pois existe 4 estados quânticos diferentes na caixa, então você tem 25% de chance de pegar a bola branca.*
- *Resposta 2: Acho que seria a probabilidade de ser retirada a bola colorida.*

Esse discente decidiu responder as duas perguntas em um só argumento, a sua compreensão fica clara, apenas há uma necessidade de organização da ideia, veja que ele relata a quantidade de estado quântico junto com a probabilidade de retirada da bola, fica percebido que sua resposta tem conexão com o que foi interpretado na leitura da história em quadrinhos.

Ele tenta mostrar que a matemática está inserida neste assunto. Veja a relação de proporcionalidade dentro da sua resposta. O mais interessante é que muitos deles fazem sem perceber tamanha relação. Fica subentendido que ele usou a relação estado quântico com a probabilidade de acontecimentos de um fato.

A seguir, na Figura 46, efetuaremos um levantamento dos níveis de cada resposta, classificando como bom, ótimo ou excelente, tendo em vista que não iremos considerar nenhuma resposta incorreta, toda a análise será realizada no número de aluno que respondeu este teste.

**Figura 46:** Níveis de conhecimentos da proposição a ponte quântica



Fonte: próprio autor

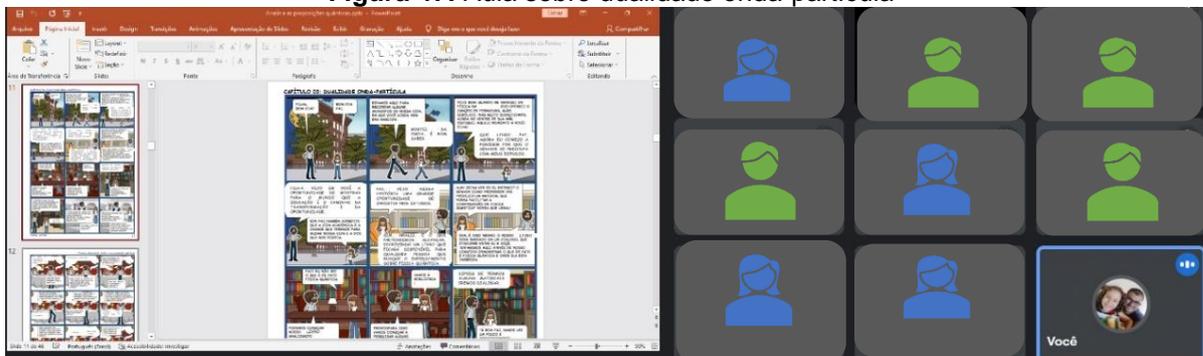
Foi percebido que essas respostas estavam baseadas na leitura e interpretação da proposição quântica desenvolvida e contextualizada, durante a leitura desta história os alunos puderam entender os fenômenos ali descrito. Apesar dos níveis de respostas, foi entendido que todos os alunos tomaram como base de resposta alguma informação que continha detalhes sobre o determinado assunto.

## 6.2: A dualidade onda partícula

Assunto este que está inserido em nosso cotidiano através dos fenômenos da natureza, e além de tudo contextualiza com a vivência educacional, proporciona aos

estudantes a chance de entender de fato alguns dos comportamentos ondulatórios. A Figura 47 aborda a aplicação da aula sobre dualidade onda-partícula.

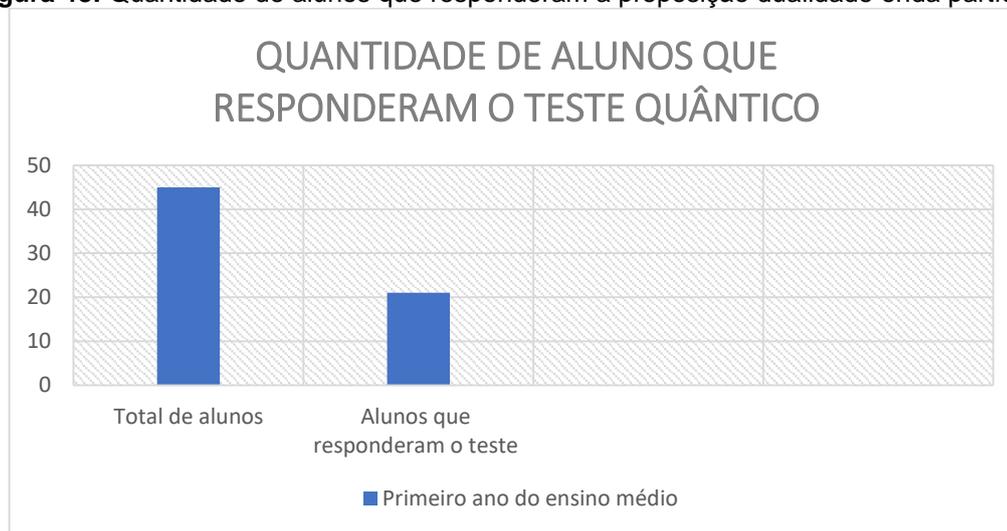
**Figura 47:** Aula sobre dualidade onda-partícula



Fonte: próprio autor

Esta proposição é inserida nesta história em quadrinhos com o propósito de proporcionar ao discentes a chance de conhecer onde a onda pode estar inserida, além de tudo isso garantir aos estudantes o entendimento e a compreensão de alguns fenômenos ondulatório. A seguir na Figura 48 segue as informações da quantidade de alunos que responderam ao questionário da proposição em estudo.

**Figura 48:** Quantidade de alunos que responderam a proposição dualidade onda partícula.



Fonte: próprio autor

Com o objetivo de intensificar o uso dos fenômenos, ou seja, da contextualização, do conhecimento prévio dos estudantes propomos um diálogo sobre a dualidade onda partícula para que eles compreendessem de fato esse assunto de forma simples e contextualizada com situações do seu cotidiano. A quantidade aqui

descrita está correlacionada com o contexto pandêmico, porém essa quantidade não interfere na análise e avaliação desse resultado, a priori esse número destaca-se porque foi um estudo por amostragem. Aqui neste teste quântico alcançamos cerca de 45% dos alunos desta turma, número esse que não determina a qualidade da avaliação deste resultado.

### 6.3: Sobre a aplicação da HQ

Usufruindo de um diálogo entre um pai e uma filha foi desenvolvido um teste que presa pelos conhecimentos prévios, proporcionando ao leitor uma maior compreensão do que de fato é solicitado em cada teste. Posteriormente há uma demonstração do teste quântico sobre dualidade onda partícula, que se descreve na Figura 49.

Figura 49: Teste sobre a dualidade quântica



Fonte: Próprio autor

Garantindo ao leitor uma vivência com situações do dia a dia, relatando fatos que possa contextualizar com o conhecimento de física. A realidade educacional de cada ser é presada quando destaco os subsunçores e relaciono com situações do seu cotidiano.

As respostas dos discentes serão dialogadas usando apenas as informações atribuídas por eles. Identificaremos apenas pelas letras A, B ou C as respostas dos discentes.

A seguir destaco as perguntas que foram usadas no questionário eletrônico usando a ferramenta Google sala de aula. As perguntas foram baseadas e fundamentadas na história em quadrinho disposta como o produto educacional, ela serve como norte para possível solução da problemática imposta pelo teste.

- *Pergunta 01: Você acha que o princípio de Huyngens aplica em todas as ondas, inclusive a mecânica.*

- *Pergunta 02: Um buraco no teto que reflete a luz do sol pode ser considerado como um fenômeno de difração?*

A seguir analisaremos as respostas dos alunos depois de ler a proposição quântica que abordava o assunto, todas as conexões possíveis com o cotidiano foram inseridas. Os testes foram inseridos no Google sala de aula. O aluno A responde da seguinte maneira:

- *Resposta 01: Sim.*

- *Resposta 02: Sim pois tem a capacidade de desviar os obstáculos*

Veja que para a resposta de número 01 o aluno foi objetivo, respondeu apenas com um sim, sem expressar sua justificativa, porém sua resposta está fundamentada e inserida de forma positiva, pois seu argumento é solúvel dentro do que ele estudou.

Já na resposta de número 02 o aluno A já usou de uma contextualização, onde ele pode ter vivenciado este fenômeno em sua própria residência e não tinha observado com um olhar científico, dentre essas possibilidades esse aluno contextualiza de tal forma que sua resposta está baseada em fundamentos científicos e cotidianos. Ele ainda afirma que a luz tem a capacidade de desviar obstáculos, mas não usa de argumentos científicos para explicar, porém sua resposta é considerada favorável para o entendimento e compreensão dos fatos aqui abordados.

A seguir analisaremos as respostas do aluno B. Portanto todas as respostas aqui descritas usaremos da descrição para não expor nenhum discente que respondeu o devido questionário eletrônico.

- *Resposta 01: Sim, eu acho que se aplica.*

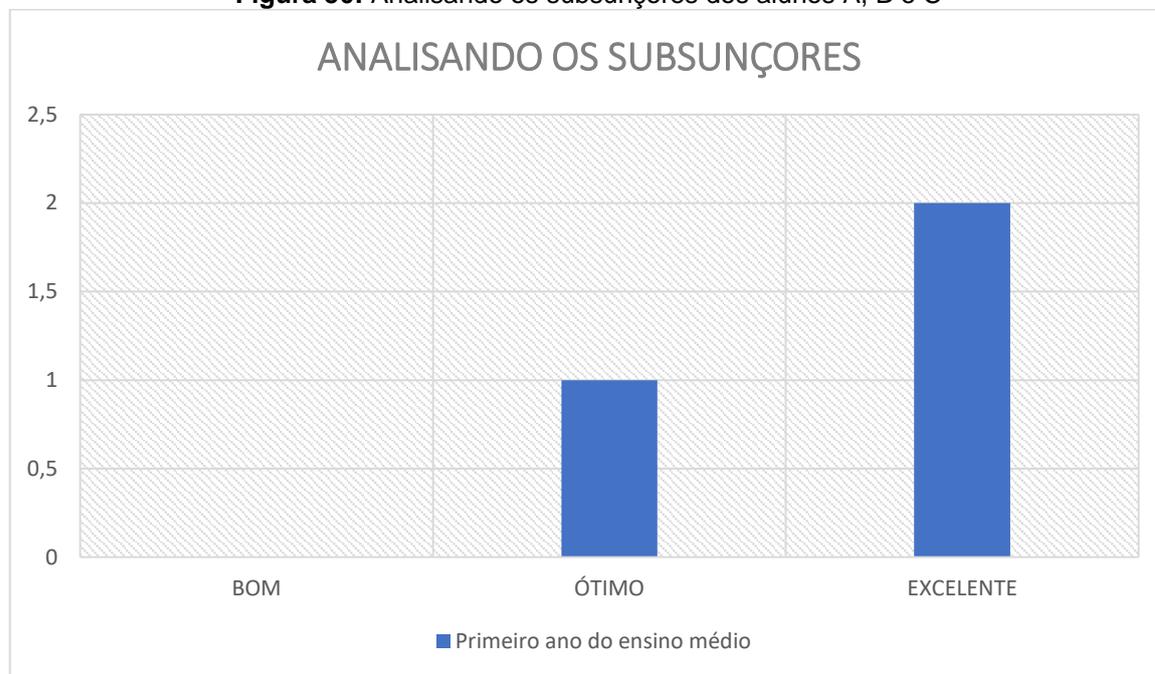
- *Resposta 02: Acho que sim, pois querendo ou não o buraco também é uma fenda.*

O aluno B enfatiza em suas respostas, veja que na resposta de número 01 ele usa a expressão “acho”, nos passa uma certa insegurança na sua resposta, porém é aceitável, pois o processo de ensino e aprendizagem é contínuo.

Salientamos também que cada resposta pode ser embasada em fundamentos científicos ou apenas em sua percepção. Para isso essa avaliação é qualitativa e não quantitativa. A sua aplicação a resposta 01 é fidedigna ao seu conhecimento preestabelecido após a leitura, podendo esta ser absorvida com mais evidências

científicas ou não. A seguir analisaremos o nível de respostas dos alunos, através do nível de respostas de cada discente, que se encontra na Figura 50.

**Figura 50:** Analisando os subsunçores dos alunos A, B e C



Fonte: próprio autor

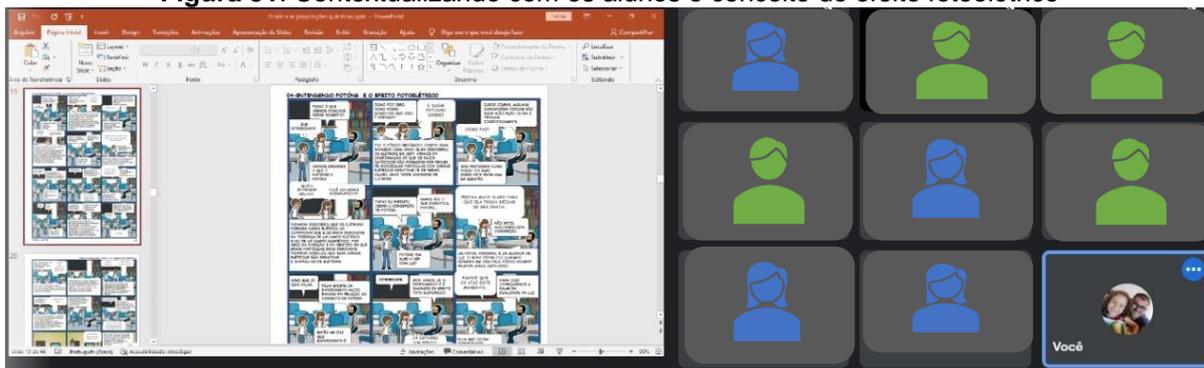
Entendemos aqui que os alunos deteram-se ao maior nível de respostas, conduzindo assim ao nível de excelência, foi percebido também que esses alunos tiveram um maior nível de interpretação no que concerne a leitura da proposição quântica aqui em estudo.

#### **6.4: O efeito fotoelétrico**

Assunto este que se cobra com frequência nas avaliações externas, por esse motivo achei interessante abordá-lo de forma clara e objetiva, usando a ludicidade da história em quadrinhos, para lucidar a problemática em nosso cotidiano e potencializar a curiosidade sobre este assunto. Percebo também que o assunto é pouco abordado em sala de aula, por isso trago esse desafio.

Após algumas análises do questionário eletrônico ficou claro que os conhecimentos prévios destes estudantes eram notórios, apenas necessitava de mais ferramenta para potencializar o saber ali armazenado. Na Figura 51 se encontra o estudo sobre efeito fotoelétrico.

**Figura 51:** Contextualizando com os alunos o conceito do efeito fotoelétrico

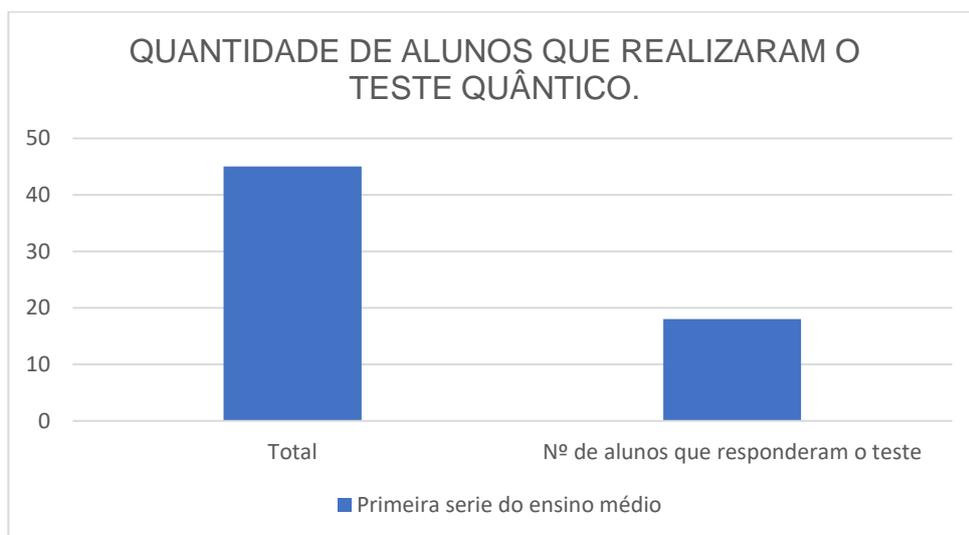


Fonte: Próprio autor

O assunto acima citado deve ser intensificado nas aulas de física, sendo que este é poderosamente inserido em nosso cotidiano. É preciso entender o básico sobre efeito fotoelétrico para entender o funcionamento de alguns aparelhos como por exemplo a abertura e fechamento de portas automáticas, sistemas que funcionam como segurança e alarmes, podemos ainda citar os Interruptores automáticos para a iluminação de vias públicas e os fotômetros de máquinas fotográficas, que servem para controlar o tempo de exposição de filmes.

Sendo assim proponho uso desta proposição para o amadurecimento da inserção deste conteúdo, lembrando que esta história transcende os conhecimentos científicos. A Figura 52 que descreve a quantidade de alunos que participaram de forma direta do teste quântico.

**Figura 52:** Alunos que participaram do teste quântico.



Fonte: Próprio autor

Cerca de 40% dos alunos vinculados a esta turma participaram do teste quântico, esse teste ficou disponível na sala virtual Google Sala de Aula, ficando livre a resposta deles. Os mesmos efetuavam a leitura e interpretação do teste ou capítulo desta HQ e efetuavam as devidas respostas.

## 6.5: Sobre a aplicação da HQ

A aplicação deste questionário aconteceu de forma remota através do google sala de aula. Os alunos foram imersos neste vasto mundo quântico do efeito fotoelétrico, lá eles puderam perceber o quanto o nível de conhecimento é variável e podem evoluir ao passar do tempo. Posteriormente, é mostrada a Figura 53 Que analisa em forma de desafio a proposição sobre efeito fotoelétrico.

Figura 53: Analisando o teste sobre o efeito fotoelétrico.



Fonte: Próprio autor

Foi percebido também que as respostas obtidas neste questionário variam a ponto de se perceber que há uma evolução à medida que os alunos leem e interpretam os diálogos ali proposto entre o pai e a filha. Por isso exponho aqui algumas respostas obtidas através deste diagnóstico online. Chamarei os discentes de A, B ou C para preservar suas identidades.

Analisaremos a seguir algumas das respostas obtidas nas duas perguntas a seguir.

- Pergunta número 01: A energia cinética dos elétrons ejetadas dependem exclusivamente da frequência da luz incidente?
- Pergunta número 02: Será que é somente a intensidade incidente da luz que afetará a quantidade de elétrons que é ejetado a cada segundo?

Salientando que para efetuar as perguntas os conhecimentos prévios foram destacados em tirinhas, onde estas faziam um breve relato ou uma problemática, por isso a importância da leitura e da observação das situações ali interpretadas ao longo da HQ. Para tanto as respostas foram as mais variáveis possíveis, entendemos e analisamos as respostas de modo qualitativo, veja a respostas a seguir do aluno A.

- *Resposta 01: Sim, pois quanto maior for a energia determinada para tal frequência, os elétrons são ejetados.*
- *Resposta 02: Sim.*

Como salientado anteriormente não iremos abordar se a resposta está incorreta ou correta, e sim, abordar os princípios básicos do conhecimento adquirido ao longo de sua trajetória educacional e mais, ao usar a história em quadrinhos, o que mais chama a atenção é que seu conhecimento prévio está ali, basta ser aguçado por algo ou alguém. Percebemos também que os seus subsunçores foram ativados ao ler as proposições antes de responder o questionário.

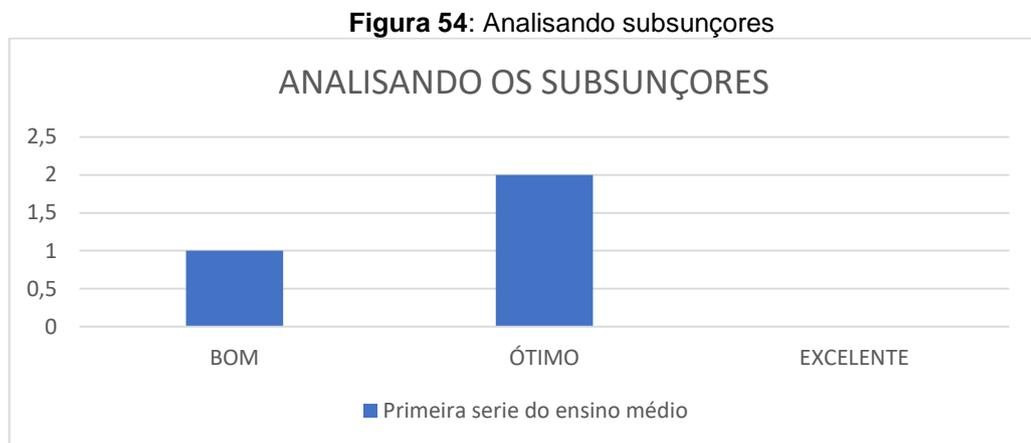
Notamos que a evolução das respostas que acontecia a medida que se dedicava a leitura e interpretação da HQ. Percebe-se o quanto podemos aprender com os subsunçores e chegar à conclusão de que os conhecimentos são adquiridos ao longo do tempo, uns podendo chegar ao maior nível da realidade descrita pelos cientistas, outros um pouco abaixo daquele nível esperado, porém nunca incorreto.

Salientar que as devidas respostas aqui vivenciadas são de mero cunho pedagógico e corriqueiro, muitos deles nunca tinham visto o determinado assunto, ou proposição quântica. Haja visto que esses discentes foram tocados pelo sentimento da curiosidade e solução do devido problema.

Veja que na resposta 01 o aluno A responde com embasamento teórico e fundamentado, com suas palavras, no que foi estudado. Percebe-se um leve desvio em relação a resposta baseada em conhecimento científico, porém sua resposta se encontra em detrimento de seu conhecimento. A aprendizagem sempre será contínua e mediada pelos subsunçores. A resposta da segunda questão do aluno A foi sucessiva de pouca análise, haja visto que ele apenas indagou com um sim, podendo o mesmo relatar com mais contexto a devida resposta, porém sua resposta não se encontra errada. Sua resposta é clara e objetiva, baseado no que foi interpretado na história em quadrinhos. Segue logo abaixo as respostas do aluno B.

- *Resposta 01: Sim, pois as ondas eletromagnéticas dependem de algo que passem por elas, e assim a energia cinética dos elétrons depende da frequência da luz incidente.*
- *Resposta 02: Sim, já que a energia cinética dos elétrons ejetados depende da frequência da luz, a intensidade dessa luz só vai afetar os elétrons que forem ejetados naquele segundo.*

Fica percebido que as respostas deste aluno estão vinculadas ao saber científico, tendo vestígios de informações que são embasadas cientificamente, sua resposta nos orienta a entender que ele efetuou a leitura e interpretou de forma clara e objetiva, o determinado assunto foi absorvido com clareza. A Figura 54 detém os resultados da análise dos subsunçores presentes em cada aluno.



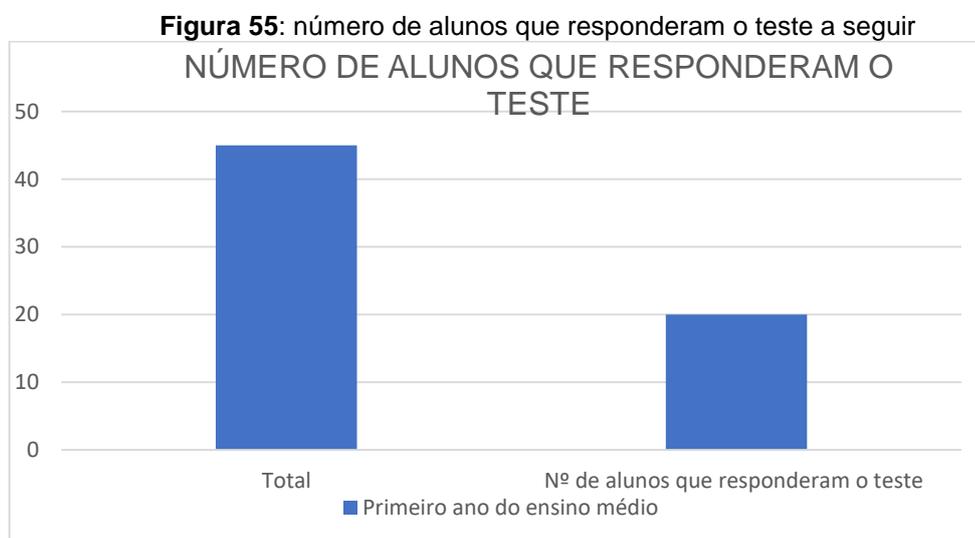
Foi percebido nesta proposição que os alunos se propuseram a estudar e analisar as problemáticas ali envolvidas.

