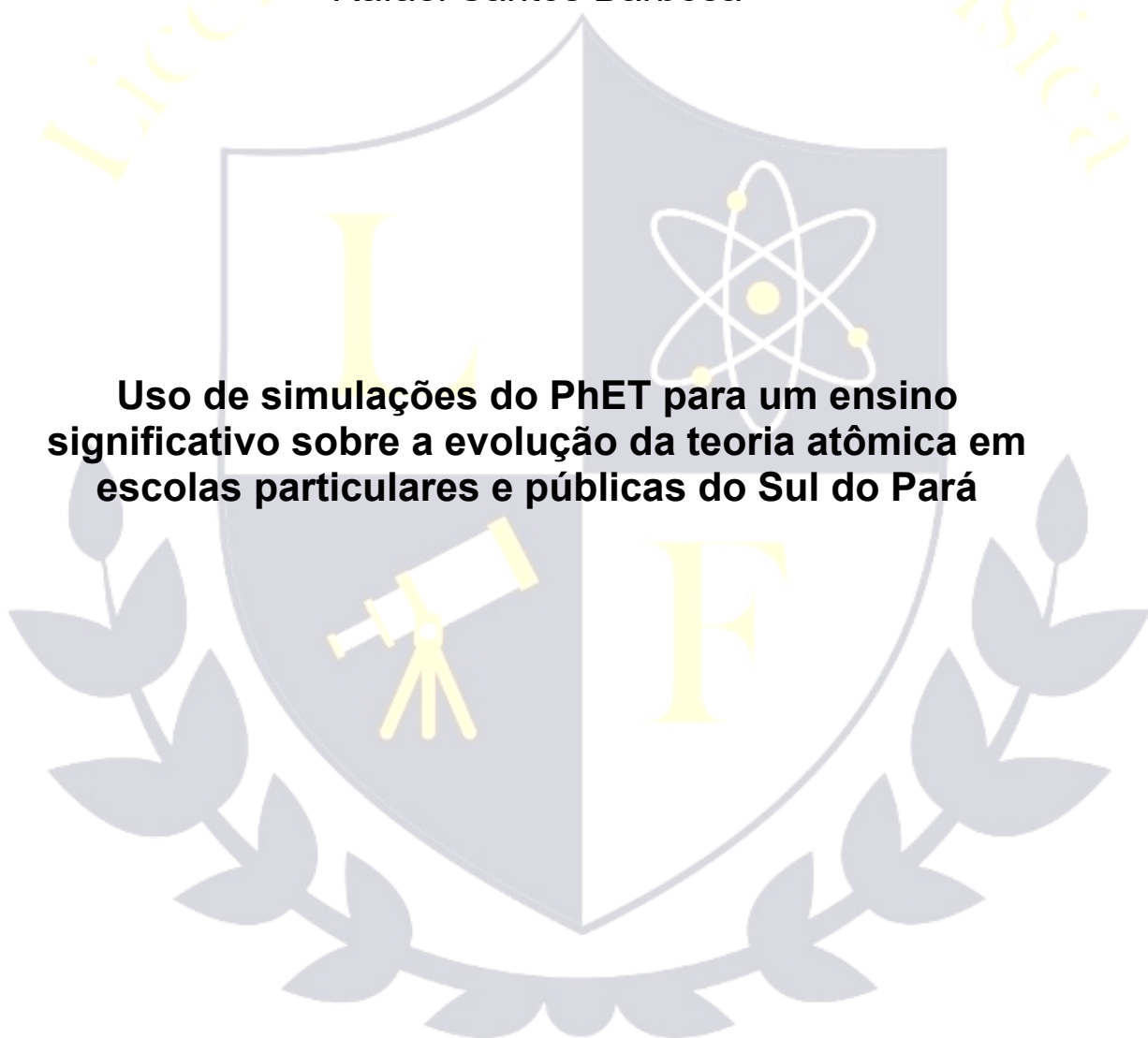


Universidade do Estado do Pará
Campus XV - Redenção
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Licenciatura Plena em Física



Cirle Ribeiro de Sousa
Rafael Santos Barbosa

Uso de simulações do PhET para um ensino significativo sobre a evolução da teoria atômica em escolas particulares e públicas do Sul do Pará



UEPA
Universidade do Estado do Pará

Redenção
2022

Cirle Ribeiro de Sousa
Rafael Santos Barbosa

Uso de simulações do PhET para um ensino significativo sobre a evolução da teoria atômica em escolas particulares e públicas do Sul do Pará

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau do Curso de Licenciatura Plena em Física, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Benedito Lobato.

Redenção

2022

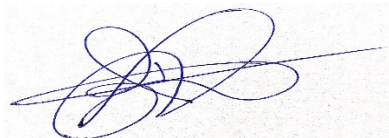
Cirle Ribeiro de Sousa
Rafael Santos Barbosa

Uso de simulações do PhET para um ensino significativo sobre a evolução da teoria atômica em escolas particulares e públicas do Sul do Pará


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau do Curso de Licenciatura Plena em Física, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, da Universidade do Estado do Pará.

Data de aprovação: 19 / 08 / 2022

Banca Examinadora



Prof. Dr. Benedito Lobato – Orientador
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (UEPA)

 Documento assinado digitalmente
ANTONIO JOSE GOMES CARVALHO SILVA
Data: 19/09/2022 20:17:41-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Antônio José Gomes Carvalho Silva – Examinador 1
Doutor em Física (UFPB)



Prof. Dr. Edney Ramos Granhen – Avaliador 1
Doutor em Física (UNIFESSPA)



Prof. Dra. Milta Mariane da Mata Martins – Avaliadora 2
Doutor em Educação para ciência (UNESP)

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação
(CIP) Sistema de Bibliotecas da UEPA**

Sousa, Cirle Ribeiro de

Uso de simulações do PhET para um ensino significativo sobre a evolução da teoria atômica em escolas particulares e públicas do Sul do Pará / Cirle Ribeiro de Sousa; Rafael Santos Barbosa. - Redenção, 2022.

59 f. : il.

Orientador: Benedito Lobato.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura Plena em Física) - Universidade do Estado do Pará, Redenção, 2022.

1. Ensino. 2. Phet. 3. Molécula. 4. Hidrogênio. I. Lobato, Benedito, Orient. II. Título.

CDD 542

Dedicatória

A DEUS, amigo fiel, sustento de nossas vidas.

A Vicente Vieira[†], pai de Cirle, que sempre a incentivou a estudar.

A Jennifer, Heitor e Hícaro, família de Rafael.

A mãe de Cirle, obrigada pela compreensão e parceria nesta e em todas as jornadas de minha vida.

Aos filhos de Cirle, Ricardo, Eduarda, Beatriz e Alice, a existências deste a motivou a vencer mais esta jornada.

Aos irmãos de Cirle, que estiveram sempre ao lado, e por todo o incentivo necessário durante toda esta jornada.

A cunhada e a irmã de Cirle, Elaine de Deus e Cilma Sousa, que ombrearam lado a lado durante vários momentos difíceis desta jornada acadêmica.

Att. Cirle Ribeiro de Sousa e Rafael Santos Barbosa

Agradecimentos

À Deus, fiel amigo, autor de todas as nossas conquistas.

À todos os professores que passaram por nossas vidas, em especial ao orientador deste trabalho de conclusão de curso.

Aos nossos colegas de aula, por toda a atenção e dedicação necessária, durante essa caminhada acadêmica.

A nossas famílias e amigos, pela paciência, confiança e amor dedicado durante os bons e tensos momentos desta caminhada.

Att. Cirle Ribeiro de Sousa e Rafael Santos Barbosa

*“Ninguém ignora tudo.
Ninguém sabe tudo. Todos nós
sabemos alguma coisa. Todos
nós ignoramos alguma coisa.
Por isso aprendemos sempre”.*

(Paulo Freire)

RESUMO

SOUSA, Cirle Ribeiro.; BARBOSA, Rafael Santos. **Uso de simulações do PhET para um ensino significativo sobre a evolução da teoria atômica em escolas particulares e públicas do Sul do Pará / Cirle Ribeiro de Sousa; Rafael Santos Barbosa. - Redenção, 2022.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Física). Universidade do Estado do Pará. Redenção, 2022.

Facultando formas variáveis e inovadoras de ensino e pesquisa, incluindo o uso de unidades de ensino, como ferramentas estratégicas, com foco em contribuir inclusive na concepção de aprendizagem do aluno-professor, a unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). Este trabalho objetivou demonstrar a importância do uso da plataforma PhET e suas simulações, para um ensino significativo sobre a evolução da teoria atômica em escolas particulares e públicas do Sul do Pará, com foco em especial na evolução da molécula de hidrogênio. Após a apresentação de aula presencial, conclui-se através de questionário aplicado que esta ferramenta é altamente impactante e prende a atenção dos alunos, suscitando nestes a vontade de conhecer mais a plataforma e suas formas de utilização e facultando uma efetiva resposta de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino; PhET; Simulações; UEPS.

ABSTRACT

SOUSA, Cirle Ribeiro.; BARBOSA, Rafael Santos. **Use of PhET simulations for meaningful teaching on the evolution of atomic theory in private and public schools in the south of Pará / Cirle Ribeiro de Sousa; Rafael Santos Barbosa. - Redenção, 2022.** Course Completion Work (Full Degree in Physics). State University of Pará. Redemption, 2022.

Providing variable and innovative forms of teaching and research, including the use of teaching units, as strategic tools, with a focus on contributing to the conception of student-teacher learning, the potentially significant teaching unit (UEPS). This work aimed to demonstrate the importance of using the PhET platform and its simulations for a meaningful teaching on the evolution of atomic theory in private and public schools in the south of Pará, with a special focus on the evolution of the hydrogen molecule. After the presentation of a face-to-face class, it is concluded through an applied questionnaire that this tool is highly impacting and holds the attention of students, arousing in them the desire to know more about the platform and its ways of using it and providing an effective learning response.

Keywords: Teaching; PhET; Simulations; UEPS

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Momento escolar dos alunos que participaram do estudo (n=98). Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 2. Percentual de alunos que responderam os questionários do estudo (n=98). Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 3. Nível de aceitação da metodologia de ensino com o uso da plataforma PhET pelos alunos que responderam aos questionários (n=46). Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 4. Índice de acertos “resposta esperada” dos alunos, no questionário “pré-aula” (n=46). Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 5. Nível de aceitação do método de ensino, com o uso da plataforma PhET pelos alunos que responderam aos questionários (n=46). Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 6. Índice de acertos “resposta esperadas” no questionário “pós-aula” (n=46). Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 7. Escolaridade dos participantes da parte do estudo para avaliar e efetivar a importância da plataforma PhET como ferramenta de ensino (n=27) no município de Redenção – PA, Brasil, 2022.

Gráfico 8. Dados sobre a existência e uso da plataforma PhET (n=27), nas escolas do município de Redenção – PA, Brasil, 2022.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Objetivo.....	14
2.1. Objetivos específicos	
3. Referencial Teórico	15
3.1. Teoria Atômica de Dalton	
3.2. Teoria Atômica de Thomson	
3.3. Teoria Atômica de Rutherford	
3.4. Teoria Atômica de Bohr	
3.5. Ondas de matéria de Louis de Broglie	
3.6. Equação de Schroedinger	
3.7. UEPS e o Ensino Significativo	
3.8. O PHET	
3.9. Outras Plataformas de ensino	
4. Metodologia.....	26
4.1 Coleta e Análise dos dados	
5. Resultados.....	31
6. Conclusão.....	
7. Referência.....	39
8. Trabalhos Futuros.....	40
9. Apêndice	42

1.Introdução

A hipótese da teoria estrutural molecular, uma vez que as moléculas são formadas a partir de átomos, originando espécies estáveis, neste sentido. Diversas teorias visam o estudo atômico dos elementos sendo um dos maiores avanços realizados pelos químicos do século XIX, no entanto vem sendo até hoje, a base fundamental para a compreensão de grande parte dos fenômenos químicos. (Moreno Teixeira, 1999).

O hidrogênio é responsável por 0,9% da massa de nosso planeta, sendo o mais abundante: estima-se em 75% da massa de toda matéria. Sucede-se a primeira preparação. Paracelso, alquimista suíço do século XVI, Somente em 1766 é que Henry Cavendish, químico inglês, distinguiu o H de outros gases inflamáveis. Em 1781 Antoine-Laurent de Lavoisier, denominando -o hidrogênio (Peixoto,1995).

No que tange ao estudo de estruturas moleculares, é sabido desde os primórdios do século XIX, que tais moléculas são formadas a partir de átomos, ligados por forças interatômicas as quais originam espécies estáveis (MORENO e TEIXEIRA, 1999).

Neste sentido, diversas teorias visam o estudo atômico dos elementos, autores, alicerçados em princípios inexatos, os quais revolucionam a química e outras ciências modernas, trazendo à tona discursões e concepções, que se mantem em total atualização ao logo de décadas (MORENO e TEIXEIRA, 1999).

