

Thales Allan Santos da Cruz

Docente na Escola Estadual Professor Silvério Lins,
Mestre em Ensino de Física - UFAL,
Mar Vermelho - AL

Alice de Oliveira Souza Vasconcelos

Estudante do 2º ano do Ensino Médio da
Escola Estadual Professor Silvério Lins,
Mar Vermelho - AL

Méllany Christiany Rocha Carnaúba Lins

Estudante do 2º ano do Ensino Médio da
Escola Estadual Professor Silvério Lins
Mar Vermelho - AL

RESUMO

Esta pesquisa tem o intuito de introduzir os alunos do Ensino Médio da Escola Estadual Professor Silvério Lins em projetos de iniciação científica, neste caso específico trabalhando conceitos relacionados ao Problema da Radiação de Corpo Negro (PRCN) na busca da determinação da potência irradiada por certos astros, utilizando para isto, a ferramenta PHET Simulations. Temos com este trabalho, que ainda está em andamento, a finalidade de estimular a vontade de aprender Física nos alunos, tornando-os agentes ativos do processo na medida em que buscam por respostas e coletam dados através do manuseio de Ferramentas Virtuais de Aprendizagem disponíveis na Rede Mundial de Computadores. A pesquisa foi realizada na Escola Estadual Professor Silvério Lins, situada em Mar Vermelho sob a jurisdição da 4ª Gerência Regional de Educação (4ª GERE) da Secretaria de Educação do Estado de Alagoas (SEDUC - AL). Participaram desta pesquisa duas alunas da segunda série do Ensino Médio selecionadas aleatoriamente, porém o referido conteúdo foi exposto para toda a sala que contém 23 alunos. Durante a Pesquisa, o Professor exibiu para os alunos uma sequência didática, que está dividida em seis módulos, mas adaptados para 5, propondo inicialmente uma discussão sobre conceitos simples de cor dos corpos, além de sugerir aos aprendizes a busca de conceitos mais complexos trazendo-os à baila nos momentos posteriores. Em seguida fez-se necessário o uso de programas de simulação, culminando com a produção de cálculos e interpretações teóricas acerca dos resultados experimentais vistos tanto nos dados obtidos quanto nas tais simulações. O presente trabalho foi apresentado na Mostra Científica de Inovação Tecnologia e Engenharia (MOCITEPIAL) realizada na Escola EPIAL, Arapiraca, Estado de Alagoas, entre os dias 20 e 22 de setembro de 2022.

Palavras-chave: física moderna e contemporânea; ensino de física; ferramentas virtuais de aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Diante do cenário atual em que novas tecnologias surgem a todo momento, se faz necessário que o ensino possa se adequar constantemente de modo a tentar acompanhar as permanentes transformações sociais que tais tecnologias acarretam na sociedade e conseqüentemente nos espaços escolares, sobre isso (CRUZ, 2021) diz:

Albert Einstein proporcionou reviravoltas com a Teoria da Relatividade. A partir dela, surgiu uma nova forma de enxergar conceitos até então “obscuros” das ciências. O tempo agora poderia se dilatar ou traçar uma conexão entre energia e massa. A sociedade, as artes cinematográficas, os livros de ficção, todos ganharam novas páginas com paradoxos e viagens no tempo, tais teorias despertaram o imaginário popular. Assim também para a Mecânica Quântica, Max Planck deu uma contribuição ímpar estudando o Problema da Radiação de Corpo Negro, que foi um desafio a ser solucionado quando as teorias clássicas não conseguiam descrever a radiação eletromagnética emitida por ele ao ser aquecido a altas temperaturas, desembocando na chamada catástrofe do ultravioleta. Vários estudiosos da época também deram nome a importantes estudos sobre radiação espectral de corpo negro, que levaram ou findaram a incongruência entre teoria (que resultava na catástrofe do ultravioleta) e resultados experimentais, como: Stefan, Wien, o próprio Einstein, entre outros.