## 6.6: Radiação do corpo negro

A proposição acima citada é dialogada entre um pai e uma filha, nesta conseguimos perceber ainda mais que o processo de ensino pode ser contextualizado com as problemáticas do dia adia do estudante.

O entendimento pode ser adquirido quando exemplificamos cada detalhe do assunto abordado, conseguimos facilitar a compreensão quando trazemos aquele indivíduo para a ciência, porém com argumentos vivenciados por ele. Neste teste usamos de uma lata quântica, fazendo uma interligação dos conhecimentos passados

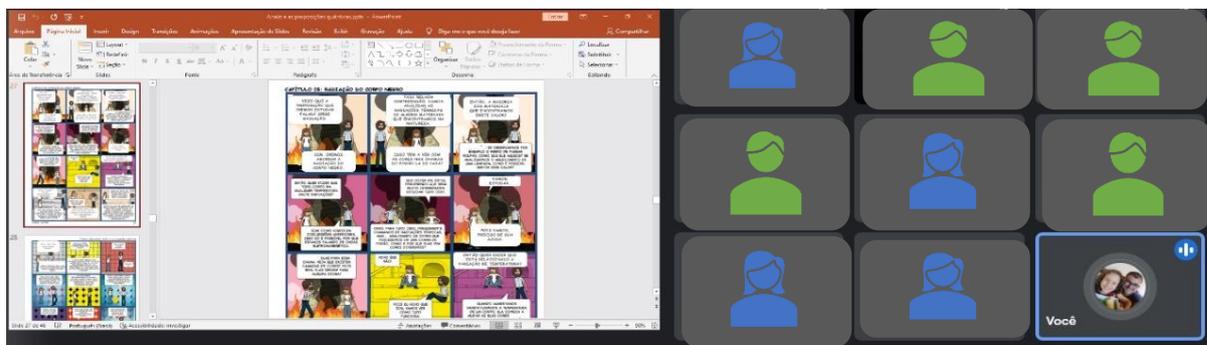
na história que tem como título a radiação do corpo negro. A Figura 55 faz um levantamento do número de alunos que realizaram o teste desta proposição.



Fonte: próprio autor

Cerca de 44% dos alunos participaram do teste quântico. Será feita uma análise qualitativa de suas respostas. Abaixo está Figura 56 a que aborda a aula sobre radiação do corpo negro.

**Figura 56:** Aula sobre radiação do corpo negro



Fonte: Próprio autor.

## 6.7: Sobre a aplicação da HQ

O teste se deu através da correlação do conhecimento de mundo com a vivência educacional, foi sobre a radiação do corpo negro que indagamos os estudantes, porém usufruímos de uma problemática que eles podem ter vivenciado sem saber que ali podia haver relação científica com o fenômeno da radiação do corpo negro. Logo a Figura 57 se encontra os argumentos do teste sobre a lata negra.

**Figura 57:** Analisando o teste sobre a lata negra



Fonte: Próprio autor

Usamos de uma lata negra, a partir desta relação conseguimos aplicar um teste com duas perguntas, sendo elas possíveis de ser respondida lendo apenas a proposição da história em quadrinhos e a informações previas contidas no teste, pois existe um diálogo que antecede as perguntas, podendo os personagens contextualizar o assunto em estudo. Segue a abaixo as perguntas.

- *Pergunta 01: Imagina uma lâmpada amarela, conhecida como incandescente (quente) é colocada próxima de duas latas, uma branca e outra preta. Qual das duas latas ficam com maior temperatura?*

A seguir analisaremos a respostas dos alunos A, B e C. Conduzindo a análise de forma qualitativa. O aluno A responde da seguinte maneira.

- *Resposta 01: Preta, pois não reflete a luz e assim fica acumulando*

O aluno aqui enfatiza com muita clareza seus conhecimentos prévios, pois o que ele acumulou durante seu percurso educacional e sua vivência de mundo pode ser percebido nas suas respostas.

Vejam que o discente diz que a luz foi acumulada pela cor mais escura, isso mostra que ele vivenciou de alguma forma, e agora percebe através do conhecimento científico que isto se prevalece de um comportamento ou fenômeno da física que possamos denominar de forma introdutória radiação ou absorção da luz.

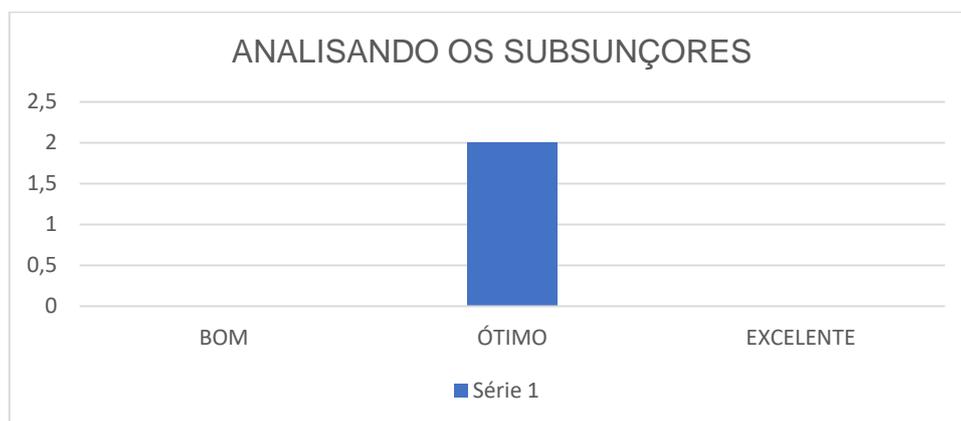
Ele percebeu que tudo isso depende da cor do corpo, sendo este de cor mais escura irá absorver toda aquela energia incidente e posteriormente aquecer mais do que aquele de cor mais clara. Analisaremos a seguir a afirmação do aluno B.

- *Resposta 01: A lata preta, pois a cor preta absorve a luz e não reflete, fazendo com que absorva mais calor, e conseqüentemente com uma maior temperatura.*

O aluno B destaca com clareza e fundamentado no saber científico sua afirmação, percebe-se também que ele conduziu a leitura da proposição quântica encontrada na história em quadrinhos, além disso fez uma interpretação sucinta antes de responder o devido questionário.

Percebemos que ao responder à questão ele se preocupou em deixar claro suas observações e entendimento sobre a problemática. A seguir teremos a análise dos subsunçores das respostas obtidas pelos alunos A, B e C. A Figura 58 faz um levantamento sobre os subsunçores existentes em cada aluno avaliado.

**Figura 58:** analisando os subsunçores



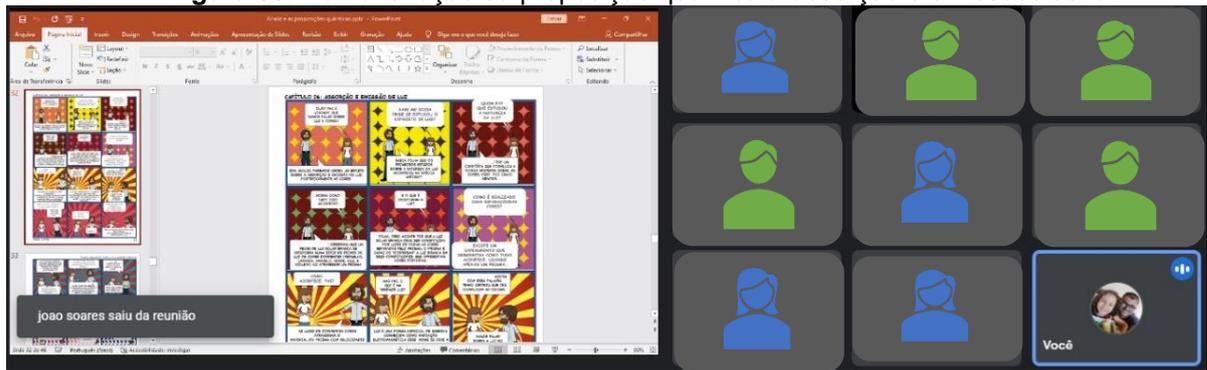
Fonte: próprio autor

Aqui a maioria dos alunos obtiveram um nível de resposta muito bom, chegando ao nível ótimo, pois usufruíram de análise com embasamento científico.

### **6.8: Absorção e emissões de luz**

A absorção e emissões de luz não é um assunto abordado no ensino médio como deveria, assim quando foi apresentada a proposta da atividade os alunos ficaram curiosos sobre o assunto, e ficaram a se perguntar o que seria e como fariam para que acontecesse a emissão e a radiação da luz, pois conheciam apenas as contribuições básica do que é luz. Na Figura 59 se encontra a aplicação do primeiro capítulo.

**Figura 59:** Demonstração da proposição quântica a absorção e emissões de luz



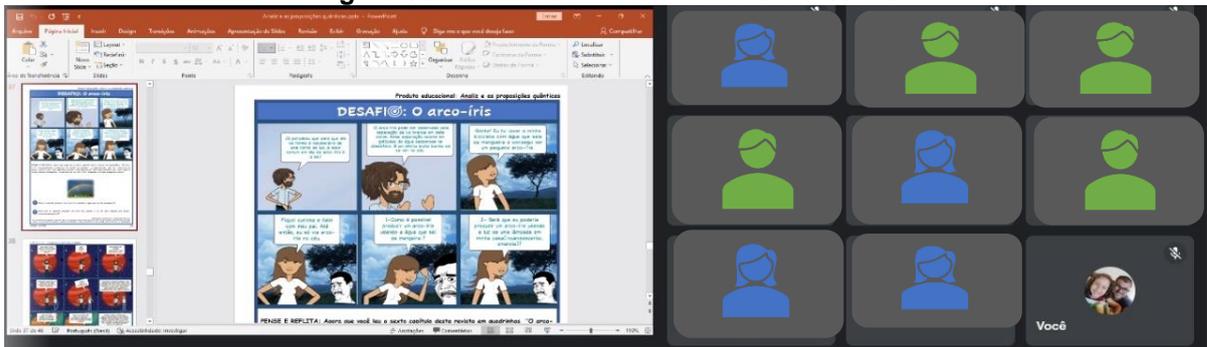
. Fonte: Próprio autor

Após verificar os conteúdos teóricos disponibilizados na HQ e as perguntas disponibilizadas no pré-teste alguns grupos responderam com o nível de conhecimentos prévios elevados, porém outros grupos já não tiveram o mesmo domínio, colocando assim os níveis de conhecimentos prévios distintos e incomparáveis, nos mostrando que a aprendizagem é contínua e indiferente para cada discente.

## 6.9: Sobre a aplicação da HQ

O assunto acima citado foi aplicado em forma de questionário eletrônico, onde ele discorre sobre um diálogo entre pai e filha, uma pequena HQ que aborda o assunto e no final indaga-se sobre uma situação problema. A seguir na Figura 60 é demonstrado o desafio sobre arco-íris, que corrobora com o primeiro capítulo.

**Figura 60:** Analisando o desafio sobre o arco-íris

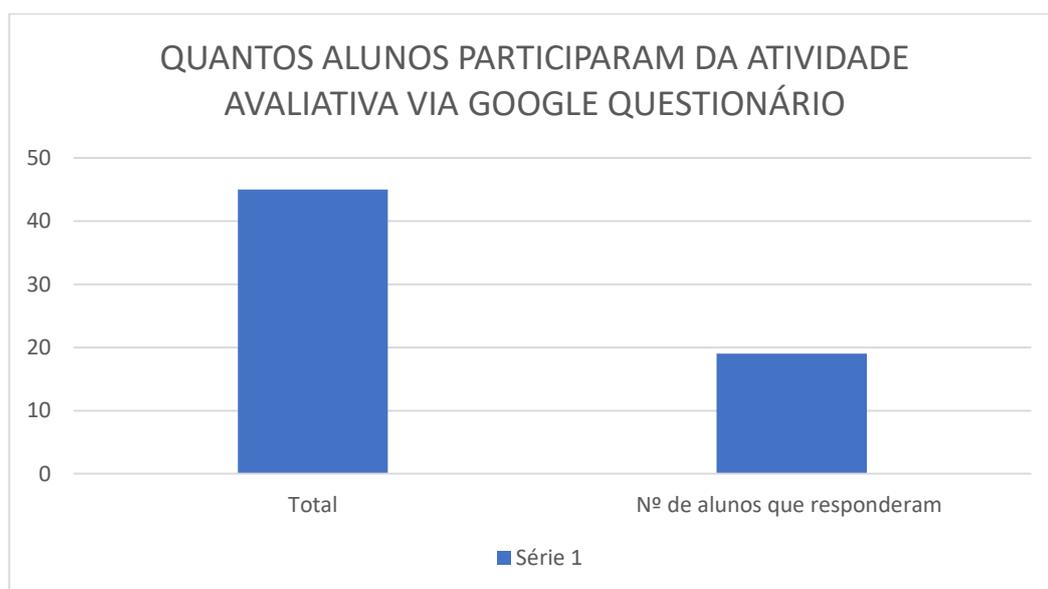


Fonte: Próprio autor.

Foi observado que com aplicação deste produto e/ou questionário que, quando colocados em uma situação que exige deles maior concentração e uma problemática diferente das teorias de sala de aula, alguns alunos não tinham o real domínio de certos fenômenos físicos, porém outros mostravam um maior domínio sobre o assunto

abordado tanto na HQ, quanto no diálogo do questionário proposto, e mesmo aqueles que estudaram as emissões de luz pelos átomos anteriormente, alguns agiram por impulso e colocaram algumas respostas que não podemos considerar como incorreta ou correta, pois como citado, a aprendizagem é contínua, e por isso relato algumas das respostas a seguir, com o intuito de mostrar a diversidade de respostas. A Figura 61 descreve em porcentagem a quantidade de alunos que participaram deste teste.

**Figura 61:** quantidade de alunos que participaram do teste



Fonte: próprio autor

Aqui cerca de 42% realizaram o teste. O questionário discorre sobre um diálogo claro e objetivo entre duas pessoas, essas mostram no final o que de fato importa para a imersão do conteúdo, o que de fato faz o aluno aprender, se realmente existem perguntas objetivas em que podemos avaliar aluno A ou B?! Se podemos definir níveis através de alguns questionários, ou seja, todas as respostas estão corretas diante de uma visão em que aprendemos de forma diferente, e que podemos perceber que a aprendizagem é um processo contínuo. Portanto, segue-se com as perguntas e respostas, toda via, elas serão direcionadas por personagens A, B, ou C, sem definir nomes, por medidas éticas e morais. Ao final da leitura do material a jovem faz algumas indagações ao seu pai, onde eles estavam dialogando durante a situação problema sobre determinada proposição quântica.

➤ *Pergunta número 01: Como é possível produzir um arco-íris usando a água que sai da mangueira?*

➤ *Pergunta número 02: Será que eu poderia produzir um arco-íris usando a luz de uma lâmpada de minha casa (incandescente)?*

Lembrando que para efetuar as indagações os conhecimentos prévios foram destacados em tirinhas, onde estas faziam um breve relato ou situação problema, por isso a importância da leitura e da observação das situações ali interpretadas ao longo da HQ.

Portanto as respostas foram as mais variáveis possíveis, notamos por exemplo que o aluno A respondeu da seguinte forma:

➤ *Resposta 01-Sim, Pois a consequência entre a água da mangueira e o sol que a repele, faz então nascer o arco-íris tendo o encontro dos dois.*

➤ *Resposta 02- Acredito que não.*

Notamos que estes alunos se encontram em desenvolvimento, sua aprendizagem em relação a este assunto ainda requer maior leitura ou aprofundamento, porém não posso afirmar que ele não saiba do conteúdo ou da problemática aqui exposta, mas sua prévia resposta nos garante que ainda está em desenvolvimento de aprendizagem. O aluno B responde da seguinte forma a mesma indagação feita anteriormente:

➤ *Resposta 01-Sim, Pois as gotículas de água que fica no ar se misturam com a luz solar.*

➤ *Resposta 02: Não, pois é diferente da luz solar.*

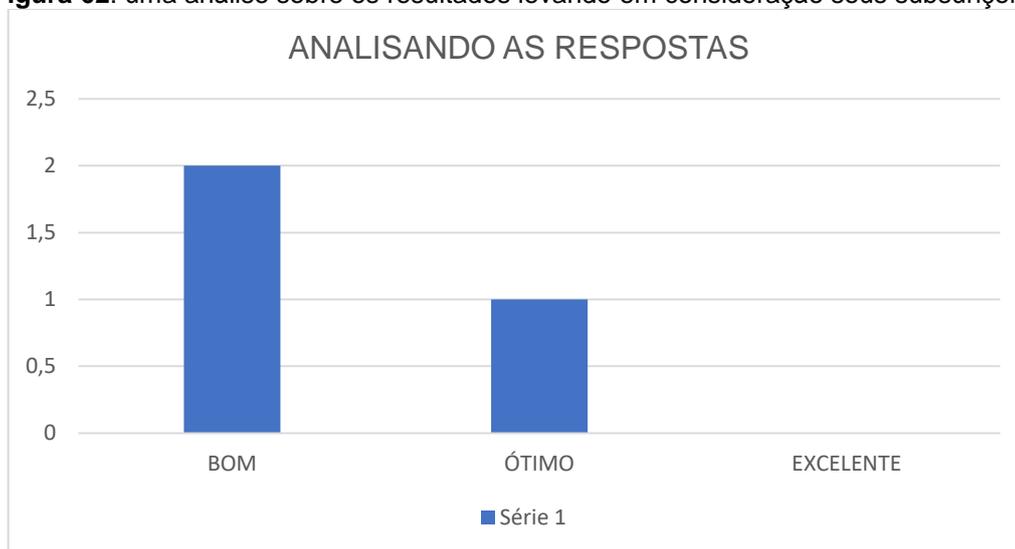
Percebam o quanto fica claro, que o saber é algo construído no dia a dia, através das intervenções, das curiosidades, notamos que este aluno está um pouco mais próximo do que o fenômeno físico relata ou descreve sobre a problemática aqui abordada. O discente C responde assim:

➤ *Resposta 01- Como a própria HQ diz, a dispersão da luz solar, ao atravessar as gotículas de água da mangueira, faz a luz branca se dividir em 7 cores distintas, formando assim um arco-íris.*

➤ *Resposta 02- Não, pois a luz amarela que enxergamos é por conta da atmosfera da Terra.*

Logo abaixo se encontra a Figura 62 com as devidas análises das respostas, tendo como base seus subsunçores, levando em consideração a evolução cognitiva de cada aluno.

**Figura 62:** uma análise sobre os resultados levando em consideração seus subsunçores



Fonte: próprio autor

Notamos tamanha evolução das respostas, o quanto podemos nos imergir e chegar à conclusão de que os níveis de conhecimentos são as mais variáveis possíveis, uns chegando ao maior nível de proximidade da realidade descrita pelos cientistas, outros nem tanto, porém jamais deixará de estar correto, ou deixará de ter sentido, esses são os jovens que através das indagações, da curiosidade irão chegar as respostas de maior nível possível.

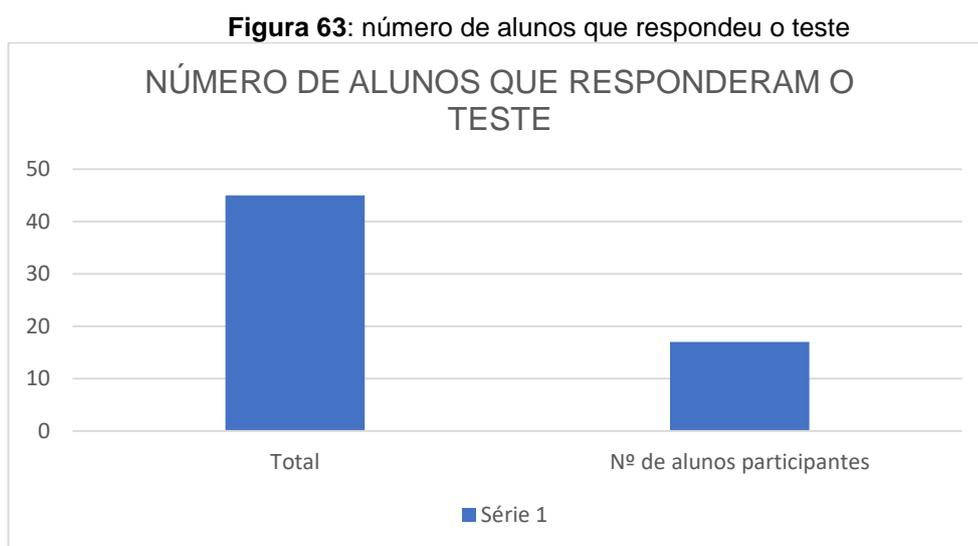
Então percebe-se que com a retomada do diálogo na HQ e pelo professor em sala de aula(virtual) discutindo cada problemática, foram notados o interesse e a participação dos alunos em compreender o assunto e discutir em sala de aula, sem contar que os alunos estavam mais motivados nas aulas em que foi abordado o questionário eletrônico (Google Sala de Aula).

### **6.10: Curiosidade Buraco negro**

A proposição que aborda as curiosidades do buraco negro tenta inserir no meio educacional o poder de pergunta, mostrar para os discentes o quanto é importante questionar os fatos. A vivência educacional me fez pensar em alternativas que fossem

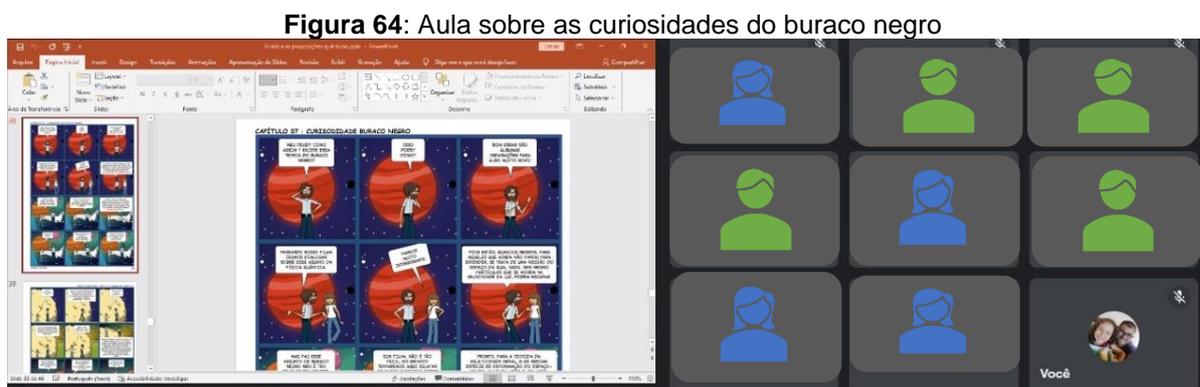
capazes de potencializar e enriquecer o aprendizado do aluno sem que haja necessidade de avaliações.

Deixar mais leve esse processo é o objetivo dessa proposição, o que almejamos é que precisamos entender alguns fenômenos de física para podermos seguir no processo de aprendizagem. Essa proposição busca aguçar a curiosidade do aluno e fazer dele um ser questionador. A Figura 63 a seguir descreve a quantidade de alunos que participaram de forma direta do teste proposto.



Fonte: próprio autor

Nesta proposição tivemos uma participação de 37%. A seguir discorro sobre a aula que aborda o determinado assunto. Essa aula buscou esclarecer o que de fato a história em quadrinho com o capítulo sobre as curiosidades do buraco negro deseja alcançar, e orientamos como deveríamos proceder para uma excelente compreensão dos fatos ali proposto. A Figura 64 aborda a aula sobre as curiosidades do buraco negro.



Fonte: Próprio autor.

Os discentes ficaram cientes que a aula proposta estava pautada em fatos já comprovados sobre os buracos negros e que havia afirmações de cunho científicos, onde eles podiam vivenciar as mais variáveis informações sobre o fenômeno em estudo.

A seguir analisaremos as respostas obtidas através de um questionário eletrônico, onde os alunos puderam responder baseado na vivência da HQ, e consequentemente de seus conhecimentos prévios.

### 6.11: Sobre a aplicação da HQ

Para analisar o que os alunos tinham entendido sobre a aula descrita, usamos de um desafio que aborda os fatos presenciados tanto no seu cotidiano como na história aqui apresentada.