Neste contexto, dentre as várias proposições existentes sobre a molécula estrutural e atômica, destaca-se a estrutura do hidrogênio (H₂), como o mais simples dos elementos, possuindo a maior quantidade de energia por unidade de massa, que qualquer outro, combustível conhecido, aproximadamente 52.000 BTU (*British Thermal Units* - Unidades Térmicas Britânicas por libra, ou seja, 120,7 *kilojoules* por grama (MORENO e TEIXEIRA, 1999).

Com alto potencial energético, quando visto dentro das relações biológicas celulares, este elemento é uma fonte de energia de grande potencial, e disruptiva para o futuro, mas com significativos desafios tecnológicos e de mercado, que objetiva relevância econômica e estrutural com foco em viabilizar a descarbonização profunda da economia mundial (BRASIL, 2021).

Nesta perspectiva, o hidrogênio pode ser utilizado diretamente como fonte de energia de baixo ou nulo carbono, a depender do processo de produção e em setores de difícil eletrificação, assim como, vetor para armazenamento de energia, viabilizando maior entrada de renováveis variáveis como a eólica, a solar, etc. Sendo também visto, como um recurso com capacidade de promover o acoplamento dos mercados de combustíveis, elétrico, industrial e outros (BRASIL, 2021).

Dada a importância, físico-química da molécula de hidrogênio, faz-se necessário alavancar estudos direcionados, facultando formas variáveis e inovadoras de ensino e pesquisa, incluindo o uso de unidades de ensino, como ferramentas estratégicas, com foco em contribuir inclusive na concepção de aprendizagem do aluno-professor.

Buscando-se com uso facultativo destas ferramentas, acrescentar-se na didática dos professores do Ensino Médio no Brasil. Sendo de suma importância a forma como será trabalhada tais ferramentas para efetiva inclusão de seu uso no conceito de ensino e aprendizagem.

Diante destas necessidades, a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) vai além da explicação expositiva do conteúdo e, assim, pode levar o aluno a despertar interesse além do contexto teórico e da sala de aula (Moreira, 2009, p. 8).

Independente da disciplina a ser trabalhada, porém com foco no ensino da física. Espera-se após a vivência de momentos didáticos, previamente planejados, com a exposição de vídeos, animações, experimentos de tecnologia e ciência, os discentes percebam-se preparados para plicar e expandir os conceitos abordados, na comunidade escolar e em didáticas de sala aula (ADAMS, 2010).

Deste, modo torna-se imprescindível estudos direcionados, sobre a existência de programas/plataformas com as *Sims PhET* as quais baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde eles aprendem através da exploração e da descoberta interativa (ADAMS, 2010).

O PhET oferece simulações de (física, química, matemática e biologia) divertidas, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa. Testada e avaliadas extensivamente cada simulação para garantir a eficácia educacional (ADAMS, 2010).

Esses testes incluem entrevistas com alunos e observação do uso da simulação em salas de aula. As simulações são escritas em HTML5 - abreviação para a expressão inglesa *HyperText Markup Language*, que significa: "Linguagem de Marcação de Hipertexto" e algumas legadas em Java ou Flash os quais são linguagem de programação (ADAMS, 2010).

Todos estes formatos de simulações podem ser executados online ou baixadas para o computador do aluno. Todas as simulações são de código aberto, atualmente, vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que esses recursos sejam gratuitos para todos os alunos e professores (ADAMS, 2010).

A presente dissertação irá abordar, a importância do uso da plataforma PhET e suas simulações nas aulas de física do ensino médio durante o ensino e estudo da evolução do átomo de hidrogênio, demonstrando a aplicação deste programa no processo de ensino e aprendizagem.

Tendo como principal objetivo, demonstrar a importância uso da plataforma PhET e suas simulações, como ferramenta de ensino e prática em aulas sobre a evolução da molécula de hidrogênio. Para tanto propõe-se, realizar revisão de literatura com foco nos estudos dos autores, Bohr Dalton, Thomson, Rutherford e Schrodinger, sobre o átomo de hidrogênio e sobre a metodologia ativa (PHET *simulation*) para o ensino de física. Descrevendo a importância do uso da plataforma PhET; buscando cativar aos alunos para um ensino da Física mais atrativo, assim como, buscar a publicação desta obra em periódicos científicos.

3. Referencial Teórico

3.1. Teoria Atômica de Dalton

A ideia do átomo foi proposta pela primeira vez no século V a.C. pelos filósofos gregos Leucipo de Mileto (c. 480 a.C.-420 a.C.) e Demócrito de Abdera (c. 460 a.C.-370 a.C.). Ao que parece, preocupados em responder à questão da derradeira divisão possível da matéria, eles propuseram a existência dos átomos, unidades microscópicas e indestrutíveis que seriam os constituintes últimos da matéria. Sua hipótese, porém, não teve adeptos no seu tempo e só foi retomada mais de 2 000 anos depois pelo químico inglês John Dalton (Gaspar, 2013)

Pode-se sintetizar a teoria atômica de Dalton em três ideias básicas: 1. Toda matéria é constituída de átomos, partículas esféricas sólidas, indivisíveis e indestrutíveis. 2. Todos os átomos de um dado elemento têm massa e propriedades idênticas. 3. Materiais compostos são formados pela combinação de duas ou mais espécies de átomos. Apesar da importância da teoria de Dalton para o desenvolvimento da Química, muitos físicos da época rejeitaram essa hipótese, que só veio a ser aceita no final do século XIX, principalmente depois de experiências dos físicos Jean-Baptiste Perrin (1870-1942), francês, e J. J. Thomson (1856-1940), inglês, que resultou na descoberta do elétron. (Gaspar, 2013).

As ideias atomistas nasceram na Grécia antiga, com os primeiros filósofos que buscavam o conhecimento, entre outros aspectos, a partir da observação da natureza. As ideias de Demócrito e Leucipo foram resgatadas por John Dalton no século XIX, ao desenvolver sua teoria atômica, que foi fundamental para o desenvolvimento da Química como ciência moderna. O estudo da estrutura atômica é abordado com maior aprofundamento na disciplina de Química (Gaspar, 2013).

Alicerçada em alguns princípios inexatos, John Dalton, meteorologista, que revolucionou a química moderna, trazendo à discussão novamente as concepções sobre o átomo. Essa teoria explica várias leis das combinações químicas (BONINI, 2007).

Segundo Dalton, os elementos são constituídos de pequenas partículas esféricas, maciças e indivisíveis, quando de um mesmo elemento, possuem as mesmas

características, idênticos, enquanto que átomos de elementos distintos apresentam diferentes características (BONINI, 2007).

Para este autor, os átomos não podem ser criados, divididos ou destruídos durante as reações químicas, de modo que uma reação química simplesmente muda a forma como os átomos são agrupados, formando as substâncias químicas (LISBOA, 2010).

Na formação dos compostos, os átomos entram em proporções numéricas fixas tais como (1:1, 1:2, 1:3, 2:3, 2:5, ...). Dalton, afirmava que o peso total de um composto é igual à soma dos pesos dos átomos dos elementos que o constituem (LISBOA, 2010).

Contudo as afirmativas de Dalton, apresenta falhas a frente confirmadas por outros autores, existência de isótopos, Átomos podem ser alterados nas reações (ex.: perda ou ganho de elétrons) ausência dos elétrons, Ausência dos orbitais e níveis de energia, Ausência do núcleo (FELTRE, 2000).

3.2. Teoria Atômica de Thomson



J. J. Thomson, Joseph John Thomson, (nasceu em 18 de dezembro de 1856, na cidade de Cheetham Hill, próximo a Manchester, Inglaterra e morreu em 30 de agosto de 1940, Cambridge, Cambridgeshire), foi o físico inglês que ajudou a revolucionar a compreensão sobre a estrutura atômica através da descoberta do elétron (PIELA, 2006).

Por isso, recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1906 e foi nomeado cavaleiro em 1908. Thomson foi filho de um vendedor de livros no subúrbio de Manchester, quando tinha apenas 14 anos foi internado no Colégio Owens, onde hoje é a Universidade de Manchester. Thomson mostrava uma inteligência diferente da maioria dos colegas da turma, com sorte, Owens promoveu cursos de física experimental (PIELA, 2006).

Em 1876, ele obteve seu diploma escolar na Trinity College, Cambridge, onde foi homenageado pelo resto de sua vida. Posteriormente obteve o curso de Bacharel em Matemática em 1880, após isto a sua principal oportunidade foi fazer pesquisa

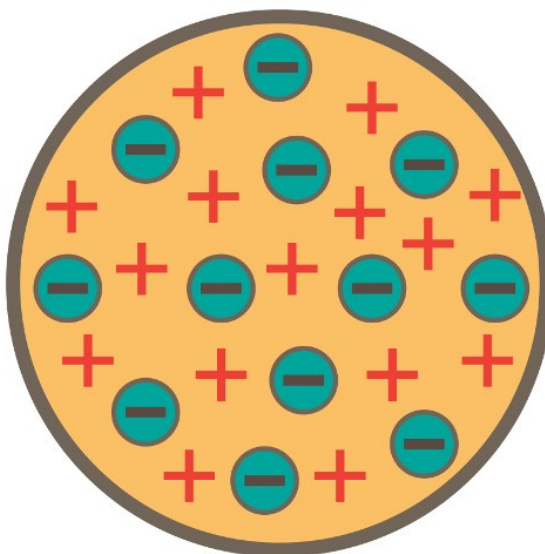
experimental no Cavendish Laboratory, onde começou a desenvolver pesquisas em teoria eletromagnética. Teve como base os estudos de James Clerk Maxwell, que diziam que eletricidade e magnetismo estão interrelacionados, ou seja, mudanças quantitativas em campos elétricos geram mudanças em campos magnéticos (PIELA, 2006).

Thomson foi reconhecido na comunidade científica em 1884 com sua eleição a Royal Society de Londres e escolhido como o pesquisador do Cavendish Laboratory. As pesquisas dele são na história da física um momento crucial, muitas descobertas foram feitas no século XIX nos estudos de eletricidade, magnetismo, termodinâmica, alguns teóricos em da década de 1880 diziam que a ciência física estava se esgotando (PIELA, 2006).

No século XX, no entanto, somente os conservadores compartilhavam esta visão, já em 1914, uma nova física foi descoberta, o que trouxe questões novas a serem pesquisadas e esclarecidas. Estas novas teorias físicas foram extremamente excitantes para alguns, que com sorte tiveram forte engajamento e fizeram pesquisas na fronteira do conhecimento da época. Provavelmente mais da metade destes grandes físicos estavam associados a estas mudanças. Mesmo assim, nem todos tiveram seus nomes marcados na história como Thomson (PIELA, 2006).

O físico britânico, Joseph John Thomson (1856 – 1940), em estudos realizados por intermédio de experimento com descargas elétricas (raios catódicos), verificou que, estes raios sofriam desvios na direção do polo positivo (CORREA, 2014). Conforme demonstrado na figura abaixo:

Figura 1: Modelo Pudim de Passas



Fonte: Dias, 2022.

De modo geral, Thomson, observou que os mesmos tinham natureza negativa, determinando sua relação entre a carga dessas partículas e a massa sendo esta relação denominada inicialmente como corpúsculo. Deste modo, esclareceu que os átomos não eram apenas uma esfera indivisível como havia relatado Dalton (CORREA, 2014).

Nos achados de Thomson, o átomo é um fluido carregado positivamente na qual estariam incrustados os “elétrons”. Apontando-se assim a distribuição uniforme de cargas, conhecida como “Pudim De Passas” (BRASIL, 2021).

Tal teoria, depopula a ideia de uma esfera indivisível e explica alguns fenômenos, como a corrente elétrica, eletrização por atrito, formação de íons e as descargas elétricas em gases (BRASIL, 2021).

3.3. Teoria Atômica de Rutherford

Ernest Rutherford (1871-1937) nasceu na Nova Zelândia. Estudou na Universidade da Nova Zelândia, em Wellington. Em 1893, graduou-se em Matemática e Física; em 1894, recebeu um prêmio que o levou a trabalhar como pesquisador na Inglaterra, no Laboratório Cavendish, dirigido por J. J. Thomson. Em 1898, transferiu-

se para o Canadá, mas voltou à Inglaterra em 1907 para ser professor de Física da Universidade de Manchester; em 1919, voltou a Cambridge como sucessor de Thomson, onde permaneceu em atividade até muito próximo de sua morte, em 1937 (PIELA, 2006).

Desde o início de sua carreira de pesquisador, Rutherford revelou enorme talento para a pesquisa experimental, reconhecido por Thomson, com quem trabalhou no estudo do comportamento dos íons de gases atravessados por raios X. Em 1898, comprovou e estudou a existência das radiações alfa e beta provenientes do urânio. Em Manchester, Rutherford continuou suas pesquisas sobre as propriedades das emanções do rádio e sobre as partículas alfa. Em 1911, suas pesquisas sobre o espalhamento das partículas alfa o levaram a postular a existência do núcleo atômico e a propor um novo modelo para o átomo, sua mais notável contribuição à Física (PIELA, 2006).