Então por que tais discussões e conteúdos por vezes instigantes não são explorados na Educação Básica com mais vigor? Atualmente vários livros, artigos e dissertações são feitos a fim de que a temática “Física Moderna e Contemporânea” seja melhor aproveitada como componente curricular obrigatório do Ensino Médio. Contudo, ainda hoje as Escolas seguem rigidamente livros de Física, onde seus conteúdos são determinados em ordem de importância a partir daqueles que são mais populares em testes e vestibulares. Sabemos sim da importância do Ensino da chamada Física Clássica na Educação Básica, porém destacamos neste trabalho a inclusão de conteúdos que sejam mais atuais e mais corriqueiros em relação às tecnologias de usufruto dos discentes em seu contexto cotidiano de constante mutação e avanço tecnológico (CRUZ, 2021).

Tentaremos responder os seguintes questionamentos: Os alunos do Ensino Médio podem compreender um conteúdo complexo quando são

colocados como agentes ativos da pesquisa em projetos de iniciação científica? O *PHET SIMULATIONS* pode ser uma ferramenta eficaz para o ensino do Problema da Radiação de Corpo Negro (PRCN)? O *PHET SIMULATIONS* pode auxiliar na coleta de dados e corroborar aqueles obtidos pelos discentes em cálculos para determinação da potência irradiada?

O presente projeto trará as etapas seguidas no decorrer da investigação, os dados coletados e as conclusões que obtivemos acerca desta metodologia de ensino.

OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa científica é averiguar as potencialidades do *PHET simulations* na inspeção de dados relacionados a potência irradiada por astros considerando-os como sendo, parametralmente em comportamento, similares em aspecto de emissão de radiação a um corpo negro e verificaremos se essas simulações fornecem condições ideais para que dentro de um projeto de iniciação científica os alunos se sintam motivados quando são colocados no papel de pesquisador.

Como objetivos específicos citamos:

- Despertar no discente do ensino médio sua autonomia e curiosidade, além da vontade de aprender e colaborar com o mundo científico.
- Mostrar que a Física Moderna e Contemporânea está contida no mundo que nos rodeia apesar de ser algo complexo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Esta pesquisa, configurando-se como um estudo de caso, tem por base o objetivo de promover a determinação da potência irradiada por astros, tomando como ponto de partida àquela irradiada por uma lâmpada incandescente, em direção a emitida pelo Sol e pela estrela Sirius A. Tivemos como cerne o Produto Educacional elaborado pelo Orientador do trabalho, o Professor Mestre Thales Allan Santos da Cruz, intitulado de: **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO PROBLEMA DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO POR MEIO DE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM**, apresentado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Além desta referência foram utilizados livros bastante conhecidos do público acadêmico sobre o tema “Radiação do corpo Negro”, a exemplo: “Eisberg e Resnick: Física Quântica”, “Introdução à Mecânica Quântica” de Raul José Donangelo e Rodrigo Barbosa Capaz, Volume 1, produzido em 2009 pelo consórcio CEDERJ, além do Livro Mecânica Quântica Básica de Marcel Novaes e Nelson Studart de 2016 para o próprio MNPEF, com escrita voltada a pós graduação de Professores para o Ensino de Física. Fica claro portanto, que este é um estudo de caso que tem por base incentivar o alunado a ser sujeito ativo do processo educacional.

RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

Todo corpo a certa temperatura emite radiação eletromagnética, desde astros luminosos até o corpo de seres humanos. Sobre isso (CRUZ, 2021) diz:

Tal qual sabemos, todo corpo aquecido emite radiação eletromagnética, seja uma barra de metal aquecida ao rubro ou até mesmo os corpos dos seres humanos. A radiação térmica origina-se do movimento desordenado e caótico dos átomos que constituem o corpo emissor de radiação. Quanto maior a temperatura, maior a energia emitida, acarretando maior frequência e menor comprimento de onda como veremos no módulo A do produto educacional presente no apêndice A. Por vezes esta radiação estará na faixa visível do espectro eletromagnético.

Quando se coloca um metal para ser temperado no interior de fornos siderúrgicos, sua cor vai se modificando, conforme a temperatura deste sofre acréscimo. Diversos pesquisadores preocupavam-se em descrever os fenômenos que aconteciam. Dentre estes pesquisadores destacam-se Stewart e Kirchoff, precursores no estabelecimento da razão entre poder de emissão e absorção, como função do comprimento de onda da radiação (λ) ou de forma equivalente da frequência (f), além de sua temperatura absoluta (T), representada pela função de onda $I(\lambda, T)$. Kirchoff para investigar os detalhes desta função, introduziu o conceito de corpo negro ou radiador ideal. (CRUZ, 2021).