A seguir analisaremos as respostas desses alunos chamando de alunos A, B ou C, com o objetivo de avaliar de forma qualitativa não mensuramos se está correta ou incorreta, apenas desejamos observar o comportamento desse aluno após a leitura da HQ.

Iremos juntos a esse resultado analisar se eles estão conduzindo a leitura e interpretação do desafio a seguir. A Figura 65 mostra a aplicação dos desafios no Google Meet.

**Figura 65:** Desafio sobre a proposição curiosidade buraco negro



Fonte: Próprio autor

Nos deteremos de um diálogo entre um pai e uma filha, onde eles debatem sobre os fenômenos existente em um buraco negro e ali haverá questionamentos das afirmações existentes nos diálogos. Notaremos também que existirá no final do

capítulo afirmações que questionará ao leitor se ele sabia daquele fato, ou seja, são afirmações existentes no mundo da quântica, usando da pergunta “Você sabia”?

- *Pergunta 01: Pai o buraco negro é invisível? Como podemos descobrir algo sobre ele?*
- *Pergunta 02: Com Quanto tempo você acha que é possível se formar um novo buraco negro?*

Analisaremos as respostas dos alunos a partir de um desafio proposto cheio de subsunçores, que podem alavancar e potencializar as respostas desses discentes. Tivemos o cuidado de efetuar uma avaliação qualitativa, sem o cunho de mensurar algo, apenas com o objetivo de salientar a importância de entender que a aprendizagem é um processo. Resposta do aluno A.

- *Resposta 01: O buraco negro é invisível, porém devido à enorme gravidade do objeto, existem materiais que acabam ficando muito próximos do horizonte de eventos, e é para eles que os telescópios são apontados e acabasse descobrindo sobre eles.*
- *Resposta 02: O pai está certo, um buraco negro pode ser feito em questão de segundos.*

Veja que na resposta da pergunta 01 o aluno A foi claro em sua resposta e contextualizou, percebe-se que ele usou dos argumentos proposto na história em quadrinho e nos subsunçores obtidos no desafio para buscar fundamentar-se em sua resposta.

É notado também que ele contextualiza sua resposta para deixar ainda mais rica e fundamentada as suas afirmações.

Já na segunda resposta o aluno enfatiza que a resposta dada pelo pai que dialoga sobre o assunto com a filha está correta, ou seja, ele conseguiu observar nos subsunçores da história em quadrinho e no desafio afirmações dentro do diálogo que pudesse embasar a resposta. A seguir analisaremos as respostas do aluno B.

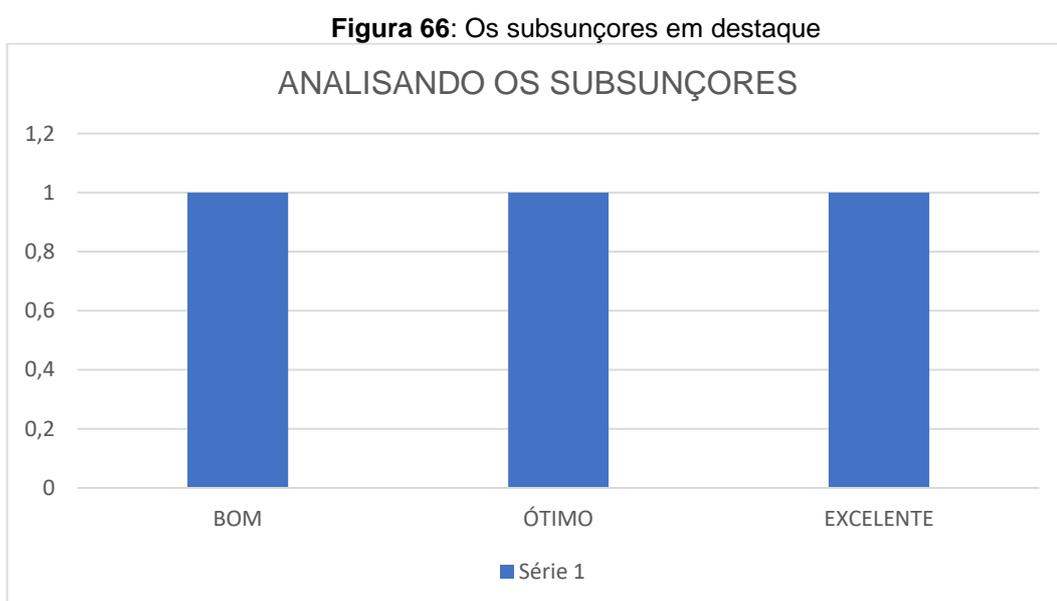
- *Resposta 1- Não acredito que por causa da sua força gravitacional, pois é fato que o buraco negro tem uma força gravitacional muito forte, porém um corpo celeste iria ser 'sugado' pelo buraco negro.*
- *Resposta 2- Acho que não, pois quando uma estrela morre ela demora um certo tempo para que ela gire um buraco negro.*

Certo que o aluno B buscou argumentos durante a leitura para efetuar sua resposta observamos que ele conduziu sua resposta de forma positiva, porém parece que houve na escrita uma certa incoerência em relação ao fato da força gravitacional, portanto, mesmo assim sua resposta está fundamenta no que ele leu e interpretou. Veja na resposta 02 que ele questiona o tempo de surgimento de um novo buraco negro correlacionado com a morte de uma estrela, isso mostra que ele entendeu como surge um novo buraco negro e ele acha que por esse motivo haverá uma demora para a criação de um novo buraco negro. A seguir observaremos as respostas do aluno C.

➤ *RESPOSTA 1: Sim, podemos descobrir mais sobre ele através de instrumentos astronômicos.*

➤ *RESPOSTA 2: Poucos segundos.*

Para esse aluno a observação de um buraco negro de dar através de instrumentos astronômicos, ou seja, associou as tecnologias existentes, que através de seu conhecimento de mundo foi possível perceber que isso é possível. Portanto o aluno C está munido de um conhecimento prévio que deu a ele base para responder esta pergunta. Notemos que ele afirma que para se criar um buraco negro é questão de segundo, essa afirmação só é possível porque ele conseguiu retirar informações o suficiente da HQ para fundamentar o seu entendimento. A Figura 66 tem como objetivo mostrar a análise dos subsunçores dos discentes.



Fonte: próprio autor

Foi percebido nesta proposição que existiu uma subdivisão de respostas, alguns alunos estavam, mergulhados ainda no saber corriqueiro, necessitando de uma maior leitura ou uma pesquisa mais detalhada sobre o assunto, talvez no momento da leitura da HQ não foi possível perceber os detalhes ali descrito sobre as problemáticas sobre o tema em estudo. Os alunos podem ter tomado um outro caminho, que talvez não condiz com o conhecimento científico ali abordado. A proposição exige dos alunos um maior nível de concentração.

## CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O intento deste trabalho foi de construir uma revista em quadrinhos intitulada como Analiz e as proposições quânticas: Uma proposta pedagógica e discutir o uso dessa revista em quadrinhos em sala de aula como ferramenta de ensino e aprendizagem, onde ela pode auxiliar o professor no processo de ensino e aprendizagem e conseqüentemente potencializar a curiosidade dos alunos pelo mundo quântico. Também desejamos observar o nível de aceitação por parte dos alunos em relação a leitura de fácil compreensão e a ludicidade inserida nas histórias em quadrinhos.

Foi notado a escassez de revistas em quadrinhos direcionadas para o uso educacional, ou seja, voltada para o processo de ensino e aprendizagem de física quântica, observando o vasto valor educacional que existe em uma HQ, propomos a elaboração de uma revista que tivesse como finalidade o processo educacional e que nela fosse observado a possibilidade de uma educação mais prazerosa e atraente, tendo como objetivo principal o crescimento intelectual do aluno. Uma revista que trata não somente do saber científico de quântica, mas que pode passar também um diálogo prazeroso entre um pai e uma filha, fica percebido que ali existe uma conexão que irá além de uma sala de aula.

A vivência educacional foi papel fundamental para desenvolver este produto educacional, pois no chão da escola vivenciei diversas angústias, seja ela no ensino fundamental ou médio, por isso desenvolvi as proposições quânticas com o intuito de trazer a ludicidade no processo de entendimento de alguns conhecimentos de física quântica.

A aplicação e aceitação da revista em quadrinhos na turma do 1º ano do ensino médio nos norteou o potencial papel pedagógico que a mesma pode alcançar, não só em sala de aula, mas em seu dia a dia como ser pensante e protagonista, esse produto pode ir além, sua leitura fora de sala de aula pode proporcionar um aumento no desenvolvimento de uma sociedade, tanto do ponto de vista intelectual como social, pois a mesma pode alavancar a curiosidade do indivíduo, potencializando o entendimento de alguns fenômenos de física quântica.

A proposta de utilizar a HQ não teve como objetivo distanciar os discentes dos livros didáticos, mas salientar a importância de sempre que possível usar de outras

ferramentas para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem, e isso mostrar outra ferramenta didática que possa ser útil para o uso do professor e para os alunos, na intenção de que o docente faça uso desta ferramenta de maneira planejada, melhorando assim o seu método de ensino e aprendizagem e as suas prática pedagógica, possibilitando assim, aulas mais atraente, podendo o mesmo usar da interdisciplinaridade e contextualizar o uso desta história em quadrinhos com outras disciplinas, como por exemplo: Língua Portuguesa, história, Matemática, dentre outras.

Ao final deste processo foi percebido que o uso da revista em quadrinhos pode despertar no aluno a curiosidade, buscar questionamentos com os colegas e ir além da leitura ali proposta, pois a HQ tem a capacidade de aguçar a curiosidade dos seus leitores, por ser textos curtos e objetivos, com imagens e ilustrações que traz a ludicidade, o indivíduo que ali estar lendo deseja ir um pouco além e possivelmente irá efetuar uma pesquisa mais detalhada sobre o assunto em questão, viabilizando ao aluno um modo diferente e prazeroso de compreender o conhecimento científico.

Foi percebido que ao utilizar a história em quadrinhos como um recurso didático, ela nos possibilitou adentrar no universo das criança, por suas características, ponto fundamental para o enriquecimento no processo de entendimento das proposições quânticas, pois podemos aprender brincando com as diversas imagens, balões e o seus quadros que mudam ao decorrer do tempo em que a história está acontecendo, como criança gosta de um mundo colorido e cheio de novidades o adulto também fica mais concentrando neste vasto mundo das cores e novidades.

As mais variadas respostas encontradas no teste foram baseadas em uma leitura superficial ou mais aprofundada, tendo em vista que nos questionários existiam uma base fundamentada nos subsunçores. Usufruindo da aprendizagem significativa, inserimos antes das questões meios norteadores para suas possíveis respostas. Tendo em vistas que a história em quadrinhos já trazia relatos sobre o que se deveria ser questionado.

Nossa avaliação em relação as respostas foram baseadas e fundamentadas no processo da avaliação qualitativa. Esse método de avaliação consiste em algo ou alguma coisa que não pode ser mensurável. O objetivo da avaliação é analisar de forma qualitativa os resultados a respeito das motivações, comportamentos e necessidades dos discentes, ou seja, de quem estar sendo avaliado, no caso esses alunos estavam sob orientações previas que chamamos de subsunçores, ou seja,

podemos resumir como se fosse sua opinião e suas expectativas em relação ao dado assunto ali abordado, ou conhecimento de mundo, conhecimento corriqueiro, que ele ver no seu dia a dia, porém ainda não compreendeu que ali é algo científico.

Nesse tipo de processo avaliativo, os dados avaliados não gerarão números, pois seu caráter é investigativo. Então aqui, o grupo que é avaliado, ou seja, os discentes entrevistado se expressam livremente sobre as proposições quânticas.

A avaliação qualitativa tem como objetivo a investigação científica que tem como principal foco o caráter subjetivo do problema em estudo. Então, iremos estudar seu caráter particular e seus anseios individuais. Traçando um perfil para cada resposta, nunca pontuando como correta ou incorreta e sim avaliando uma possível evolução para as respostas ali obtidas.

Do ponto de vista acadêmico e educacional este trabalho não se dará por finalizado, pois há planos futuros para ele, com o objetivo de continuar a escrever sobre, irei desenvolver futuros trabalhos em nível superior, tendo em vista que este pode ser inserido no processo educacional tanto em alunos de nível fundamental como médio , ou seja, há desejo de construir um projeto mais amplo que venha a atender a todas as séries do ensino fundamental, médio e superior que consiste na construção de várias obras de revistas em quadrinhos , com os conteúdos que mais são abordados no Enem ou nas avaliações externas do devido estado, que envolvam os temas da ciência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ANDRADE, Maria do Carmo F. de. SOUZA, Pricila Rodrigues de. **Modelos de Rotação do Ensino Híbrido: Estações de Trabalho e Sala De Aula Invertida**. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial. Florianópolis, v. 9, n. 1, 2016.

Ausubel, D. (1965) **A cognitive structure view of word and concept meaning**. In R.C. Anderson e D. Ausubel. *Readings in the Psychology of Cognition*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana Ltda., 1980. 625 p

AUSUBEL, D.P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo:

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2018.

BARBOSA, Alexandre. **Os quadrinhos no ensino de Artes**. In: RAMA, Angela; VERGEIRO, Waldomiro. **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Editora Contexto, 2004. Cap., p. 131-149

BARION, Eliana Cristina Nogueira Barion; MELLI, Nádya Cristina de Azevedo. **Algumas reflexões sobre o ensino híbrido na educação profissional**. Disponível em: Acesso em: 08 mai. 2019.

BERRETT, Dan. **How flipping the classroom can improve the traditional lecture**. The Education Digest, v. 78, n. 1, p. 36, 2012.

BRASIL. **A Criança de Seis Anos, a Linguagem Escrita e o Ensino Fundamental de Nove Anos: Orientação para o trabalho com linguagem escrita em turmas de crianças de seis anos de idade**. Brasília: MEC/SEB, 2009.

BRASIL. **Ampliação do ensino fundamental para nove anos: 3º Relatório do Programa**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

BRASIL. **Ampliação do ensino fundamental para nove anos: Relatório do Programa.** Brasília: Ministério da Educação, 2004.

BRASIL. **Conferência Nacional da Educação: Documento final.** Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2011.

BRASIL. **Conselhos escolares: uma estratégia de democratização da escola pública.** Brasília: Ministério da Educação, 2004.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília:Senado Federal, 1988. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm)>. Acesso

BRASIL. **Constituição (1988). Emenda Constitucional nº 53 de 19 de dezembro de 2006.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. **Constituição (1988). Emenda Constitucional nº 59 de 11 de novembro de 2009.** Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. **Ensino fundamental de 9 anos: orientação para a inclusão da criança de 6 anos de idade.** Brasília: MEC/SEB, 2007.

BRASIL. **Ensino Fundamental de Nove Anos: Orientações gerais.** Brasília: Ministério da educação, 2004b.

BRASIL. **Ensino fundamental de nove anos: passo a passo do processo de implantação.** 2ª. ed. Brasília: MEC/SEB, 2009a.

BRASIL. Lei nº 10.172, de 09 de janeiro de 2001. **Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providencias.** Disponível em:[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10172.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10172.htm).

BRASIL. **Lei nº 11.114, de 16 de maio de 2005. Torna obrigatório o início do ensino fundamental aos seis anos de idade.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11114.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11114.htm)>. Acesso em: 16 ago. de 2020.

BRASIL. Lei nº 11.274, de 06 de fevereiro de 2006. **Dispõe sobre o ensino de 9 anos.** Disponível em: <<http://www3.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/2006/11274.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.796, de 04 de abril de 2013.** Altera a Lei 9394/96 sobre o ensino obrigatório. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.801, de 24 de abril de 2013.** Dispõe sobre o apoio técnico e financeiro da União aos entes federados no âmbito do Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa e altera as Leis nos 5.537, de 21 de novembro de 1968, 8.405, de 9 de janeiro de 1992, e 10.260, de 12 de julho de 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12801.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12801.htm).

BRASIL. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. **Ministério da Educação. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1971/5692.htm>>. Acesso em: 18

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes da educação nacional.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>>. Acesso em 18 set. 2020.

BRASIL. **Ministério da Educação. Define Diretrizes Operacionais para a implantação do Ensino Fundamental de 9 (nove) anos.** Resolução CNE/CEB nº 01, de 14 de janeiro de 2010. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=14906&Itemid=866](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&id=14906&Itemid=866). Acesso em: 20 set. 2019.

BRASIL. **Ministério da Educação. Define Diretrizes Operacionais para a matrícula no Ensino Fundamental e na Educação Infantil.** Resolução CNE/CEB nº 06, de 20

de outubro de 2010. Disponível em:  
[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=14906&Itemid=866](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&id=14906&Itemid=866).  
Acesso em: 20 set. 2020.

**BRASIL. Ministério da Educação. Define normas nacionais para a ampliação do Ensino Fundamental para nove anos de duração.** Resolução CNE/CEB nº 3, de 3 de agosto de 2005. Disponível em:  
[portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb003\\_05.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb003_05.pdf). Acesso em: 20 set. 2019.

**BRASIL. Ministério da Educação. Estabelece as orientações para a matrícula das crianças de 6 (seis) anos de idade no Ensino Fundamental obrigatório, em atendimento à Lei 11.114, de 16 de maio de 2005, que altera os Artigos 6º, 32º e 87º da Lei nº 9.394/1996.** Parecer CNE/CEB nº 18/2005, de 15 de setembro de 2005. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb005\\_07.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb005_07.pdf)>. Acesso em: 18 ago.2020.

**BRASIL. Ministério da Educação. Fixa Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental de 9 (nove) anos.** Resolução CNE/CEB nº 07, de 14 de novembro de 2010. Disponível em:  
[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=14906&Itemid=866](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&id=14906&Itemid=866).  
Acesso em: 20 set. 2020.

**BRASIL. Ministério da Educação. Nova Tabela de Equivalência do Protocolo de Reconhecimento de Títulos e Estudos no Nível da Educação Básica (Ensino Fundamental e Médio) não Técnico.** Parecer CNE/CEB nº 23/2005, de 05 de outubro de 2005. Disponível em:  
[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb23\\_05.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb23_05.pdf). Acesso em: 12 dez. 2019.

**BRASIL. Ministério da Educação. Reexame do Parecer CNE/CEB 24/2004, que visa o estabelecimento de normas nacionais para a ampliação do Ensino Fundamental para nove anos de duração.** Parecer CNE/CEB nº 6/2005, de 08 de junho de 2005. Disponível em:  
<[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb006\\_05.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb006_05.pdf)> Acesso em: 18 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei Federal nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Dispõe sobre as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 1996.

BRASIL. **PORTARIA Nº 1.458, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2012.** Define categorias e parâmetros para a concessão de bolsas de estudo e pesquisa no âmbito do Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa, na forma do art. 2º, inciso I, da Portaria MEC no 867, de 4 de julho de 2012.

BRASIL. **PORTARIA Nº 867, DE 4 DE JULHO DE 2012.** Institui o Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa e as ações do Pacto e define suas diretrizes gerais.

CURY, C. R. J. **Políticas inclusivas e compensatórias na educação básica.** Cadernos de Pesquisa, São Paulo. v. 35, n. 124, p. 11-32, jan. / abr., 2005.

DE ARAÚJO, Gustavo Cunha; NARDIN, Heliana Ometto; DE FÁTIMA TINOCO, Eliane. **CRIAÇÃO E TÉCNICA: AS histórias em quadrinhos COMO RECURSO METODOLÓGICO PARA O ENSINO DE ARTE** creation and technique: the comics as a methodology to EDUCATION art. 2009.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica.** Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

EGUTI, Claricia Akemi. **A Representatividade da oralidade nas Histórias em Quadrinhos.** 2011 (Dissertação Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. USP, São Paulo, 2001.

GOMES, F.; Machado, S. F.; Costa, L. L. D.; Alves, B. H. P. **Atividades Didático Pedagógicas para o Ensino de Química Desenvolvidas pelo Projeto PIBID-IFG.** Química Nova na Escola, v. 00, 2014.

GUEDES, M. G. de M.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. **Aprender Ciências em grupo: o que os alunos pensam?** In: Anais do VI encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis.

GUIMARÃES, Elisa. **Linguagem verbal e não verbal na malha discursiva.** Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso, v. 8, p. 124-135, 2013.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; HOLUBEC; E. J. **El aprendizaje cooperativo en el aula**. Trad. Gloria Vitale. Barcelona: Paidós, 1999.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. **Teaching Students To Be Peacemakers** (4 ed.) Edina, MN: Interaction Book Company, (952) 831-950. 1997.

KAGAN, S. **Dimensions of cooperative classroom structures**, A: R. SLAVIN i cols. (eds), op. cit., pp. 67-96. 1985a.

LITTO, Fredric Michael; FORMIGA, Marcos. **Educação a distância: o estado da arte**. Pearson, vol. 1. 2009.

LOPES, J.; SILVA, H,S. **Aprendizagem Cooperativa na sala de aula: um guia prático para o professor**. 1. ed. Lisboa: Lidel, 2009.

Maia, J. D. O.; Sá, L. P.; Massena, E. P.; Wartha, E. J. **O Livro Didático de Química nas Concepções de Professores do Ensino Médio da Região Sul da Bahia**. Química Nova na Escola, v. 33, 2011.

MAZUR, Eric. Peer Instruction. Peer Instruction: **A revolução da aprendizagem ativa**. Porto Alegre. Penso, 2015.

MIRANDA, C. S. N. de.; BARBOSA, M. S.; MOISÉS, T. F. **A aprendizagem em células cooperativas e a efetivação da aprendizagem significativa em sala de aula**. Revista do Nufen. Ano 03, v. 01, n.01, p. 17-40. janeiro-julho, 2011.

Monteiro, B. A. P. **O Portal Eletrônico Interativo: Contexto, Estrutura, Possibilidades de Navegação e Discursos sobre Formação de Professores de Química**. Química Nova na Escola, v. 32, 2010.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal, aprendizagem significativa?** Revista Currículum, La Laguna, Espanha, p. 1-27, 2012. Disponível em: . Acesso em 20 set. 2020

OLIVEIRA, Fátima Ferreira. **A linguagem das Histórias em Quadrinhos**. IFEUSP Programa de Pós-Graduação 1o semestre de 2008. **Seminários de Estudos em Epistemologia e Didática (SEED)**. Disponível em [http://www.educarede.org.br/educa/img\\_conteudo/File/CV\\_132/Hist\\_rias\\_em\\_quadri\\_nhos.pdf](http://www.educarede.org.br/educa/img_conteudo/File/CV_132/Hist_rias_em_quadri_nhos.pdf)> Acesso em 28 de novembro de 2021.

PENTEADO, Maria Aparecida. **Desvelando o universo das histórias em quadrinhos: Uma proposta de ação**. p. 45, 2008.

PEREIRA, Débora Silva de Castro. **O ato de aprender e o sujeito que aprende**. Construção psicopedagógica, São Paulo, v. 18, n. 16, p. 112-128, jun. 2010.

PEREIRA, Moisés Lobo D.'Almada Alves; OLENKA, Laudileni; OLIVEIRA, Paloma Emanuelle Duarte Fernandes. **Física em Ação através de Tirinhas e Histórias em Quadrinhos**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 896-926, 2016.

Postman, Neil (1996). **The end of education: redefining the value of school**. New York: Vintage Books/Random House. 208p.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009

RAMOS, Jessica Dos Santos. **HISTÓRIA EM QUADRINHOS E APRENDIZAGEM DE LEITURA**. Educar Mais, p. 308, 2019.

REZENDE, Lucinea Aparecida de. **Leitura e Formação de Leitores: Vivências Teórico Práticas**. Londrina: Eduel, 2009.

Sanjuan, M. E. C. Maresia: **Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica**. Química Nova na Escola, v. 31, 2009.

Schnetzler, R. P. **Conceituando a pesquisa em ensino de Química**. Química Nova na Escola, v. 20, 2004

Severo, Marta. **As HQS como ferramenta pedagógica em sala de aula**, Revista Incelências, v. 4, p.7. julho (2015). Disponível em: <https://revistas.cesmac.edu.br/index.php/inceleacias/article/view/289>. Acesso em: 29/11/2021

SILVÉRIO, Luciana Begatini Ramos; REZENDE, LA de. **O valor pedagógico das histórias em quadrinhos no percurso do docente de língua portuguesa**. Anais da I Jornada de Didática–O ensino como foco e do I Fórum de professores do estado do Paraná, 2014.

SIQUEIRA, R. M. **A Recursividade no Ensino de Química: Promoção de Aprendizagem e Desenvolvimento Cognitivo**. Química Nova na Escola, v. 33, 2011.