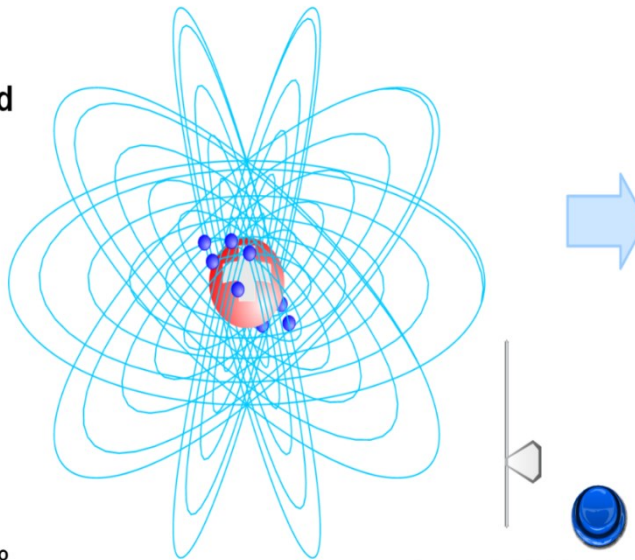
Apesar de ser físico e trabalhar como físico por toda a vida, Rutherford recebeu o prêmio Nobel de Química, em 1908, “por suas pesquisas sobre a desintegração dos elementos e a química das substâncias radioativas”. Outra particularidade da carreira científica de Rutherford em relação ao prêmio Nobel é que a maioria dos cientistas recebe o prêmio anos depois de sua mais importante realização científica; Rutherford o recebeu antes. Gaspar Ernest Rutherford, cientista neozelandês que em 1911 defendeu à toda comunidade científica, uma nova visão de modelo atômico (PIELA, 2006).

O modelo de Rutherford, também chamado de “modelo do sistema solar”, conforme exposto na figura a seguir, esse modelo foi o terceiro na história da Atomística, privilegiando os de Dalton e Thomson (DIAS, 2022).

Figura 2: Modelo de Rutherford

1911
Ernest
Rutherford

Modelo planetario



Fonte: Santos, 2022.

Considerado o modelo que estimulou a evolução do conhecimento sobre a constituição da matéria, o átomo. A estruturação do modelo atômico de Rutherford iniciou-se a partir do estudo das propriedades dos raios X, e das emissões radioativas, culminando com o aproveitamento da radiação sobre um artefato inerte (DIAS, 2022).

O estudo experimental deste pesquisador possuía aparelhagem e organização, consistia em um feixe de partículas alfa, gerados pelo decaimento radioativo do radônio, normalmente executado em uma folha de ouro muito fina em uma câmara evacuada (DIAS, 2022).

Apontando que quanto maior a massa atômica do material, mais partículas eram espalhadas a grandes ângulos. Assim, de acordo com os estudos de Rutherford, para extrair um elétron de um átomo, seria então necessária uma certa quantidade de energia (TAVARES, 2011).

Concluindo-se que, a maior parte da massa e da carga positiva do átomo encontram-se em uma pequena região ainda é atualmente conhecida como “núcleo”, o qual é circundado por espaços vazios, nos quais os elétrons movimentam-se, tornando o mundialmente também conhecido como “modelo atômico planetário”. De modo geral, Rutherford concluiu que, se o átomo é formado por duas regiões e é descontínuo, a matéria também é descontínua. O átomo não é maciço. (TAVARES, 2011).

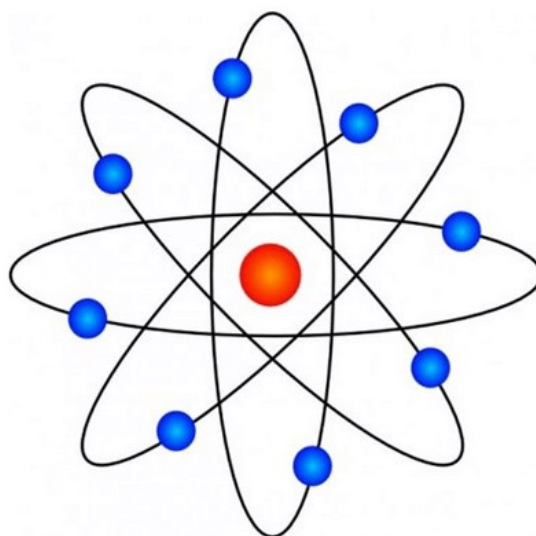
3.4. Teoria Atômica de Bohr



O modelo atômico do dinamarquês Niels Bohr, conhecido como o primeiro a utilizar conceitos da mecânica quântica, aperfeiçoou o modelo de Rutherford, fundamentado na teoria de que o núcleo do átomo é formado por prótons e ao redor do núcleo estão os elétrons (ANJOS, 2022).

Conforme exposto na figura abaixo:

Figura 3: Modelo Atômico de Bohr



Fonte: Alessi, 2022.

Utilizando-se da teoria de Max Planck, o qual já havia admitido a hipótese de que a energia não seria emitida de modo contínuo, mas em pacotes, e que a cada pacote de energia, foi dado o nome de quantum, Niels Bohr, fundamenta seus teóricos postulados (ANJOS, 2022).

Apontando nestes, as seguintes hipóteses: os elétrons se movem ao redor do núcleo em número limitado de órbitas bem definidas; movendo-se em uma órbita estacionária, o elétron não emite nem absorve energia; ao saltar de uma órbita para outra, o elétron emite ou absorve uma quantidade definida de energia, chamada quantum e o quantum de energia eletromagnética é chamada de “fóton” (ANJOS, 2022).

Verifica-se, sobre estes quatro postulados que, os dois primeiros foram apontados como corretos pela comunidade científica, sendo mantidos na teoria

quântica atual. E que, o segundo postulado, trata da frequência de fótons a partir da conservação da energia e relaciona a frequência da radiação às energias dos estados estacionários (ANJOS, 2022).

Sendo o terceiro verificado como errado, e não incorporado à teoria quântica moderna. Aponta-se que o quarto postulado, está parcialmente correto, onde o momento angular de um elétron é definido (NOVAIS, 2022).

Niels Bohr, defendia então que, ao elétron no átomo, somente é permitido estar em certos estados estacionários, sendo que cada um deles possui uma energia fixa e definida, e que, quando os elétrons do átomo estiverem nesses estados, ele não pode emitir luz (NOVAIS, 2022).

Excepcionalmente, no seu primeiro postulado, Bohr deslinda o problema da estabilidade dos átomos demonstrando que, apenas certas órbitas, chamadas de estados estacionários, são permitidas. Onde um átomo, irradia apenas quando o elétron sofre uma transição de uma órbita permitida para outra (NOVAIS, 2022).

Neste, fica evidente que, o elétron do átomo de hidrogênio, pode se mover apenas em certas órbitas circulares, nas quais não perde energia por radiação. De modo geral, o químico Niels Bohr, estabeleceu um modelo para o átomo de hidrogênio e introduzindo conceitos quânticos para explicar a estabilidade do elétron que girava em torno do núcleo (ANJOS, 2022).

Haja vista que, a teoria eletromagnética clássica previa que o movimento orbital do elétron era instável, pois à medida que perdia energia devido ao seu movimento, deveria espiralar em direção ao núcleo, até chocar-se com ele (NOVAIS, 2022).

Entende-se então que, Bohr, postulou que o elétron podia girar em torno do núcleo indefinidamente, sem irradiar energia, em várias órbitas bem determinadas, possuindo em cada uma delas um determinado nível de energia, que podia ser calculado a partir de leis como as de Newton e Coulomb (NOVAIS, 2022).

Nesse contexto, e baseado na espectroscopia, uma técnica que utiliza radiação para a obtenção de informações da estrutura e composição da matéria, o dinamarquês

Niels Bohr estabeleceu que, em seu átomo os elétrons estariam dispostos, na verdade, em órbitas eletrônicas (NOVAIS, 2022).

Historicamente, esta ideia, resolvia o problema da estabilidade de Rutherford, pois, segundo Bohr, enquanto nestas órbitas (chamadas de estados estacionários ou fundamentais), os elétrons não absorveram ou emitiram energia, ou seja, sua energia total seria constante e o comportamento dos elétrons presentes nelas não poderiam ser explicadas apenas pelas leis da mecânica clássica, mas também pelas recentes teorias quânticas (HELERBROCK, 2022).

Tais órbitas eletrônicas, mundialmente conhecidas como camadas eletrônicas, seriam mais energéticas, conforme mais distantes do núcleo. Um elétron poderia passar ou saltar para uma órbita mais energética, contudo, ao fazer isso, o elétron deveria absorver energia (HELERBROCK, 2022).

Deste modo, ao retornar ao seu estado estacionário, o elétron então deveria emitir radiação eletromagnética, de acordo com os preceitos estabelecidos pela teoria de Max Planck. Esse efeito é conhecido como transição eletrônica, finalizando assim as concepções acerca dos postulados de Niels Bohr (HELERBROCK, 2022).

3.5. Ondas de matéria de Louis de Broglie



Prêmio Nobel de Física, Louis Victor de Broglie, estendeu o caráter dual da luz para a matéria, respondendo à pergunta: que se a luz, até então tida como onda, se comporta como partícula em certas situações, por que não o elétron, tido como partícula, não poderia se comportar também como uma onda dependendo da experiência? Para de Broglie, a matéria também poderia apresentar tal comportamento dual (HALLIDAY, 1995).

Na concepção de Broglie, para a dualidade onda-partícula, a relação se estende a toda matéria como prótons, nêutrons, átomos, moléculas e não somente aos elétrons. Tendo como problema, a indagação sobre qual seria o comprimento de onda, associado a uma partícula para que esta possa ser descrita como onda (ROSA, 2004).

Em resposta a esta pergunta, de Broglie sugeriu a relação ($p = h/\lambda$), sendo (λ) o chamado “comprimento de onda de Broglie”. Aqui, (h) é a constante de Planck e ($p = mv$) é o produto da massa pela velocidade da partícula, determinando o momento linear da partícula (ROSA, 2004).

Em resumo, o princípio Broglie atribui um comprimento de onda de matéria para qualquer massa (m) com velocidade (v). Sendo possível desta forma, demonstra-se que o comprimento de onda relacionado a uma partícula é inversamente proporcional à massa e velocidade, ou seja, quanto maiores forem essas grandezas, menores serão os seus comprimentos de onda (ROSA, 2004).

Dessa forma, o processo de identificação dessas ondas de matéria é complexo e delicado: a massa dos corpos envolvidos deve ser muito pequena, similar à massa das partículas subatômicas, como elétrons, prótons e nêutrons (ROSA, 2004).

Além disso, suas velocidades devem ser baixas o suficiente para que se possa medir seu comprimento de onda. Esse tipo de experimento é comumente utilizado para a determinação da estrutura cristalina de moléculas orgânicas e inorgânicas. (ROSA, 2004).

3.6. Equação de Schroedinger



O físico austríaco, Erwin Schroedinger, propôs uma equação que contém termos de onda e partículas para cada elétron. Neste, verifica-se que a resolução da equação leva às funções de onda para cada elétron (ROSA, 2004).

Onde a função de onda (ψ) fornece o contorno da nuvem eletrônica (orbital) para cada elétron. Nesta equação, o quadrado da função de onda, fornece a probabilidade de encontrar o elétron, isto é, dá a densidade eletrônica para o átomo (FERNÁNDEZ, 2004).

Foram quatro as publicações de Erwin Schroedinger, os quais demonstram uma famosa Mecânica Quântica Ondulatória, cujo resultado principal é a equação para as

órbitas estacionárias dos elétrons atômicos, a igualmente famosa “equação de Schroedinger” (ROSA, 2004).

A equação de Schroedinger nada mais é que uma equação diferencial de segunda ordem, a qual podemos aplicar para um sistema como o átomo de 1 H e calcularmos os seus níveis de energias correspondentes. Historicamente, foi o primeiro sistema que Schroedinger tratou, onde os autovalores de energia são os mesmos que previstos por Bohr (FERNÁNDEZ, 2004).

Quando comparado aos estudos de Bohr, Schroedinger foi mais elaborado. Uma vez que prevê também o seguinte: as autofunções são correspondentes a cada autovalor; o cálculo da probabilidade de um determinado estado; o cálculo da probabilidade de transição de um estado para outro; visa calcular os momentos angulares orbitais (FERNÁNDEZ, 2004).

3.7. UEPS e o Ensino Significativo

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel, enfatiza que o conhecimento prévio é o fator que mais influencia a aprendizagem dos alunos. Todavia, vale destacar que, apesar de sua influência, o conhecimento prévio é apenas uma condição necessária, mas não suficiente para que haja aprendizagem significativa de acordo com a TAS (AUSUBEL, 1980).

Ante isto, as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são sequências de ensino fundamentadas na TAS, visam atuar como facilitadora da aprendizagem significativa baseadas em sequências didáticas fundamentadas na aprendizagem significativa, e não mecânica ou literal (GRECA e MOREIRA, 2002).

Tendo como finalidade de estimular o ensino e a pesquisa aplicada, voltadas diretamente à sala de aula, demonstrando que também o ensino, deve ser usado na construção do conhecimento, promovendo mudanças conceituais, onde facilite a aprendizagem significativa. Evidenciando a importância de se buscar mudar os conceitos de aprendizagem, sendo elas compatíveis com as teorias podem dar resultados positivos (GRECA e MOREIRA, 2002).