Segundo (EISBERG; RESNICK, 1979), (GREF, 1998) qualquer corpo absorve e emite este tipo de radiação para seu meio. Este a uma temperatura menor que a sua, emitirá mais radiação do que absorverá. Já se estiver num ambiente em que a temperatura seja mais elevada que a do próprio corpo, este absorverá radiação. O processo ocorre até haver o equilíbrio térmico.

Quando se eleva a temperatura de um corpo e a frequência da radiação começa a estar dentro da faixa visível do espectro eletromagnético, começamos através de nossa visão a captar de início luz vermelha, em seguida amarelada, azul, até que em altas temperaturas percebemos a luz branca, logo após adentrando na parte infravermelha do espectro eletromagnético (EISBERG; RESNICK, 1979), (GREF, 1998).

Dizemos ainda que corpo negro é aquele que absorve radiação independente da frequência que está sendo incidida sobre ele. As propriedades de absorção por meio de um corpo negro baseassem em seu formato, textura da superfície e material de que é feito. Ressaltamos que ele é ótimo absorvedor e ótimo emissor, não precisando necessariamente ser “negro”, ou seja, pode ser de qualquer cor, porém obedecendo as condições de comportamento de emissor e absorvedor ideal (CRUZ, 2021).

Dentro da Física clássica, interpretava-se a radiação eletromagnética como resultante da aceleração de elétrons. Isso obedecia a teoria eletromagnética de Maxwell. Experimentalmente todos os corpos negros emitem radiação de mesmo espectro, obedecendo propriedades universais.

Por meio dos postulados de Kirchoff e experimentos produzidos por Tyndall acerca do aquecimento de um fio de platina, Josef Stefan formulou a expressão:

$$I = \frac{P}{A} = p = \sigma T^4 \quad (1)$$

Em que I é a intensidade luminosa, P a potência total irradiada, T é a temperatura absoluta e σ constante de Boltzmann, com valor $5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

Esta equação é válida para o caso do corpo negro tendo a emissividade igual a 1, ou seja, um corpo negro ideal. A equação mostrada abaixo primeiramente foi conhecida como lei de Stefan, adequada para emissividade (ϵ) entre $0 < \epsilon < 1$, equacionada sob a forma (ibid):

$$P = \epsilon \sigma T^4 \quad (2)$$

METODOLOGIA

A aplicação do projeto aconteceu da seguinte maneira: o Professor que estava ensinando na turma de segundo ano do Ensino Médio exibiu para os alunos a sequência didática, que está dividida em seis módulos, mas adaptado para apenas 5 e em 5 encontros como está registrado no diário de bordo, editado levando em conta a realidade local e utilizando apenas uma parte dos recursos da sequência didática do Professor Mestre Thales Allan como está no quadro 1 abaixo, porém totalizando carga horária total de 10 horas-aula, propondo inicialmente uma discussão sobre conceitos simples de cor dos corpos e respectiva energia/temperatura emitida. Dando continuidade com o uso de simuladores o docente apresentou para a turma o PHET Simulations com o propósito de determinar a potência irradiada por certos corpos.

Tabela 1 – Módulos utilizados e as temáticas abordadas.

MÓDULO	TEMÁTICA
MÓDULO A	Fontes de luz e de calor, tomando como base a emitida por lâmpadas incandescentes, espectro visível e influência da cor de um corpo na quantidade de energia irradiada, ondas eletromagnéticas.
MÓDULO B	Introdução superficial sobre o que seria um Corpo Negro (CN).
MÓDULO C	Aula sobre a teoria da radiação do corpo negro ideal, absorção e emissão, teoria de Rayleigh-Jeans, radiação por cavidade, radiação infravermelha, solução através de Planck.

MÓDULO D	Determinação da potência total irradiada pelo Sol, lâmpada incandescente além de obter a potência irradiada pela estrela Sirius A.
MÓDULO E	Uso do <i>Phet Simulations</i> para Radiação do Corpo Negro.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, munidos dos conhecimentos teóricos sobre o que seria um corpo Negro Ideal e das equações para determinação da potência irradiada, a fim de ter maior eficiência nas discussões sobre os resultados obtidos, o Professor selecionou duas alunas e as orientou para que fizessem os cálculos para a potência irradiada por uma lâmpada incandescente, pelo Sol e pela estrela Sirius A, como será exibido a seguir.