TANINO, Sonia. **Histórias em quadrinhos como recurso metodológico para os processos de ensinar. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia)** – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

VALENTE, José Armando. **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida**. Educar em Revista, n. 4, 2014. Disponível em: . Acessado em: 25 set. 2017.

VERGUEIRO, Waldomiro. A linguagem dos quadrinhos: **uma— alfabetização necessária**. In: RAMA, Angela.; VERGUEIRO, Waldomiro. (Org.). **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2007.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Uso das HQs no ensino**. In: RAMA, Angela; VERGUEIRO, Waldomiro. **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Editora Contexto, 2004. Cap., p. 7-30.

VILELA, Túlio. **Os quadrinhos no ensino de História**. In: RAMA, Angela; VERGUEIRO, Waldomiro. **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Editora Contexto, 2004. Cap., p. 105-129.

ZENI, Lielson. **Literatura em quadrinhos**. In: RAMOS Paulo; VERGUEIRO, Waldomiro. **Quadrinhos na Educação**. São Paulo: Editora Contexto, 2009. Cap., p. 127-158.

LOPES, J.; SILVA, H.S. **Aprendizagem Cooperativa na sala de aula: um guia prático para o professor**. 1. ed. Lisboa: Lidel, 2009. p. 12

MENEZES, M. G. BARBOSA, R. M. N, JÓFILIS, Z. M. S. **Aprendizagem Cooperativa: o que pensam os estudantes?**.\_\_\_In.: Linguagens, Educação e Sociedade - Teresina, Ano 12, n. 17, p. 51 - 62, jul./dez. 2007. Disponível em: < [www.ufpi.br/mesteduc/Revista/N17/art\\_5.pdf](http://www.ufpi.br/mesteduc/Revista/N17/art_5.pdf)> Acesso em: 3 nov. 2021.

## APÊDICE A: COMO APLICAR O PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA

Sugerimos a seguir alguns métodos que podem facilitar na aplicação do produto educacional, essas metodologias não são a única forma de usufruir deste produto. Porém, encontramos nelas a melhor forma de absorção do conhecimento.

**A) MÉTODO SALA DE AULA INVERTIDA;** Aqui, você professor ou educador pode colocar em prática esta metodologia, de fácil entendimento, servindo para potencializar o conhecimento. Percebemos que a sala de aula invertida se torna uma nova maneira de promover o ensino e aprendizagem, em que o discente é ativo neste processo, em que o mesmo procura de forma orientada como buscar o entendimento daquele conteúdo. O aluno estuda antes da aula e a aula se torna um lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas, no retorno a sala de aula. Você orienta ao seu discente, deixando claro quais seus objetivos.

- Escolha um tópico das proposições que se encontra na história em quadrinho.
- Oriente os alunos a ler antes da sua aula.
- Em sala de aula, utilize o “**Verdade ou Mentira**” para testar os conhecimentos obtidos pela leitura prévia.
- Divida os alunos em pequenos grupos, usando a ferramenta “**Rotação por Estações**” Peça para que façam um cartaz com os principais pontos do assunto, permita que os grupos apresentem as suas produções e façam uma discussão.
- Encerre a aula com “**Perguntas e Respostas, Entre Membros de Grupos Diferentes**”, testando os conhecimentos obtidos através dessa atividade.

**B) MÉTODO ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES;** Neste modelo de ensino e aprendizagem conhecido como rotação por estações, os discentes são organizados em diferentes grupos, cada um com uma atividade ou conteúdo diferente, de acordo com os objetivos do professor (plano de aula). A ideia é que cada grupo rotacione por entre as atividades/conteúdo proposto (algumas *online* e outras não) para que experimentem as diferentes formas de aprender.

- **PLANEJE AS ATIVIDADES QUE SERÃO DISPONIBILIZADAS;** O primeiro passo para qualquer aplicação de um novo saber é um bom planejamento, aqui não seria diferente, para uma boa aplicação deve-se planejar bem a Rotação por Estações em sua aula.

Faça uma análise de como acontecerá a aula e quais atividades/conteúdos propostos serão trabalhadas, com base no objetivo que você quer. Lembre-se de levar em conta atividades para os diferentes níveis de aprendizagem, para que todos os discentes possam ser contemplados.

- **SEPARE OS ALUNOS NAS ESTAÇÕES(GRUPOS);** Na aula, coloque os alunos em 5 grupos, que podemos chamar de grupo produtivo, cada discente com um conteúdo diferente.

**ESTAÇÃO 01:** leitura do texto sobre a proposição que será determinada pelo professor;

**ESTAÇÃO 02:** Vídeos variados sobre o tema ou proposição escolhida, para que os alunos possam buscar argumentos fortes e fracos;

**ESTAÇÃO 03:** Análise dos argumentos levantados em grupo sobre a proposição estudada;

**ESTAÇÃO 04:** Análise de dados;

**ESTAÇÃO 05:** Verdade ou mentira sobre a proposição estudada.

- **FAÇA UM FECHAMENTO PARA CONCRETIZAR O APRENDIZADO;** Então, ao final da aula, fazer uma discussão final sobre a proposição abordada, seja como um debate, como uma lição de casa ou como uma fala expositiva por componente de cada estação, sendo isso de forma aleatória ou escolhido por nível de alunos que compões aquelas estações e/ou grupo produtivo.

**C) MÉTODO VERDADE OU MENTIRA;** Aqui o professor orientara aos componentes que façam afirmações, sendo estas, falsas ou verdadeiras, não são perguntas, e sim afirmações, levando aos discentes a refletirem naquela aula sobre tudo que já foi estudado, serve como uma revisão geral dos conteúdos ou atividades ali propostas.

**D) MÉTODO CO-OP CO-OP;** Nesta parte os alunos começam a perceber o quanto a metodologia da cooperação, da participação ativa faz a diferença na compreensão dos conteúdos, eles em grupos produtivos colocam esta metodologia em prática, A não existência de uma metodologia mutua e o uso de métodos de ensino tradicionais nas escolas estabelecem e fazem com que crianças e adolescentes se ocupem cada vez mais com atividades individualistas e competitivas. Esses métodos, que dar ênfase a competição, reforçam a concorrência e o sentimento de baixa eficácia pelos que obtêm menos aproveitamento nos estudos sendo ponto crucial para o desnível dos alunados, isso tudo reforça a exclusão social, além de não o aprontar para os desafios e exigências da sociedade. Então a escola tem se definido como um ambiente que mais estimula a competição e o individualismo. Portanto neste contexto, a escola deve dar subsídios às diferentes necessidades de seus discentes, como priorizar o desenvolvimento de suas capacidades, potencializando-os, enquadrando-se com a utilização de uma nova metodologia que possibilite aos discentes a participação e o compartilhamento de suas responsabilidades em relação a sua aprendizagem, mais empatia entre os estudantes.

## **APÊNDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL**

Fábio

**RIBEIRO**

Produto educacional MATIEF

Lázaro

**LIMA**  
(orientador)

# ANALIZ E AS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS



UFERSA/Mossoró-RN/Edição 2020

**ANALIZ E AS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS: UMA PROPOSTA  
PEDAGÓGICA.**

*Produto Educacional*

**Fábio Ribeiro & Lázaro Lima**

*Autores*

Este é um produto educacional derivado de pesquisas em Ensino de Física e propõe o uso de histórias em quadrinhos que auxiliam na compreensão de conceitos de mecânica quântica no Ensino Médio. Todos os direitos estão reservados aos seus autores, e por isso é proibida qualquer venda, comercialização, reprodução física ou eletrônica sem autorização prévia.

**INSTITUTO DE ENSINO:** Universidade Federal Rural do Semi-Árido

**ÁREA DE CONHECIMENTO:** Educação

**TÍTULO DO PRODUTO EDUCACIONAL:** Analiz e as proposições quânticas-Uma proposta pedagógica.

**PÚBLICO-ALVO:** Alunos do Ensino Médio e Superior

**ORGANIZADORES:** Francisco Fábio de Sousa Ribeiro & Lázaro Luis de Lima Sousa (orientador)

**DATA:** 25/06/2020

Mossoró-RN  
Junho de 2020

## APRESENTAÇÃO

Devemos ser capazes de transformar o mundo com nossos conhecimentos e nossas atitudes. Busco com esta estória transcender a importância de estudar. Este trabalho traz não só a magnitude do conhecimento que está inserido na Física Quântica, mas os sentimentos entre um pai e uma filha, que está descrito entrelinhas, e que no futuro ela irá ler e compreender o quanto a educação tem poder transformador na vida de seu pai. Este produto visa trazer até o discente uma forma diferente de discutir a introdução à Física Quântica, através de histórias em quadrinhos intitulada como "Análiz e as proposições quânticas". Espera-se que este material seja capaz de aguçar a curiosidade e potencializar o interesse pelo conhecimento científico, além de propiciar um ambiente diferenciado pelo uso do lúdico como objeto. Além de tudo mostrar para ele que o conhecimento físico está atrelado a tudo que nos rodeia, e o mais prazeroso de tudo isso é vivenciar e estudar o conteúdo sem está ligado a cobranças externas. Dito tudo isso, espero que façam bons estudos deste material e/ou produto que foi desenvolvido com muito amor e além de tudo o sentimento de um pai que infelizmente com palavras não será possível descrevê-lo. Este produto está em suas mãos para potencializar seus conhecimentos científicos.

Mossoró-RN  
Junho de 2020

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 01 - INÍCIO DA JORNADA.....	05
CAPÍTULO 02 - PONTE QUÂNTICA.....	07
CAPÍTULO 03 - DUALIDADE ONDA PARTÍCULA.....	11
CAPÍTULO 04 - ENTENDENDO FOTÓNS E O EFEITO FOTOELÉTRICO.....	19
CAPÍTULO 05 - RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO.....	27
CAPÍTULO 06 - ABSORÇÃO E EMISSÃO DE LUZ.....	32
CAPÍTULO 07 - CURIOSIDADE BURACO NEGRO.....	38
CAPÍTULO 08 - POR FIM! EU ANALIZI!.....	45

# CAPÍTULO 01: INÍCIO DA JORNADA

COMO A VIDA NOS PROPORCIONA GRANDES DESAFIOS? COMO ELA PODE NOS TRANSFORMAR? DIANTE DE TANTAS DIFICULDADES PODEMOS COMEMORAR?



COMO QUE UM DIA PODERIA PENSAR QUE A VIDA COLOCARIA SITUAÇÕES ADVERSAS?



AS RESPOSTAS DESSAS PERGUNTAS ESTÃO EM NOSSA VIVÊNCIA EDUCACIONAL.



ANALIZAMOS AQUI PARA CONTAR UM POUCO DE MINHA VIVÊNCIA EDUCACIONAL.



SIM PAI! SEI QUE TODA SUA HISTÓRIA ACADÊMICA FOI PAUTADA NA DEDICAÇÃO E NO ACREDITAR QUE A EDUCAÇÃO SERIA SUA CHAVE PARA ABRIR ALGUMAS PORTAS.



EU FILHO DE AGRICULTOR, QUE MORAVA NO INTERIOR DE BEBERIBE, SEMPRE TENTAVA INGRESSAR EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA. O MEU DESEJO É LHE MOSTRAR O QUANTO TRANSFORMADOR É A EDUCAÇÃO.

PAI O SENHOR SEMPRE FALA QUE A EDUCAÇÃO É A BASE DE TUDO E QUE ELA PODE POTENCIALIZAR A REALIZAÇÃO DE NOSSOS SONHOS.



EXATAMENTE FILHA.

PAI, IREI ESTUDAR SOZINHA?



ANALIZO, VEJO EM VOCE A OPORTUNIDADE DE GARANTIR DIAS MELHORES. CONSIGO SONHAR E ACREDITAR QUE EU SEMPRE FUI SUA REFERÊNCIA. ACREDITO QUE O CONHECIMENTO É ADQUIRIDO POR ETAPAS. DEIXE-ME APRENDER JUNTO COM VOCÊ?!

PAPAI, TALVEZ JÁ TENHO SENTIDO TUDO ISSO DE ALGUMA FORMA, NÃO SEI TE EXPLICAR, MAS ME PARECE QUE JÁ VIVENCIEI ESTE MOMENTO.



SIM FILHA, VOCÊ PODE TER PRESENCIADO, POIS AINDA NO VENTRE DE SUA MÃE, NA PRIMEIRA CONQUISTA VOCÊ ESTAVA LÁ SENDO HOMENAGEADA.

POR ISSO QUE HAVIA ESSE SENTIMENTO.



TUDO COMEÇOU QUANDO VIVENCIEI CONQUISTAS ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO, VOCÊ ESTÁ SENDO O PRINCIPAL FOCO NO QUE REGE O ESTUDO EM NÍVEL DE MESTRADO.

COMO ASSIM PAI?



FILHA VOCÊ ESTÁ SENDO A PERSONAGEM PRINCIPAL EM UM PRODUTO QUE SERÁ DESENVOLVIDO NO MESTRADO.

EU FAREI PARTE DESTA HISTÓRIA?! GOSTEI MUITO DA IDEIA.



SERÁ UM PRODUTO NA QUAL SERÁ DESENVOLVIDO UMA HISTÓRIA EM QUADRINHOS, PROPORCIONANDO ATRAVÉS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA O CONHECIMENTO.

SIM, PAI A MELHOR COISA DA VIDA É PODER PROPORCIONAR AOS SEUS A CHANCE DE DESENVOLVER SEU POTENCIAL.



SIM FILHA, ESTAMOS AQUI PARA FAZER ISSO, COMO PROFESSOR PRECISO ACREDITAR.









SÉRIO, PAI? ACHAVA QUE EXISTIA APENAS A CERTEZA QUE ELA NOS SUPORTARIA.



ENTENDEI, ESTOU GOSTANDO DA FÍSICA QUÂNTICA.

PARA AFIRMAR QUE A PONTE SUPORTARIA É NECESSÁRIO REALIZAR UM EXPERIMENTO, OU SEJA, PASSAR PELA PONTE. A PROBABILIDADE É DE 50%.



PAI, VAMOS REALIZAR O EXPERIMENTO.

FILHA VAMOS ATRAVESSAR A PONTE PARA CHEGARMOS AO RESULTADO, OU SEJA, VAMOS MEDIR?!



ENTÃO VAMOS.

VAI NA FRENTE! ESTOU SEGUINDO VOCÊ.



E LÁ VAMOS NÓS, PARA TER A CERTEZA...

CALMA, FILHA. VAMOS PASSAR COM CUIDADO.



OLHA SÓ, EU ESTAVA CERTA.

ESTAMOS QUASE LÁ!



BOM, CONSEGUIMOS CHEGAR DO OUTRO LADO DO SÍTIO.

EU FALEI, QUE IRIA SUPORTAR.



EXISTEM ALGUMAS COISAS QUE É NECESSÁRIO REALIZAR PARA SABER SEU ESTADO QUÂNTICO.

SIM FILHA, AGORA TEMOS O RESULTADO DA MEDIÇÃO, OU SEJA, REALIZAMOS O EXPERIMENTO E AGORA TEMOS 100% DE CERTEZA QUE ELA NOS SUPORTA.



ENTENDEI, PAPAI.

QUE BOM FILHAISSO É FÍSICA QUÂNTICA!



ENTÃO EXPLICA FILHA O QUE ENTENDEU.

EU ENTENDEI POR QUE VOCÊ USOU OS EXEMPLOS DAS CANAS.



POR ISSO LHE FALEI QUE ENTENDERIA, USANDO O EXPERIEMTO DA PONTE QUÂNTICA.

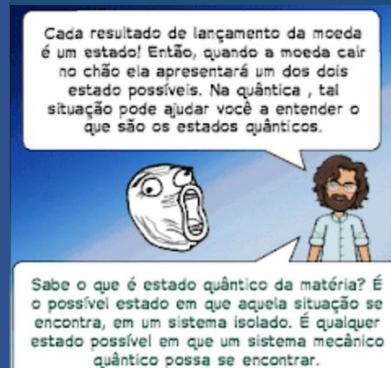
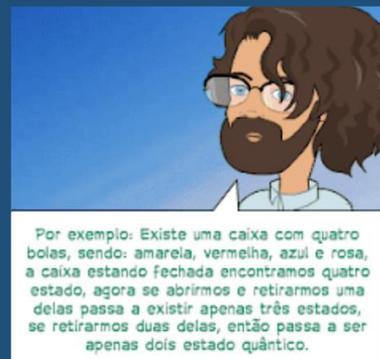
OLHA SÓ, A PROBABILIDADE DELA SER DOCE OU AZEDA É DE 50%, ENTÃO PARA TESTAR, OU SEJA, SABER SE ELA É DOCE OU AZEDA TINHA QUE COMÊ-LA.



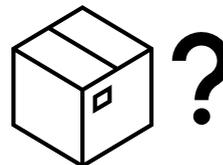
VAMOS AGORA RELAXAR E ABSORVER TUDO QUE APRENDEMOS ATÉ AQUI!

APRENDEI COM MAIS FACILIDADE USANDO OS EXEMPLOS QUE ESTÁ NO MEU COTIDIANO.

# DESAFI@: Bolas na caixa



**PENSE E REFLITA:** Agora que você leu o segundo capítulo desta revista em quadrinhos, "A ponte quântica", acompanhando a aventura da Analiz ao passar sobre uma ponte, que tal testarmos um pouco sobre o que você aprendeu durante esse processo? Aqui apresentamos um teste de probabilidade envolvendo uma caixa e bolas pequenas. Nesta caixa colocamos quatro bolas cada uma de uma cor: preta, azul, verde e laranja. A caixa é fechada e, sem ver, você coloca a mão e segura uma bola. Sobre esse experimento, responda as duas perguntas abaixo.



- 1 Neste caso, usando o que você aprendeu lendo "A ponte quântica", quais seriam os estados quânticos deste experimento?
- 2 Depois que você segurou uma das bolas sem ver, qual a probabilidade de estar segurando uma bola azul?

RESPOSTAS: 1 - bola preta, bola azul, bola verde e bola laranja; 2 - 50%, pois uma vez que você segura a bola ou ela é azul ou não é.

# CAPÍTULO 03: DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA



FILHA, BOM DIA?

BOM DIA PAI.



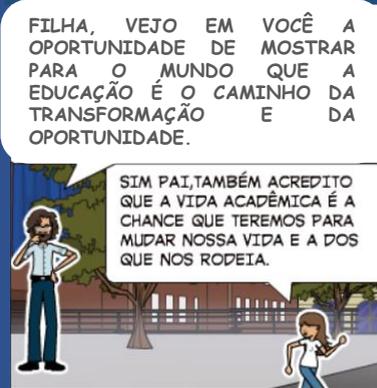
ESTAMOS AQUI PARA RECORDAR ALGUNS MOMENTOS DE NOSSA VIDA, EM QUE VOCÊ AINDA NEM ERA NASCIDA.

GOSTEI DA IDEIA. É BOM SABER.



POIS BEM! QUANDO ME GRADUEI EM FÍSICA EM 2015 OFERECI O CANUDO DE FORMATURA, ALGO SIBÓLICO, MAS MUITO SIGNIFICANTE, AINDA NO VENTRE DE SUA MÃE, DEDIQUEI AQUELE MOMENTO A VOCÊ! FILHA!

QUE LINDO PAI. AGORA EU COMEÇO A PERCEBER POR QUE O SENHOR SE PREOCUPA COM MEUS ESTUDOS.



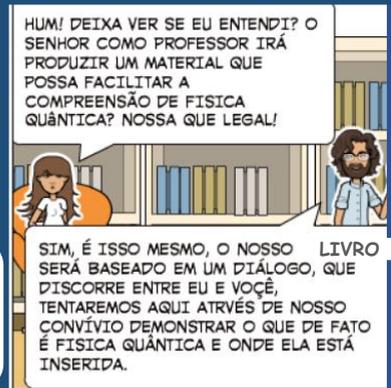
FILHA, VEJO EM VOCÊ A OPORTUNIDADE DE MOSTRAR PARA O MUNDO QUE A EDUCAÇÃO É O CAMINHO DA TRANSFORMAÇÃO E DA OPORTUNIDADE.

SIM PAI, TAMBÉM ACREDITO QUE A VIDA ACADÊMICA É A CHANCE QUE TEREMOS PARA MUDAR NOSSA VIDA E A DOS QUE NOS RODEIA.



PAI, VEJO NESTA HISTÓRIA UMA GRANDE OPORTUNIDADE DE INVESTIR NOS ESTUDOS.

SIM, ANALIZ. É O QUE PRETENDEMOS ALCANÇAR, ESCRIVENDO UM LIVRO QUE FICARÁ DISPONÍVEL PARA QUALQUER PESSOA QUE BUSQUE O ENTENDIMENTO SOBRE FÍSICA QUÂNTICA.



HUM! DEIXA VER SE EU ENTENDI? O SENHOR COMO PROFESSOR IRÁ PRODUIR UM MATERIAL QUE POSSA FACILITAR A COMPREENSÃO DE FÍSICA QUÂNTICA? NOSSA QUE LEGAL!

SIM, É ISSO MESMO, O NOSSO LIVRO SERÁ BASEADO EM UM DIÁLOGO, QUE DISCORRE ENTRE EU E VOCÊ, TENTAREMOS AQUI ATRVÉS DE NOSSO CONVÍVIO DEMONSTRAR O QUE DE FATO É FÍSICA QUÂNTICA E ONDE ELA ESTÁ INSERIDA.



PAI? EU NÃO SEI O QUE É DE FATO FÍSICA QUÂNTICA.

PODEMOS COMEÇAR NOSSO LIVRO ANALIZANDO VERDADEIRAMENTE O QUE É FÍSICA QUÂNTICA.



VAMOS À BIBLIOTECA!

PRONTO! PARA ISSO VAMOS COMEÇAR A PESQUISAR ALGUNS MATERIAS PARA NOS FUNDAMENTAR.



DEPOIS DE TERMOS ALGUNS MATERIAIS IREMOS DIALOGAR.

TÁ BOM PAI, VAMOS LER UM POUCO E POSTERIORMENTE DISCORRER SOBRE O ASSUNTO.



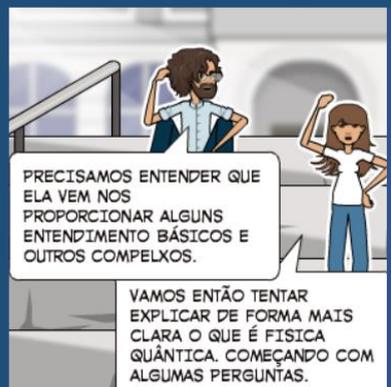
O PROPÓSITO AQUI FILHA É TENTAR RETIRAR INFORMAÇÕES DE COISAS QUE ENCONTRAMOS EM NOSSO COTIDIANO, INVESTIGAR ESSAS INFORMAÇÕES EM CARÁTER QUÂNTICO.

TÁ BOM, MEU PAI.



A FÍSICA QUÂNTICA NASCEU COM A NECESSIDADE DE SE EXPLICAR ALGUNS FENÔMENOS SUBATÔMICO, OU SEJA, COISAS QUE NÃO SÃO VISÍVEIS A NOSSOS OLHOS.

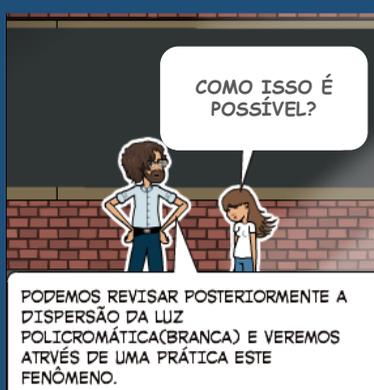
POIS BEM, O QUE É DE FATO FÍSICA QUÂNTICA?



PRECISAMOS ENTENDER QUE ELA VEM NOS PROPORCIONAR ALGUNS ENTENDIMENTO BÁSICOS E OUTROS COMPLEXOS.

VAMOS ENTÃO TENTAR EXPLICAR DE FORMA MAIS CLARA O QUE É FÍSICA QUÂNTICA. COMEÇANDO COM ALGUMAS PERGUNTAS.







FILHA VOCÊ SABIA QUE AS CORES NASCEM DE UMA FONTE DE LUZ?

ISSO EU SEI, MAS ME FALE UM POUCO MAIS.



NA NATUREZA NOSSA MAIOR FONTE DE LUZ É O SOL, SABIA FILHA QUE A LUZ É BASE FUNDAMENTAL PARA A EXISTÊNCIA DA VIDA!?

COMO A LUZ PODE INFLUENCIAR NA VIDA?