Neste contexto, fica claro que promover uma aula interessante sem que seja mais uma obrigação, faz parte dos objetivos metodológicos desses professores na atualidade. Contudo, é preocupante constatar que entusiasmar os jovens do ensino médio, da rede regular de ensino ou outras, não é fácil. Não sendo exagero, afirmar que a aprendizagem significativa nesse contexto é importante, porque a física está à nossa volta no cotidiano e conhecê-la é indispensável (HERMANN, 2010).

A Unidade Potencialmente Significativa, aplicada às teorias de aprendizagem, ora, em tese, é um processo no qual gera uma nova informação, ou seja, um novo conhecimento. Não se trata da relação estrutura cognitiva do aprendiz, trata-se de um significado diferente. Sendo de exímia importância, considerar os conhecimentos relevantes, independente do aspecto e da estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1968).

3.8. O PHET

Para ensinar algumas disciplinas, tais como as exatas, é relevante que o aluno tenha no mínimo alguma informação prévia acerca do assunto que será abordado, da qual o permita interpretar, indagar e tirar suas conclusões com base no que lhe é ensinado em sala de aula (VOGLER, 2004).

De certo modo, os livros utilizam de ilustrações como um meio de situar o discente do que se trata, e a partir daí, conceber, mesmo que de forma abstrata, o seu objeto de estudo. É notável que alguns assuntos, em determinadas disciplinas, por exemplo a Física, são tão complexos conceitualmente, que se somente dispor-se do imaginário do aluno, como a única ferramenta da qual irá “simular” o fenômeno estudado, pode-se levá-lo a ficar propenso a erros conceituais (VOGLER, 2004).

Ter em mente os conceitos prévios da evolução do átomo, por exemplo, podem ser tortuosos, já que tal fenômeno é complexo. Os programas/plataformas com as *Sims PhET* as quais baseiam-se em extensas pesquisas em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, sendo um simulador interativo elaborado e mantido online pela Universidade do Colorado (VOGLER, 2004; PHET, 2016).

A plataforma PhET, explora o conceito de simulações aplicáveis ao campo das ciências da natureza e matemática, permitindo trabalhar, a partir de recursos digitais, conceitos para os quais a experimentação possa contribuir para o processo de aprendizagem (PHET, 2016).

Sendo importante ressaltar que, como qualquer simulação, o PhET também apresenta limitações, e seu uso deve ser mediado pelo professor durante todo o processo de utilização. sendo com seu uso possível visualizar experimentos dos quais seria necessário o uso de um laboratório de ciências para ser realizado na prática (COELHO, 2002; PHET, 2016)

O acervo bibliotecário desta plataforma, conta com inúmeros experimentos que se distribuem pelas matérias de Física, Biologia, Química e Matemática, sendo assim possível por exemplo, observar e analisar, o que ocorre no processo evolutivo de átomo, sendo esta estratégia realizada com baixo custo financeiro, haja vista que esta plataforma é gratuita (VOGLER, 2004; PHET, 2016).

Para a exploração é necessário o download do aplicativo, sendo de melhor resolução seu uso em computadores, para utilização do site, é necessário o acesso neste link: [https://phet.colorado.edu/pt BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Todas as simulações podem ser acessadas sem a necessidade de login, para obter os sendo necessário o cadastro para fazer uso dos recursos da plataforma de forma gratuita (VOGLER, 2004; PHET, 2016).

Altamente ilustrativo, para iniciar o uso, deve-se clicar no ícone de um 'bonequinho' disponível no canto superior direito da página e, em seguida, clicar em "cadastre-se". Preencher-se um formulário de dados cadastrais e confirmar o cadastro, respondendo a um e-mail enviado pela plataforma no momento do cadastro. Sendo possível alterar a opção de idioma no fim da página (PHET, 2016).

Claramente disposto no menu "simulações", o usuário terá acesso a uma diversidade de filtros, que permitirão identificar as simulações já disponíveis na plataforma. Sendo possível selecioná-las de acordo com área do conhecimento, nível de ensino (primário, ensino fundamental, ensino médio ou universidade) ou dispositivo

(*tablet* ou *notebook*). Não obstante, é possível optar por visualizar todas as simulações juntas, ou filtrar por idioma (PHET, 2016).

À frente de cada título/simulações, estão dispostos alguns símbolos. Estes, fazem referência ao recurso computacional necessário para executar a simulação. Sendo que, o escudo refere-se ao HTML5 (*Hypertext Markup Language*, versão 5), o que significa que a simulação é executada no próprio navegador, sem a necessidade de nenhum download; o “f” ao adobe *flash player*, nesse caso será necessário que o serviço esteja previamente habilitado; por fim, o símbolo em forma de ‘xícara de café’ que remete ao *java* (linguagem de programação orientada a objetos), o qual deve estar instalado no computador para que a simulação possa ser executada (PHET, 2016).

De igual modo à direita, as simulações podem ser abertas clicando-se no ícone de “*Play*”, ou baixadas (no caso das simulações em flash e *java*, será baixado apenas um atalho para a reprodução do material). Minuciosamente, nas simulações, um ou mais conceitos são abordados através de um modelo de fenômeno que permite a interação do usuário, alterando e controlando parâmetros (PHET, 2016).

Por exemplo, na simulação “Estados da matéria: básico”, o aluno pode escolher, dentre algumas substâncias, o seu estado físico e o nível de agitação de suas partículas. Pode aquecer ou resfriar a substância para verificar o que ocorre conforme se altera a temperatura. Além disso, o material pode ser baixado ou copiado o código “HTML5” que permite fixá-lo em outras janelas da internet (PHET, 2016).

Além disso, há uma série de itens disponíveis abaixo das simulações, a partir dos quais o professor terá mais informações sobre o material, como os objetivos de aprendizagem já estabelecidos para aquela simulação, além de poder baixar sequências didáticas e dicas para professores (produzidas pela plataforma PhET). Devendo, de forma minuciosa avaliar-se os materiais, haja vista que todos os usuários podem contribuir com este conteúdo, deixando suas atividades disponíveis na plataforma (COELHO, 2002; PHET, 2016).

3.9. Outras Plataformas

Além do PHET, existem outras plataformas que podem ser usadas para complementar o ensino de ciências, como: Vascak , Yenka, Mentimeter, Kahoot, ambas utilizam-se de uma metodologia interativa. Tendo sido escolhida o PhET, como as aplicações deste trabalho são em escolas que os autores não estão ligados diretamente à instituição. Então, uma forma de ajudar no aproveitamento do tempo em sala de aula para melhorar a compreensão dos alunos.

Principalmente para turmas que estão no 9º do ensino fundamental é relevante o uso destas plataformas para que não se crie um distanciamento entre a física e o aluno logo nas fases introdutórias do conteúdo.

Outro aspecto que influencia no entendimento científico é o baixo desenvolvimento de linguagem matemática que os discentes têm. Por isso o uso da plataforma de simulações PhET foi escolhido, por também fazer uma alusão ao entendimento teórico e prático da física, facultando que a matemática fique para um segundo momento.

4. Metodologia

Neste capítulo serão abordados os subsídios e os processos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, bem como a metodologia aplicada para alcance dos resultados.

Quanto sua natureza, esta pesquisa caracteriza-se como pesquisa descritiva, pois é mais propícia a avaliações, sendo capaz de descrever as características, os fenômenos e as experiências do estudo em questão (GANGA, 2012). Neste aspecto a pesquisa descritiva busca a realização e detalhamento das situações que contribuem para a problemática desta pesquisa (GIL, 2017).

Já os procedimentos técnicos referem-se a pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica, onde através de trabalhos já publicados proporcionou-se o embasamento teórico necessário para análise e conhecimento a respeito do tema (GANGA, 2012). Já a pesquisa de campo é capaz de extrair os dados e as informações ligadas ao objeto de estudo, dando respostas para a problemática abordada na pesquisa (GIL, 2017).

Quanto a abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa. Onde a pesquisa qualitativa é dada pela subjetividade em compreender os dados e apresentar soluções sobre os fenômenos contatados (GIL, 2017). Já os dados qualitativos dar-se-ão pela utilização das ferramentas e dados obtidos a partir da aplicação dos questionários, através da descrição dos dados numéricos (MARCONI; LAKATOS, 2017).

No que tange as técnicas específicas para responder os objetivos específicos deste estudo, aplicou-se o emprego de questionários, já que os mesmos apresentam uma técnica de investigação capaz de obter informações sobre conhecimentos e interesses (GIL, 2017). A escolha deste instrumento deu-se pela necessidade em se coletar os dados pertinentes a construção desta pesquisa para sua análise posterior.

Inicialmente, a estrutura metodológica desta pesquisa deu-se a partir da pesquisa bibliográfica proporcionando embasamento teórico capaz de fomentar o desenvolvimento da pesquisa, a partir do estudo de livros e artigos já publicados. Ademais, realizou-se uma pesquisa de campo em escolas públicas e particulares da

cidade de Redenção-Pará, a partir do emprego de um plano de aula e aplicação de questionários físicos e digitais para melhor amplitude da pesquisa.

4.1. Coleta e Análise dos dados

A coleta e análise dos dados busca o alcance dos indícios de aprendizagem significativa, validando sua importância através da plataforma PhET para o ensino de física, segundo LAVILLE e DIONNE (1999) relata que de um certo modo esse tipo de pesquisa deve inicialmente buscar e demonstrar a existência de uma relação causa e efeito entre duas variáveis.

Para a coleta de dados foi elaborado um plano de aula, disposto no apêndice I, com o intuito de fomentar a importância do uso das simulações no ensino da física e a explanação da evolução do átomo de hidrogênio, tendo como público alvo cinco turmas de alunos do ensino médio da rede pública e privada.

A partir da explanação da aula, foi aplicado, três questionários estruturados, constituído por questões referentes a dados que caracterizam a situação, do ensino e aprendizagem antes e após a admissão das aulas, com intermediários das animações da plataforma PhET. O primeiro questionário aplicado busca compreender os aspectos educacionais do ensino de Ciências no Ensino Médio Brasileiro, conforme demonstrado no quadro 01:

Quadro 01: Aspectos educacionais do ensino de Ciências no ensino Médio

1	Qual o seu grau de escolaridade?
2	Qual a sua profissão atual?
3	Qual cidade e Estado você estudou ou estuda o ensino médio?
4	Qual o ano que você conclui ou concluiu o ensino médio?
5	Durante o seu Ensino Médio ou Ensino Fundamental, foram usadas simulações ou animações computacionais para o ensino e aprendizagem de ciências (física, biologia ou matemática, química)?
6	Você conhece algumas das plataformas abaixo? a) PHET; b) Vascak; c) Yenka; d) Mentimeter; e) Kahoot; f) outros; g) todas; h) nenhuma
7	Em uma nota de 0 a 10, o quanto você avalia que o ensino de ciências (química, física, biologia) que você teve ou está tendo, foi ou é tradicionalista (meramente expositivo, onde só o professor fala da teoria e a participação dos alunos é reduzida a fazer provas e exercícios)?

8	Em uma nota de 0 a 10, onde 10 é a nota máxima e 0 é a nota mínima, o quanto você avalia que o ensino de ciências (química, física, biologia) pode melhorar com o uso de simulações computacionais como de sites e plataformas como PHET, Yenka, Vascak?
9	Em uma escala de 0 a 10, o quanto você acha que o ensino pode melhorar, caso os professores de ciências (física, biologia e química) tragam sempre motivações e aplicações práticas e tecnológicas do conteúdo? Ou seja, se os professores de física, além de mostrarem o conteúdo, eles mostrem quais as tecnologias que usam aqueles conceitos da aula
10	Em uma escala de 0 a 10, o quanto você acha que o ensino pode melhorar, caso os professores de ciências (física, biologia e química) tragam sempre motivações históricas a respeito do desenvolvimento teórico do conteúdo usado. Por exemplo, como que os experimentos de física moderna levaram às atuais conclusões a respeito das relações entre matéria e energia.
11	Em uma nota de 0 a 10, o quanto você avalia que o ensino de ciências (química, física, biologia) pode melhorar com o uso de simulações computacionais como de sites e plataformas como PHET, Yenka, Vascak?
12	Em uma escala de 0 a 10, onde 0 representa nada de contribuição e 10 representa total contribuição, se você já viu o uso de simulações computacionais para o ensino de física, qual a nota que você dá para a contribuição da sua aprendizagem científica com esta simulação? Caso nunca tenha visto simulações como estas, não responda
13	Poderia deixar um comentário a respeito do uso de simulações computacionais, animações, gifs para o ensino de física no ensino médio brasileiro? Escreva abaixo a sua opinião.

Fonte: Cirle e Rafael, 2022.

Os questionários expostos nos quadros 02 e 03, foram aplicados para alunos do terceiro ano do ensino médio. Participaram das aulas 27 alunos da escola Tancredo Neves, da escola Cristo Rei, tivemos um público de 13 alunos, somando um total de 46 discentes das escolas particulares de Redenção Pa.