Desde o início até o fim da aplicação de parte da sequência didática houve o incentivo para que as alunas selecionadas se tornassem agentes ativas do processo, não sendo somente meras espectadoras/agentes passivas no decorrer de sua elaboração. Todos os dados de pré-testes e pós-testes foram coletados e submetidos à análise. A presente Pesquisa foi elaborada pelo pesquisador e implantada pelas alunas, tendo sua natureza aplicada. Os objetivos desta pesquisa são de cunho explicatórios-descritivos de método qualitativo-interpretativo quando se busca compreender o êxito de seu objetivo: implementar uma proposta de ensino em que os discentes compreendam o PRCN e possam de forma autônoma calcular a potência irradiada por certos astros.

Agora vamos organizar em passos a sequência de manipulação de dados confeccionado pelas alunas:

1º passo: Calcular junto com o Orientador a potência irradiada por uma lâmpada incandescente utilizando para isso a Lei de Stefan:

$$I = \frac{P}{A} = P = \sigma T^4 \quad (3)$$

Onde:

I é a intensidade luminosa;

P a potência total irradiada;

T é a temperatura absoluta;

σ ou K_B constante de Boltzann, com valor $5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

Esta equação é válida para o caso do corpo negro onde a emissividade é igual a 1, outros valores diferentes de 1, são considerados não ideais.

Como aqui tomamos o comportamento de um corpo negro ideal afirmamos que a emissividade $\epsilon = 1$. Assim:

$$P = \sigma T^4 \quad (4)$$

- Cálculo para obter a potência irradiada por uma Lâmpada incandescente (temperatura de 3000K).

$$P = \sigma T^4$$

$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (3000 \text{ K})^4 P = 4,593 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$$

$$P = 4,59 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$$

2º passo: usar a ferramenta virtual de aprendizagem Phet simulations a fim de analisar o gráfico e valores de emissão e comprimento de onda. Para isto basta o discente acessar o site: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>>. A seguinte página (figura 1) será exibida:

Figura 1 – Interface inicial do Phet Simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 11:05 do dia 09/09/2022.

Neste momento basta clicar na seta semelhante ao “play” para o simulador abrir e o discente pesquisador terá acesso a todos os recursos disponíveis.

3º Passo: Agora em dupla fazer os cálculos para a potência irradiada pelo sol (temperatura média é de 5800 Kelvin) e pela estrela Sirius A (temperatura de 10000K), considerando-os corpos negros ideais com emissividade $\epsilon = 1$.

4º Passo: Comparar os dados obtidos de potência irradiada através dos cálculos, com aqueles advindos do simulador quando se coloca como valor de entrada a temperatura de uma lâmpada incandescente, do sol e da estrela siriús A. Por final discutindo os resultados e averiguando se obtivemos êxito nessa empreitada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

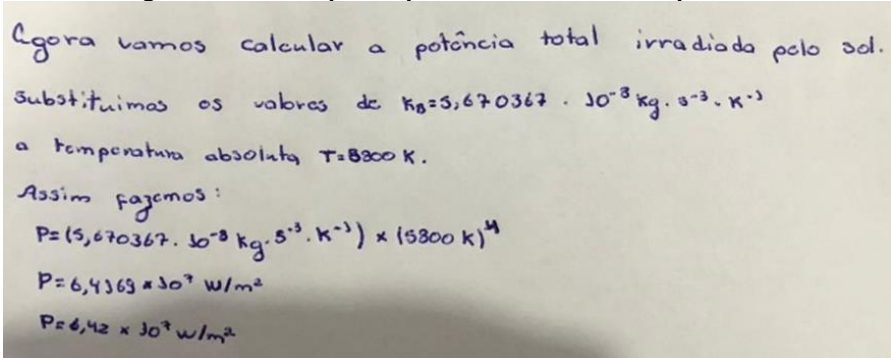
Agora apresentamos os resultados obtidos nesta pesquisa, ao passo