EU IREI EXPLICAR USANDO A QUÂNTICA.

ENTÃO QUER DIZER QUE A EXISTÊNCIA DA VIDA E A QUÂNTICA ESTÁ INTERLIGADA?



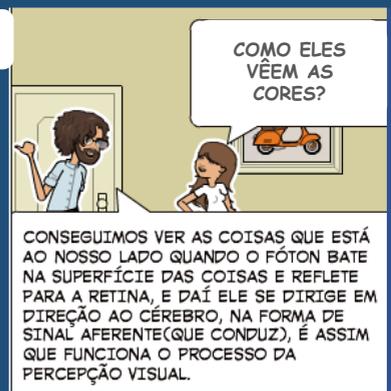
SIM. POR EXEMPLO, O LAGARTO PRECISA SE AQUECER PARA SE MANTER VIVO, ATRAVÉS DAS ONDAS QUE É CAPTADA POR ELE.

ENTÃO O SOL SE TORNA UMA FONTE DE ENERGIA PARA ELAS.



CLARO FILHA.

MAS TENHO MAIS UMA CURIOSIDADE.



COMO ELAS VÊM AS CORES?

CONSEGUIMOS VER AS COISAS QUE ESTÁ AO NOSSO LADO QUANDO O FÓTON BATE NA SUPERFÍCIE DAS COISAS E REFLETE PARA A RETINA, E DAÍ ELE SE DIRIGE EM DIREÇÃO AO CÉREBRO, NA FORMA DE SINAL AFERENTE(QUE CONDUZ), É ASSIM QUE FUNCIONA O PROCESSO DA PERCEPÇÃO VISUAL.



OS FÓTONS SÃO AS ONDAS QUE COMPÕEM A LUZ E PODEM SER DEFINIDOS COMO PEQUENOS "PACOTES" QUE TRANSPORTAM A ENERGIA CONTIDA NAS RADIAÇÕES.

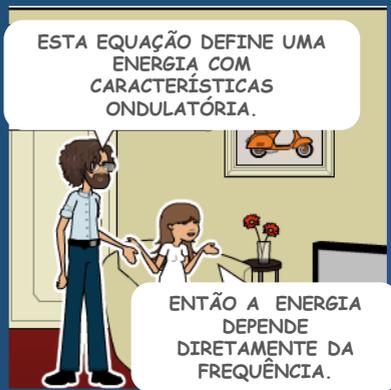
SÉRIO PAI? "AGORA ENTENDI, É A JUNÇÃO DE TUDO QUE FALAMOS LÁ NO COMEÇO.



O QUE ESSA EQUAÇÃO TEM A NOS DIZER?KKK

FILHA, SEGUNDO EINSTEIN, UM FÓTON DEVE POSSUIR UMA QUANTIDADE FIXA DE ENERGIA, DEFINIDA PELA SEGUINTE EQUAÇÃO:

$$E = h \cdot f$$



ESTA EQUAÇÃO DEFINE UMA ENERGIA COM CARACTERÍSTICAS ONDULATÓRIA.

ENTÃO A ENERGIA DEPENDE DIRETAMENTE DA FREQUÊNCIA.



ENTÃO UMA PARTÍCULA NÃO PODE SE COMPORTAR COMO ONDA?

CLARO QUE NÃO FILHA. VEJA SÓ...



PARA VOCÊ MEDIR A OSCILAÇÃO DE UM FÓTON É PRECISO MEDIR A FREQUÊNCIA DESTES SISTEMA.

COMPREENDI



CONSEGUI ENTENDER.

OLHE PARA O SEU LADO E VEJA A CHAMA, MESMO NÃO TOCANDO CONSEGUIMOS SENTIR A DIFERENÇA DE TEMPERATURA. ESSA É UMA FORMA DE PROPAGAÇÃO DA ONDA EM FORMA DE CALOR, ESSA POR IRRADIAÇÃO.



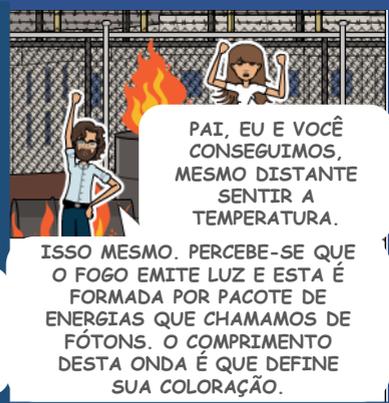
ONDAS EMITEM RADIAÇÃO ?

SIM! A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA É A DEFINIÇÃO DADA A ONDAS QUE NÃO DEPENDEM DE MEIOS PARA SE PROPAGAR.



O FOGO É UMA FONTE DE ONDAS E ENERGIA?!

CLARO QUE SIM PAI. DAR PRA PERCEBER QUE ELA VIAJA POR TODA PARTE.



PAI, EU E VOCÊ CONSEGUIMOS, MESMO DISTANTE SENTIR A TEMPERATURA.

ISSO MESMO. PERCEBE-SE QUE O FOGO EMITE LUZ E ESTA É FORMADA POR PACOTE DE ENERGIAS QUE CHAMAMOS DE FÓTONS. O COMPRIMENTO DESTA ONDA É QUE DEFINE SUA COLORAÇÃO.



VAMOS APROFUNDAR UM POUCO MAIS SOBRE AS CORES PAPAÍ?

ISSO FILHA, AGORA VAMOS ENTENDER O POR QUE DAS DIFERENTES CORES QUE ENCHERGAMOS.



JÁ ESTÁ ANOITECENDO, AMANHÃ DIALOGAREMOS SOBRE AS CORES NAS CHAMAS DE UM FOGÃO.

TÁ BOM PAPAÍ, IREI DORMIR. BEIJOS E ATÉ AMNHÁ.



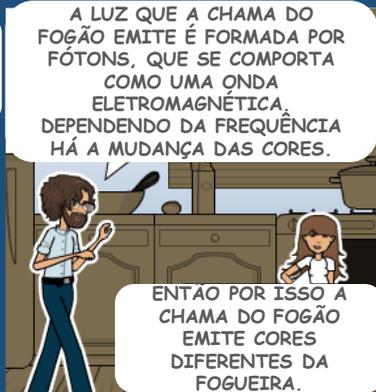
BOM DIA!

BOM DIA, FILHA!



PAI COMO EXPLICAR AS CORES DA CHAMA DO FOGÃO?

VAMOS LÁ! FILHA, É POR QUE A COR DO FOGO DEPENDE DA TEMPERATURA EM QUE ELE QUEIMA E, GERALMENTE, CADA PARTE DA CHAMA TEM UMA TEMPERATURA DIFERENTE. A COR DO FOGO, NA VERDADE, É RESULTADO DA COR DA LUZ QUE ELE EMITE.



A LUZ QUE A CHAMA DO FOGÃO EMITE É FORMADA POR FÓTONS, QUE SE COMPORTA COMO UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA, DEPENDENDO DA FREQUÊNCIA HÁ A MUDANÇA DAS CORES.

ENTÃO POR ISSO A CHAMA DO FOGÃO EMITE CORES DIFERENTES DA FOGUEIRA.



AS OUTRAS CORES DE CHAMAS DEPENDEM DE COMBUSTÍVEIS ESPECÍFICOS QUE LIBERAM SUBSTÂNCIAS AO ENTRAREM EM COMBUSTÃO.

ENTÃO A CHAMA COM CORES DIFERENTES SÓ É POSSÍVEL POR QUE SUAS FREQUÊNCIAS TAMBÉM SÃO DIFERENTES.



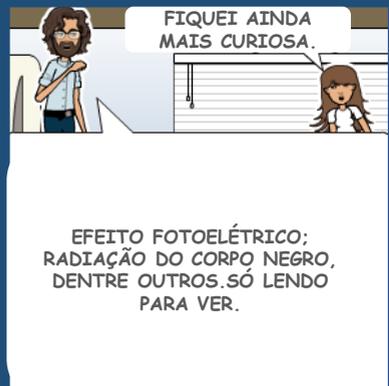
IREMOS AGORA VINCICIAR ASSUNTOS AINDA MAIS INTERESSANTE.

QUAL PAI? QUE ASSUNTOS SÃO ESSES?



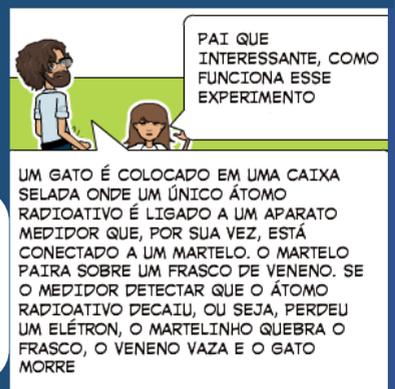
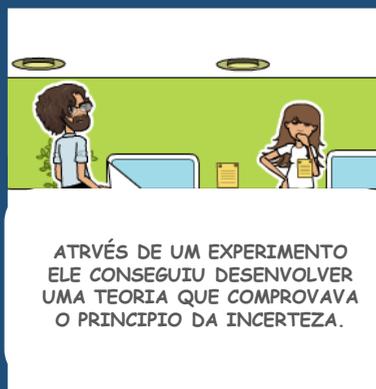
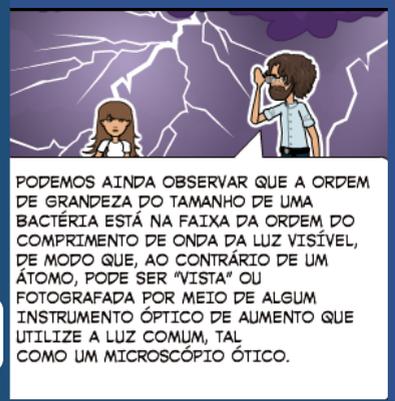
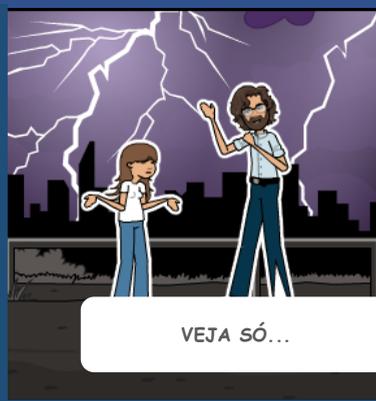
JÁ QUE ANALISAMOS DE FORMA INTRODUTÓRIA O CONCEITO DE PARTÍCULAS E UMA BREVE ANÁLISE DO QUE É ONDA, IREMOS NOS APROFUNDAR EM ALGUNS ASSUNTOS QUE SÓ A FÍSICA QUÂNTICA É CAPAZ DE EXPLICAR.

"QUE MARAVILHA", QUAIS CONTEÚDOS PAI?



FIQUEI AINDA MAIS CURIOSA.

EFEITO FOTOELÉTRICO; RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO, DENTRE OUTROS. SÓ LENDO PARA VER.



QUE INTERESSANTE.



A PROBABILIDADE DE ESSE ÁTOMO PERDER OU NÃO UM ELÉTRON É INCALCULÁVEL. PIOR: SEGUNDO O PRINCÍPIO DA INCERTEZA, A POSIÇÃO DESSE ELÉTRON É MÚLTIPLA: ELE ESTÁ TANTO PERTO DO NÚCLEO ATÔMICO (O ÁTOMO NÃO DECAIU) QUANTO LONGE (O ÁTOMO DECAIU) AO MESMO TEMPO. SUA POSIÇÃO "DEFINITIVA" SÓ É DETERMINADA SE ALGUÉM OBSERVÁ-LO

NOSSA QUE COMPLEXO.



COMO A VIDA OU A MORTE DO GATO ESTÁ DIRETAMENTE LIGADA À POSIÇÃO DO ELÉTRON, E ESTE ESTÁ EM MAIS DE UM LUGAR AO MESMO TEMPO, O GATO TAMBÉM ESTÁ EM UM ESTADO MÚLTIPO: TANTO VIVO QUANTO MORTO. O GATO NÃO TEM CAPACIDADE DE OBSERVAR O ÁTOMO E, COMO A CAIXA ESTÁ SELADA, NINGUÉM PODE VER NADA ALI DENTRO

AFINAL, O GATO MORREU OU ESTÁ VIVO?



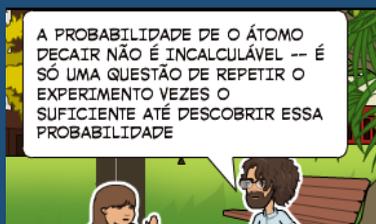
SE UM OBSERVADOR ABRE A CAIXA E OLHA PARA DENTRO, ELE IMEDIATAMENTE DETERMINA, POR OBSERVAÇÃO, EM QUE POSIÇÃO O ELÉTRON ESTÁ, O QUE TAMBÉM DEFINE A VIDA OU A MORTE DO GATO. O PARADOXO ESTÁ NA ESTRANHA SITUAÇÃO DO GATO: AFIRMAR QUE A OBSERVAÇÃO É QUE DETERMINA VIDA OU MORTE DO BICHANO EM VEZ DE APENAS REGISTRAR O ESTADO DELE SOA ABSURDO

ENTENDI, PAI!



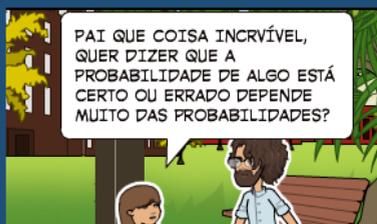
O MEDIDOR AGE COMO "OBSERVADOR" E DEFINE A POSIÇÃO DO ELÉTRON MUITO ANTES DE A CAIXA SER ABERTA. QUANDO A CAIXA É ABERTA, O GATO E O OBSERVADOR SE "DIVIDEM" EM DOIS "MUNDOS", UM EM QUE O GATO MORREU E OUTRO EM QUE ESTÁ VIVO

A PROBABILIDADE DE O ÁTOMO DECAIR NÃO É INCALCULÁVEL -- É SÓ UMA QUESTÃO DE REPETIR O EXPERIMENTO VEZES O SUFICIENTE ATÉ DESCOBRIR ESSA PROBABILIDADE



ENTENDI PAPAI, ATRAVÉS DAS REPETIÇÕES SUCESSIVAS PODEMOS CHEGAR A ALGUMAS CONCLUSÕES.

PAI QUE COISA INCRVÍVEL, QUER DIZER QUE A PROBABILIDADE DE ALGO ESTÁ CERTO OU ERRADO DEPENDE MUITO DAS PROBABILIDADES?



ISSO FILHA.

ENTÃO FILHA, CONTINUANDO TEREMOS QUE FALAR DOS OBJETOS CLÁSSICOS E QUÂNTICOS.



O QUE SIGNIFICA ??



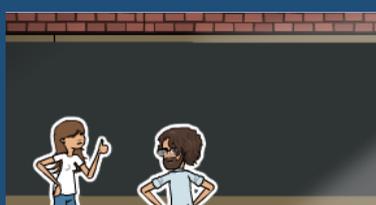
OS SISTEMAS FÍSICOS SÃO CARACTERIZADOS PELO SEU ESTADO, O QUAL É DEFINIDO PELOS VALORES ASSUMIDOS POR UM CONJUNTO MÍNIMO DE GRANDEZAS FÍSICAS, QUE SÃO PROPRIEDADES MENSURÁVEIS DOS OBJETOS.



ENTÃO EXISTE UM CONJUNTO MÍNIMO DE GRANDEZAS FÍSICAS QUE DEFINE O ESTADO DE UM SISTEMA FÍSICO QUALQUER?



SIM FILHA VOCÊ ESTÁ CORRETA EM SUA AFIRMAÇÃO.



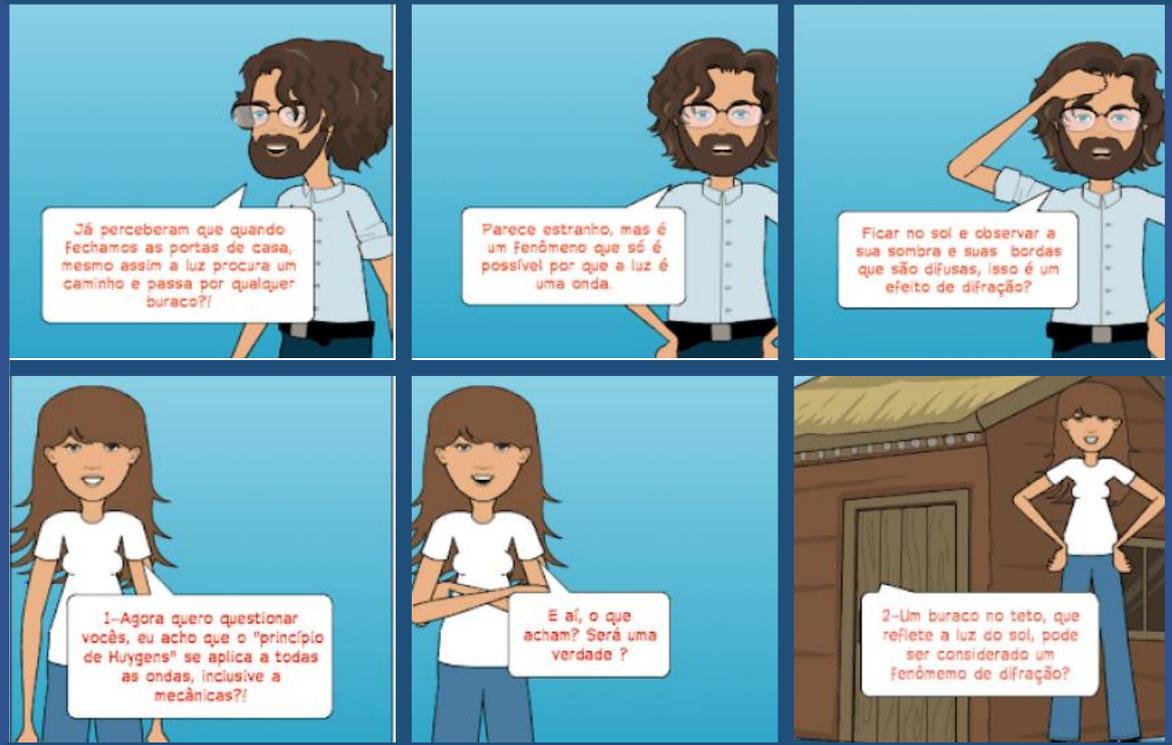
A MECÂNICA QUÂNTICA TRABALHA COM SISTEMAS FORMADOS POR OBJETOS QUÂNTICOS, QUE, COMO REFERIMOS ANTERIORMENTE, SÃO OBJETOS SUBATÔMICO.  
...

MUITO MASSA. ADOREI TUDO QUE APRENDI ATÉ AQUI.

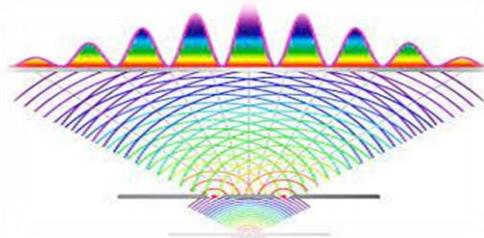


PODEMOS CITAR OS ELÉTRONS, PRÓTONS, NÊUTRONS, NÚCLEOS ATÔMICOS OU MOLÉCULAS, TODOS ELAS SENDO OBJETOS FÍSICOS DOTADOS DE MASSA. CONTUDO, TAMBÉM PODEMOS CITAR COMO EXEMPLOS DE OBJETOS QUÂNTICOS OS FÔTONS QUE FORMAM A LUZ E QUE NÃO POSSUEM MASSA.

# DESAFI : Dualidade Quântica.



**PENSE E REFLITA:** Agora que você leu o terceiro capítulo desta revista em quadrinhos, "Dualidade Quântica", acompanhando as aventuras da Analiz ao analisar os fenômenos de física, que tal testarmos um pouco sobre o que você aprendeu durante esse processo? Aqui apresentamos um teste que envolve o nosso cotidiano. Responda.



- 1 Você acha que o princípio de Huygens se aplica a onda mecânica?
- 2 Um furo no teto que passa a luz solar, pode ser considerado um fenômeno de difração?

RESPOSTAS: 1 - Não, pois o experimento serve para mostrar que cada ponto em uma frente de onda funciona como uma nova fonte, produzindo ondas que se propagam com a mesma frequência, velocidade e na mesma direção das ondas originais; RESPOSTA 2: Sim, pois a luz solar é uma onda eletromagnética.

# 04-ENTENDENDO FOTÓNS E O EFEITO FOTOELÉTRICO

**Panel 1 (Row 1, Column 1):**  
PAPAI O QUE IREMOS DISCUTIR NESSE MOMENTO?  
QUE INTERESSANTE  
IREMOS ENTENDER O QUE É ELÉTRONS E FOTÓNS  
QUERO ENTENDER MELHOR. VOCÊ CONSEGUE EXEMPLIFICAR?

**Panel 2 (Row 1, Column 2):**  
COMO FOI ISSO, COMO POSSO ACREDITAR QUE ISSO É VERDADE?  
E QUEM ESTUDOU SOBRE?  
FOI O FÍSICO BRITÂNICO JOSEPH JOHN THOMSON (1856-1940) QUEM DESCOBRIU OS ELÉTRONS EM 1897, ATRAVÉS DA CONFIRMAÇÃO DE QUE OS RAIOS CATÓDICOS SÃO FORMADOS POR FEIXES DE MINÚSCULAS PARTÍCULAS COM CARGAS ELÉTRICAS NEGATIVAS (E DE MESMO VALOR), MAIS TARDE CHAMADAS DE ELÉTRONS

**Panel 3 (Row 1, Column 3):**  
CAROS JOVENS, ALGUMAS CONCEPÇÕES FÍSICAS SÃO MERA ACEITAÇÃO OUTRA É PROVADE CIENTIFICAMENTE.  
COMO PAI?  
MAS PROFESSOR COMO POSSO TER BASE SOBRE ESTE PROBLEMA EM QUESTÃO.

**Panel 4 (Row 2, Column 1):**  
THOMSON DESCOBRIU QUE OS ELÉTRONS POSSUEM CARGA ELÉTRICA AO COMPROVAR QUE ELAS ERAM DESVIADAS NA PRESENÇA DE UM CAMPO ELÉTRICO E/OU DE UM CAMPO MAGNÉTICO. POR MEIO DA DIREÇÃO E DO SENTIDO EM QUE ESSAS PARTÍCULAS ERAM DESVIADAS, THOMSON CONCLUIU QUE SUAS CARGAS ELÉTRICAS SÃO NEGATIVAS E CHAMOU-OS DE ELÉTRONS.

**Panel 5 (Row 2, Column 2):**  
PAPAI EU ENTENDI, AGORA A CONCEPÇÃO DE FOTÓNS.  
VAMOS VER O QUE SIGNIFICA FOTÓNS...  
FOTÓNS TEM ALGO A VER COM LUZ?

**Panel 6 (Row 2, Column 3):**  
PDEIXA MAIS CLARO PARA QUE ELA POSSA DEIXAR DE SER CHATA.  
NÃO ESTOU ACEITANDO ESTA CONCEPÇÃO.  
UM FÓTON, PORTANTO, É UM QUANTUM DE LUZ. O NOME FÓTON FOI CUNHADO SOMENTE EM 1926 PELO FÍSICO GILBERT NEWTON LEWIS (1875-1946).

**Panel 7 (Row 3, Column 1):**  
ACHO QUE JÁ OUVI FALAR.  
FILHA EXISTE UM EXPERIMENTO MUITO BACANA EM RELAÇÃO AO CONCEITO DE FOTÓNS.  
ENTÃO ME DIZ QUE EXPERIMENTO É ESTE.

**Panel 8 (Row 3, Column 2):**  
INTERESSANTE..  
BOM, VAMOS LÁ! O EXPERIMENTO É CHAMADO DE EFEITO FOTO ELÉTRICO.  
JÁ ESTUDEI UM POUCO SOBRE ESSE ASSUNTO.

**Panel 9 (Row 3, Column 3):**  
PARECE QUE JÁ VIVI ESTE MOMENTO.  
PARA ISSO COMEÇAREMOS A FALAR DA DUALIDADE DA LUZ.  
OLHA QUE COISA INTERESSANTE, DUALIDADE QUER DIZER DUAS COISAS?