No enalço de aprimorar a pesquisa, as aulas foram estendidas para outros níveis escolares da rede pública, sendo aplicadas as aulas em duas turmas de 9 anos, da escola municipal Ronan Fidelis dessa mesma cidade, somando assim um total de 58 alunos. Já o questionário 3 foi apresentado na internet para pessoas de níveis de escolaridade distintos, como forma de mostrar um panorama do uso de simulações no ensino de ciências. Este último questionário teve 28 respostas, totalizando 126 participantes desta pesquisa. É importante ressaltar que são públicos distintos das escolas supracitadas.

Quadro 02: Pré-aula: Átomo de Hidrogênio

01	Qual a grande contribuição que o Modelo Atômico de Bohr trouxe para a teoria atômica?
----	---

02	Quais os seus conhecimentos prévios com relação ao modelo atômico planetário?? Qual a conclusão a respeito das condições da matéria que invalidaram o modelo planetário atômico?
03	Do ponto de vista de De Broglie, o elétron pode se comportar de duas formas diferentes. Quais são estas duas formas? Como esta teoria ficou conhecida?
04	Quais são as aplicações em tecnologia atuais de Física Moderna?
04	As ideias de Schrodinger apresentaram uma novidade com relação a posição do elétron ao redor do núcleo. Qual é esta novidade? Como ficou conhecida esta teoria?
05	Você conhece algumas das plataformas abaixo? A) PHET; b) Vascak; c) Yenka; d) Mentimeter; e) Kahoot; f) outros; g) todas; h) nenhuma

Fonte: Cirle e Rafael, 2022.

Ademais, buscando identificar se o emprego do uso de métodos modernos educacionais traz resultados positivos, aplicou-se um terceiro questionário, conforme demonstrado no quadro 03, a seguir:

Quadro 03: Pós-aula: Física Moderna

01	Quais os conceitos sobre a existência e importância de aulas de física que mudaram após esta aula com o uso da plataforma PhET?
02	Após a aula ficou claro o que é o conceito de Dualidade Onda Partícula? Explique em poucas palavras o que significa?
03	Após a aula ficou evidente qual foi a grande contribuição que o modelo atômico de Bohr trouxe para a teoria de modelos atômicos?
04	Após a aula ficou claro que é o Princípio da Incerteza? Ficou claro o que seria uma nuvem eletrônica?
05	Quais as aplicações de Física Moderna na sociedade você aprendeu no curso?

Fonte: Cirle e Rafael, 2022.

Os dados foram compilados e armazenados em planilhas do Microsoft Excel (2010) elaboradas estritamente para esse fim, o mesmo software foi empregado para os cálculos das medidas e desvio padrão. Foi realizada primeiramente a correção “dupla cega” semelhante ao método utilizado por Maerrawi (2012, p.51) onde a correção é feita com base na fonte original sem considerar a primeira base.

Assim, posteriormente foi realizada uma análise descritiva, incluindo distribuição de frequência para as respostas das variáveis descritas nos questionários e os cálculos das medidas foram obtidos através de dados retirados diretamente dos questionários

dos participantes com resultados reagentes para o que lhes foi proposto, independente do grau de escolaridade.

Foi realizado o cálculo do “n” de alunos que participaram das aplicações das aulas. Onde, o erro de cálculo reflete a diferença entre o valor estimado pela pesquisa e o verdadeiro valor, desta forma foi utilizado 5% para o valor do erro amostral.

A prevalência dos conceitos prévios dos alunos acerca dos conhecimentos das teorias atômicas, a evolução da matéria, e o uso da plataforma PhET foi estimulado pela presença dos questionários ofertados no período de pré aula. Foi estabelecido um intervalo de confiança de [IC=95%] o “IC” comprova a probabilidade de que os participantes tinham pouco conhecimento sobre os assuntos imposto a eles, o erro amostral efetivo seja menor do que os erros amostrais admitidos pela pesquisa.

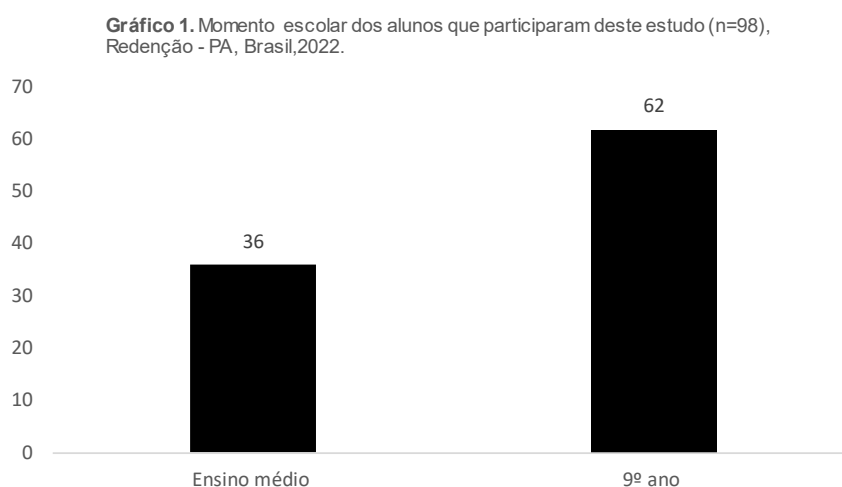
Para a definição máxima do potencial de conhecimento dos participantes foi utilizado os resultados obtidos através das respostas dos questionários pós aula. Foi estabelecido um percentual máximo de [4%] para a realização das análises dos dados obtidos nos questionários, sendo que o percentual mínimo com valor=0. Sendo que a amostra calculada necessária nesse estudo foi de N=126.

Deste modo é cabível justificar alguns pontos sobre os critérios de seleção dos participantes desta pesquisa, a qual foi feita de forma aleatória e simples, não sendo estabelecido nenhum tipo de exclusão. Logo, as etapas descritas acima representam o passo a passo da metodologia empregada nesta pesquisa, a fim de identificar e propor soluções plausíveis para o desenvolvimento educacional.

5. Resultados e Discussões

Participaram desta pesquisa 98 alunos da rede pública e particular de ensino e 28 convidados via web, do município de Redenção - PA. O 'n' amostral será dividido para melhor demonstração dos resultados.

Disposto no gráfico 1, apontamos o momento escolar dos alunos que participaram destes estudos. A extensão deste estudo à alunos do nono ano (9º) se deve ao fato da não efetiva participação dos do terceiro ano, em relação a responder os questionários aplicados.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022.

No gráfico 2 pode-se ler que do "n" amostral (n=98) responderam aos questionários 46 alunos, sendo 28 do nono ano, e 18 do ensino médio. Este índice de aceitação, pode ser entendido como resposta cultural, uma vez que 100% dos alunos que responderam ao questionário, afirmaram não conhecer a plataforma PhET.

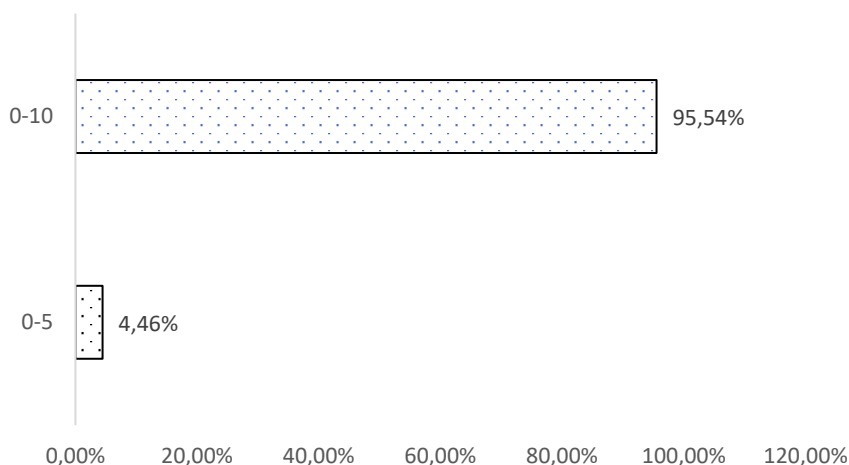
Dado que demonstra, a supremacia da metodologia de ensino tradicional e a não utilização da teoria de aprendizagem significativa e de ferramentas auxiliares de ensino como a plataforma PhET.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022

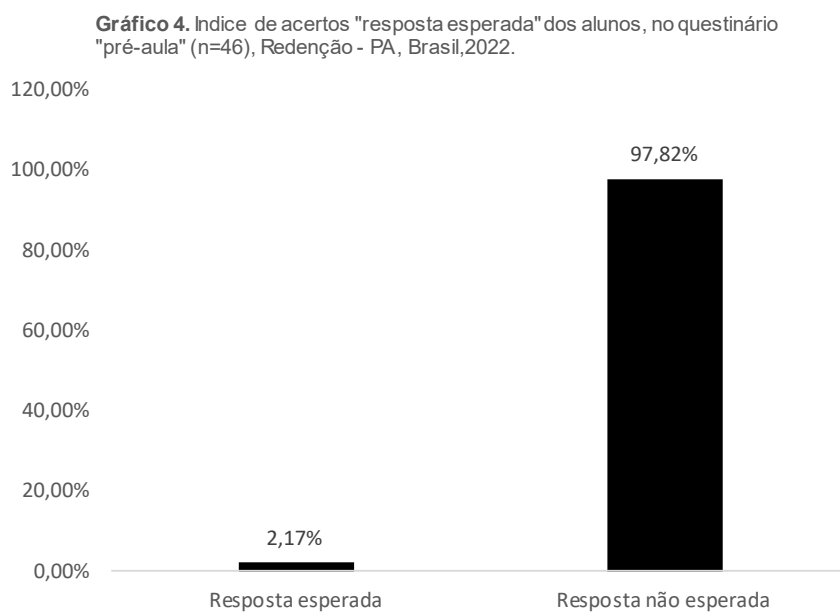
No entanto, o índice de aceitação da metodologia proposta foi (95,54%) conforme é visto no gráfico 3, sendo válido salientar, que os elementos educacionais como história da física, motivação através de aplicações tecnológicas, uso de simulações como PHET, são avaliadas pelos participantes, como uma imensa contribuição para o seu entendimento teórico.

Gráfico 3. Nível de aceitação da metologia de ensino com uso da plataforma PhET pelos alunos que responderam ao questionário (n=46). Redenção - PA, Brasil, 2022.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022

De acordo com os dados levantados, apontados no gráfico 5, sobre o nível de conhecimento dos alunos, no que se refere a evolução teórica da molécula de hidrogênio, faz-se necessário o entendimento de que o panorama educacional do Sul do Pará, pode dispor de alguns atrasos, que são nitidamente percebidos nas respostas do questionário indexadas no quadro 03, no tópico da metodologia deste.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022

Assim, fica evidente que o ensino de física, química e biologia, poderia ser mais facilitado, com o uso de algumas plataformas tais como a apontada neste estudo "PhET". Neste mesmo sentido, os dados revelam que os alunos desconhecem esta plataforma, e que gostariam que os professores fossem menos tradicionalistas e convencionais.

Evidencia-se deste modo que, as metodologias de ensino aplicadas tem sido as mesmas desde séculos atrás e quando se fala em mudar, há uma visão crítica dos profissionais da área que tendem a repetir as mesmas práticas e evitar a mudança de costumes.

Contudo, 02 professores do ensino médio, que de acordo com o exigido à aos autores deste estudo, como acadêmicos, foram convidados a participar da aula, se dignaram a tecerem opinião sobre a metodologia utilizada, mostrando-se a favor do uso

da plataforma Phet como auxiliar ao ensino teórico. Anota-se que na fala destes que, trata-se de uma ferramenta, dinâmica, interativa e que seu uso faculta mudanças de comportamento dos alunos, ora ainda aprisionados no ritmo de isolamento propiciado pelo período pandêmico e pela cultura de ensino tradicional predominante nesta região.

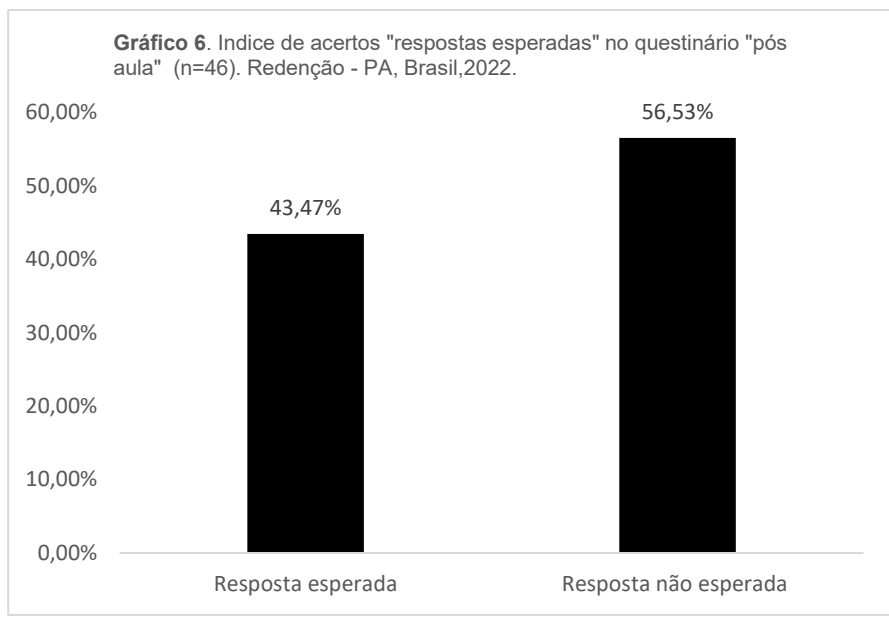
Demonstrado no gráfico 5 está o percentual da resposta em relação a mudança de conceito sobre as aulas de física, avaliadas do questionário 2 “pós aula” com o uso da plataforma PhET.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022

Notavelmente, pode-se observar na avaliação direta das respostas que um dos alunos respondeu no questionário “pós-aula”, que antes de participar deste estudo achava física uma matéria chata, no entanto após assistir as animações feitas com o PhET na sua escola, passou a pensar que a ciência é interessante e que tem muitas aplicações tecnológicas úteis.

Outro dado importante encontrado neste estudo, foi a avaliação do nível de conhecimento dos alunos sobre a evolução teórica da molécula de hidrogênio, após a aplicação da aula. Conforme demonstrado no gráfico 6.



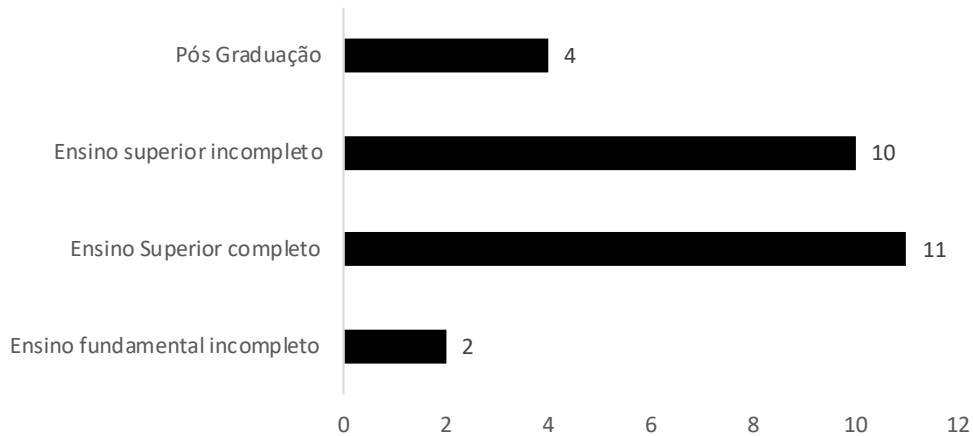
Fonte: Cirle e Rafael, 2022

É possível observar que após a participação em aula com o uso da plataforma PhET, os alunos ao responderem o questionário demonstraram conhecer os pesquisadores e a evolução teórica da molécula de hidrogênio. No entanto, para alunos nos níveis iniciais ou anteriores ao ensino médio, a compreensão de assuntos mais aprofundados como nuvens eletrônicas de Schroedinger e Dualidade onda partícula do elétron é mais difícil para eles.

Donde há um entendimento da situação, mas eles não conseguem organizar e explicar o aprendizado obtido. Acredita-se que, não por limitações da animação, mas pelo assunto realmente ser mais avançado e precisar de uma maturação da teoria nos cérebros dos interessados.

Fez parte do interesse deste estudo, avaliar a efetiva e importância da plataforma PhET como ferramenta de ensino, no município de Redenção, ficando prejudicado o apontamento de um "n" amostral, uma vez que o questionário on-line foi criado e encaminhado via linha de transmissão a pessoas do convívio social dos autores, com a solicitação de reencaminhamento. Desta coleta de dados indexamos abaixo os gráficos de acordo como disponibilizados pelo google formulários cito: Gráfico 7.

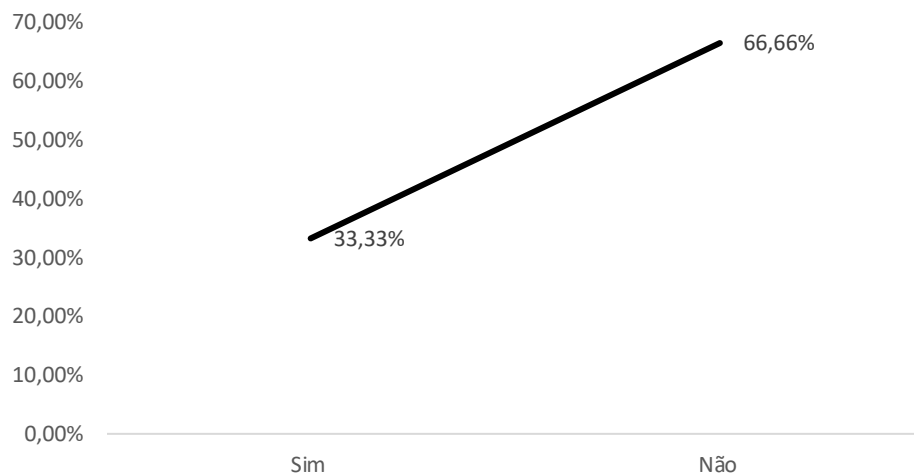
Gráfico 7. Escolaridade dos participante da parte do estudo para avaliar a efetiva e importância da plataforma PhET como ferramenta de ensino (n=27) no município de Redenção -PA, Brasil, 2022.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022

Nota-se que, mesmo com o nível de escolaridade de nível superior, os participantes referiram desconhecer a Plataforma de Ensino PhET, confirmando o encontrado em sala de aula neste estudo. No gráfico 8, vemos os dados conforme indexados pelo google formulários.

Gráfico 8. Dados sobre a existência e uso da plataforma PhET (n=27), nas escolas do município de Redenção – PA, Brasil, 2022.



Fonte: Cirle e Rafael, 2022

Nota-se que 33,33% dos participantes, referiram conhecer a plataforma, porém nunca terem feito uso durante o processo de escolarização e nenhum momento de sua formação foram utilizadas as simulações ou animações computacionais para o ensino

e aprendizagem de ciências (física, biologia ou matemática, química). Portanto este conhecimento foi adquirido em estudos superior fora do âmbito escolar.

6. Conclusão

Sendo possível concluir neste estudo que, o método de ensino utilizado na rede escolar do município de Redenção – PA, até a presente data, ainda é convencional e tradicionalista, mesmo que as pessoas demonstrem interesse, sejam estes alunos ou profissionais, em um método de ensino mais interativo e dinâmico.

Além disso, a percepção dos autores deste trabalho é que o ensino tradicional tem sido influenciado pelo fácil acesso à tecnologia, ou seja, principalmente nas escolas particulares, talvez pelo poder aquisitivo das famílias dos alunos, a presença de estudantes com celulares e internet 3G ou 4G, possibilita a dificuldade de manter o aluno focado em sala de aula, e em contrapartida, a gama de problemas sociais eminentes, como a má formação de mão de obra disponível no mercado de tecnologias.

A partir do exposto no parágrafo anterior, é intuitivo dizer que a relação aluno e ensino convencional tem criado uma fuga de interesse da ciência, isto deve-se a forma como as aulas são lecionadas há mais de séculos.

Por algum aspecto de conexão entre alunos e professores, abre espaço para interpretação que as respostas foram mais apáticas. Mesmo assim, a avaliação do uso da Simulação Phet é 10 em todos os casos.

Um grande aspecto que era dúvida antes da aplicação era quanto ao entendimento das ideias de Schroedinger e do Princípio da Incerteza. Quanto às ideias de Dualidade Onda-Partícula, as respostas foram as mesmas e mostram o entendimento das explicações.

A outra sugestão da experiência da aplicação é que quanto mais se pratica uma aula, melhor ela fica. Ou seja, é preciso debater, analisar, entender a relação professor e aluno, é fundamental saber que cada ambiente é diferente e cada turma é distinta.

Então, só o uso do PhET e não é suficiente, o professor tem que entender os processos didáticos que podem e devem ser usados para obter os resultados almejados. Uma outra dificuldade que os autores sentiram é que as aplicações foram em escolas nas quais eles não são professores oficiais, então o relacionamento com os discentes pode ter sido momentâneo e isso ter influenciado nos resultados.

Empiricamente se espera que o comprometimento dos estudantes esteja associado a notas e aprovações da escola, então é uma percepção já esperada na aplicação dos alunos. Sem o compromisso de conseguir nota ou aprovação, o aluno não se sente na obrigação de responder, assim a adesão ao questionário pós aula é em torno de 10% menor que o questionário pré-aula que na maioria das aplicações foi respondido em sala.

Faz-se necessário a ampla divulgação destas ferramentas como parte, por exemplo do acervo acadêmico, facultando a criação de mini cursos, feiras de ciências e network entre a comunidade de docentes deste município e os acadêmicos das ciências naturais e de ensino. A partir desta conclusão apresentamos a seguir as ressalvas e possíveis continuidades a serem pensadas ou trabalhadas sobre este mesmo tema.

7. Referencias

ALESSI, NICOLE. **Modelo Atômico De Bohr - O Que É? Características E Exercícios**. Disponível em: <<https://www.gestaoeducacional.com.br/modelo-atomico-de-bohr-o-que-e-caracteristicas/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

ANJOS, Talita Alves dos. **"Do átomo de Rutherford ao átomo de Bohr"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/do-atomo-rutherford-ao-atomo-bohr.htm>. Acesso em 07 de agosto de 2022.

AUSUBEL, D.P. ; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. (1980). **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução ao português, de Eva Nick et al., da segunda edição de *Educational sychology: a cognitive view*. 623p.

COELHO, Rafael Otto. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002.

DIAS, Diogo Lopes. **"Modelo atômico de Rutherford"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/o-atomo-rutherford.htm>. Acesso em 07 de agosto de 2022.

DIAS, Diogo Lopes. **"Modelo atômico de Thomson"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/o-atomo-thomson.htm>. Acesso em 15 de agosto de 2022.

FELTRE, R; YOSHINAGA, S. Atomística – 1ª Ed. – São Paulo: Moderna, 1970. p. 121 – 123. Fernández, Tomás y Tamaro, Elena. **Biografia de Louis de Broglie**. En Biografías y Vidas. Barcelona, Espanha, 2004. Disponível em: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/broglie.htm>. Acesso em: 7 de agosto de 2022.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de conclusão de curso (TCC) na Engenharia de Produção: um guia prático de conteúdo e forma**. São Paulo: Atlas, 2012.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física**. 2º Edição. São Paulo: Ática, 2013. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/>. Acesso em: 08 set. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GRECA, I.M. & MOREIRA, M.A. (2002) **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora**. Investigações em Ensino de Ciências 7(1) pp. 30-45.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física 4 – Óptica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: *Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version*.

HELERBROCK, Rafael. **"Constante de Planck"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/constante-planck.htm>. Acesso em 07 de agosto de 2022.

HERMANN, N. **Autocriação Horizonte Comum - Ensaio sobre educação ética-estética**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 7ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LAVILLE, Christian Laville; DIONNE, Jean Dionne. **A construção do Saber: Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. 1º. ed. São Paulo: UFMG, 1999. 342 p. ISBN 2-89461-025-4.

LISBOA, J. C. F. **Química, 1º ano: ensino médio**. 1ª Ed. – São Paulo: Edições SM, 2010. (coleção Ser protagonista). p. 117 – 121.

PIELA, Lucjan. **Ideas of quantum chemistry**. Elsevier, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books>. Acesso em: 08 de set. 2022.

MOREIRA, M.A. (2000). **Aprendizagem significativa crítica**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche).

NOVAIS, Stéfano Araújo. **"Modelo atômico de Bohr"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/o-atomo-bohr.htm>. Acesso em 07 de ago. 2022.

PHET. **Interactive Simulations da Universidade do Colorado**. 2016. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 08 ago 2022.

ROSA, Pedro Sergio, **Louis de Broglie e as ondas de matéria** – Campinas, SP: [s.n.], 2004. R. Química Geral – 5ª Ed. – São Paulo: Moderna, 2000. p.55 – 56.

SANTOS, Victor. **Modelo atômico de rutherford ou "planetário" (1911)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Colégio de aplicação departamento de ciencias exatas e da natureza química. Universidade Federal Do Rio Grande do Sul, 2020.

VOGLER, Macos. **O uso de simulações em Java como objetos de aprendizagem no ensino de Física**. 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311973537>. Acesso em: 08 Agosto de 2022.

8. Trabalhos Futuros

As ideias que foram pensadas, e não incluídas neste estudo, mas que podem ser implementados futuramente são:

1. Melhora do Plano de aula, incluindo o estudo, apresentação e utilização de mais plataformas de ensino como: Vascak; YenK e outras;
2. Inclusão de questionário específico que detalhem o nível de conhecimento de professores e o quanto orientando estão sobre estas plataformas, e o quanto já utilizaram em seus trabalhos no dia-dia escolar.
3. Melhora no tempo hábil do processo de agendamento com as escolas para facultar um maior número de oportunidades de aulas, aumentando o volume de dados, assim como garantindo maior confiabilidade do “n” amostral.

9. Apêndices

Apêndice I: Plano de Aula utilizado em aulas realizadas para esse estudo.

PLANO DE AULA

Professores	Cirle Ribeiro e Rafael Barbosa	Período: Agosto de 2022
Público-alvo	3º ano ensino médio	Carga Horária: 3 aulas de 45 Minutos cada
Disciplina	Física 3 - Física Moderna	
Alunos	Alunos do 3º ano do ensino médio	

TEMA

Modelos Atômicos

Física Moderna

Espectros da luz

Aplicações de Física e Matemática na Tecnologia e Ciência

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS

- Ciência: (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- Matemática: (EM13MAT101) Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais.

Unidade	Roteiro
13	<ul style="list-style-type: none">• Introdução aos conceitos de física moderna;• Apresentação dos modelos atômicos: Modelo de Dalton, Modelo de Rutherford, Modelo de Bohr, Ideias de Schrodinger.• É importante usar a história do desenvolvimento científico de física moderna da época, no final do século XIX e início do século XX.• Simulação do Experimento de Rutherford.

Objetivos

O principal objetivo da aula é fazer os alunos entenderem os conceitos da física moderna. O meio para isso é a exposição destas teorias e a forma histórica como foram descobertas.

Além disto, é importante fazer eles perceberem que a física moderna está no dia a dia, na tecnologia e é fundamental para novas tecnologias como computação quântica. Por fim e não menos importante, é o objetivo avaliar o aprendizado dos alunos envolvidos a respeito de física moderna.

Metodologia de Ensino

A metodologia proposta utiliza principalmente simulações computacionais da plataforma Phet para que o aluno possa visualizar como é a relação entre energia e matéria e como os modelos atômicos evoluíram ao longo do tempo. A principal intenção para que os alunos interajam com a teoria é que eles usem e explorem as animações, tanto as do Phet quanto outras disponíveis, por exemplo as do Vascak. De um modo geral, os professores vão contar a história da ciência e explanar as principais ideias dos teóricos: Dalton, Thompson, Rutherford, Bohr, De Broglie, Schroedinger.



Slide 1: Aula dos autores.

A princípio, foi preciso apresentar os acadêmicos e explicar a ideia da pesquisa. Em uma situação na qual o professor já conhecido da turma, pode ser que não haja esta necessidade. Também é aplicado o questionário “pré-aula”



Slide 2: Aula dos autores

Em um segundo momento faz-se a justificativa de um dos "porquês" se estuda ciências como física, química, matemática, lógica de computação, biologia e outras. Ou seja, é porque o desenvolvimento da teoria atômica acaba dando base para o advento de semicondutores, transistores e mais recentemente a nanotecnologia.



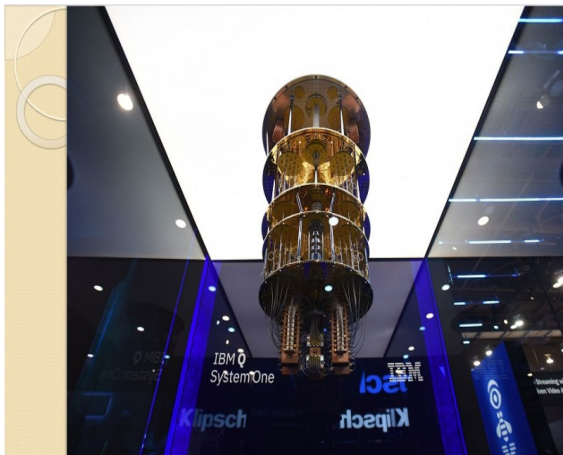
Slide 3: Aula dos Autores

É de bom tom mostrar que hoje existe uma grande produção de semicondutores e que isto se inicia no estudo da relação entre matéria e energia e dos modelos atômicos que posteriormente serão explorados.



Slide 4: Aula dos Autores

É oportuno falar de aplicações da física na medicina, principalmente porque o uso da tomografia computadorizada foi responsável por diagnósticos na covid 19. E ainda é muito recente para os alunos os casos deste vírus.



Slide 5: Aula dos autores

Também do nível de divulgação científica, está muito em alta a criação de computadores quânticos, então isto cria uma situação lúdica e cativa os alunos, principalmente aqueles mais aficcionados por tecnologia.

Phet

Átomo de Hidrogénio:

https://phet.colorado.edu/sims/cheerp/hydrogen_atom/latest/hydrogen-atom.html?simulation=hydrogen-atom&locale=pt_BR

Espalhamento Rutherford:

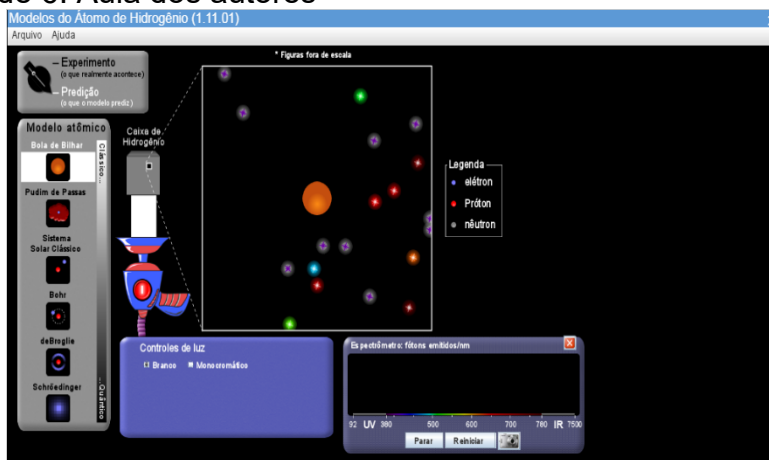
https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_pt_BR.html

Vascak

Modelos Atômicos:

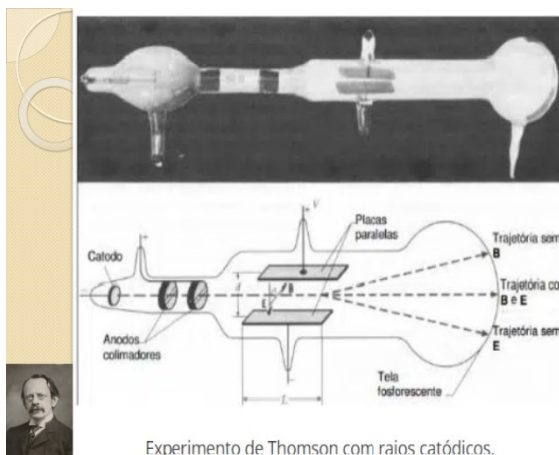
https://www.vascak.cz/data/android/physicsschool/template.php?s=atom_modely&l=es

Slide 6: Aula dos autores



Intervenção PHET

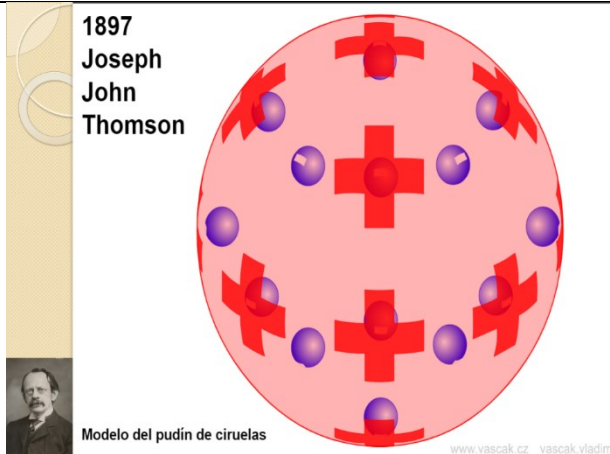
Exposição das ideias de Dalton e de como seria a interação entre energia e a matéria se a sua teoria fosse de acordo com a prática.



Experimento de Thomson com raios catódicos.

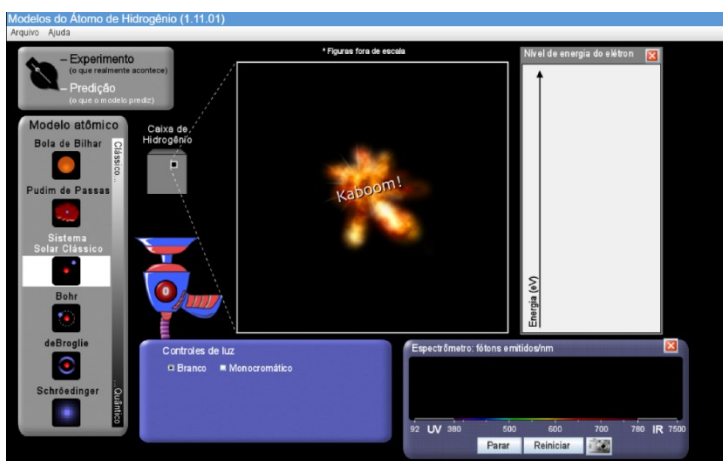
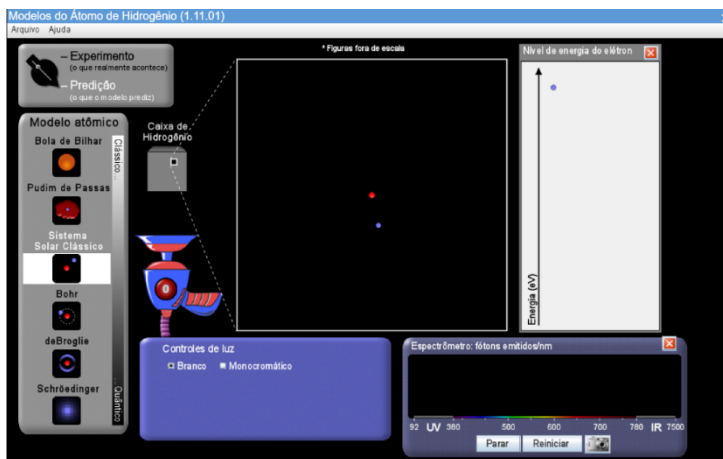
slide 7:

É preciso explicar sobre o experimento de raios catódicos feito por Thomson para chegar à conclusão de que o átomo não pode ser uma bola indivisível, sólida.

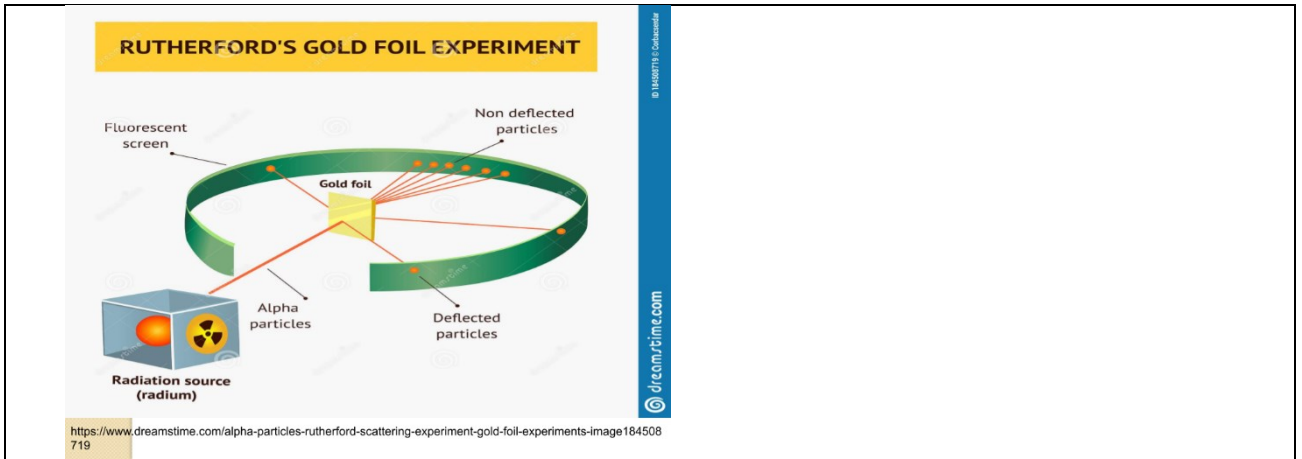


slide 8: apresentar o modelo atômico de Thompson. E explicar que o atomo deveria ter, no mínimo, duas partículas, uma positiva e outra negativa.

intervenção da animação PhET do Átomo de Hidrogênio.



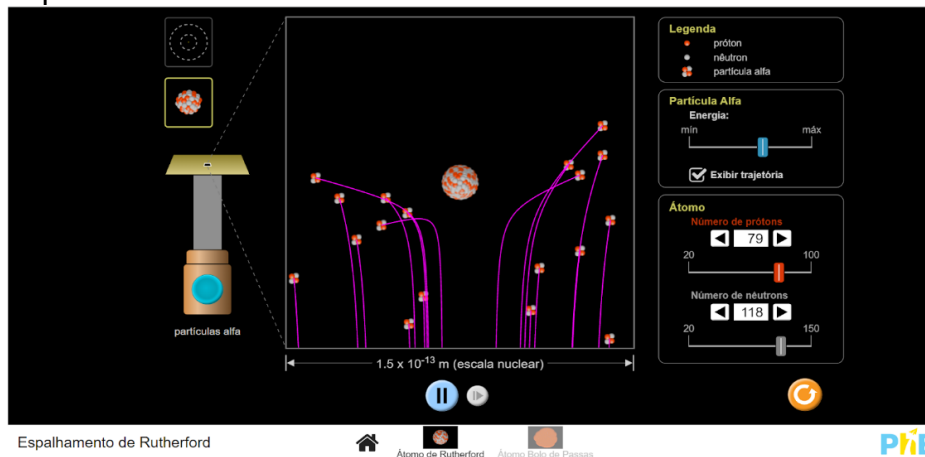
Para este modelo, a plataforma PhET mostra que, caso a matéria fosse feita como um modelo planetário, não seria instável, ou seja, explodiria em fração de um segundo.



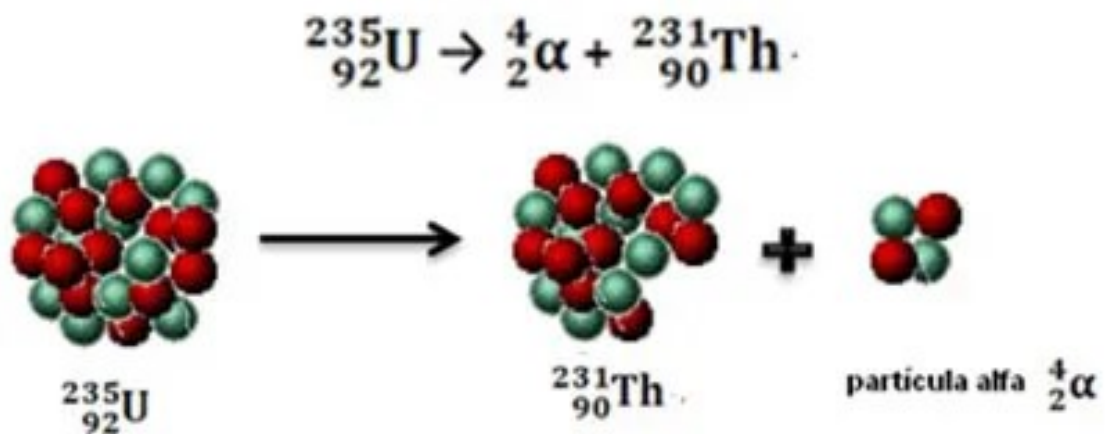
Slide 9:

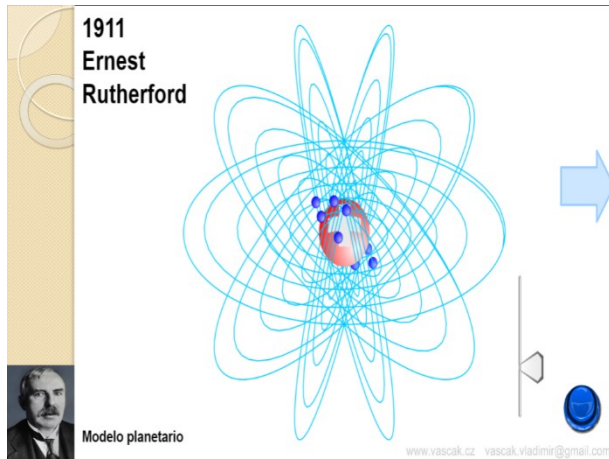
É preciso explicar o experimento de Rutherford e a descoberta do núcleo atômico.

A simulação do experimento de Rutherford ajuda os alunos a entenderem como o experimento foi feito na época.

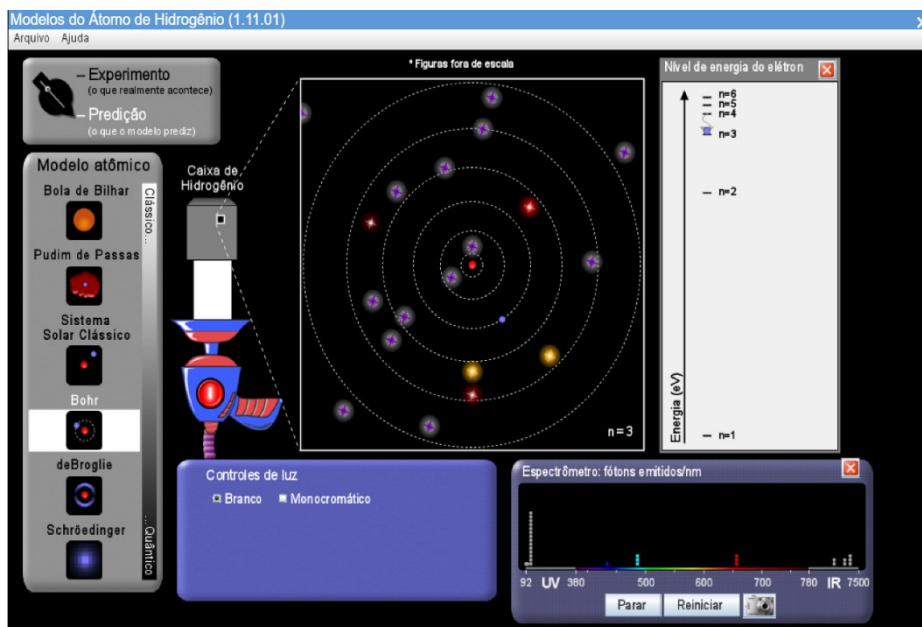


É importante caracterizar a partícula alfa usada por Rutherford para que os alunos entendam o porquê dela ser repelida pelo núcleo atômico.

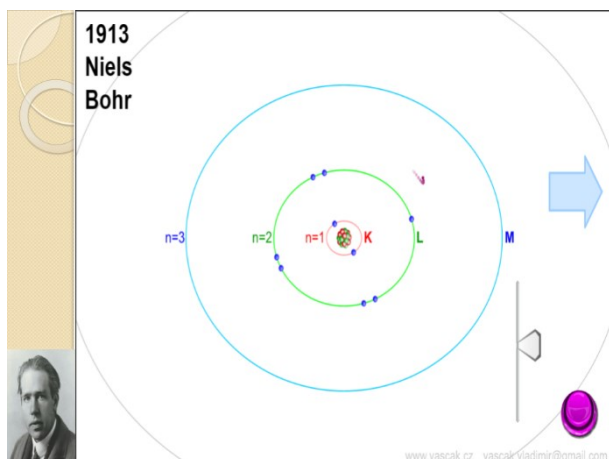




Slide 10: É preciso mostrar o modelo planetário de Rutherford e como a matéria seria instável caso submetida a um processo de radiação.

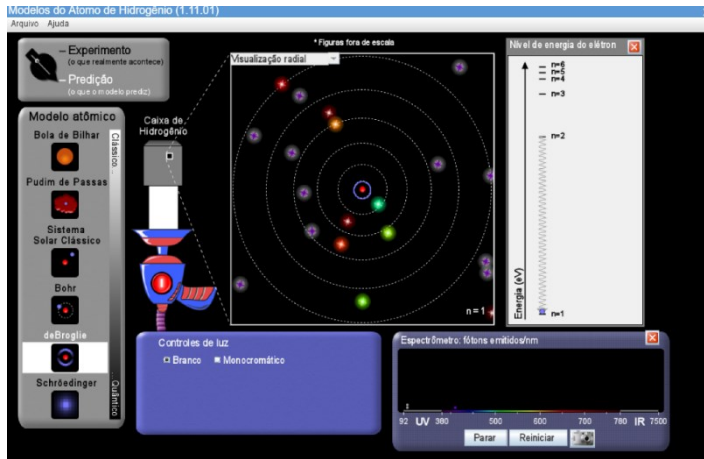


Mostrar a simulação computacional da plataforma PhET para o “Átomo de Bohr” ajuda a compreender as ideias deste teórico.

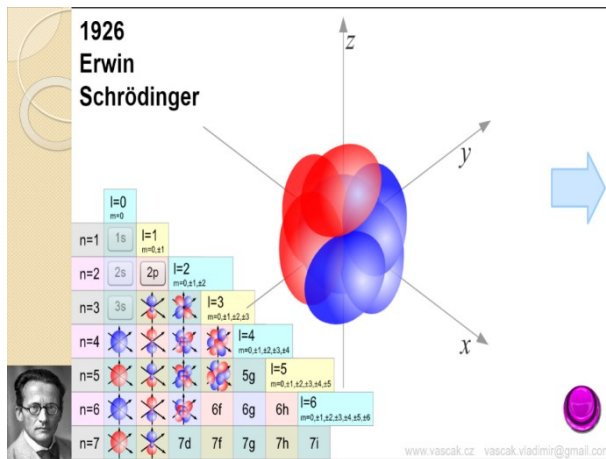
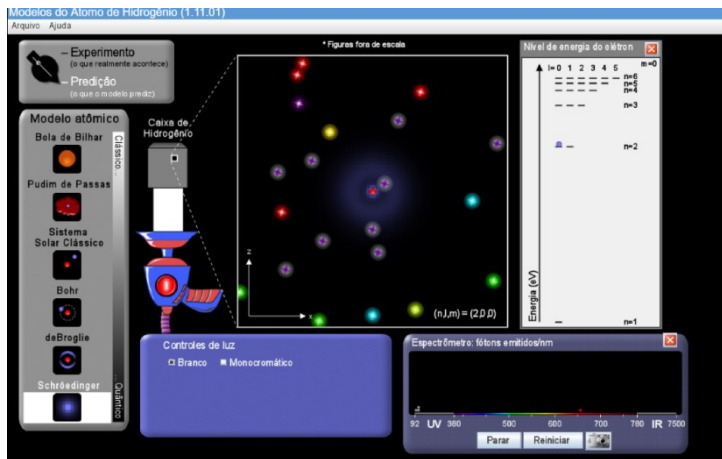


Slide 11: O modelo de Bohr deve ser bem explicado porque é o momento que se fala de “quantização das órbitas”

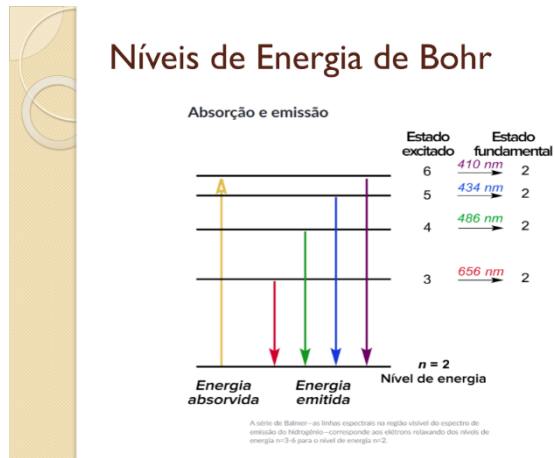
Intervenção do PhET



Já que a simulação do Átomo de Hidrogênio do PhET tem a teoria de De Broglie, é importante aproveitar o momento com os alunos de ensino médio e já introduzir estas ideias.

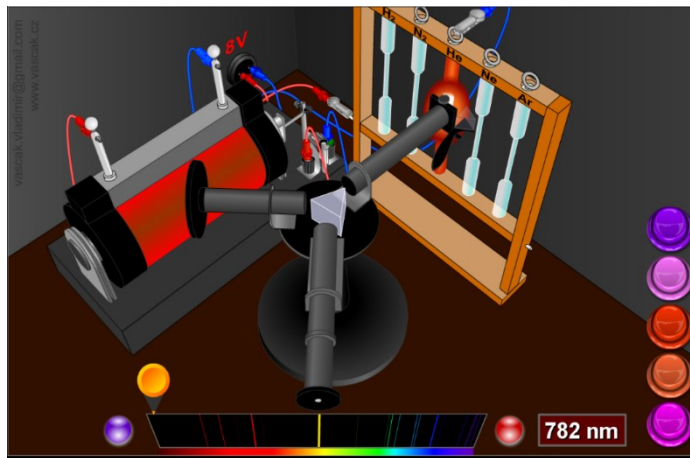


Slide 12: Por fim, a animação mostra a teoria de camadas eletrônicas de Schroedinger, então é bom falar deste ponto também.



slide 13: níveis de energia

É sugestivo que fale que o elétron emite ou absorve energia e desta forma ele muda de camada eletrônica.



Simulação do Vascak do espectrofotômetro e como ele funciona. É interessante falar dos níveis de energia e como esta tecnologia pode ser usada para analisar as propriedades de alimentos.

Recursos Didáticos

1. Pincel;
2. Quadro;
3. Apagador;
4. Retroprojeter de multimídia.

5. Computador
6. Celular
7. Sala com carteiras, folhas, cadernos, livros didáticos.

Bibliografia

GASPAR, Alberto. Física. Volume 3. Editora Ática. 2ª edição. São Paulo, 2013.

GRIFFITHS, David J., Mecânica Quântica. Edição 2ª Ed. Pearson Education (2011)

O Experimento de Rutherford - modelos atômicos |TEORIA ATÔMICA| Professor Guilherme Vargas - vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4Hb4PAfYruo> - acessado 01/07/2022

Simulação Modelos Atômicos Hidrogênio - PHET Colorado - Canal Fé na Física - <https://www.youtube.com/watch?v=RDSOmAGNlZg>

Modelos do Átomo de Hidrogênio - https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/hydrogen-atom/latest/hydrogen-atom.html?simulation=hydrogen-atom&locale=pt_BR

Espectrofotometro do Vascak - https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=atom_spektroskop&l=es

Experiência de Rutherford - https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_pt_BR.html