em que fazemos uma análise detalhada da investigação proposta. O objetivo é averiguar as potencialidades de uso do *PHET SIMULATIONS* como recurso educacional. O intuito principal deste trabalho é ensinar ao mesmo tempo que incentivar os educandos a se tornarem agentes ativos do processo de produção de conhecimento, além de responder as perguntas iniciais fundantes destes escritos: Os alunos do Ensino Médio podem compreender um conteúdo complexo quando são colocados como agentes ativos da pesquisa em projetos de iniciação científica? O *PHET SIMULATIONS* pode ser uma ferramenta eficaz para o ensino do Problema da Radiação de Corpo Negro (PRCN)? O *PHET SIMULATIONS* pode auxiliar na coleta de dados e corroborar aqueles obtidos pelos discentes em cálculos para determinação da potência irradiada?

O Conteúdo de Física Moderna e Contemporânea aqui exposto pode ser utilizado em cursos regulares, como também em turmas de ensino em tempo integral, em que o corpo discente dispõe de mais momentos para estudar a disciplina, como também são ofertadas matérias eletivas diversas, onde tal Ferramenta Virtual de Aprendizagem seria uma ótima opção para aqueles que querem ampliar e dinamizar seus conhecimentos.

No primeiro instante da coleta de dados, logo depois da fase que orientador e discentes obtiveram a potência irradiada por uma lâmpada incandescente, as alunas participantes do projeto realizaram o mesmo cálculo para o Sol, como podemos ver na figura 2, e para a estrela Sirius A, visualizável na figura 3. Os dois astros Sol e Sirius A foram selecionados de maneira a facilitar o andamento da investigação pois suas características de temperatura e cor emitida já estão pré-definidas no simulador utilizado. A seguir os cálculos:

Figura 2 - Cálculo para a potência total irradiada pelo Sol.

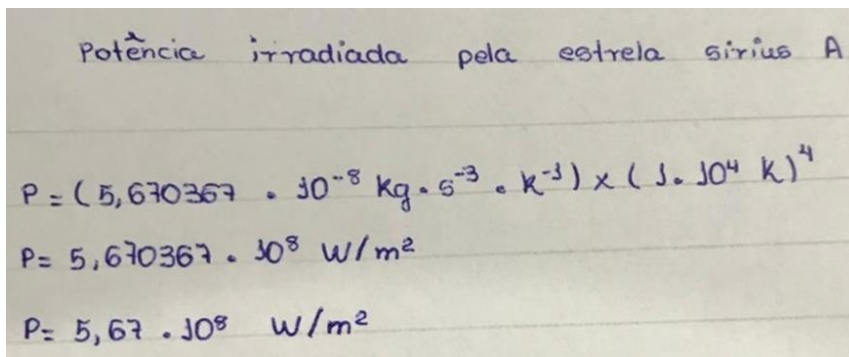


Agora vamos calcular a potência total irradiada pelo Sol.
Substituímos os valores de $k_B = 5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
a temperatura absoluta $T = 5800 \text{ K}$.
Assim fazemos:
$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (5800 \text{ K})^4$$
$$P = 6,4369 \times 10^7 \text{ W/m}^2$$
$$P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/m}^2$$

Fonte: Elaborado pelos autores.

Logo após para a estrela Sirius A:

Figura 3 - Cálculo para a potência total irradiada pela estrela Sirius A.



Potência irradiada pela estrela sirius A

$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-3}) \times (1 \cdot 10^4 \text{ K})^4$$
$$P = 5,670367 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$$
$$P = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$$

Fonte: Elaborado pelos autores.

No segundo momento da coleta de dados, foi solicitado que as discentes usassem o *PHET simulations* para verificar se os dados contidos nos cálculos condiziam com os valores apresentados pelo simulador quando se ajustava o marcador de temperatura para aquelas relativas ao sol (5800 K) e para a estrela Sirius A (10000 K), pois daí concluiríamos que o resultado destes cálculos estavam corretos no caso de se mostrarem iguais aos dados fornecidos pelo simulador. Neste momento elas utilizaram o computador fornecido pela Escola como podemos ver na figura 4:

Figura 4 – Discentes participantes da pesquisa utilizando o *PHET simulations*.