**Panel 10 (Row 4, Column 1):**  
SIM?  
E AI PAI?  
SIM, ESTÃO CERTOS DA AFIRMAÇÃO.

**Panel 11 (Row 4, Column 2):**  
UM ASSUNTO INTERLIGADO COM OUTROS.  
NOSSA, AS COISAS TÊM A FICAR AINDA MAIS INTERESSANTE.  
SOB DETERMINADAS CONDIÇÕES, A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA APRESENTA PROPRIEDADES TÍPICAMENTE ONDULATÓRIAS, TAIS COMO DIFRAÇÃO, INTERFERÊNCIA E POLARIZAÇÃO (O EXPERIMENTO DE YOUNG CONSTITUIU UMA MANIFESTAÇÃO BASICAMENTE DA INTERFERÊNCIA).(FAVOR PESQUISAR SOBRE O EXPERIMENTO EM QUESTÃO)

**Panel 12 (Row 4, Column 3):**  
DEPOIS DE TER FEITO A PESQUISA VOCÊS DEVEM ANALISAR E QUESTIONAR SUA PROBLEMÁTICA.  
ENTENDI.  
TÁ BOM.



NÃO CONSIGO ACEITAR ESSA EXPLICAÇÃO, GOSTARIA QUE FOSSE MAIS CLARO.

ESPERE UM POUCO, PAPAI IRÁ EXPLICAR.

SOB OUTRAS CONDIÇÕES, PORÉM, A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA COMPORTA-SE COMO SE FOSSE CONSTITUÍDA POR UM FEIXE DE PARTÍCULAS



ESSES ASPECTOS CORPUSCULARES DA LUZ SÓ FORAM REVELADOS PELA PRIMEIRA VEZ EM EXPERIMENTOS REALIZADOS NAS PRIMEIRAS DÉCADAS DO SÉCULO XX, EMBORA O EFEITO FOTOELÉTRICO, DE 1887 CONSTITUA DE FATO UMA MANIFESTAÇÃO DESSE CARÁTER.



MUITO BACANA.

PODE SER MAIS CLARO?

NESSE MODELO CORPUSCULAR A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA É CONSIDERADA COMO SENDO UM FEIXE OU UMA CORRENTE DE PARTÍCULAS DE LUZ, OU QUANTA DE LUZ, CHAMADAS ATUALMENTE DE FÓTONS.



HÁ, ENTÃO FOI O EXPERIMENTO QUE PROVOU ?

PARCECE QUE SIM.

O FATO DE A NATUREZA DA LUZ DEIXAR DE PODER SER CONSIDERADA SOMENTE COMO ONDULATÓRIA FOI INICIALMENTE REVELADO, COMO AFIRMAMOS, NO EFEITO FOTOELÉTRICO, QUE NÃO PODIA SER EXPLICADO CORRETAMENTE COM BASE NA TEORIA ONDULATÓRIA DA LUZ.



ENTÃO CONSEGUIMOS ENTENDER QUE ATRAVÉS DA EXPERIMENTAÇÃO É QUE CONSEGUIMOS PROVAR MUITA COISA.



GOSTEI BASTANTE.

ISSO MESMO, A EXPERIMENTAÇÃO É E SEMPRE FOI UMA BASE PARA COMPROVAR E TIRAR ALGUMAS DÚVIDAS.

GOSTO MUITO DE ESTUDAR USANDO OS EXPERIMENTOS. FICA MAIS CLARO.



PARADOXALMENTE, A OBSERVAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO ACONTECEU QUANDO HEINRICH HERTZ REALIZAVA EXPERIÊNCIAS PARA CONFIRMAR A EXISTÊNCIA DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS, EM 1887.



TUDO ISSO ERA CAPAZ DE SER VISTO?

HERTZ OBSERVOU QUE, QUANDO A RADIAÇÃO LUMINOSA ULTRAVIOLETA INCIDIA SOBRE UM ELETRODO NEGATIVAMENTE CARREGADO E FEITO DE UM METAL ALCALINO, PROMOVIA UMA DESCARGA ELÉTRICA (CORRENTE ELÉTRICA) ENTRE ESSE ELETRODO E O OUTRO (CARREGADO POSITIVAMENTE)



ISSO CONSTITUÍA UMA INDICAÇÃO DE QUE OS ELÉTRONS CONSEGUÍAM SAIR DA SUPERFÍCIE DO METAL DO ELETRODO NEGATIVAMENTE CARREGADO PELA ABSORÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA LUZ INCIDENTE.

FALA AÍ ANALIZ O QUE ENTENDEU.

PAI COMEÇO A PERCEBER QUE ISSO INDICAVA QUE A ENERGIA CINÉTICA DOS FOTOELÉTRONS DEPENDIA DA FREQUÊNCIA DA LUZ USADA, MAS NÃO DE SUA INTENSIDADE?



OI?

ONDAS?

ONDAS...



ESSAS PESSOAS NÃO SÃO NORMAIS..

AS ONDAS...

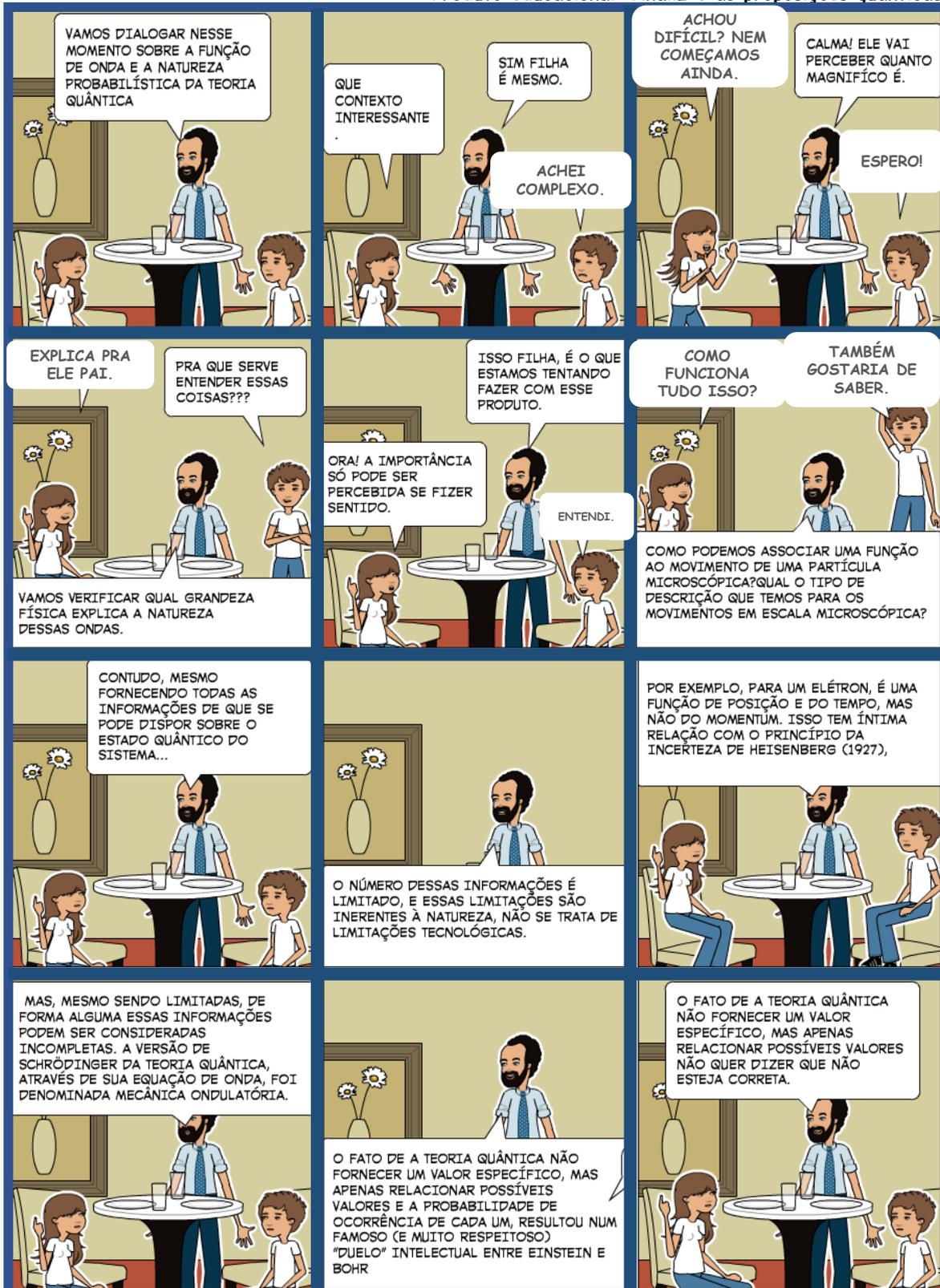
ELAS ESTÃO POR TODA A PARTE.



FICAM FALANDO EM CÓDIGO. NÃO GOSTEI.

ESPEREM UM MINUTO.

UÉ?!



ANALIZ ESTÁ CHEGANDO PARA DEBATERMOS SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO.



NO MUNDO QUANTICO PARTÍCULAS SUBATÔMICAS E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA É O QUE MAIS IMPORTA.



QUAL SERIA SEU SIGNIFICADO PARA A CIÊNCIA ?

POR EXEMPLO, A TECNOLOGIA DA INFORMATIZAÇÃO, TUDO ISSO E MAIS FAZEM PARTE DA FÍSICA QUÂNTICA.

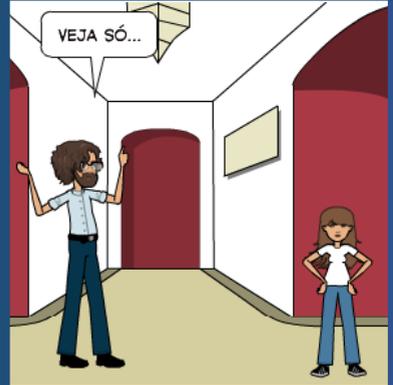


ENTÃO VAMOS ADIANTE COM ESSE ESTUDO.



CONSIDERA-SE A FÍSICA MODERNA COMO TENDO DUAS VERTENTES.

QUAIS PAI?



VEJA SÓ...

QUAL É A PRIMEIRA?

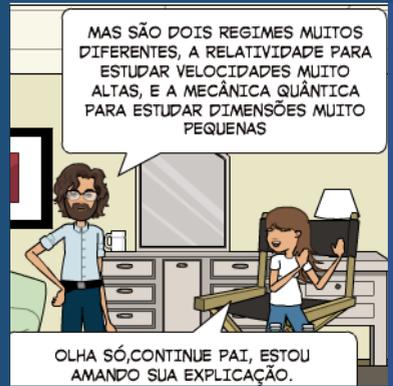


A PRIMEIRA DELAS É A TEORIA DA RELATIVIDADE: NELA SÃO ESTUDADOS OS FENÔMENOS OBSERVADOS POR OBJETOS COM VELOCIDADES MUITO GRANDES, PRÓXIMAS À VELOCIDADE DA LUZ



E A SEGUNDA É A FÍSICA QUÂNTICA: A DESCRIÇÃO DO MUNDO DAS COISAS MUITO PEQUENAS.

ENTENDI PAPAÍ.



MAS SÃO DOIS REGIMES MUITOS DIFERENTES, A RELATIVIDADE PARA ESTUDAR VELOCIDADES MUITO ALTAS, E A MECÂNICA QUÂNTICA PARA ESTUDAR DIMENSÕES MUITO PEQUENAS

OLHA SÓ, CONTINUE PAI, ESTOU AMANDO SUA EXPLICAÇÃO.

A PALAVRA QUÂNTICA VEM DE QUANTIFICAÇÃO.

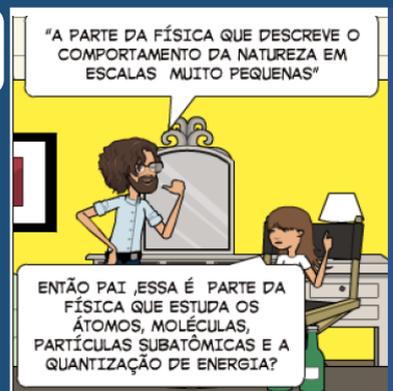


PAPAÍ O QUE SIGNIFICA FÍSICA QUÂNTICA MESMO?



QUAL SERIA O SIGNIFICADO DE QUÂNTICA PARA A FÍSICA?

VOCÊ NÃO CONSEGUE IMAGINAR?



"A PARTE DA FÍSICA QUE DESCREVE O COMPORTAMENTO DA NATUREZA EM ESCALAS MUITO PEQUENAS"

ENTÃO PAI, ESSA É PARTE DA FÍSICA QUE ESTUDA OS ÁTOMOS, MOLÉCULAS, PARTÍCULAS SUBATÔMICAS E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA?

ISSO É INTERESSANTE

SIMENTÃO FILHA, É POR DESCRIVER A NATUREZA EM ESCALAS MUITO PEQUENAS, ESCALAS A QUAL NÃO ESTAMOS ACOSTUMADOS, QUE FICA MUITO DIFÍCIL USAR A INTUIÇÃO PARA TENTAR COMPREENDÊ-LA

A FÍSICA QUÂNTICA TEM MUITO A CONTRIBUIR COM A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA.

HÁ... ENTENDI. O QUANTO A FÍSICA QUÂNTICA DEVE SER IMPORTANTE PARA A HUMANIDADE.

VAMOS AGORA NOS DETER AO EFEITOFOTOELÉTRICO.

EU QUERO VER NO QUE VAI DAR.KKK

TA CERTO PAPAÍ.

OI SOU WILLI ESTAVA VENDO VOCÊS CONVERSANDO SOBRE FÍSICA QUÂNTICA. GOSTARIA DE PARTICIPAR.

ENTÃO VAMOS.

GALERA, EM 1887 HEINRICH HERTZ REALIZOU AS EXPERIÊNCIAS QUE CONFIRMARAM A EXISTÊNCIA DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS...

E TINHA TECNOLOGIA EM 1887 PARA ISSO?

NOSSA PAPAÍ, SÉRIO QUE ELE PÔDE PERCEBER TUDO ISSO EM UM EXPERIMENTO.

EU NAO ACREDITO NESSAS COISAS, SÓ ACREDITO VENDO.

ELE ALÉM DE DESCOBRIR A EXISTÊNCIA DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA, PERCEBEU TAMBÉM EM SEUS EXPERIMENTOS QUE O FENÔMENO NÃO ERA DE NATUREZA ELETROSTÁTICA, E QUE A LUZ PODERIA GERAR FAÍSCAS.

A LUZ GERA FAÍSCA?

ISSO É UMA LOUCURA, CONTINUO ACHANDO TUDO ISSO UMA BESTEIRA.

AS FAÍSCAS SÃO PROVIMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO, QUEM PESQUISOU FOI THOMISSON, ONDE ESSAS SÃO A EMISSÃO DE ELÉTRONS.

ESSA EMISSÃO DE ELÉTRONS OCORRE ATRAVÉS DA ENERGIA QUÂNTIZADA

SÃO PACOTES DE ENERGIAS COM VALORES MÍNIMOS.

SEI !

VOCÊ CONSEGUIU ENTENDER?

SERÁ QUE EU NÃO POSSO TER UMA OUTRA QUANTIDADE DE ENERGIA?

EM 1900 MAX PLANK PROPÔS QUE SÓ PODIAM SER EMITIDAS ENERGIAS EM DETERMINASDAS QUANTIDADES.

MAS PRECISAMENTE, EM QUANTIDADES INTEIRAS DE "H" "F"

E O QUE É "H" E "F" NESSA HISTÓRIA??

POIS É PAPI O QUE É ISSO?

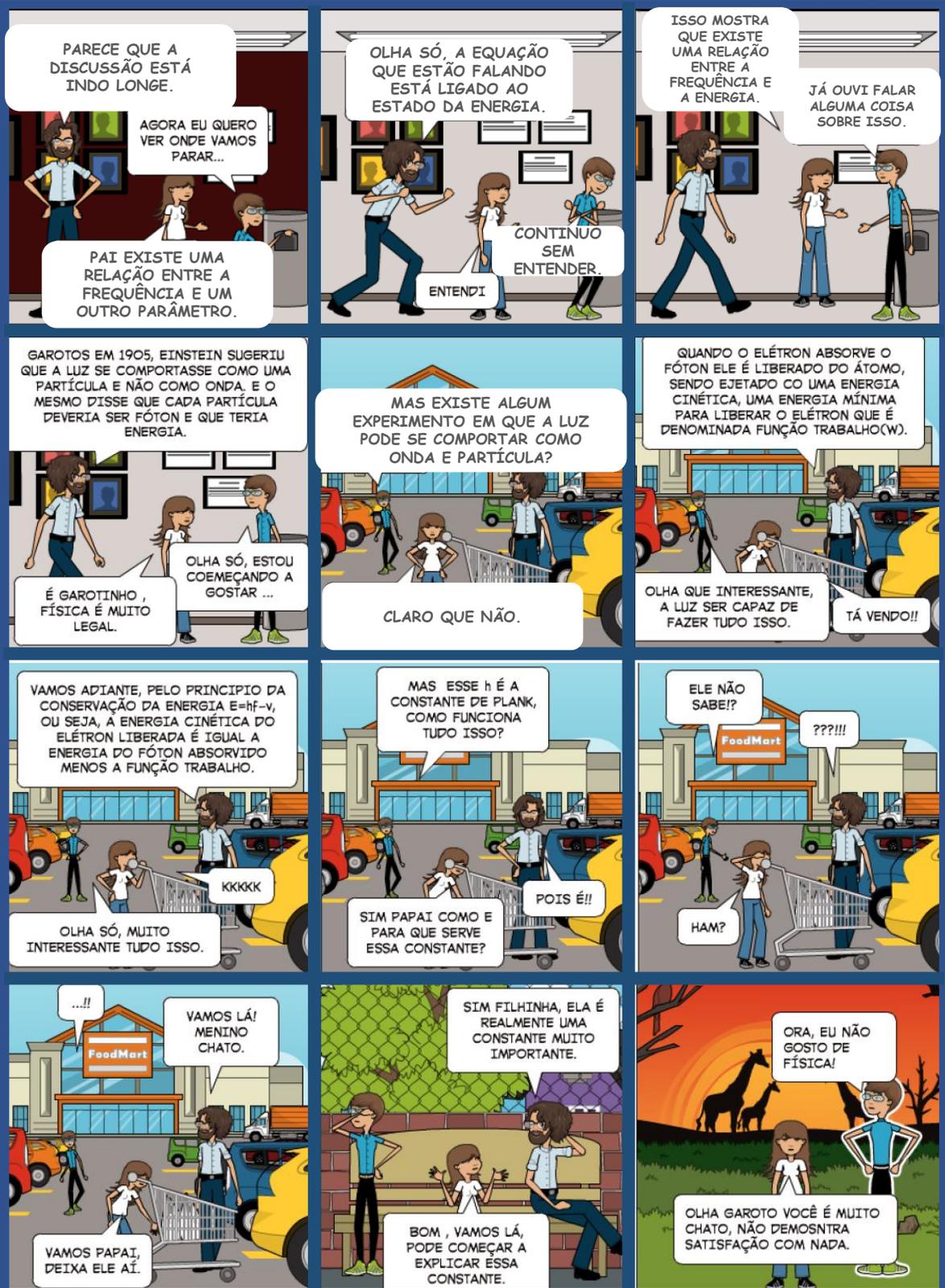
ESTÁ VENDO CRIATURA COMO AGORA FAZ SENTIDO.

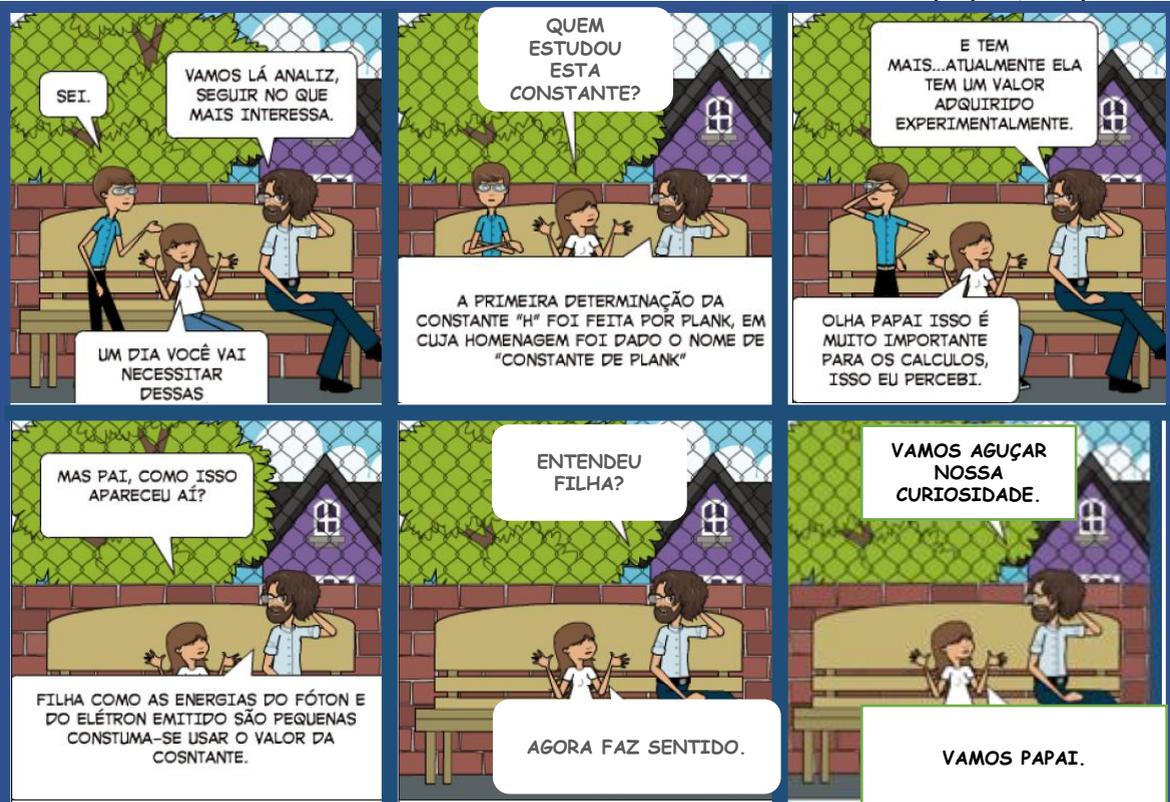
SENTIDO DE QUÊ?

"H" PASSOU A SE CHAMAR DE CONSTANTE DE PLANK E "F" É A FREQUENCIA DA RADIÇÃO EMITIDA.

ISSO GAROTOS, ESTOU GOSTANDO DO DIALOGO.

ENTÃO QUANTO MAIOR A FREQUÊNCIA MAIOR O NÚMERO DE ELÉTRONS POR TEMPO DE EXCITAÇÃO??





### VOCÊ SABIA?

- Que o efeito fotoelétrico foi visualizado pela primeira vez em 1839 por Becquerel, ele descobriu que certos materiais emitiam corrente elétrica ao ser iluminado.
- Em 1887 foi confirmado esse efeito por Hertz.

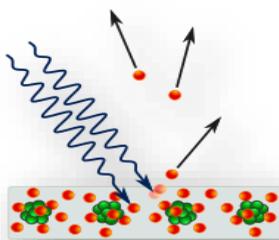
### VOCÊ SABIA?

- ✓ Na teoria clássica acreditava-se que ao aumentar a intensidade da luz aumentaria a energia cinética dos elétrons arrancados. Isso foi desmentido por Hertz em 1887, pois em seu experimento ficou provado que ao aumentar a intensidade da luz aumentaria a quantidade de elétrons arrancados( a energia permanecia a mesma).

# DESAFI@: O Efeito Fotoelétrico



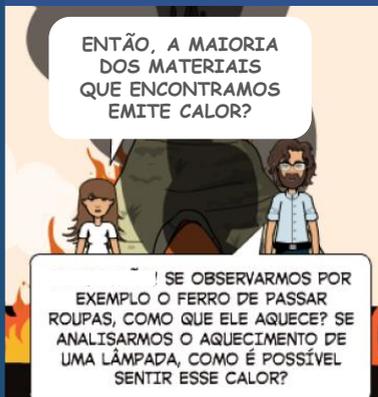
**PENSE E REFLITA:** Agora que você leu o quarto capítulo desta revista em quadrinhos, "O efeito fotoelétrico", e vivenciando as aventuras da Analiz ao passar sobre essa proposição quântica, que tal testarmos um pouco sobre o que você aprendeu durante esse processo? Aqui apresentamos um teste sobre efeito fotoelétrico. Nestes questionamentos estão as problemáticas encontradas ao vivenciar a experimentação deste fenômeno. Responda as duas perguntas abaixo.

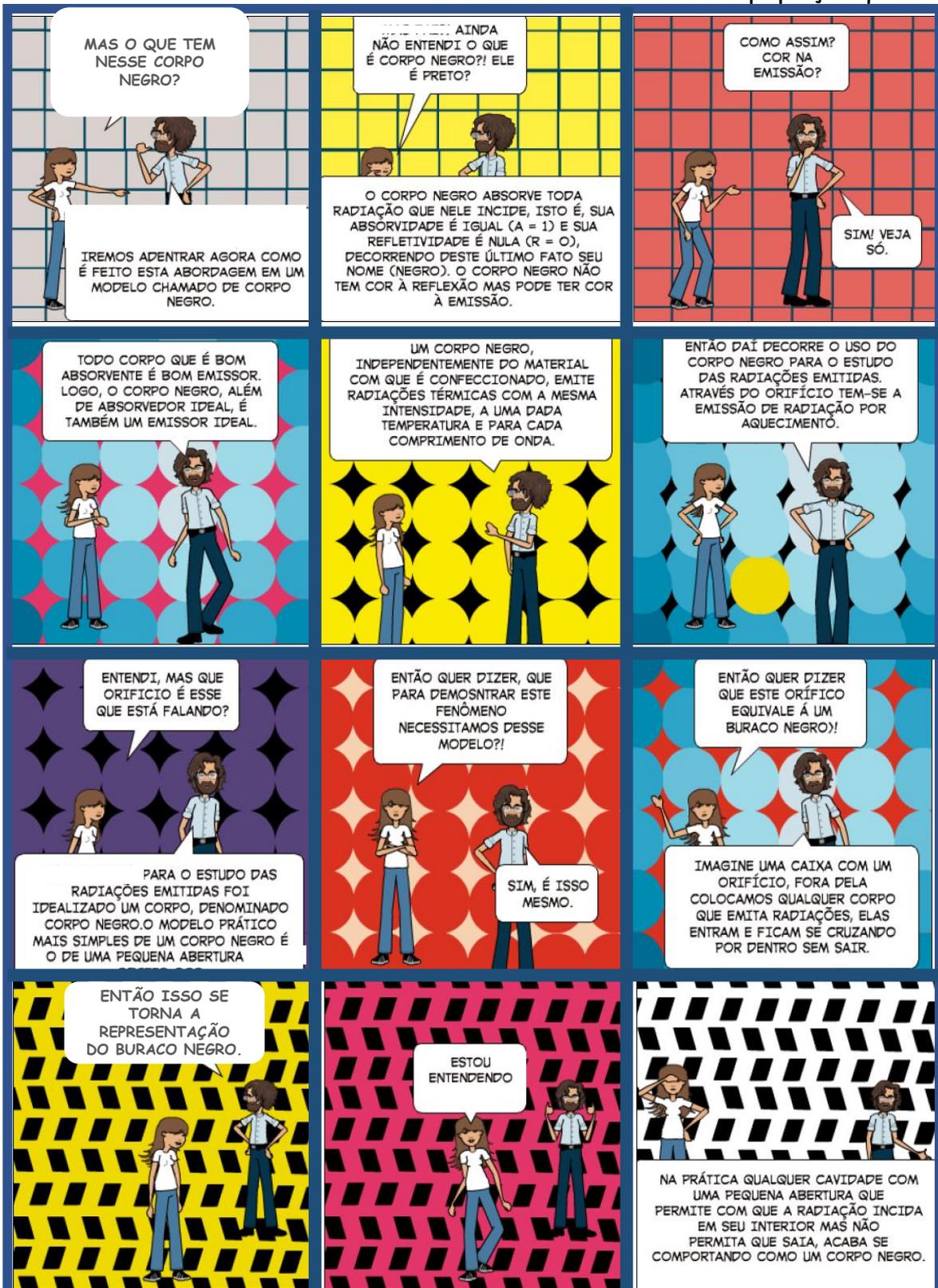


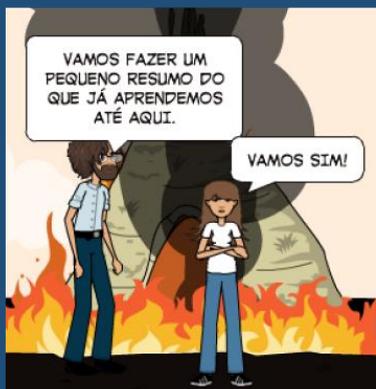
- 1 A energia cinética dos elétrons ejetadas dependem exclusivamente da frequência da luz incidente ?
- 2 A intensidade incidente da luz afetará somente a quantidade de elétrons que é ejetado a cada segundo?

RESPOSTAS: 1 - Sim, aumentar a intensidade da luz aumentaria a quantidade de elétrons arrancados) a energia permanecia a mesma); RESPOSTA: 2 - Sim.

# CAPÍTULO 05: RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO









CORPO NEGRO ABSORVE TODA A RADIAÇÃO INCIDENTE SOBRE ELE; TAMBÉM EMITE QUALQUER RADIAÇÃO.



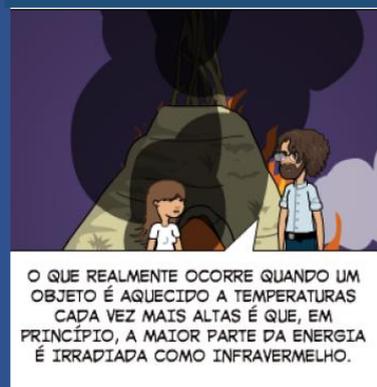
... TUPO ISSO É MUITO INTERESSANTE ISSO NOS MOTRA MUITA RELAÇÃO COM NOSSO DIA A DIA.

ISSO É O NOSSO PROPOSITO.



TEM ALGO AINDA MAIS IMPORTANTE SOBRE O CORPO NEGRO?

SIM, VAMOS FINALIZAR COM MAIS PROPOSIÇÕES, TENTAR DEIXAR AINDA MAIS CLARO.



O QUE REALMENTE OCORRE QUANDO UM OBJETO É AQUECIDO A TEMPERATURAS CADA VEZ MAIS ALTAS É QUE, EM PRÍNCÍPIO, A MAIOR PARTE DA ENERGIA É IRRADIADA COMO INFRAVERMELHO.



A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA ... É UMA RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE NA PORÇÃO INVISÍVEL

OLHA SÓ, MUITO INTERESSANTE.



QUER DIZER QUE EXISTEM RADIAÇÕES QUE PODEMOS VER E OUTRAS NÃO?!

SIM, ISSO TUDO VAI DEPENDER DO COMPRIMENTO DE ONDA.



ENTÃO COMO PODEMOS ENTENDER AS ONDAS VISÍVEIS.

APÓS UM DETERMINADO AQUECIMENTO O CORPO COMEÇA A BRILHAR EM VERMELHO VISÍVEL INCANDESCENTE E SE O AQUECIMENTO CONTINUAR, TEREMOS LARANJA, E AZUL ESBRANQUIÇADO.



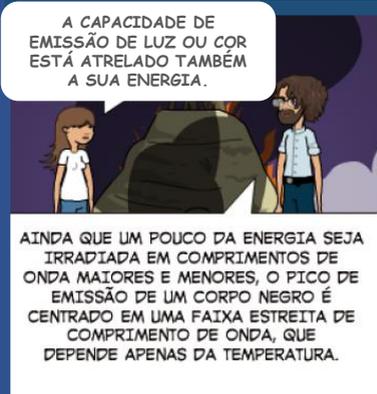
ISSO, EU CONSIGO VISUALIZAR NA CHAMA DO FOGÃO LÁ DE CASA.

ISSO MESMO FILHA,



ENTAO O QUE CONSIGO VER TAMBÉM DEPENDE DA TEMPERATURA

VEJA ANALIZ, QUANTO MAIS QUENTE O CORPO, MENOR É O COMPRIMENTO DE ONDA QUE A MAIOR PARTE DE SUA ENERGIA É IRRADIADA.



A CAPACIDADE DE EMISSÃO DE LUZ OU COR ESTÁ ATRELADO TAMBÉM A SUA ENERGIA.

AINDA QUE UM POUCO DA ENERGIA SEJA IRRADIADA EM COMPRIMENTOS DE ONDA MAIORES E MENORES, O PICO DE EMISSÃO DE UM CORPO NEGRO É CENTRADO EM UMA FAIXA ESTREITA DE COMPRIMENTO DE ONDA, QUE DEPENDE APENAS DA TEMPERATURA.



IREI APROFUNDAR MEUS ESTUDOS, POIS GOSTEI DESSE ASSUNTO.

SIM FILHA, FAÇA ISSO, É MUITO BOM PENSAR E AGIR COMO CIENTISTA.



IREI FAZER PESQUISAS SOBRE. QUERO SER UMA CIENTISTA.

VÁ FILHA, SIGA...LUTE..

# DESAFI@ : A lata Negra.



Já ouviu falar em corpo negro  
Ou em radiação do corpo  
negro?



Corpo negro é uma denominação  
aos corpos que absorvem toda a  
radiação que incide sobre ele.



Por exemplo: Quando colocamos uma  
lata espelhada e outra pintada de  
vermelho, percebemos que aquela  
espelhada refletiu mais radiação e  
por sua vez ficou com menor  
temperatura que aquela que estava  
pintada, pois a que estava pintada  
absorveu muito mais radiação, ficando  
assim com maior temperatura.



Sabia que tudo que tem luz emite  
radiação, em forma de onda  
eletromagnética, as vezes visíveis,  
outras nem tanto.



Falando em radiação, se você for  
andar no centro da sua cidade, por  
volta do meio dia, qual a diferença  
entre escolher uma camisa preta e  
uma camisa branca? Qual você  
escolheria e tente apontar o motivo  
desta escolha.



1-Imagine uma lâmpada amarela  
conhecida como incandescente( quente)  
é colocada próxima das duas latas,  
uma branca e outra preta. Qual das  
latas ficaram com maior temperatura  
e por que isso acontece?

**PENSE E REFLITA:** Agora que você leu o quinto capítulo desta revista em quadrinhos, "A lata negra", e podendo acompanhar as aventuras da Analiz ao usar a lata negra, que tal testarmos um pouco sobre o que você aprendeu durante esse processo? Aqui apresentamos um teste depois de usar esta lata. Nesta lata abordaremos a emissão e absorção do calor: O comportamento deste calor ao passar por uma lata escura e uma lata branca. Sobre esse experimento, responda as duas perguntas abaixo.



- 1 Você resolve passear por volta de meio dia, ensolarado. Qual a diferença em usar uma camisa branca e outra preta?
- 2 Imagina uma lâmpada amarela(quente) é colocada próximo de duas latas, uma branca e outra preta. Qual das duas ficará com maior temperatura? Por que isso acontece?

RESPOSTAS: 1 - Como a cor mais clara, tendendo ao branco tem a capacidade de refletir todas as cores, quando o raio ultravioleta atinge essa superfície, vai sofrer reflexão, fazendo com que o corpo não receba tanto calor. Já a cor preta age como inverso, ela absorve todas as cores, fazendo com que o corpo receba mais calor. RESPÓSTA: 2 - A lâmpada mais escura fica com maior temperatura do que a outra que é mais clara, pois a mais escura absorve toda a energia irradiada em forma de calor.

# CAPÍTULO 06: ABSORÇÃO E EMISSÃO DE LUZ



OLÁ!? PAI É VERDADE QUE VAMOS FALAR SOBRE LUZ E CORES?

SIM ANALIZ, FAREMOS AGORA UM ESTUDO SOBRE A ABSORÇÃO E EMISSÃO DE LUZ, POSTERIORMENTE AS CORES.



SABE ME DIZER ONDE SE ESTUDOU O CONCEITO DE LUZ?

SABIA FILHA QUE OS PRIMEIROS ESTUDOS SOBRE A NATUREZA DA LUZ ACONTECEU NA GRÉCIA ANTIGA?!



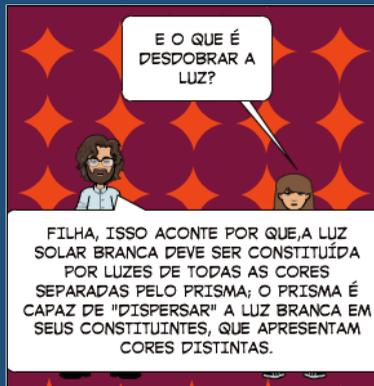
QUEM FOI QUE ESTUDOU A NATUREZA DA LUZ?

...; TEVE UM CIENTISTA QUE FORMULOU A TEORIA MODERNA SOBRE AS CORES, ESSE FOI ISACC NEWTON.



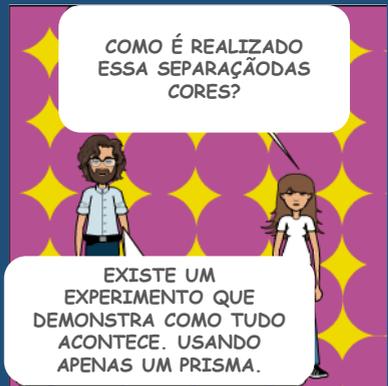
NOSSA COMO TUDO ISSO ACONTECE?

...: OBSERVOU QUE UM FEIXE DE LUZ SOLAR BRANCA SE DESDOBRA NUMA SÉRIE DE FEIXES DE LUZ DE CORES DIFERENTES (VERMELHO, LARANJA, AMARELO, VERDE, AZUL E VIOLETA) AO ATRAVESSAR UM PRISMA.



E O QUE É DESDOBRAR A LUZ?

FILHA, ISSO ACONTECE POR QUE, A LUZ SOLAR BRANCA DEVE SER CONSTITUÍDA POR LUZES DE TODAS AS CORES SEPARADAS PELO PRISMA; O PRISMA É CAPAZ DE "DISPERSAR" A LUZ BRANCA EM SEUS CONSTITUINTES, QUE APRESENTAM CORES DISTINTAS.



COMO É REALIZADO ESSA SEPARAÇÃO DAS CORES?

EXISTE UM EXPERIMENTO QUE DEMONSTRA COMO TUDO ACONTECE. USANDO APENAS UM PRISMA.



COMO ACONTECE, PAI?

AS LUZES DE DIFERENTES CORES ATRAVESSAM O MATERIAL DO PRISMA COM VELOCIDADES DIFERENTES E, PORTANTO, POSSUEM DIFERENTES ÂNGULOS DE REFRAÇÃO. POR ISSO ELAS SE DISPERSÃO.



MAS PAI, O QUE É NA VERDADE LUZ?

LUZ É UMA FORMA ESPECIAL DE ENERGIA CONHECIDA COMO RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA ESSE NOME SE DEVE À ASSOCIAÇÃO DOS CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO OSCILANTES COM A RADIAÇÃO.



AGORA COM ESSA PALAVRA TENHO CERTEZA QUE IRÁ COMPLICAR AS COISAS.

VAMOS FALAR SOBRE A LUZ NO ASPECTO FOTÔNICO?!



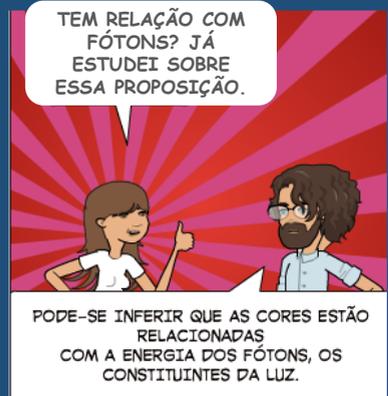
COMO ASSIM? FOTÔNICO ? É ALGO SOBRE CORES ?

NÃO FILHA, TUDO IRÁ CONTINUAR FÁCIL.



ESTOU CURIOSA.

VAMOS LÁ.



TEM RELAÇÃO COM FÓTONS? JÁ ESTUDEI SOBRE ESSA PROPOSIÇÃO.

PODE-SE INFERIR QUE AS CORES ESTÃO RELACIONADAS COM A ENERGIA DOS FÓTONS, OS CONSTITUINTES DA LUZ.

OS FÓTONS SÃO PEQUENAS PARTICULAS QUE ESTÃO NA LUZ, ELAS SÃO RESPONSÁVEIS POR TRANSPORTAR A ENERGIA CONTIDA NAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

MUITO INTERESSANTE. AGORA TUDO FAZ SENTIDO.

POR ISSO QUE EXISTEM ALGUNS APARELHOS QUE FUNCIONAM ATRVÉS DESSA ENERGIA.

OS FÓTONS PODÊM TER ENERGIAS EXTREMAMENTE ALTAS CONHECIDO COMO RAIOS CÔSMICOS OU BAIXAS QUE SÃO AS ONDAS DE RÁDIO E MICROONDAS.

...SÓ CONSEGUIMOS VER AQUILO QUE ESTÁ DENTRO DO ESPECTRO VISÍVEL.

ENTÃO AQUI COMEÇA QUELE NEGÓCIO DO QUE PODEMOS VER ?

EU OUVI FALAR QUE O CÉREBRO HUMANO TAMBÉM É RESPONSÁVEL PELO QUE EXERGAMOS.

O MAIS IMPORTANTE DE TUDO ISSO, A COR É FUNDAMENTALMENTE UM FENÔMENO SUBJETIVO, RESULTANTE DO ESTÍMULO RECEBIDO PELOS OLHOS E INTERPRETADO PELO CÉREBRO.

POIS ENTÃO FILHA, A RETINA TEM VÁRIOS TIPOS D'ISTINTOS DE RECEPTORES DE COR, EXISTEM ESTRUTURAS QUE SÃO SENSÍVEIS A REGIÕES PARTICULARES DO ESPECTRO VISÍVEL.

... AGORA ENTENDO PORQUE O PROFESSOR FALA QUE ENXERGAMOS TUDO QUE É REFLETIDO.

MAS O QUE É ISSO, ESPECTRO VISÍVEL?

FILHA, AS FREQUÊNCIAS SÃO RESPONSÁVEIS POR DETERMINAR AS CORES PARA A LUZ, PARA UMA DETERMINADA FAIXA DE FREQUÊNCIAS PODEMOS OBSERVAR CERTAS CORES, E ESSA FAIXA DE CORES É CHAMADA DE ESPECTRO DE LUZ VISÍVEL.

VOCÊ COMPREENDEU?

ENTENDI, TUDO ISSO DEPENDE DE DETERMINADA FREQUÊNCIA, E ESTAS, PARA QUE EU POSSA VER TEM QUE TER UM DETERMINADO COMPRIMENTO DE ONDA.

TEM MAIS ALGUMA DÚVIDA?

... COMO É FEITO ESSE ESTUDO? COMO ESSAS CORES SÃO COMBINADA?

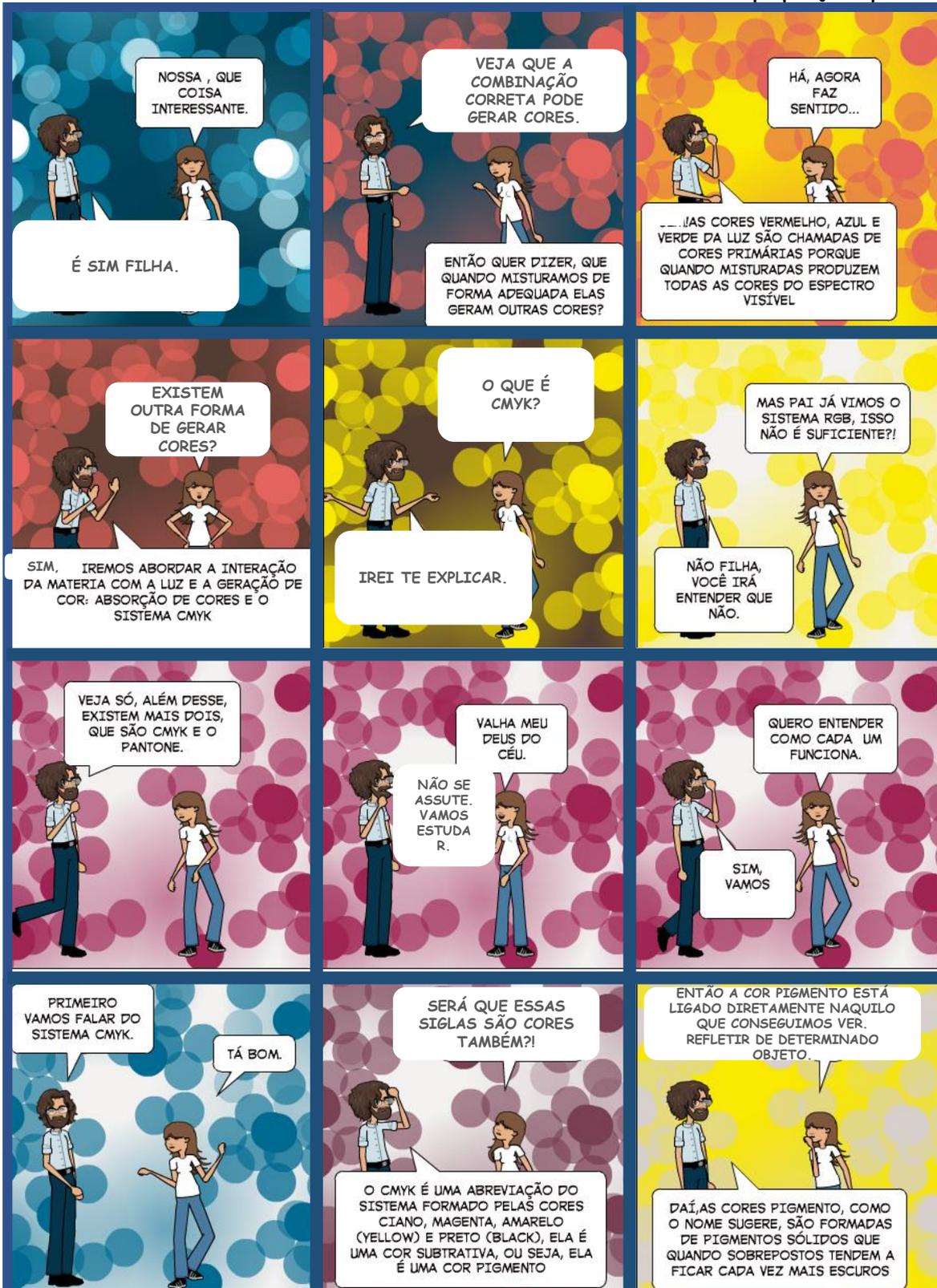
IREI TE EXPLICAR.

TÁ BOM, ENTÃO.

PARA ISSO EXISTEM O SISTEMA RGB.

O QUE É ISSO??

RGB É A ABREVIATURA DE UM SISTEMA DE CORES ADITIVAS EM QUE O VERMELHO (RED), O VERDE (GREEN) E O AZUL (BLUE) SÃO COMBINADOS DE VÁRIAS FORMAS DE MODO A REPRODUZIR UM LARGO ESPECTRO CROMÁTICO



COR-PIGMENTO É A SUBSTÂNCIA MATERIAL QUE, CONFORME SUA NATUREZA, ABSORVE, REFRATA E REFLETE OS RAIOS LUMINOSOS COMPONENTES DA LUZ QUE SE DIFUNDE SOBRE ELA

ISSO ACONTECE PORQUE A COR QUE VEMOS É APENAS UM REFLEXO DA LUZ QUE INCIDE SOBRE O PIGMENTO, E UMA VEZ SOBREPOSTOS ESSES PIGMENTOS REFLETEM MENOS LUZ, ATÉ HAVER UMA AUSÊNCIA TOTAL DELA, QUE É O PRETO.

ENTÃO DAÍ VEM A COR MAIS ESCURA?

POIS É FILHA, QUANTO MAIS AUSÊNCIA DESTA REFLEXÃO, MENOS CORES CHEGARAM A SUA RETINA.

ENTENDI, MAS OBSERVEI UM DETALHE NESTA SIGLA.

QUAL?

PODE FALAR SUA DÚVIDA.

POR QUE NA MAIORIA USA-SE AS INICIAIS E NO BLACK USA-SE K?

SERÁ QUE O SENHOR PODERIA EXPLICAR MLHOR TUDO ISSO?!

ESTE K, VEM DE DO INGLÊS "KEY" QUE SIGNIFICA "CHAVE". O PRETO É A COR CHAVE PARA DEFINIR O TOM DAS OUTRAS CORES, OU SEJA: PARA CONSEGUIR UM AMARELO MAIS ESCURO, ADICIONA-SE O PRETO, POR EXEMPLO.

CARAMBA, NÃO SABIA DA METADE DO QUE ESTOU APRENDEDO AQUI.