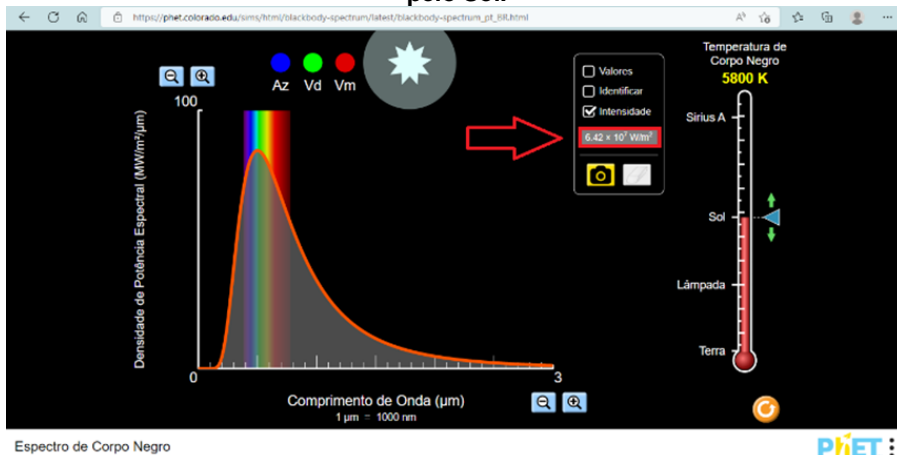


Fonte: Elaborado pelos autores.

Abaixo mostraremos as capturas de tela fruto da simulação realizada

pelas alunas, na figura 5 temos a potência total irradiada pelo Sol:

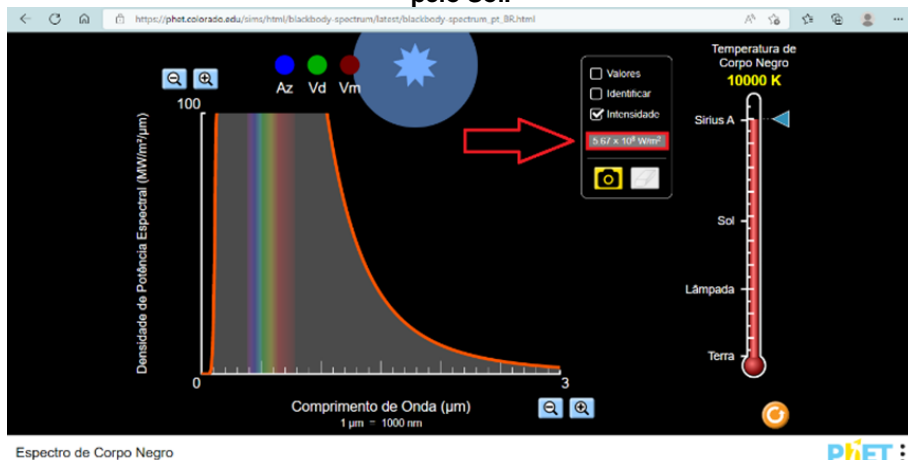
Figura 5 – Captura de tela do *PHET simulations* para a potência total irradiada pelo Sol.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na figura 6, observamos a potência total irradiada pela estrela Sirius A:

Figura 6 – Captura de tela do *PHET simulations* para a potência total irradiada pelo Sol.



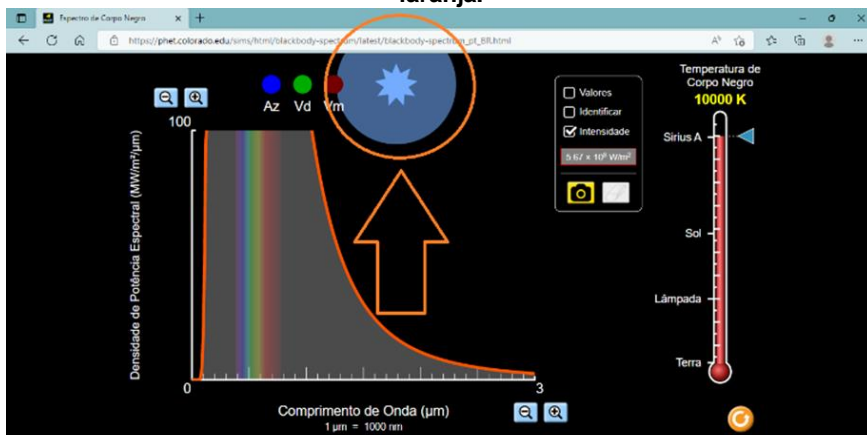
Fonte: Elaborado pelos autores.

Podemos observar na figura 2 e na figura 5 que o valor da potência irradiada pelo Sol, obtido no cálculo feito pelas discentes corresponde àquele gerado pela simulação do *PHET*, como também na figura 3 e na figura 6

observamos a que o valor obtido na pesquisa e na simulação correspondem igualmente a potência irradiada pela estrela Sirius A.

Outro dado que as alunas ressaltaram foi a cor de emissão obtida pela simulação, observaram que o tom azulado se destacava, como vemos destacado pelo círculo laranja na figura 7.

Figura 7 - as alunas ressaltaram a cor de emissão obtida pela simulação, observaram que o tom azulado se destacava, como observamos no círculo laranja.



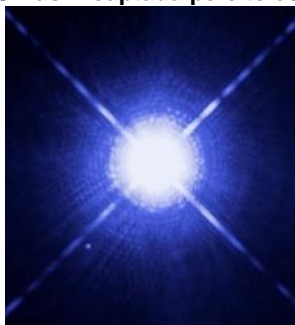
Espectro de Corpo Negro

PhET

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida foi perguntado pelas alunas se a cor emitida pela estrela Sirius A correspondia a visualizada no *PHET simulations*, o orientador assim exibiu uma imagem feita pelo telescópio espacial Hubble, como pode ser notado na figura 8, realmente a referida estrela emite um brilho azulado:

Figura 8 - Imagem de Sirius A captada pelo telescópio espacial Hubble.



Fonte: <https://www.spacetelescope.org/images/heic0516a/> acesso as 14:26 do dia 05/09/2022.

Desta feita os cálculos obtidos satisfizeram àqueles gerados pela simulação e ainda pudemos observar a cor da estrela Sirius A

correspondendo as imagens geradas pelo telescópio Hubble. As alunas se mostraram empolgadas no decorrer da aplicação da pesquisa e satisfeitas ao final do processo pois por conta própria geraram os dados, observaram peculiaridades neles e agiram como verdadeiras cientistas na busca do conhecimento à luz de suas pesquisas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos dados obtidos no decorrer da elaboração e aplicação desta pesquisa, pudemos observar que as alunas da turma do segundo ano do ensino médio da Escola Estadual Professor Silvério Lins, quando inseridas num contexto que as incentive a exercer sua autonomia discente, conseguem produzir satisfatoriamente dados que ao ser comparados aos gerados pelo simulador utilizado, se mostram corretos. Além disto, diante das explicações dadas pelo orientador e docente da turma acerca do Problema de Radiação do Corpo Negro, puderam verificar a influência da quantidade de radiação espectral na cor dos corpos, destacando aqueles observáveis ao ser humano dentro do espectro visível.

As discentes autonomamente produziram os cálculos de potência irradiada para dois astros, Sol e estrela Sirius A, conseqüentemente poderia ser utilizado para qualquer outro astro. Produziram simulações computacionais que corroboram os dados anteriormente citados a fim de embasar suas pesquisas e ainda compararam a cor de emissão da estrela Sirius A obtida pela simulação com o registrado pelo telescópio espacial Hubble.

Munidos dos dados e após as devidas discussões podemos responder as indagações iniciais e afirmar que: Os alunos do Ensino Médio podem sim compreender um conteúdo complexo como O Problema da Radiação de Corpo Negro quando são colocados como agentes ativos da pesquisa em projetos de iniciação científica. *O PHET SIMULATIONS* pode certamente ser uma ferramenta eficaz para o ensino do Problema da Radiação de Corpo Negro (PRCN) e auxiliar na coleta de dados, corroborando aqueles obtidos pelos discentes em cálculos para determinação da potência irradiada, desde que todo o processo esteja sob a supervisão e orientação de um Professor que os instigue e os coloque como sujeitos ativos do processo.