PORÉM NEM TODAS AS CORES PODEM SEM IMPRESSAS ATRAVÉS DESTE SISTEMA, ALGUMAS SÓ SERÃO POSSÍVEIS COM A ADIÇÃO DE UMA COR PANTONE, COMO VEREMOS MAIS ADIANTE.

QUERO APRENDER AINDA MAIS SOBRE ESSE ASSUNTO.

ESTAMOS NO CAMINHO CERTO.

TENHO UMA CURIOSIDADE. QUEM ESTUDOU TODOS ESSES CONCEITOS SOBRE PATONE?

FILHA TUDO ISSO SE DEU INÍCIO EM 1963, PELAS MÃOS DE LAWRENCE HERBERT, FOI ELE QUE CRIOU PANTONE MATCHING SYSTEM

COMO TUDO ISSO FUNCIONA ?

TRATA-SE DE UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO PRECISA DE CORES POR MEIO DE NUMERAÇÃO, LIVRE DA SUBJETIVIDADE HUMANA.

HÁ ENTENDI, EU PRECISO DELA PARA MSISTURAR E FAZER OUTRAS CORES, OU SEJA, COM MAIOR DIVERSIDADE.

O SISTEMA USA FORMULAÇÕES DE CORES PREESTABELECIDAS PARA GERAR UM NÚMERO ENORME DE TINTAS

ESSAS CORES SÃO FORMADAS ATRAVÉS DE ALGUMA INTERAÇÃO COM O MEIO?

SIM, FILHA, VEJA, IREMOS ABORDAR A FORMAÇÃO DAS CORES POR EMISSÃO ATÔMICA OU MOLECULAR DA LUZ.

GOSTEI MUITO DA IDEIA, VAMOS ADIANTE APROFUNDAR ESSE ASSUNTO.

SIM, FILHA. VAMOS!

SERÁ QUE AQUELA LUZ QUE ENXERGAMOS NO FILAMENTO DE UMA LÂMPADA TEM RELAÇÃO COM TUDO ISSO?

A INCANDESCÊNCIA É A EMISSÃO DE LUZ DESCENDENTE DE UM MATERIAL QUENTE OU SUPER AGUECIDO

MUITO LEGAL, MUITO BOM MESMO.

MUITO INTERESSANT E FILHA ESSE ASSUNTO.

HÁ!! AGORA FAZ SENTIDO, POR QUAL MOTIVO ELA GASTA MUITA ENERGIA.

NAS LÂMPADAS INCANDESCENTE (AMARELA, QUENTE) COMERCIAL, A ELETRICIDADE QUE É EMPREGADA PARA AGUECER O FILAMENTO DE TUNGSTÊNIO ESTÁ A UMA TEMPERATURA MUITO ALTA CERCA DE 2.500 GRAUS CELSIUS

SÉRIO, E AS OUTRAS CORES, COMO POR EXEMPLO, AS ESTRELAS, O QUE VEJO É BRANCO, POR QUE?

AS CORES MAIS INTNSAS COMO O AMARELO E VERMELHO É POR QUE TEM SEU COMPRIMWNTO DE ONDA MUITO GRANDE, POR EXEMPLO O SOL, ELE SE ENCONTRA DENTRO DO ESPECTRO DE CORES VISIVEIS.

NOSSA, COMO ISSO FICA CLARO AGORA, ESTUDAR E ENTER AS CORES É MUITO LEGAL.

O SOL CHEGA A UMA TEMPERATURA PERTO DE SUA SUPERFICIE DE 5700 GRAUS CELSIUS , OUTRAS ESTRELAS, QUE POSSUEM TEMPERATURA SUPERFICIAL DIFERENTE DA DO SOL, EMITEM CORES QUE PODEM VARIAR DO VERMELHO (ESTRELAS MAIS FRIAS) AO BRANCO-AZULADO (ESTRELAS MAIS QUENTES)

SEI! QUERO VER, COMO É ISSO...

POI ENTÃO, SEGUINDO IREMOS ENTENDER COMO SE COMPORTA ALGUMAS LUMINESCÊNCIAS.

EU ACHO QUE SEI MAIS OU MENOS, JÁ CONSIGO RELACIONAR COM AS LÂMPADAS BRANCAS E AMARELAS (FRIAS E QUENTES).

MEU DEUS, NÃO ACREDITO.

SIM, É POR ESSE CAMINHO!!

É TIPO AQUELES OBJETOS QUE FICAM ACESSO NO ESCURO?!!

ENTÃO QUANDO A EMISSÃO É ANTECIPADA PELA ABSORÇÃO DE LUZ, OU SEJA, RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA, O FENÔMENO É CONHECIDO COMO FLUORESCÊNCIA OU FOSFORESCÊNCIA.

HÁ, AQUI NECESSITA DE UMA FONTE DE EXCITAÇÃO. UMA SUBSTÂNCIA QUE EMITA LUZ QUANDO EXPOSTA A RADIAÇÕES DO TIPO ULTRAVIOLETA, RAIOS CATÓDICOS OU RAIOS X.

SIM PAPAI ENTENDI, CONSEGUIMOS PERCEBER TUDO ISSO NA NATUREZA, BASTA FICAR UM POUCO ATENTO A ESSAS INFORMAÇÕES.

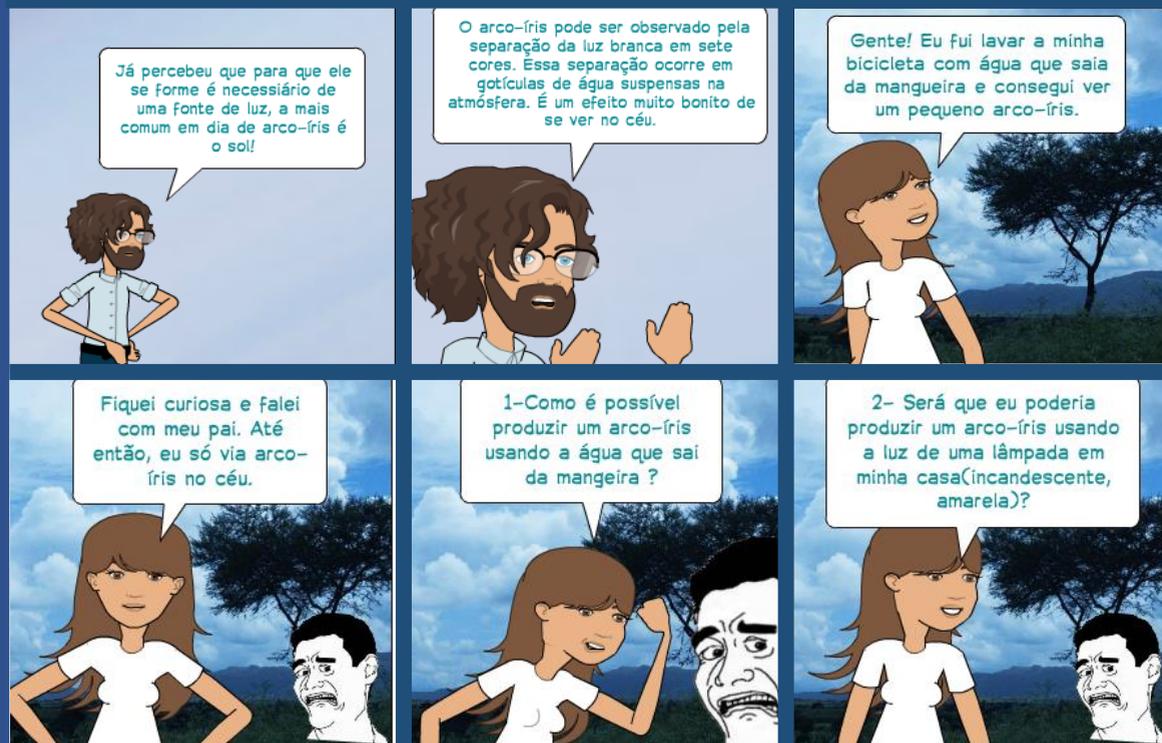
EU SOU MUITO INTELIGENTE.

ISSO, ISSO!! PORTANTO, QUANDO ESSA EMISSÃO CESSA RAPIDAMENTE, APÓS A INTERRUPTÃO DA LUZ, OU SEJA EXCITAÇÃO DOS ELÉTRONS, ENTÃO TEREMOS O FENÔMENO DA FLUORESCÊNCIA.

ISSO MESMO, ESTAIS ORRETA. AGORA SE A EMISSÃO SE MANTÉM APÓS A CESSAÇÃO DO ESTÍMULO, O FENÔMENO PASSA A SER DENOMINADO FOSFORESCÊNCIA.

NÃO É QUE TENS RAZÃO.

## DESAFIO: O arco-íris



**PENSE E REFLITA:** Agora que você leu o sexto capítulo desta revista em quadrinhos, "O arco-íris", acompanhando a aventura da Analiz ao analisar o experimento, que tal testarmos um pouco sobre o que você aprendeu durante esse processo? Aqui apresentamos um teste sobre o conhecimento corriqueiro, vivenciado no seu dia a dia. Responda as duas perguntas abaixo.



- 1 Como é possível produzir um arco-íris usando a água que sai da mangueira?
- 2 Será que eu poderia produzir um arco-íris usando a luz de uma lâmpada em minha casa(incandescente)?

RESPOSTAS: 1 - A luz do sol quase dispersa bate nas gotículas de chuva e refratada ao encontrar a superfície da gota de chuva e dentro dela será refletida várias vezes luz do sol, que é uma fonte policromática. RESPOSTA: 2 - Não. Isso não é possível pois necessitamos de uma fonte policromática, a luz amarela é monocromática.

MEU DEUS?! COMO ASSIM ? EXISTE ESSA TEORIA DO BURACO NEGRO?

ISSO PODE? COMO?

BOM ESSAS SÃO ALGUMAS INDAGAÇÕES PARA ALGO MUITO NOVO!

PENSANDO NISSO FILHA IREMOS DIALOGAR SOBRE ESSE ASUNTO DA FÍSICA QUÂNTICA.

PARCE MUITO INTERESSANTE.

POIS ENTÃO, BURACOS NEGROS, PARA AQUELES QUE AINDA NÃO PAROU PARA ENTENDER, SE TRATA DE UMA REGIÃO DO ESPAÇO DA QUAL NADA, NEM MESMO PARTÍCULAS QUE SE MOVEM NA VELOCIDADE DA LUZ, PODEM ESCAPAR.

MAS PAI ESSE ASSUNTO DE BURACO NEGRO NÃO É TÃO SIMPLES DE NETNDER.

SIM FILHA, NÃO É TÃO FÁCIL, NO ENTANTO TENTAREMOS AQUI RELATAR OS FATOS CURIOSOS SOBRE O MESMO.

PRONTO, PARA A TEORIDA DA RELATIVIDADE GERAL, ELAS SERIAM ESPÉCIE DE DEFORMAÇÃO DO ESPAÇO-TEMPO, CAUSADA APÓS O COLAPSO GRAVITACIONAL DE UMA ESTRELA, COM UMA MATÉRIA ASTRONOMICAMENTE MACIÇA E COMPACTA .

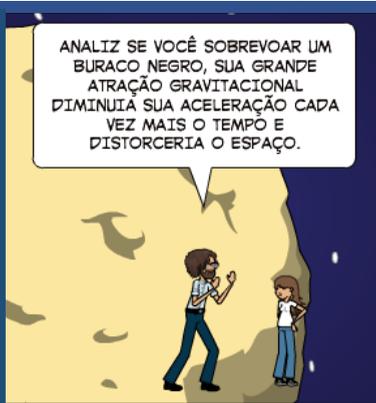
NOSSA QUE MASSA.

VAMOS AGORA NOS DETER AS CURIOSIDADES DESTE FENÔMENO.

1. BURACOS NEGROS DISTORCEM O TEMPO E O ESPAÇO AO REDOR DELES



COMO ASSIM MEU PAI.



ANALIZ SE VOCÊ SOBREVOAR UM BURACO NEGRO, SUA GRANDE ATRAÇÃO GRAVITACIONAL DIMINUIA SUA ACELERAÇÃO CADA VEZ MAIS O TEMPO E DISTORCERIA O ESPAÇO.



MEU PAI QUE COISA MAGNÍFICA.



FILHA, VOCÊ SABIA QUE BURACOS NEGROS POSSUEM DIVERSOS TAMANHOS, QUE VARIAM ENTRE "MINIATURA, MEDIÓCRE "



SÉRIO, NÃO ACREDITO, COMO PODE ISSO TUDO?



BURACOS NEGROS DE MASSA ESTELAR, DE TAMANHO MÉDIO, SÃO O TIPO MAIS COMUM NO UNIVERSO. ELES SE FORMAM QUANDO UMA ESTRELA EM EXTINÇÃO, OU SUPERNOVA, EXPLODE E O NÚCLEO REMANESCENTE DELA ENTRA EM COLAPSO PELO PESO DE SUA PRÓPRIA GRAVIDADE. EVENTUALMENTE, ELA SE COMPRIME EM UMA MINÚSCULA SINGULARIDADE INFINITAMENTE DENSA QUE FORMA O CENTRO.



PAPAI É VERDADE QUE OS BURACOS NEGROS ENGOLEM AS COISAS?



SIM FILHA, BURACOS NEGROS DEVORAM COISAS E REGULARMENTE TAMBÉM AS COSPEM.



O SENHOR PODE EXPLICAR MELHOR ESTE FATO.



OS BURACOS NEGROS NÃO SÃO DO TIPO QUE "ANDAM" PELO UNIVERSO COMO PESSOAS FAMINTAS, PERSEGUINDO PLANETAS E OUTROS CORPOS CELESTES PARA O JANTAR. EM VEZ DISSO, ELES SE ALIMENTAM DE MATERIAL ESTELAR QUE FICAM MUITO, MUITO PERTO DELE, COMO UMA ESTRELA DESAFORTUNADA OU UM EXOPLANETA PERDIDO POR AÍ.



E O QUE É EXOPLANETA PAI?



É UM PLANETA QUE ORBITA UMA ESTRELA QUE NÃO SEJA O SOL.



ENTENDI PAPAI, ESTOU AMANDO ESSE ASSUNTO.



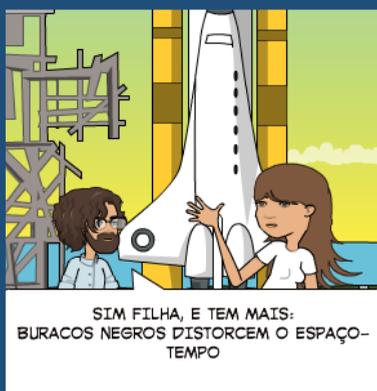
VEJA SÓ, BURACOS NEGROS SUPERMASSIVOS TAMBÉM DÃO ORIGEM A ESTRELAS E DETERMINAM QUANTAS ESTRELAS UMA GALÁXIA TÊM



DA MESMA FORMA QUE FRAGMENTOS DO TAMANHO DE PLANETAS SÃO CUSPIDOS DO DISCO DE ACREÇÃO, UMA DESCOBERTA RECENTE MOSTRA QUE BURACOS NEGROS GIGANTESCOS ÀS VEZES EXPELEM MATERIAL SUFICIENTE PARA FORMAR ESTRELAS TOTALMENTE NOVAS.



ISSO É INACREDITÁVEL. DEVE SER MUITO LINDO ISSO ACONTECENDO NO ESPAÇO.



SIM FILHA, E TEM MAIS: BURACOS NEGROS DISTORCEM O ESPAÇO-TEMPO



SÉRIO, COMO ISSO É POSSÍVEL?



A MASSA DE UM BURACO NEGRO É TÃO DENSA E A GRAVIDADE DE SUA SINGULARIDADE É TÃO FORTE QUE, DE ACORDO COM A TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL DE EINSTEIN, NA VERDADE DISTORCE-SE O ESPAÇO-TEMPO EM TORNO DELA E NEM MESMO A LUZ PODE ESCAPAR.



MAIS QUE COISA, O QUE ME CHAMA ATENÇÃO É ESSA CAPACIDADE DE EXISTIR UMA GRAVIDADE TÃO INTENSA.



VEJA TAMBÉM MAIS UMA CURIOSIDADE E POR QUE ISSO ACONTECE??



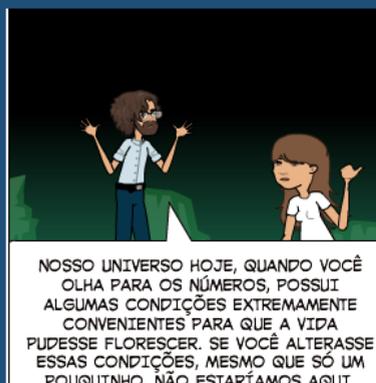
OBJETOS PARECEM "CONGELAR" QUANDO SE APROXIMAM DE UM BURACO NEGRO.



COMO ASSIM? "PARECE"? ELAS CONGELAM OU NÃO?



PARA UM OBSERVADOR EXTERNO COM UM TELESCÓPIO, UM OBJETO PASSANDO PELO HORIZONTE DE EVENTOS PARECERÁ DESACELERAR E ENTÃO "CONGELAR" NO TEMPO SEM PARECER PASSAR PELO HORIZONTE DE EVENTOS







### VOCÊ SABIA?

- Que praticamente todas as galáxias possuem um buraco negro supermassivo em seu centro.

### VOCÊ SABIA?

- Buracos negros não podem ser vistos e nem são orifícios reais. São pontos muito denso. Singularidade.
- Buracos negros são geradores de energia eficiente.
- Buracos negros fazem barulho.
- O tempo não faz sentido do lado de um buraco negro.

# DESAFIO: Buraco Negro



**PENSE E REFLITA:** Agora que você leu o capítulo sete desta revista em quadrinhos, "Buraco negro", acompanhando a aventura da Analiz ao passar sobre as curiosidades destes fenômenos, que tal testarmos um pouco sobre o que você aprendeu durante esse processo? Aqui apresentamos um teste que irá aguçar ainda mais a sua curiosidade sobre os buracos negros. Sobre esse fenômeno, responda as duas perguntas abaixo.



**1** O buraco negro é invisível? Como podemos descobrir algo sobre ele?

**2** Quanto tempo leva para um buraco negro se formar?

RESPOSTAS: 1 - Sim, pois o seu campo gravitacional é tão intenso que a luz não consegue passar por ele. RESPOSTA 2 - Apesar de os buracos negros durarem menos que o nosso Sol, as estrelas de massa muito elevada que formam buracos negros estelares levam milhões de anos para explodir e formar um buraco negro.

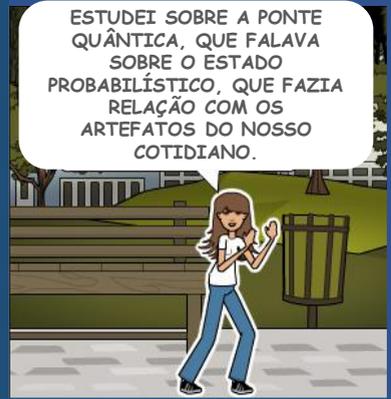
# CAPÍTULO 10: POR FIM! EU ANALIZO!



GOSTEI MUITO DO QUE APRENDI ATÉ AQUI.



POSSO GRITAR PRA TODO MUNDO; FOI GRATIFICANTE ESTUDAR TODAS ESSAS PROPOSIÇÕES QUÂNTICAS.



ESTUDEI SOBRE A PONTE QUÂNTICA, QUE FALAVA SOBRE O ESTADO PROBABILÍSTICO, QUE FAZIA RELAÇÃO COM OS ARTEFATOS DO NOSSO COTIDIANO.



ALÉM DA PONTE QUÂNTICA, VIVENCIEI OS ESTUDOS SOBRE A DUALIDADE DA ONDA, FOI MUITO INTERESSANTE, POIS LÁ EU ENTENDEI QUE ELA PODE SE COMPORTAR COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA.



ATRÉVÉS DA INTERAÇÃO COM O MEIO EU CONSEGUI ENTENDER COM MAIS FACILIDADE OS CONTEÚDOS PROPOSTO.



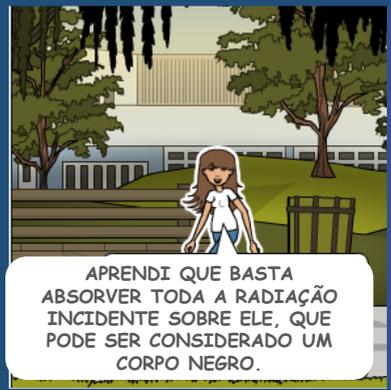
ISSO MESMO, ESSA RELAÇÃO FAVORECE NO ENTENDIMENTO, PARA ISSO TAMBÉM FOI POSSÍVEL ENTENDER O EFEITO FOTOELÉTRICO.



ASSUNTO QUE ESTÁ INSERIDO EM QUASE TUDO QUE NOS RODEIA, INCLUSIVE NO FUNCIONAMENTO DO MICROONDAS LÁ DE CASA.



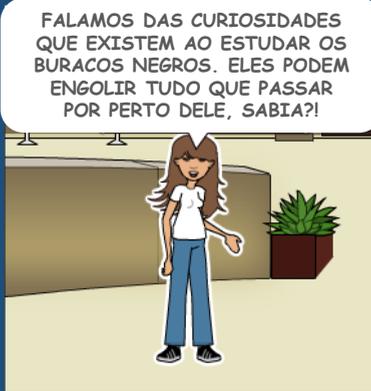
FALANDO EM MICROONDAS, VAMOS FALAR DO QUE ENTENDEI NA PROPOSIÇÃO RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO. FOI INCRÍVEL!



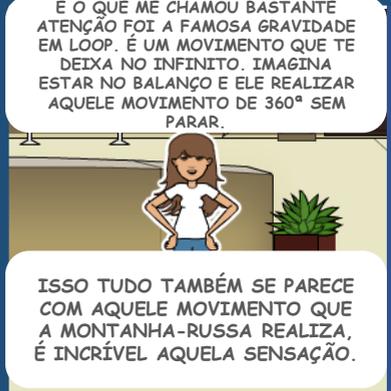
APRENDI QUE BASTA ABSORVER TODA A RADIAÇÃO INCIDENTE SOBRE ELE, QUE PODE SER CONSIDERADO UM CORPO NEGRO.



QUE TAMBÉM PODE ESTAR LIGADO AO COMPORTAMENTO DE EMISSÃO OU NÃO DA LUZ.



FALAMOS DAS CURIOSIDADES QUE EXISTEM AO ESTUDAR OS BURACOS NEGROS. ELES PODEM ENGOLIR TUDO QUE PASSAR POR PERTO DELE, SABIA?!



E O QUE ME CHAMOU BASTANTE ATENÇÃO FOI A FAMOSA GRAVIDADE EM LOOP. É UM MOVIMENTO QUE TE DEIXA NO INFINITO. IMAGINA ESTAR NO BALANÇO E ELE REALIZAR AQUELE MOVIMENTO DE 360° SEM PARAR.

ISSO TUDO TAMBÉM SE PARECE COM AQUELE MOVIMENTO QUE A MONTANHA-RUSSA REALIZA, É INCRÍVEL AQUELA SENSAÇÃO.

## **SOBRE OS AUTORES**

- **FRANCISCO FÁBIO DE SOUSA RIBEIRO**

Possui graduação em Física pela Universidade Federal do Ceará-UFC. Graduado em Matemática pela Universidade Federal do Ceará-UFC. Especialista em Gestão em Educação Básica pela Universidade Estadual do Ceará-UECE. Especialista em Educação Pobreza e Desigualdade Social pela Universidade Federal do Ceará-UFC. Professor de Física - E.E.E.P Edson Queiroz- de 2013 á 2020 . Tem Experiência na Área de Ciências e Matemática- Escola de Educação Básica Deputado Raimundo Queiroz. EEM Padre Arimatéia Diniz no ensino de matemática e física. EEF - Escola de Ensino Fundamental Luiz Pacheco do Amaral- Ciências. Centro Educacional Municipal- Ensino da EJA- Com ênfase em Física e Matemática. Atualmente se encontra lotado na Secretária Estadual de Educação do estado de Paraíba-Atuando como professor de física do ensino médio da instituição de educação profissional ECIT Professor Luís de Azevedo Soares.

- **LÁZARO LUIS DE LIMA SOUSA**

Possui graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Federal do Piauí - UFPI, mestrado em Física pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e doutorado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Atualmente é Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA atuando no curso de graduação Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia e faz parte do corpo docente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, do polo 9, em Mossoró-RN.

Agradecimento à UFRSA pelo apoio à pesquisa em Ensino de Física.

Mossoró-RN

Junho de 2020.