Dentro da área de ensino de Física podemos afirmar que o uso de simuladores desperta a curiosidade e o interesse do alunado pela compreensão do Problema da Radiação de Corpo Negro e sua interconexão com a cor emitida por certos astros. Já cientificamente as discentes puderam através de simulações, obter dados de potência irradiada por astros, despertando sua autonomia, seu lado investigador, assim as introduzindo na pesquisa de fenômenos naturais e na coleta de dados que propiciem seu letramento científico de modo constante e em permanente aperfeiçoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIANA, Monica. Radiação de Corpo Negro. Instituto de Física, **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/quanta/mq-guia2-2004.html>. Acesso em: 25 set. 2020. Notas de Aula.

BATISTA, Carlos Alexandre Dos Santos. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: subsídios teórico-metodológicos para a sobrevivência do tópico radioatividade em ambientes reais de sala de aula**. 2015. 180 fls. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

BORGES, Mauro Duro. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma experiência didática com a Teoria da Relatividade**. 2005. 140fls. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências Humanas e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2006.

CAMPOS, Bruno De Oliveira. **UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA, NA ÁREA DA TERMOLOGIA**. 2017. 83 fls. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas.

CARRARO, Francisco Luiz; PEREIRA, Ricardo Francisco. O uso de simuladores virtuais do PHET como metodologia de ensino de eletrodinâmica. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, Paraná, v.1, 2014. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/produscoes_pde/2014/2014_uem_fis_artigo_francisco_luiz_carraro.pdf . Acesso em: 30 Nov 2021.

CAVALCANTE, Marisa Almeida e HAAG, Rafael. Corpo negro e determinação experimental da constante de Planck. **Revista Brasileira de Ensino de Física [online]**. 2005, v. 27, n. 3 p. 343-348. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000300007>>. Acessado em: 9 Nov. 2021.

CONNOR, Nick. **O que é emissividade**. 03 de nov. de 2019. Disponível em: <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-emissividade-emissividade-de-materiais-definicao/>. Acesso em: 13 set. 2021.

COPELLI, Anna Cecília; et al. **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: Óptica**. 2ª Edição. São Paulo: USP/MEC-FNDE, 1998. 34 p.

CRUZ, Thales Allan Santos da. **O ensino do problema da radiação de corpo negro por meio de ambientes virtuais de aprendizagem: análise e inserção através do Google meet aliado ao Phet simulations**. 2022. 201f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

DONANGELO, Raul José; CAPAZ, Rodrigo Barbosa. **Introdução à Mecânica Quântica**. Volume 2. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009. 162 p.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física Quântica. 8ª edição. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979. 928 p.

HECKLER, Valmir. A Experimentação no Contexto Brasileiro da Formação de Professores em Ciências na EaD. **Em Foco: Revista Científica de Educação a Distância**. v. 5 n. 2, 2015. Disponível em: <http://www.eademfoco.cecierj.edu.br>. Acesso em: 03 dez. de 2020.

JUNIOR, Edinaldo Batista da Silva; BIGANSOLLI, Antônio Renato; ARAÚJO, Moisés Augusto da Silva Monteiro de. **Radiação De Corpo Negro (bases experimentais para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio)**. 2015. Notas de Aula.

JUNIOR, Mikael Frank Rezende; CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Física Moderna e Contemporânea na formação de Licenciandos em Física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência e Educação**, Bauru, volume 15, número 2, p. 305- 321, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251019501005>. Acesso em: 09/11/2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. **Parâmetros curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

NASA, ESA, H. Bond (STScI), and M. Barstow (University of Leicester). **The Dog Star, Sirius A, and its tiny companion**. Disponível em: < The Dog Star, Sirius A, and its tiny companion | ESA/Hubble (esahubble.org)>. Acesso em 05 jul. 2022.

NOVAES, Marcel; STUDART, Nelson. **Mecânica Quântica Básica**. 1ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. 159 p.

NUNES, Daniel Sampaio. **Comunidades Investigativas No Ensino De Física: Uma Abordagem Interdisciplinar Da Radiação Do Corpo Negro**. 2019. 135 fls. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade de Brasília, Brasília.

SOARES, Mirele Sousa. **Introdução de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por Meio do Estudo de Ondas Eletromagnéticas**. 2009. 208 fls. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília.