

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



THALES ALLAN SANTOS DA CRUZ

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.

MACEIÓ

2021

THALES ALLAN SANTOS DA CRUZ

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.

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

Orientador: Prof. Dr. Elton Malta Nascimento

MACEIÓ

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

C957e 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 / Thales Allan Santos da Cruz. – 2022.

196 f. : il. color.

Orientador: Elton Malta Nascimento.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Física. Maceió, 2021.

Produto educacional: Sequência didática para o ensino do problema da radiação de corpo negro por meio de ambientes virtuais de aprendizagem.

Bibliografia: f. 139-146.

Apêndice: f. [147]-196.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Radiação de corpo negro. 3. Recursos digitais. 4. Recursos didáticos. 5. Ensino remoto. 6. Sequência didática. I. Título.

CDU: 53: 371.3

FOLHA DE APROVAÇÃO

THALES ALLAN SANTOS DA CRUZ

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.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física na Universidade Federal de Alagoas no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Elton Malta Nascimento
Instituto de Física - UFAL



Profa. Dra. Regina Simplicio Carvalho
Universidade Federal de Viçosa



Profa. Dra. Maria Socorro Seixas Pereira
Instituto de Física - UFAL

Maceió
2021

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai, por tudo que fez e faz por mim e minha Família. Que teu amor infinito continue sempre a guiar seus filhos e estenda seu manto protetor sobre todos;

À minha querida mãe, minha irmã e minha tia, por sempre acreditarem em mim e ajudarem nos momentos necessários;

Aos meus colegas de graduação e pós-graduação, pela paciência e companheirismo em todos os momentos, *In memoriam* a Glauco Araújo do Nascimento;

A meu Orientador e Coordenador do MNPEF polo Maceió, Prof.^a Dr. Elton Malta Nascimento, pela paciência e sabedoria que me guiou no desenvolvimento deste trabalho, somado a todos os momentos desde a graduação;

A Prof.^a Dr.^a Maria Socorro Seixas Pereira, minha orientadora de TCC por sua orientação no referido Trabalho;

Aos mestres do MNPEF polo UFAL, aos quais sempre terei grande respeito e gratidão, pois contribuíram em meu aprendizado.

Aos alunos do Colégio participante da aplicação do produto desenvolvido.

À SBF que torna possível, ano após ano o pleno desenvolvimento curricular do MNPEF.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Esta dissertação propõe aos Professores do Ensino Médio uma forma de trabalhar conceitos relacionados ao Problema da Radiação de Corpo Negro utilizando para isto, salas de Videoconferência, a ferramenta PHET Simulations e Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Temos com este escrito, o propósito de estimular a vontade de aprender Física nos alunos, através do manuseio de recursos digitais e disponíveis na Rede Mundial de Computadores. Como também despertar no Docente de Física a vontade de abordar novos conteúdos, utilizando-se de metodologias inovadoras e recursos didáticos diferenciados que se adequam a situação pandêmica atual ou em quaisquer situações adversas. Com este fim, foi desenvolvido um produto educacional focado na perspectiva investigativa, destinado para os Professores da educação básica, afim de que munidos com ele, possam assegurar a qualidade e bom desempenho profissional em cenários de ensino remoto, por vezes de difícil ambientação e engajamento por parte dos alunos. O Produto foi aplicado em uma Escola Particular da Capital do Estado de Alagoas, Maceió. Participaram desta pesquisa alunos da terceira e da segunda série do Ensino Médio, divididos em: *turma teste* - selecionamos aleatoriamente três alunos de cada ano para integrar o grupo - e *turma controle* - que não foi exposta ao produto educacional, somente foram espectadores das aulas convencionais - todos eles com acesso a internet. Na aplicação, o Professor exibiu para os alunos uma sequência didática, que está dividida em seis módulos, 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 simuladores e programas de construção de gráficos, culminando com a produção de mapas conceituais. Como veremos a diante, o uso de ferramentas digitais para ensinar o conteúdo de Radiação do Corpo Negro se mostrou uma esplendida alternativa no Processo de ensino-aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea.

Palavras-chave: Ensino de Física, Problema da Radiação de Corpo Negro, Ambientes Virtuais de Aprendizagem.

ABSTRACT

This dissertation proposes to High School Teachers a way to work with concepts related to the Blackbody Radiation Problem using Videoconferencing rooms, the PHET Simulations tool and Virtual Learning Environments (AVA) for this purpose. With this writing, we have the purpose of stimulating the desire to learn Physics in students, through the handling of digital resources and available on the World Wide Web. As well as awakening in the Physics Teacher the desire to approach new content, using innovative methodologies and differentiated didactic resources that suit the current pandemic situation or in any adverse situations. To this end, an educational product focused on the investigative perspective was developed, aimed at Basic Education Teachers, so that, equipped with it, they can ensure quality and good professional performance in remote teaching scenarios, sometimes difficult to find and engage by the students. The Product was applied in a Private School in the Capital of the State of Alagoas, Maceió. Third and second grade high school students participated in this research, divided into: test class - we randomly selected three students from each year to join the group - and control class - which was not exposed to the educational product, only spectators of conventional classes - all of them with internet access. In the application, the Professor showed the students a didactic sequence, which is divided into six modules, initially proposing a discussion on simple concepts of body color, in addition to suggesting to the learners the search for more complex concepts, bringing them to the fore in the moments later. Then it was necessary to use simulators and graphics construction programs, culminating in the production of concept maps. As we will see below, the use of digital tools to teach the content of Black Body Radiation has proved to be a splendid alternative in the teaching-learning process of Modern and Contemporary Physics.

Keywords: Physics Teaching, Black Body Radiation Problem, Virtual Learning Environments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface do simulador.....	66
Figura 2 - Interface inicial do Phet Simulations.....	67
Figura 3 - Modelo de cavidade com orifício.....	75
Figura 4 - Gráfico da densidade espectral de acordo com a lei de Planck.....	77
Figura 5 - intensidade é a energia emitida vs. comprimento de onda.....	79
Figura 6 - Representação da curva experimental, da equação de Rayleigh-Jeans (altas frequências) e da equação de Wien (baixos valores de frequência).....	82
Figura 7 - Comparação entre a curva experimental e a previsão clássica.....	83
Figura 8 - Representação gráfica distintiva entre a distribuição de energia na teoria clássica e na teoria quântica.....	85
Figura 9 - Gráfico que compara as leis de Rayleigh-Jeans, Wien e Planck.....	87
Figura 10 - Espectro de luz visível.....	98
Figura 11 - Modelo de cavidade com orifício.....	99
Figura 12 - comparação entre a curva experimental e a previsão clássica.....	100
Figura 13 – Gráfico gerado pelo Microsoft Excel.....	101
Figura 14 - Interface inicial do Phet simulations.....	102
Figura 15 - Descrições da função de zoom e de luz emitida.....	103
Figura 16 - a potência irradiada pelo Sol de acordo com o Phet Simulations.....	105
Figura 17 - Mapa conceitual de referência para avaliação da aprendizagem.....	107
Figura 18 - interface Google Classroom.....	124
Figura 19 - Gráfico da curva experimental e da lei de Planck para o PRCN, feito pelo trio de alunos do terceiro ano do ensino médio, turma teste.....	124

Figura 20 - Gráfico da curva experimental e da lei de Planck para o PRCN, feito pelo trio de alunos do segundo ano do ensino médio, turma teste.....	125
Figura 21 - Resposta do trio do terceiro ano médio.....	126
Figura 22 - Reposto do trio do segundo ano médio.....	127
Figura 23 - Mapa conceitual de referência para avaliação da aprendizagem.....	128
Figura 24 - Interface do Google Classroom: instruções para upload dos mapas conceituais produzidos pela turma teste.....	129
Figura 25 - Mapa conceitual produzido pelo trio de alunos do terceiro ano médio, turma teste.....	129
Figura 26 - Mapa conceitual produzido pelo trio de alunos do segundo ano médio, turma teste.....	130
Figura 27 - Representação das cores da chama em uma vela acesa.....	153
Figura 28 - esquema da variação de campos elétrico e magnético.....	156
Figura 29 - Espectro de luz visível.....	158
Figura 30 - radiação infravermelha emitida pelo corpo de um ser humano.....	158
Figura 31 - Modelo de cavidade com orifício.....	161
Figura 32 - Representação da curva experimental, da equação de Rayleigh-Jeans (baixas frequências) e da equação de Wien (altos valores de frequência).....	165
Figura 33 - Comparação entre a curva experimental e a previsão clássica.....	166
Figura 34 - Representação gráfica distintiva entre a distribuição de energia na teoria clássica e na teoria quântica.....	168
Figura 35 - Gráfico que compara as leis de Rayleigh-Jeans, Wien e Planck.....	170
Figura 36 - interface do Microsoft Excel.....	171
Figura 37 - escreveremos os valores de comprimentos de onda.....	172

Figura 38 - utilizando a função autopreenchimento.....	172
Figura 39 - Autopreenchendo proporcionalmente toda a coluna A.....	173
Figura 40 - Coluna B selecionada.....	173
Figura 41 - utilização do campo de função.....	174
Figura 42 - autopreenchimento da coluna B.....	174
Figura 43 - autopreenchimento da coluna C.....	175
Figura 44 - Selecionamos agora a coluna D e digitamos no campo de função: =B1/C1.....	175
Figura 45 - autopreenchimento da coluna D.....	176
Figura 46 - Representação dos valores da tabela.....	176
Figura 47 - instrução relativa aos ícones que devemos selecionar para criar o gráfico que condiz com os dados experimentais.....	177
Figura 48 - instrução relativa aos ícones que devemos selecionar para criar o gráfico que condiz com os dados experimentais.....	177
Figura 49 - Gráfico gerado pelo Microsoft Excel, que condiz com a curva experimental do problema da radiação de corpo negro.....	178
Figura 50 - Comprovação da validade do gráfico confeccionado.....	179
Figura 51 - Interface inicial do Phet Simulations.....	180
Figura 52 - interface do simulador.....	181
Figura 53 - descrições de autofunções.....	181
Figura 54 - Representação das funções de termômetro e pico de escala termométrica absoluta.....	182
Figura 55 - Descrições da função de zoom e de luz emitida.....	183
Figura 56 - a potência irradiada pelo Sol de acordo com o Phet Simulations.....	185
Figura 57 - a potência irradiada pela Terra de acordo com o Phet Simulations.....	186

Figura 58 - A potência irradiada por uma lâmpada incandescente de acordo com o Phet Simulations.....	187
Figura 59 - A potência irradiada pela estrela Sirius A de acordo com o Phet Simulations.....	188
Figura 60 - Imagem de Sirius A captada pelo telescópio espacial Hubble.....	189
Figura 61 - Mapa conceitual de referência para avaliação da aprendizagem.....	190
Figura 62 - Criar turma.....	191
Figura 63 - Aceitação dos termos de usuário.....	191
Figura 64 - instruções de dados da turma.....	192
Figura 65 - Código da turma.....	192
Figura 66 - Como adicionar alunos.....	193
Figura 67 - Aba para adicionar atividades.....	194

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - estrutura geral e objetivos alçados na presente sequência didática proposta.....	94
Quadro 2 - detalhamento dos módulos contendo a divisão da sequência didática.....	96
Quadro 3 - Teste 1: primeiras perguntas destinadas aos discentes da turma teste.....	111
Quadro 4 - respostas das perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 3º ano médio.....	112
Quadro 5 - respostas das perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 2º ano médio.....	115
Quadro 6 - relação entre temperatura e energia irradia por cada cor da chama de uma vela, 3º ano médio.....	117
Quadro 7 - relação entre temperatura e energia irradia por cada cor da chama de uma vela, 2º ano médio.....	118
Quadro 8 - segunda bateria de perguntas destinadas aos discentes da turma teste.....	118
Quadro 9 - respostas da segunda bateria de perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 3º ano médio.....	119
Quadro 10 - respostas da segunda bateria de perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 2º ano médio.....	120
Quadro 11 - Indagações norteadoras.....	121
Quadro 12 - respostas dos alunos do terceiro ano médio ao tópico “indagações norteadoras”.....	122
Quadro 13 - respostas dos alunos do segundo ano médio ao tópico “indagações norteadoras”.....	123

Quadro 14 - Mapas conceituais produzidos pelos alunos da turma controle, segundo ano médio.....	131
Quadro 15 - Mapas conceituais produzidos pelos alunos da turma controle, terceiro ano médio.....	133
Quadro 16 - Estrutura geral e objetivos alçados na presente sequência didática proposta.....	150
Quadro 17 - Divisão de módulos da sequência didática.....	152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Onde os discentes relacionarão a zona/região da vela e a energia/temperatura emitida.....	97
Tabela 2 - identificação das regiões com maior e menor temperatura/energia.....	154

SUMÁRIO

1. Apresentação.....	16
1.1 Ensino de física moderna e contemporânea via web: desafios a romper.....	16
1.2 Motivação e justificativa.....	17
1.3 Objetivos.....	19
1.4 Organização da Dissertação.....	20
2. Contexto histórico atual e a Educação a distância: o estado da arte.....	22
3. Referencial Teórico.....	27
3.1. Ensino do problema da Radiação de Corpo Negro: Contexto de inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em Escolas de Educação Básica e Superior.....	27
3.2. Campos conceituais de Gerard Vergnaud.....	31
3.2.1. Aplicando a Teoria dos campos conceituais à realidade do projeto PRCN.....	33
3.2.2. Discutindo nosso projeto nos moldes dos esquemas, conceitos-em-ação, teoremas-em-ação para colocar o conhecimento implícito em situação de aprendizado do problema da radiação de corpo negro.....	38
3.3. A teoria ausubeliana da aprendizagem significativa: psicologia educacional no ensino de Física moderna e contemporânea (FMC).....	43
3.3.1. Análise das dimensões da aprendizagem significativa no ambiente escolar: perspectivas para inserção do ensino de FMC no Ensino Médio.....	45
3.3.2. Conhecimentos necessários para elaboração de apoio ao discente: abordagem potencialmente significativa de FMC no ensino médio.....	47
3.3.3. A teoria de assimilação de novos conceitos voltada à programação de ensino.....	48
3.3.4. Mapas Conceituais para uma aprendizagem com significados.....	50
4. Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA).....	54
4.1 Contexto histórico.....	54
4.2 Simuladores no ensino de Física.....	61
4.2.1. Phet Simulations.....	65

4.3	Ensino por videoconferência.....	67
5.	O Problema da radiação do corpo Negro.....	74
5.1.	Equação de Stefan.....	77
5.2.	A Lei de Deslocamento de Wien.....	79
5.3.	A catástrofe do Ultravioleta.....	81
5.4.	Solução de Planck para a catástrofe do Ultravioleta.....	83
6.	Proposta de pesquisa e Metodologia.....	88
6.1.	Introdução.....	88
6.2.	Sujeitos da pesquisa: descrição dos participantes.....	90
6.3.	Metodologia da pesquisa.....	91
6.3.1.	Fases da pesquisa.....	92
6.4.	Descrição do material desenvolvido.....	94
6.4.1.	Módulo A.....	97
6.4.2.	Módulo B.....	98
6.4.3.	Módulo C.....	100
6.4.4.	Módulo D: Uso do <i>Phet simulations</i> para o ensino do problema da radiação de corpo negro.....	101
6.4.5.	Módulo E: Determinação da potência irradiada com o auxílio do <i>PHET Simulations</i>	103
6.4.6.	Módulo F: confecção de mapas conceituais sobre a parte teórica do problema da radiação de corpo negro (PRCN).....	106
7.	Resultados e Discussões.....	108
7.1.	Ambientes virtuais de aprendizagem e recursos computacionais para o ensino de FMC: ponto de vista do professor.....	109
7.1.1.	Indagações norteadoras.....	121
8.	Considerações Finais.....	136
9.	Referências Bibliográficas.....	139
APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....		147
Introdução		149
Procedimentos.....		150
Encaminhamento Metodológico.....		153
Módulo A.....		153

Módulo B.....	160
Módulo C.....	171
Módulo D.....	180
Módulo E.....	184
Módulo F.....	189
Como criar uma turma no Google Classroom?.....	190
Como produzir um mapa conceitual?.....	194

1. Apresentação

1.1. Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) via WEB: desafios a romper

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 radiância 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 afim 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.

A ciência evolui constantemente no meio social e acadêmico, tendendo a se tornar algo mais atual e aplicável ao cotidiano, assim como o mundo ao nosso redor

e as próprias maneiras de se comunicar. Nesse ritmo os meios de suporte para Ensino de Física acompanharam a expansão tecnológica, os meios midiáticos web se tornaram ferramentas para diversos diálogos. O chamado *advento da Web 2.0* para os entusiastas proporcionou um conteúdo dinâmico e aberto voltado à participação de usuários, fugindo dos tradicionais textos, propiciando encontrar aquilo que se busca de maneira mais fácil e ativa. Todavia, essa pode ser a maior transformação que a internet já sofrerá.

A partir desta nova modalidade de comunicação mediada pelo computador (CMC), mais recursos e ferramentas foram criadas para os usuários, como por exemplo, o compartilhamento de informações com possibilidade de relação de colaboração entre criador e leitor, despertando sua criatividade e fazendo com que os “marujos” da web se tornem a partir daí, parte integrante deste novo capítulo.

1.2. Motivação e justificativa

Diante da conjuntura de preparação dos Professores da Educação Básica - por vezes estando ou não familiarizados com novas Tecnologias da Informação e comunicação (TIC) voltadas especificamente ao Ensino de Física - que podem encontrar dificuldades em envolver uma turma de alunos e engajá-los a aprender num ambiente virtual -, como Ensinar o Problema da Radiação de Corpo Negro através de Ambientes Virtuais de aprendizagem (AVA)? Tudo isso, lógico, impulsionado agora pelo distanciamento social em meio à pandemia do coronavírus.

Novas técnicas para novas ferramentas se fazem necessárias. Sobre o processo de aprendizagem, Oliveira & Pimentel (2015) afirmam que para havê-lo necessita-se de uma mudança de comportamento através de experiências emocionais, neurológicas, relacionais e ambientais. Aprender nada mais é que um resultante da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente em que o agente está inserido.

O conhecimento passa a ser construído continuamente, tendo como foco principal a aprendizagem, onde o Docente se torna um agente moderador, que orienta e facilita tal processo e o Discente, material principal ao qual se concerne a construção do saber. Quando inseridos no ambiente escolar, os Alunos tornam-se

sujeitos produtores do conhecimento. Neste momento se reconfigura o papel Discente e até suas significações dentro do contexto, se harmoniza a edificação de habilidades, dando abertura a uma atmosfera de autonomia.

Entretanto, além deste entrave de inovação tecnológica citado anteriormente, esbarramos no próprio conteúdo programático de Física que está inserido na Educação Básica e que a décadas não vem sofrendo readequação necessária frente as evoluções sociais, tecnológicas ou demandas do próprio mercado de trabalho. Seria ótimo se tais conteúdos se adequassem ao entorno social e tecnológico do Discente e trabalhados a partir de suas perspectivas, explicitando como funciona o mundo a sua volta. Sabemos bem que a Educação Básica está atrelada a formação do cidadão para o bom convívio social e a formação no mercado de trabalho, tornando-os assim seres críticos, que conheçam ao menos uma parte da matriz científica-funcional dos aparelhos e avanços tecnológicos disponíveis em suas mãos, residências e até perpassando seus corpos (como ondas eletromagnéticas do wi-fi, redes móveis de dados, etc.).

Nesse trabalho propomos uma metodologia que sugere uma resposta à pergunta: como ensinar O Problema da Radiação de Corpo Negro por meio de Ambientes Virtuais de Aprendizagem de modo que o discente possa aprender com significados? A resposta está neste trabalho na forma de um processo inovador de ensino concretizado através de uma sequência didática como um Produto Educacional, para ser utilizado por Professores de Física, através de Videoconferência pela plataforma Google Meet (sugestão dos autores por terem familiaridade com esta) ou qualquer outra que disponha das mesmas funcionalidades, se apropriando da Ferramenta Virtual de Aprendizagem (FVA) PHET Simulations, todas estas acopladas ao ambiente virtual de aprendizagem (AVA) Google Classroom. Por conseguinte, sendo avaliado e diagnosticado o desempenho e aprendizado dos alunos através de mapas conceituais. Alunos estes que terão papel crucial no momento do Ensino através da interatividade, somado aos momentos em que serão agentes ativos do processo quando se utilizarem das ferramentas de obtenção de dados, instruídos por meio de indagações preconcebidas na sequência didática e sugestões dadas pelo Docente do Ensino Médio.

Porventura, a aplicação do produto educacional está pautada nos Campos conceituais de Gerard Vergnaud, que além de ser a metodologia base para o ensino do problema da radiação de Corpo Negro de maneira que possa ser assimilado gradual e progressivamente, partindo dos conceitos mais gerais e inclusivos em direção àqueles específicos e menos inclusivos, proporciona a análise dos conhecimentos prévios e se estes são os adequados para se atrelar a nova informação àquelas pré-existentes.

1.3. Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é averiguar o êxito e as potencialidades do ambiente virtual de aprendizagem Google Classroom tanto quanto das plataformas virtuais Google Meet e PHET simulations para o Ensino do Problema da Radiação de Corpo Negro.

Como objetivos específicos podemos elencar:

- Produzir de uma sequência didática voltada para a instrução do professor do ensino médio propondo uma maneira de ensinar FMC, em que tais conteúdos são apresentados aos alunos via videoconferência se utilizando também de simulador digital;
- Despertar no Docente de Física a vontade de abordar novos conteúdos - não somente aqueles populares em vestibulares - que se adequem aos meios tecnológicos usuais, utilizando-se de metodologias inovadoras e recursos didáticos diferenciados;
- Despertar no Discente a vontade de aprender e buscar conhecimento, através do manuseio de recursos digitais, que o tornam construtor do conhecimento;
- Mostrar que Física moderna e contemporânea não está apenas nos laboratórios e distante do cotidiano das pessoas ou que detêm alto grau de dificuldade de compreensão.

1.4. Organização da Dissertação.

Para elaborar esta dissertação, foram utilizadas referências bibliográficas datadas do período entre 1970-2020, as quais são compostas por revistas voltadas para Ensino de Física, artigos publicados que serviram de base para trabalhos de conclusão de curso, dissertações e livros didáticos. Destaco aqui a relevância que foi dada às publicações voltadas ao Ensino através da Rede Mundial de Computadores, Comunicação Mediada pelo Computador (CMC) e para aqueles que abordavam a Ensino de FMC e/ou Radiação do Corpo Negro na Educação Básica para elaboração deste trabalho. Em relação aos processos de Ensino e Aprendizagem, foi dada importância aos escritos pautados na Teoria da Aprendizagem significativa que usa técnicas ausubelianas para avaliação por meio de mapas conceituais, ainda a teoria dos campos Conceituais de Gerard Vergnaud, identificando os conhecimentos prévios dos indivíduos no intuito de adequá-los de maneira satisfatória a novas informações. Adaptamos essas teorias para o ensino a distância.

Assim 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. Ainda Escritos e Publicações do Professor Doutor Antônio José Ornellas Farias voltados a Sequências Didáticas e teorias da aprendizagem, datados desde 1970 até 2019.

A seguir vejamos a descrição dos capítulos e de algumas das obras usadas na escrita da presente dissertação.

Começando pelo capítulo 3 - Contexto histórico da Educação a Distância: o estado da arte -, iremos exibir um panorama contextualizado sobre EAD no mundo e para isto usaremos a obra: **Educação a Distância: O Estado da Arte** de Frederic M. Litto e Marcos Formiga. Trazendo artigos dispostos de maneira a levar desde um simples leigo, até um estudioso experiente a se aparamentar com os mais

requintados conhecimentos pesquisados por Discentes e Docentes da área de Ensino da Educação Superior. Fazendo um apanhado com a história da EAD à nível global, evolução, barreiras para seu desenvolvimento, legislação e perspectivas para o futuro.

Seguindo para o quarto capítulo - Referencial Teórico - nos embasaremos em Livros/Escritos com o tema: Sequências e Técnicas de Ensino aprendizagem, metodologias ativas, Psicologia Educacional além de Teorias da Aprendizagem, para montarmos métodos que busquem abordagens diretas e certeiras no momento de expor o conteúdo, através de análise dos conhecimentos prévios dos alunos.

No capítulo 5: Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) nos utilizaremos de artigos, dissertações, periódicos e livros acerca da Educação a Distância intercedida pelo uso da Comunicação Mediada por Computador (CMC) além de outros meios tecnológicos, que nos darão um norte nas possibilidades para o uso de tais Ferramentas tecnológicas para o Ensino de Física.

Passando ao capítulo 6, exploraremos trabalhos que descrevam o Ensino de FMC - Radiação do Corpo Negro - em escolas de Educação Básica e Superior, para assim, traçarmos estratégias em busca da inserção de conteúdos atualizados.

Por seguinte, o sétimo capítulo trará equações que levaram a chamada Catástrofe do Ultravioleta e ainda aquelas que descrevem e solucionam o Problema da Radiação do Corpo Negro.

No oitavo capítulo que trata da Metodologia aplicada, discutiremos sobre como realizar uma pesquisa em Educação através de análise qualitativa.

A presente dissertação traz uma alternativa ao Ensino de Física Moderna e Contemporânea através do uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem e de Ferramentas Virtuais de Aprendizagem, transfigurados através de softwares e simuladores computacionais, sendo estes, Recursos Educacionais Abertos (REA's) que auxiliam no atendimento ao alunado que por algum tipo de impossibilidade: deficiência física, localização geográfica de difícil acesso, falta de tempo para acompanhar um curso presencial ou ainda que seja impedido pelo distanciamento social de uma pandemia, pode buscar os conhecimentos necessários para obter um entendimento na disciplina de Física na Educação Básica, sem que isto comprometa

sua qualidade de formação. O presente estudo está apoiado em documentos consagrados que norteiam as técnicas de Ensino e Aprendizagem, Avaliação da Aprendizagem, Psicologia Educacional, FMC na Educação Básica, entre outros temas, voltados a formação do jovem para cidadania.

2. Contexto histórico atual e a Educação à distância: o estado da arte

Vivíamos dias comuns e pacatos, nada além do habitual acontecia. O ser humano seguia sua vida, sejam nos grandes centros urbanos ou nas mais remotas zonas rurais. Até que no dia 31 de dezembro de 2019 um chamamento, quase um grito de urgência despertou o interesse da grande mídia, foi o reconhecimento de um novo coronavírus. Segundo o portal de notícias (CORREIO BRAZILIENSE, 2020), tal mutação foi nomeada de Covid-19¹ em meados de fevereiro do ano vindouro. Um surto de novos casos da pneumonia era registrado na cidade chinesa de Wuhan na China. Até agora o vírus atingiu os cinco continentes ceifando milhões de vidas.

Continuando com informações do site CORREIO BRAZILIENSE, 2020, em 13 de janeiro de 2020, o público toma conhecimento do primeiro caso fora do território chinês. Segundo o site UOL (2020), a OMS informou que o ocorrido se deu na Tailândia, onde uma mulher teve uma pneumonia leve depois de retornar de Wuhan. Em 21 de Janeiro é a vez dos Estados Unidos da América, a potência global não fugiu desta ameaça biológica. Dois dias após, Wuhan é isolada e tem suas rodovias de acesso bloqueadas, logo após é a vez de Pequim. Em 2 de fevereiro há a primeira morte fora da china, nas Filipinas, porém este é um chinês de Wuhan.

Aqui no Brasil o primeiro caso confirmado pelo Ministério da Saúde é datado de 26 de fevereiro do corrente ano, segundo o site jornalístico O ESTADO DE MINAS (2020) e o portal G1 (2020), das organizações globo este também foi o primeiro da América Latina, um homem de 61 anos que residia na época em São

¹ O nome Covid é a junção de letras que se referem a (co)rona (vi)rus (d)isease, o que na tradução para o português seria "doença do coronavírus". Já o número 19 está ligado a 2019, quando os primeiros casos foram publicamente divulgados. Fonte: < <https://portal.fiocruz.br/pergunta/por-que-doenca-causada-pelo-novo-coronavirus-recebeu-o-nome-de-covid-19>>. Acesso as 16:49 do dia 05/10/2021.

Paulo e tinha chegado da Itália, país que tinha a marca de 15,8 mil mortos pela doença em abril de 2020. Em 17 de março de 2020, é confirmado o primeiro óbito. Se analisarmos a velocidade da disseminação do vírus, notamos o quão fácil é seu contágio e pelo número de mortes o quão letal ele pode ser. No fim de janeiro a Organização Mundial da Saúde decretou emergência de saúde pública de interesse internacional – decretado apenas quanto acontece algum evento com implicações para saúde pública que ocorrem de maneira inesperada, transpassando ainda as fronteiras territoriais do país inicial.

Diante deste cenário as aulas presenciais foram suspensas no dia 11 de março, a primeira unidade Federativa foi a capital federal Brasília, além disso, foram estabelecidas medidas de distanciamento Social por força de decreto e cinco dias após todo o comércio além de todos os outros estados do Brasil iam ao mesmo caminho. No final do mês as ruas já estavam vazias, o contato entre pessoas agora se dava através da internet, por ligações e não através de contato direto.

Como sabemos as salas de aula, habitat muitas vezes ocupado por 40 até 60 alunos seriam bombas contaminantes do novo vírus. As instituições de ensino da rede privada foram as principais afetadas, pois os pais pagam as mensalidades para seus filhos estarem aprendendo e estas foram as primeiras a buscarem uma solução alternativa para aulas presenciais. A solução encontrada foi “reinventar a roda” ou adaptá-la, estamos falando justamente da Educação a Distância (EAD) por meio de aulas através de videoconferência ou previamente gravadas, acessadas remotamente por computador ou até mesmo por celulares smartphones (chegamos ao **mobile-learning**, adiante falaremos a respeito). Com o intuito de ajudar, o Conselho Nacional de Educação (CNE), em 28 de abril de 2020, autorizou oficialmente a oferta de atividades não presenciais em todas as etapas de ensino, como uma medida para reorganizar o calendário escolar e autorizadas pelo Ministério da educação e Cultura no dia 26 de Março de 2020.

A essa altura as escolas principalmente instituições privadas de ensino já tinham se adaptado. Plataformas de videoconferência - zoom, Google Meet, outrora usadas para fins diversos, foram moldadas para reuniões entre professores e alunos, caixas de email's se tornaram verdadeiros arquivos de provas via web – assim como o Google Classroom. Vemos que estes foram exemplos claros de

tecnologias que se tornaram ferramentas virtuais de Aprendizagem e os computadores das casas de alunos e smartphones se tornaram os conectores para interatividade na relação aluno-professor. Porém, a Educação a Distância não é algo novo, novo é o contexto atual em que ela se insere e o apelo/demanda como saída para o prosseguimento do calendário letivo, respeitando as medidas atuais de distanciamento social.

Segundo Litto & Formiga (2009), a primeira notícia registrada sobre esse tipo de modalidade de Ensino, foi o anúncio das aulas por correspondência ministrada por Caleb Philips, datada de março de 1728, no jornal *Gazett de Boston* nos Estados Unidos da América. O método utilizado seria o envio de lições, semanalmente, para todos aqueles que estavam inscritos. Em 1840, Isaac Pitman, ofereceria um curso de taquigrafia, mais uma vez por correspondência, porém na Grã-Bretanha, seguidamente pelo *Skerry's College* que, em meados de 1880, disponibilizou preparatórios para concursos públicos. Em meados do século XX, duas grandes Universidades mundiais figuram como pioneiras no uso desta metodologia de Ensino, eram elas: a Universidades de Oxford e de Cambrigde, localizadas na Grã-Bretanha, com cursos de extensão.

Não é novidade que a segunda Guerra mundial trouxe um caos econômico-social de proporções nunca antes vista, porém houve um significativo avanço tecnológico e alguns de cunho educacional. Conseguimos perceber então, que os meios de comunicação em massa a partir daí, foram adaptados para disseminar conhecimento, a fim de capacitar soldados e logo após a população em geral. Tal pensamento e intuito, antes restrito a soldados, agora pensado e adaptado para civis desempenharem suas funções com maior destreza e primazia.

Porém a verdadeira institucionalização da educação à Distância se deu em meados de 1960 com ações no campo da Educação secundária e em Nível Superior. Com pontapé em países da Europa como França e Inglaterra e logo após os outros continentes (PERRY & RUMBLE, 1987), (LITTO & FORMIGA, 2009).

Hoje em dia, mais de 80 países oficializaram a EAD em todos os seus níveis de escolarização, sejam sistemas formais ou não de ensino, fazendo o atendimento de milhões de pessoas. (NUNES, 1992) (LITTO & FORMIGA, 2009).

O Sucesso da Educação à Distância no Brasil é notório, porém sempre enfrentou entraves político-partidários, ideológicos ou mesmo por inépcia e despreparo daqueles encarregados por conceber melhorias e inovações do setor educacional. A EAD por aqui, surgiu pouco antes do início do século XX, com anúncios veiculados em jornais do Rio de Janeiro, ofertavam cursos de datilografia por correspondência, ministrados por Professores particulares.

Os Computadores para uso educacional no Brasil começaram a ser utilizados por Universidades em meados da década de 70, caracterizando a revolução tecnológica que estava por vir. Contudo demandavam altos custos operacionais somadas a grandes dimensões de hardware. Ao passar dos anos foram se tornando sucessivamente mais baratos e com dimensões cada vez menores, hoje são de fácil acesso e tornaram-se aparelhos pessoais instalados em boa parte das residências brasileiras. A partir daí houve um aumento expressivo nas comunicações mediadas pelo Computador (CMC's) seja para divulgação de informações pessoais, estabelecimento de laços em redes sociais, ou para o Ensino. Isto levou a proliferação de tecnologias criadas ou adaptadas para este fim, desde e-mail's, passando pelas redes sociais indo até plataformas de videoconferência. Tais ferramentas tem sofrido uma crescente demanda por parte de instituições de ensino básico a até de instituições de ensino superior, trazendo novamente a velha discussão à baila: Qual o papel Docente no processo de ensino-aprendizagem? Esta indagação, suas significações e suas respostas são cruciais quando se discute a Educação através da *web*, principalmente com o avanço das ferramentas tecnológicas e sua adesão por parte das pessoas nos últimos 30 anos.

O uso da CMC fez com que Professores repensassem a didática de ensino e surgissem novas metodologias da prática profissional, sejam elas adaptadas e recriadas ou então nascidas a partir do advento da *web 2.0*². Logo notamos que o ensino presencial e o ensino online podem requerer técnicas de trabalho em parte distintas, além de uma pedagogia que favoreça ambientes colaborativos on-line. Tudo isso consequência das transposições de limites espaço-temporais, que dão vez a flexibilização e extensão do conhecimento, antes limitado pelas quatro

² Segundo o site Folha de São Paulo (2006) o termo *Web 2.0* é utilizado para denominar a segunda geração da *World Wide Web*. Na *Web 2.0* existe o reforço do conceito de troca de informações e colaboração dos internautas com sites e serviços virtuais. Assim sendo o ambiente on-line se torna mais dinâmico e propicia que os usuários participem ativamente na organização de conteúdo.

paredes da sala de aula, pelos saberes específicos do professor e número de páginas do livro didático.

A declaração de Bolonha foi constituída documentalmente por dois conceitos norteadores dentre tomadas de decisões na região da Europa: primeiramente aspectos que facilitassem e permitissem a mobilidade das pessoas a fim de validar seus diplomas nas mais diferentes regiões do território continental, seguido da flexibilização do deslocamento de estudantes e professores para aprendizagem e treinamento. A partir destes dois parâmetros nascia o *m-learning*, que é a abreviação de *mobile learning*, traduzindo: aprendizagem móvel ou aprendizagem em movimento. Litto & Formiga (2009) afirmam que cada vez mais o *mobile learning* passou a estar intimamente ligado a aprendizagem por celulares e pequenos computadores pessoais, os chamados Laptops, que podem ou não estar interligados a rede mundial de computadores.

Em meio a uma pandemia como a vivida nos dias atuais, o modelo *m-learning* vem bem a calhar. Seja pela experimentação de novos modelos pedagógicos (que podem ser heurísticos, com foco na demanda, entre outros) ou gerenciamento de jovens, crescimento de recursos tecnológicos, além dos benefícios que traz a pessoas mais suscetíveis a graves infecções do vírus (chamado grupo de risco) dentre eles: idosos, diabéticos, obesos, indígenas, enfim, ou até aqueles com agenda/demanda individual: viajantes, jovens com poucas condições financeiras, grupos em desvantagens sociais. Somamos também aquele grupo alvo para a educação remota, seja em qualquer época do ano ou sob quaisquer adversidades: pessoas com problemas motores, moradores de regiões longínquas ou de difícil acesso, estudantes em risco devido a horários noturnos de cursos, entre outros. Está é uma ferramenta universal, extremamente proveitosa e em constante expansão.

Atualmente, existem vários métodos corriqueiros para avaliação diagnóstica de desempenho, os mesmos podem ser utilizados para o ambiente virtual, porém quando o professor quer analisar com profundidade todos os aspectos, ou ao menos a maioria dos tipos de conhecimentos integrativos, os meios, performance e nuances dos processos, a avaliação tradicional tende a falhar.

Por isso o ensino online, seja por sua distinção em diversas características ou para obter confiança concreta que o aluno apesar de não estar presente, aprendeu aquilo que se esperava, mostra uma variedade maior de possibilidades para avaliação quando comparado ao ensino presencial. Por exemplo, o Google Classroom permite ao professor criar uma aba de perguntas referentes à disciplina de Física ou resolução/edição de avaliações, no formato de documento PDF ou imagens em JPEG e ainda espaços para discussão coletiva de determinado tema. Queremos neste trabalho explorar recursos, dando linearidade e segurança para os professores e alunos que deste produto educacional fizerem uso.

3. Referencial Teórico

3.1. Ensino do problema da Radiação de Corpo Negro: Contexto de inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em Escolas de Educação Básica e Superior.

Desde a aprovação da Lei de diretrizes e bases da educação nacional (LDB 9394/1996), o programa curricular das Instituições básicas de ensino devem contemplar os conhecimentos científicos estudados pela Física Elementar, preparando o discente tanto para o ingresso no ensino superior quanto para a cidadania e o despertar da criticidade através da correta interpretação do mundo ao seu redor. Porém, a ementa da disciplina vem passando por dificuldades em relação a sua atualização. A física proposta para Educação Básica e mais especificamente para o Ensino Médio possibilita abordagens a temas amplos da Ciência e Tecnologia, por meio de sua contextualização sob a óptica das tecnologias atuais. Conseqüentemente este processo envolve a explicação de fenômenos influenciadores no desenvolvimento e aperfeiçoamento de *hardwares*, *softwares* e demais componentes eletrônicos.

A escola tendo a função de formar o homem para exercer a cidadania em seu cotidiano tem, portanto falhado. As metodologias empregadas não tem atendido a

necessidade de capacitar os indivíduos para intervir de modo eficaz na sociedade contemporânea (JUNIOR & CRUZ, 2009). Os currículos escolares permanecem inalterados, presos ao tradicionalismo em sua estrutura básica, dando foco a listas de exercícios e ao chamado mecanicismo, introduzido pelo behaviorismo, muito popular na Física, sendo estes anseios – de ensino mecânico não interagente com os acontecimentos atuais – alheios aos da sociedade (BORGES, 2005) citando (TERRAZAN E STRIDER, 1997). Por vezes dando enfoque aos conteúdos mais requisitados em testes e vestibulares, deixando de lado o aspecto de formar o cidadão para o mundo em que vive, com suas peculiaridades culturais, tecnológicas e sociológicas.

Para Loch & Garcia (2009), a atualização curricular tem levado a um movimento crescente de exposição da necessidade de inserção de conteúdos referentes à Física Moderna e Contemporânea (FMC), e esse movimento se justifica quando se interpreta que tais conteúdos podem ajudar aos estudantes no entendimento do mundo coevo, tornando-os mais significativos, deixando claro para o indivíduo que a ciência na verdade, é uma construção humana.

Existe evidentemente a necessidade de haver uma atualização de componentes curriculares que possam inserir os discentes num contexto de conhecimentos mais incisivos e atuais. Logo após o início da pandemia esse anseio se tornou mais escancarado, pois os meios de comunicação e o modo de consumir produtos de entretenimento aumentaram, nisto televisores inteligentes, celulares com tecnologia 4G ou 5G, que permitem a realização de videochamadas, entre outras funções inovadoras se tornaram necessárias nesse período de distanciamento social. A partir daí os frutos tecnológicos propiciados pelas pesquisas de laboratórios entraram com fulgor nas residências de milhões de pessoas, vários conteúdos da Física Moderna e Contemporânea podem se aproveitar desse contexto para se incluírem na estrutura e visão científica daquele discente alvo desta pesquisa.

A educação precisa transpor suas barreiras de modo a incorporar temáticas que vão além da Física tradicional (antes de 1900) e abordar a Ciência que vem sendo desenvolvida há décadas, logo após 1900. Os conteúdos ensinados precisam de inovação, com participação efetiva dos docentes, daqueles que estão na linha de

frente do processo de ensino, para haver discussões acerca de um novo currículo posto em xeque. (BORGES, 2005), (JUNIOR & CRUZ, 2009).

Dentro do campo de estudos da FMC, destaco o tema da presente dissertação: **O problema da radiação de corpo negro**. Este conteúdo além de ter um teor riquíssimo quanto ao limítrofe da Física Clássica no que concerne a descrição de fenômenos, por vezes até se utilizando de conceitos desta, fez surgir dentro de sua problemática o encaminhamento histórico para o desenvolvimento da Física Moderna e mais especificamente os primórdios da Mecânica Quântica. Ou seja, estamos tratando de um problema que além de ter sua sutileza matemática e física, traz a tona os processos históricos de construção do conhecimento, que nem sempre é dado por caminhos asfaltados.

Soares (2009) faz a seguinte pergunta: Como atingir o principal objetivo da educação básica de formar cidadãos críticos e conscientes se não os damos meios de avaliar os avanços tecnológicos da sociedade contemporânea? O autor responde citando (BRASIL, 2006) em que a Física ensinada nesta etapa deve elevar o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo ao nosso redor e elaborar perguntas fora de contextos idealizados, para assim existir a possibilidade do indivíduo conhecer a própria realidade. Os PCN+ (2002) afirmam que Física deve se apresentar aos discentes como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com um conjunto de fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no universo distante quanto em nosso cotidiano, a partir de leis e modelos. Não é correto apresentar a Física ao discente apenas para que ele saiba de sua existência, mas para que ela se transforme em ferramenta disponível a seu uso e integre sua forma de pensar.

E como identificar quais competências são essenciais para a compreensão em Física? De novo, não projetando o que um futuro engenheiro ou profissional em telecomunicações deverá precisar saber, mas tomando como referência um jovem solidário e atuante, diante de um mundo tecnológico, complexo e em transformação. (PCN+, 2002, p.62).

Logo vemos a importância da contextualização do uso da ciência, expondo não apenas o mérito do que ensinar de maneira imutável, intangível, incontestável,

mas sim em que contexto histórico e social está inserido, para assim adequar o programa ao que deve ser ensinado, pensando no presente e no futuro dos jovens.

Dentro das competências que o aluno deve aprender durante o ensino médio estão: Competências gerais – II. 4. **MODELOS EXPLICATIVOS E REPRESENTATIVOS:** *Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos. Sentido e detalhamento em Física: o discente deverá conhecer modelos físicos microscópicos, para adquirir uma compreensão mais profunda dos fenômenos e utilizá-los na análise de situações-problema. Por exemplo, utilizar modelos microscópicos do calor, para explicar as propriedades térmicas dos materiais ou, ainda, modelos da constituição da matéria para explicar a absorção de luz e as cores dos objetos.* (PCN+, 2002). Este trecho se torna imprescindível para nosso trabalho, pois quando se fala no PRCN nos referimos ao primariamente fenômeno de absorção/emissão de luz e cores por parte do corpo ideal.

Ainda em Competências gerais – III. 3. **CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA ATUALIDADE:** *Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social. Sentido e detalhamento: Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, tomando contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, através de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, através das novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, TV a cabo. (IBID).*

Logo não precisamos de mudanças nessas diretrizes quando se fala em Ensino do Problema da Radiação de Corpo Negro, mas sim nas práticas inseridas no cotidiano escolar.

Vemos a necessidade da abordagem de FMC diante da lacuna de contextualização conceitual que se apresenta nos programas educacionais escolares, ocasionado pelo distanciamento entre a revolução científico tecnológica que está adentrando nossas residências e o conteúdo de Física abordado. Continuar como estamos sem aperfeiçoar o que deve ser ensinado é o mesmo que abnegar o

objetivo da Educação básica de formar cidadãos críticos que compreendam o mundo em que vivem que é: tecnológico, imediatista e em veloz transformação.

3.2. Campos conceituais de Gerard Vergnaud

Segundo Vergnaud, campo conceitual (CC) consiste em um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, estruturas, relações e operações do pensamento, todos concatenados no decorrer do processo de sua aquisição. Durante este percurso de apropriação de conhecimento, pode surgir um conjunto de situações cujo domínio requer que o indivíduo tenha propriedade de conceitos de naturezas diversas e distintas. Processo este de evolução gradativa no tempo (ibid.).

Os campos conceituais (CC's) de Gerard Vergnaud tende a fornecer informações acerca da aprendizagem de competências complexas relacionadas principalmente com as ciências e técnicas, além de ser uma teoria cognitivista, para compreensão das filiações e rupturas entre conhecimentos nas crianças e adolescentes, tem sua base na afirmação de que os mesmos detêm seus conhecimentos organizados em campos conceituais e que seu domínio ocorre durante longo período temporal, através da experiência, vivência, maturação e logico, da aprendizagem. Desta feita, para inserir a FMC nos currículos escolares, precisamos reconhecer que todo o processo em que se concatena é diferente dos processos relacionados à disseminação da Física Clássica. Como afirma Júnior & Custódio (2003), o objeto de estudo da física quântica é diferente do objeto da física clássica, conseqüentemente as perguntas que surgem de uma não serviriam para a outra, assim como os métodos para solucionar indagações delas provindas, divergiriam. De uma disciplina para a outra e entre diferentes áreas, parece que as dificuldades dos estudantes não são as mesmas, o que mostra existir diferentes tipos de dificuldades de acordo com o campo conceitual que se está tratando (FARIAS, 2019 apud VERGNAUD, 1993).

Júnior & Custódio (2003) dizem que os campos conceituais foram trabalhados por Vergnaud como teoria cognitivista e seu intuito é fornecer um quadro coerente de princípios que sirvam de base para estudos do desenvolvimento e da aprendizagem de competências complexas, principalmente as relacionadas

com ciências e as técnicas. Seu objetivo primordial é propiciar o entendimento relacionado a filiação e rupturas entre conhecimentos em crianças e adolescentes através de um quadro geral.

Gerard Vergnaud usa como premissa o foco do desenvolvimento cognitivo ser dependente de situações e conceitualizações sobre os campos de conhecimento abordados e sua necessidade de verificação no cotidiano escolar. Neste contexto é imprescindível os atores do processo se preocuparem com a estrutura do saber a ser ensinado.

Os Campos conceituais têm sua base nas estruturas coerentes e princípios básicos, ancora-se em sua natureza cognitivista, no intuito de propiciar uma aprendizagem de competências complexas como nas disciplinas de ciências exatas e naturais: física e matemática. As estruturas coerentes permitem ao pesquisador entender as filiações e rupturas no processo da adesão do conhecimento primordialmente em crianças e adolescentes, sendo sua teoria psicológica buscadora da estrutura na prática do cotidiano intraescolar de como conceitualizar o real. Temos a possibilidade de analisar os conhecimentos explícitos e implícitos no sujeito e como este faz a relação de conceitos, sem, contudo, ser uma teoria didática, mas tendo de envolver uma didática, impreterivelmente. (ibid)

Vergnaud (1993) nos alertando sobre a divisão do conhecimento racional, que depende da maneira como são adquiridos, classificando-se em:

Conhecimento racional operatório: adquirido de forma operatória. Acontece quando uma classe de situações de repertório próprio é automatizada e organizada por único esquema.

Conhecimento Racional não operatório: é o conhecimento racional adquirido de maneira não operatória. Concretiza-se na existência de classes de situações em que o sujeito não dispõe da totalidade de competências imprescindíveis, lançando mão de esquemas que podem competir entre si, mas que precisam de um processo de rearranjo para propiciar a descoberta.

3.2.1. Aplicando a Teoria dos campos conceituais à realidade do projeto PRCN.

Segundo Farias (2019); Moreira (2010); Nogueira & Ferreira (2016); Moreira & Palmero, (2002), um campo conceitual pode ser considerado como um campo de situações. Tomando como exemplo a energia – que vem bem a calhar a esta dissertação – tende a possuir variadas definições, exemplos e situações práticas a serem expostas e aplicadas em sua amplitude e complexidade, porém deve o docente recortar e limitar, para que com esta pontualidade o ator tenha controle sobre o aprendizado de maneira satisfatória e investigue-a.

Temos o problema da radiação de corpo negro, temática da física cerne deste trabalho, como possuidora de um campo conceitual vasto, associado a variados conceitos e teoremas que formam um conjunto, permitindo a análise de experimentos virtuais, situações para por em xeque o que se sabe sobre o tema além de seus conhecimentos prévios, que impulsionem a aprendizagem. Faremos um recorte conceitual a fim de o transpor didaticamente, limitando e objetivando os mais importantes tópicos.

Aproveitando o trabalho de Júnior & Custódio (2003), podemos dizer que compreender a problemática por trás da radiância espectral de um corpo negro ideal: temperatura e energia emitida, seu contexto histórico e implicações, firmemente é um passo além daquele que se dá ao calcular, por exemplo, a temperatura de ebulição da água ao nível do mar. Neste trabalho colocamos em xeque analogias que dão celeridade, como meio de transposição didática para que as explicações se tornem inteligíveis aos leitores, porém evidenciamos que não existem, na maioria dos casos, análogos diretos entre a física clássica e a FMC.

Refletimos sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no contexto básico da educação, pautamos o trabalho docente através de um olhar investigativo propondo que regras, conceitos, aplicações deste ramo científico, diferem formalmente daqueles vistos na física clássica. Conseqüentemente as dificuldades evidenciadas nos discentes durante o processo de ensino-aprendizagem também são distintos, tudo devido a FMC e Física Clássica terem por objetivo de estudos escalas e postulados que não coadunam, são de naturezas individuais e por vezes

divergentes, como vemos na “catástrofe do ultravioleta” e, assim sendo, pertencentes a Campos Conceituais particulares. Enquanto esta trata formidavelmente de estudos da radiação e de corpos em escala atômica em movimento com velocidades consideravelmente abaixo da velocidade da luz, aquela lida com corpos em escalas macroscópicas também, por vezes em velocidades abaixo da velocidade da luz, cada uma inteligível dentro de suas perspectivas.

Brousseau deu alcance didático aos CC's, além da modernização programou a dimensão afetiva para complementar o aspecto psicológico. Assim, a conceitualização se faz necessária na resolução de uma classe de situações complexas, utilizando-se dos esquemas e apropriando-se da psicologia educacional (IBID).

Trazemos a baila diversas classes de problemas, desde aqueles que abordam conceitos simples sobre cor de um corpo - no caso da chama de uma vela - até o confronto histórico entre física clássica e física moderna e contemporânea que fecundou a mecânica quântica, subdividindo-se em subclasses. Nossa premissa não é o comodismo, mas fazer com que o aluno se torne parte construtora do conhecimento e ultrapasse seu quadro cotidiano de vivências, conceitos e aperfeiçoe cientificamente sua visão de mundo, num modo ultrasocial, ou seja, para além dos moldes em que nossa sociedade se encontra, em demasia, acrescente e faça o seu entorno evoluir em um conjunto harmônico.

Numa situação complexa, o pesquisador poderá desmembrá-la em uma combinação de situações elementares que em conjunto tornam aquele de difícil compreensão, em algo mais palpável. Haverá a possibilidade da constituição de relações elementares para em seguida fazermos a análise destas situações mais complexas, percebendo as dificuldades enfrentadas pelos discentes. Para isto consideraremos para o desenvolvimento de uma pesquisa coletiva em sua elaboração: funções epistemológicas de um dado conceito, seu significado social nas áreas atuantes, o desempenho dos atores do processo na conceitualização da situação didática, os resultados de desempenho, além da transposição do saber sábio, para o saber a ser ensinado. Se tivermos um campo conceitual em que suas relações elementares já foram classificadas, assim como da classe de problemas

elementares, tal campo conceitual instituído pelo pesquisador passa a ser bem visto pelos seus pares.

Sobre campos conceituais específicos na área de Física, significam: situações, conceitos, relações estruturais, um conjunto informal de problemas e operações de pensamentos concatenados entre si e possivelmente entrelaçados durante sua aquisição, onde um pesquisador, que pode ser um docente em momento de identificação da problemática que aflige os alunos para entendimento de determinado conteúdo. Consideramos neste trabalho, como o recomendado por (VERGNAUD, 1993): um recorte conceitual em que entram pontualmente na discussão noções desse campo conceitual no período que foi aplicado o produto educacional constante no Apêndice A.

Uma parte importante a ser considerada é nossa preocupação com o leitor e público-alvo deste produto educacional: os professores da educação básica. Sabemos que o processo formativo na área de conhecimento específico pode levar anos, ou até uma vida quando falamos de contínuo aperfeiçoamento. Vergnaud (1993) afirma que os problemas e dificuldades em uma área de estudos não podem ser contornados, mas sim, enfrentados frontalmente através da aquisição de domínio deste, fruto de um investimento em longo prazo. Através de esquemas de assimilação que o estudante desenvolve no contexto escolar e extraescolar, ele pode conceituar o real, bastando tão somente o pesquisador encontrar continuidades e rupturas entre o modo de ver cada conceito dentro de um domínio conceitual, através de um estudo minucioso. Entretanto o perigo existe quando se tenta reduzir a característica lógico-estrutural das bases inatas ou de modelos de processamento de informação, já que a conceituação é imprescindível, por se tratar da base de informações de um tema específico (ibid).

O próximo passo é identificar as vias de interconexão das ideias originárias de um pensamento interpretativo, para então gerar conceitos e representações que possam ser adquiridos em dado intervalo temporal e através deste propiciar a chamada “aproximação psicogenética” de como o sujeito dá significado a certos conceitos em um campo conceitual específico. Para Vergnaud, os CC's são ações ordinárias mais amplas de aprendizagens, sejam formais ou informais. Estes conceitos são adquiridos no mundo ao seu redor, em que esteja explícito ou implícito

àquele campo do saber, seja em ambiente familiar, nos ambientes em que se estabelecem vínculos sociais, redes sociais na internet, espaço de trabalho e lazer e lógico, no âmbito escolar (ibid).

Para temas de alta complexidade ou que estejam em constante evolução e/ou readequação, deve haver uma transposição do conhecimento erudito, ou seja, do saber científico tecnológico, através de mediação a partir da conceptualização que fazemos dos objetivos na natureza. Assim se faz necessário o pesquisador encontrar pontos de contorno para transpor dificuldades de assimilação por parte dos discentes, sua complexidade faz com que os atores façam articulações, adaptações e adequações em torno dos conceitos trabalhados, porém sem deixar de lado sua fidedignidade acadêmica.

Palmero E Moreira (2002) nos informam que para Gerard Vergnaud o alicerce principal do desenvolvimento cognitivo é a conceituação acerca daquilo que se faz necessário compreender, pois é a base no qual o desenvolvimento cognitivo é articulado. Para tornar “seu” os conceitos, o sujeito precisa da apropriação destes e da mediação entre a representação das coisas e a realidade - objetos do mundo em si, a fim de significá-los. O domínio de um campo conceitual, porém, não se encontra ao saber de uma simples definição ou significado pronto, mas sim, quando esta é empregada para fins de resolução de situações-problema, o aprendizado só se concretiza então, através de um processo mental intrínseco, ou seja, aprender através de situações que utilizem novos conceitos, sem, contudo, simplificar a natureza dos fatos centrais destes. Vergnaud (1993) defende que este processo de elaboração pragmática é essencial no âmbito da psicologia e no planejamento das metodologias que são levadas para a sala de aula.

Moreira (2003), Moreira (2002), Meier, *et al.* (2020) e Vergnaud (1982) afirmam que a teoria dos campos conceituais operacionaliza um conceito (C) formado, definido pelo que chama de “tripeto de três conjuntos”, englobado pelo das situações (S), dos invariantes (I) e o das representações simbólicas (R), em que $C = \{S, I, R\}$.

No conjunto:

- a) (S) é o referente do conceito;
- b) (I) são os invariantes operatórios no significado atrelado ao conceito;
- c) (R) as representações simbólicas ou significantes.

Farias (2019), Moreira (2003), Meier, *et al.* (2020) e Vergnaud (1982) citam que uma tarefa ou situação de tarefa com dificuldades próprias constituem o referente de um conceito que objetiva dar sentido a este.

Os invariantes operatórios (I) são definidos por Farias (2019) como objetos, propriedades e relações sobre as quais os conceitos ganham operacionalidade, compondo o significante de um conceito e com ele o sujeito pode fazer uma análise minuciosa que leva ao seu domínio, resultando no sentido do conceito.

As representações simbólicas (R) são relativas às linguagens naturais que são utilizadas para expressar o significante dos conceitos, sejam as linguagens naturais, gráficos, diagramas e afins. Podem ademais, representar os invariantes operatórios, ou seja, os significados dos conceitos.

Os *esquemas* funcionam como compartimentos que estarão presentes no exercício da memória do sujeito, por uma situação e por um significante, estabelecendo seus sentidos para este. Através dos esquemas ainda é possível fazer um estudo minucioso acerca do **conhecimento-em-ação** e elementos que fazem com que seja operatória a ação do sujeito em questão.

Um *esquema* é constituído por formas organizacionais de:

- a) Habilidades sensório-motoras;
- b) Habilidades intelectuais;
- c) Formas de o sujeito operar o conhecimento atrelado a determinado fato.

Já o *conceito* é visto como um conjunto que incorpora em si:

- a) Elementos invariantes (i), quando em ação dão significado aos;

- b) Elementos de situações (S) constituindo seus referentes, que faz usufruto de elementos e esquemas, que quando postos em ação pelo sujeito constitui sua;
- c) Representação em códigos e linguagem significativa (R).

Esquemáticamente temos: $\{S, I, R\} = \{S\} + \{I, R\}$.

Em que $\{S\}$ é a realidade e $\{I, R\}$ é constituído de representações.

3.2.2. Discutindo nosso projeto nos moldes dos esquemas, conceitos-em-ação, teoremas-em-ação para colocar o conhecimento implícito em situação de aprendizado do problema da radiação de corpo negro.

Os esquemas referem-se a situações que mantêm uma interação forte. Através deles é que as estruturas cognitivas agem para impregnar, consubstanciar e colocar o conhecimento-em-ação nas linhas de raciocínio do ser. Quando se objetiva o progressivo desenvolvimento cognitivo do discente, devemos promover interações com situações através da adequação e montagem de esquemas que devem se somar aos invariantes operatórios. Uma avaliação satisfatória em relação a determinado campo conceitual faz com que o avaliando mostre que seus esquemas disponíveis estão organizados de maneira adequada no trato a teoremas e conceitos “postos a mesa”, ou seja, o “conhecimento-em-ação” para respondê-la. Segundo Moreira (2003), Moreira (2002), Meier, *et al.* (2020) e Vergnaud, (1982), os *invariantes operatórios* são maneiras de nomear os *teoremas-em-ação* e os *conceitos-em-ação*, estes são compostos por pensamentos categorizados como pertinentes. Existe uma diferença básica entre o *conceito-em-ação* e o *teorema-em-ação*, este é uma proposição tomada como verdadeira sobre o real, aquele é meramente uma categoria de pensamento pertinente, podendo ser ou não condizente com a realidade.

Os invariantes operatórios formam uma base conceitual de natureza intrínseca ou extrínseca, dependendo do quanto se quer alcançar um objetivo de

aprendizado. Palmero e Moreira (2002) dizem que é primordial na formação discente inferir regras de ação pertinentes na abordagem de determinada situação, com intuito de se obter a montagem de esquemas, propiciando assim o estabelecimento de sentido.

Vamos construir uma linha de raciocínio em que os discentes possam ser instruídos a incorporarem os seguintes esquemas de proximidade relacional: se a cor identificada na chama de uma vela, ou aquela emitida por uma lâmpada incandescente tem relação direta com a quantidade de energia espectral irradiada/temperatura, então podemos ter uma similaridade conceitual entre a energia irradiada por estrelas e corpos a temperatura ambiente através do conteúdo transposto de maneira didática e simplificado de radiação do Corpo Negro ideal. Assim energia/ temperatura está para a cor identificada na chama de uma vela (azulada, amarelada ou avermelhada) assim como a cor da luz emitida por uma lâmpada incandescente do mesmo modo que para um corpo negro ideal, representado experimentalmente por uma cavidade ou até o brilho de uma estrela distante. Expressamos neste trabalho que a região da chama da vela que possui cor, verificadamente na tabela de frequência emitida, mais alta, detém maior temperatura e em consequência maior energia irradiante emitida, por exemplo, do mesmo modo que tem correlação com a energia emitida pela estrela Sirius A, por identificarmos a cor emitida por ela. Tomando para tudo isso a base do corpo negro ideal que é ótimo absorvedor/emissor e essa taxa está teoricamente em 100%, podendo emitir radiação numa relação de quanto mais o corpo absorve, mais irradia, chegando ao ultravioleta para altas frequências ou até ultrapassá-la. Para isto se faz necessário o discente ter conhecimentos prévios em Movimento Harmônico Simples (MHS), consequentemente Oscilações e Ondas, além daqueles relacionados a ótica geométrica, conhecendo também os significados dos invariantes operatórios que utilizou. Os principais teoremas utilizados foram: definição de temperatura e sua relação com a energia emitida, descrição do processo de irradiação, cores e sua relação com frequência emitida (espectro eletromagnético), conceitos introdutórios de física quântica (pastas de quanta, processo histórico, evolução, reviravoltas), distinção de contínuo e discretos pacotes de energia emitida (o que propiciou a solução da catástrofe do ultravioleta, dando “corpo” a uma nova visão sobre a física e *neo* campo de estudos), o conceito de radiador ideal e potência, subtende-se

também a utilização de unidades de medidas e as discrepâncias entre a física clássica e a física moderna.

Gerard Vergnaud teve influência de seu mestre, Jean Piaget. Ele redirecionou as ideias do funcionamento cognitivo do “**sujeito-em-ação**”, de onde o arranjo complexo do domínio conceitual é dependente de situações pontuais que o ser encontra em diferentes áreas de conhecimento. O esquema é uma organização invariante do sujeito-em-ação para fins de resolução de problemas e Vergnaud toma a teoria de esquemas narradas por Piaget como fundamental para a sua obra. Além de ser influenciado pelo seu mestre, Vergnaud tem forte influência de Vigotsky em sua escrita, por exemplo, quando torna o docente um mediador do processo de aquisição, domínio e usufruto de um determinado campo conceitual (ibid).

Nesta etapa Moreira (2003), fazendo uma análise pontual, define quase glossariamente que o campo conceitual é um conjunto de situações problemáticas cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de natureza distinta: problemas, situações, relações estruturais e operações do pensamento constituindo sua base informal e heterogênea num entrelaçamento contínuo durante o processo de aquisição (FARIAS, 2019). Logo, neste raciocínio linear o autor diz que na maioria das vezes os discentes não conseguem expressar em linguagem natural os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação empregados na operacionalização de problemas, nem tampouco conseguem explicitar satisfatoriamente os passos seguidos, cita-los ou repetir em outra ocasião.

Logo, situação didática para Vergnaud estava intimamente interligada as tarefas encomendadas pelo docente em que a situação complexa poderia ser examinada através da combinação de tarefas específicas. A teoria dos campos conceituais se difere de outras de cunho cognitivista por trabalhar com modelos de assimilação de conceitos por si mesmo, esta teoria estuda como se assimilam os conceitos, não averiguando as dificuldades num quadro operatório relacionados às tarefas em representações simbólicas. Para o discente alvo desta pesquisa atingir a compreensão do campo conceitual que o permita compreender o conceito do que seja e como se comporta o corpo negro ideal e sua radiância espectral, é preciso ele identificar situações de ensino, para logo após identificar conceitos e teoremas a serem utilizados para resolver as situações apresentadas pelo docente.

Brousseau (1996), Vergnaud (1993), Pommer (2008), afirmam que as situações que traziam à baila contextualizar/descontextualizar, permitia aos alunos progredirem no processo de aprender, através de equilíbrios e desequilíbrios, que difere do que geralmente é visto em sala de aula: um saber pronto, nos moldes mais convencionais e sem grandes surpresas/novidades e o aluno se apropria desse conhecimento da maneira que puder. Para aprender ao alunado é dado um papel ativo no processo, agindo como um pesquisador. Mesmo numa situação inicial onde o discente não nos fornece uma resposta coerentemente atrelada ao saber científico, deverá o docente ensinar-lhe a aprender e construir o conhecimento necessário para chegar às repostas concretas.

Moreira (2002) menciona que estudos recentes voltados a perspectivas da aprendizagem significativa, que será abordada com mais detalhes no próximo tópico, visam diante da resolução de problemas interpretar as dificuldades que os alunos apresentam durante o processo de organização e aquisição de modelos mentais sobre um conceito incitado pelo docente quando requisitado para solucioná-lo, utilizando assim, certos aspectos da teoria Vergnauniana. Relacionam-se ainda com esquemas que os seres humanos desenvolvem para tratar de situações que abrigam informações do que elas pensam do mundo. Esta representação é dinâmica no sentido de explicar, predizer situações novas em modelos mentais de maneira estável em seus elementos e estruturas se constituindo por seguinte através de esquemas. Podemos logo articular as teorias de Johnson-Laird de modelos mentais e de Vergnaud dos campos conceituais, nisto os modelos mentais seriam representações mediadoras entre: situação e invariantes operatórios.

Costa (2005) expõe que o autor investigou como fazer os alunos modelarem mentalmente enunciados de questões envolvendo problemas de *lápiz-e-papel* para resolvê-los através de um passo a passo analítico, deixando as práxis e máximas de lado. A pesquisa se deu por entrevistas semi-estruturadas, tendo o intuito de buscar o depoimento dos estudantes frente a dificuldades encontradas durante o processo, em aulas exclusivas de resolução de problemas, utilizando também testes e exames comuns à disciplina. Durante a pesquisa foram utilizadas três teorias: os modelos mentais de Johnson-Laird, os Campos conceituais de Gerard Vergnaud e ainda a teoria ausubeliana da aprendizagem significativa, que abordaremos detalhadamente no tópico a seguir. Os estudantes eram instruídos como poderiam modelar

fisicamente as situações problemas e empregavam seu conhecimento-em-ação para solucionar-las. O pesquisador acreditava na possibilidade de a modelagem mental acontecer através da explicitação por modelos avaliados escrita e verbalmente. Ao fim do processo os resultados mostraram que uma representação mental intrínseca dos enunciados do problema era criada na mente dos alunos, conseguindo proceder a modelagem do enunciado e desenvolvendo processos analíticos para serem empregados a fim de solucionar os problemas com que se deparavam.

No ensino de Física três aspectos são considerados essenciais: a aprendizagem de conceitos, seu emprego na resolução de problemas e nas atividades práticas de laboratório (FARIAS, 2019). De acordo com Farias (2019; apud GIL PEREZ et al, 1999; apud VERGNAUD, 1990) os aspectos mencionados precisam ser tratados separadamente de forma que estejam em consonância e se complementem durante o processo de ensino-aprendizagem.

Concluindo este tópico trazemos aqui uma reflexão: a teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud é empregada no ensino de Física seja em aulas presenciais ou remotas? Quando empregadas, o docente tem o tempo necessário e as ferramentas necessárias para fazê-lo? Dispõe do conhecimento em psicologia educacional além dos meios e métodos mais eficientes ou necessários para obter êxito em seu emprego?

Sabemos que muitas vezes em escolas, seja pertencente à rede pública ou privada, a parte teórica, a definição, a conceituação é deixada de fora, contextualização entre teoria e prática então, de praxe. Normalmente, as técnicas Behavioristas, aprendizagem e treino de questões focadas em testes e vestibulares, imperam o imaginário docente de um caminho pronto, moldado e eficaz a ser seguido. E quando se fala no emprego dos campos conceituais em uma aula remota que possa utilizar-se de experimentos/simulações online, daí vemos um deserto de informações, meios e métodos. Agora acrescenta um tempero a mais: abordar um conteúdo de Física Moderna e Contemporânea: Problema da radiação de corpo negro, que em si próprio além das dificuldades de ser ministrado em um espaço remoto acrescenta-se o problema de transposição didática, trazer o *saber sábio* de modo que se torne um *saber a ser ensinado*, afim deste conteúdo se aproximar de situações de interesse do cotidiano, ganhando relevância sob a óptica do público-

alvo, deixando de lados as fórmulas com fins tecnocráticos, ganhando o aspecto prático fazendo com que a natureza de adequação a tecnologia e a vivência de um modo além daquele empírico e observável em macro escala. Como estamos em um contexto pandêmico de trabalho que o ensino sofreu adaptações, a FMC se tornou um conteúdo muitas vezes temido para Professores, quando se questionam como ensiná-la. As teorias cognitivistas são excelentes para que o docente leitor deste trabalho esteja munido de possibilidades e soluções que propiciem o êxito no ensino, rompendo barreiras limítrofes de desempenho e que o objetivo do aprendizado seja alcançado.

3.3. A teoria ausubeliana da aprendizagem significativa: psicologia educacional no ensino de Física moderna e contemporânea (FMC).

David Ausubel foi o genitor da Teoria da Aprendizagem Significativa. Teoria aceita pela comunidade ganhou consolidação à medida que outros teóricos elaboraram e publicaram sobre ela, dando robustez a sua interpretação e originando novas teorias sobre o processo cognitivo da aprendizagem.

Darroz (2018) diz que a aprendizagem significativa é o procedimento pelo qual o conhecimento inédito se articula a uma determinada com um subsunçor. Afirma ainda que aprendizagem significativa pode ser interpretada como apresentação de uma disposição para aprender significativamente por parte do estudante, sem que haja intenção de memorizar ou de decorar o conteúdo a ele exposto.

Moreira (2010) conceitua a aprendizagem, segundo o referencial cognitivista, denotando-a como organização interativa do material de ensino na estrutura cognitiva do aprendiz. Neste ponto de vista, a estrutura cognitiva é expressa como um conjunto de ideias na mente do sujeito. A apreensão por parte deste, de uma informação inédita empregada na resolução de questões depende diretamente da abrangência de subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva prévia.

Desta feita, o ensino tem caráter de meramente influenciador do processo de aprendizagem, em meio a outras variáveis como a predisposição e a preparação

cognitiva³. Não tendo ligação direta com variáveis afetivas associadas ao sistema psíquico intrínseco do sujeito que se empenha em aprender. Assim a finalidade do ensino é a aprendizagem, não podendo se encerrar, apesar de outros fatores associados que venham a interferir, sem se preocupar com o fator psíquico de satisfação com aquilo que se assimila. A finalidade da preparação do ensino no mais é a facilitação da aprendizagem. (IBID).

A efetivação do ensino culmina quando o pesquisador consegue manipular variáveis psicológicas, intimamente ligadas às funções regulatórias da aprendizagem, não levando em consideração o prazer em alcançar um estado de satisfação. Através das experiências vivenciadas no desenvolvimento e emprego da teoria de aprendizagem escolar, cria-se a possibilidade da concepção de princípios básicos de ensino. Contudo, mesmo sabendo que tal método pode propiciar um aprendizado, isso não quer dizer que possamos ser sujeitos controladores deste processo através de uma atividade de ensino, ainda mais quando nos referimos ao ensino da Física Moderna e Contemporânea, no qual o conhecimento prévio dos discentes, por vezes atrelados à boa e velha Física Clássica se dissocia dos postulados daquela.

Quando o Professor traz determinado roteiro de intervenção no ensino, ele logicamente espera causar resultados satisfatórios (ou seja, que propiciem uma aprendizagem significativa) dependendo diretamente do controle que venha a surgir durante o processo investigativo. A seguir vamos acompanhar o raciocínio do autor e realizar uma análise da teoria de David Ausubel a respeito da aprendizagem no ambiente escolar.

³ Segundo Farias (2019) a preparação cognitiva é uma presteza em propriedades fundamentais e organizacionais de conhecimentos prévios que detenham grande valor na associação de conhecimentos inéditos.

3.3.1. Análise das dimensões da aprendizagem significativa no ambiente escolar: perspectivas para inserção do ensino de FMC no Ensino Médio.

Existem duas formas da Aprendizagem significativa na perspectiva escolar, são elas: **mecânica-significativa** ou **receptiva-descoberta**.

Segundo Moreira (2010); Moura & Lima (2012) na aprendizagem receptiva o conteúdo é exposto ao aluno, o aluno “recebe” a informação, o conhecimento a ser assimilado em sua forma final e espera-se que o mesmo consiga relacioná-lo a aspectos relevantes dos conhecimentos prévios que ele detém em sua estrutura cognitiva. Já na aprendizagem por descoberta espera-se que o aprendiz descubra o que vai aprender, assim, o professor influencia o aluno a aprender o teor que será abordado antes da concretização deste, ou seja, descoberto antes mesmo de ser assimilado, interseccionando conhecimentos existentes em sua estrutura cognitiva a novas informações, objetivando a formação de conceitos, levando por fim a solução automática de problemas.

Farias (2019 apud AUSUBEL, 1980) percebe que o autor distingue a natureza entre a **aprendizagem mecânica** e a **aprendizagem significativa**. Cita que apesar de apresentarem dicotomia em relação aos processos psicológicos na retenção dos saberes e sejam qualitativamente descontínuas no modo de ocorrer a retenção da informação, não podem ser considerados polos opostos, já que a retenção mecânica é tratada como aquela na qual o discente meramente “decora”, ou seja, armazena a informação em curto espaço temporal, sem julgar os seus significados ou conhecer profundamente seus saberes envolvidos e suas relações com o mundo ao seu redor, apenas para retransmitir ou utilizar em provas ou situações que demandem expô-las, pois pode ocorrer a formação contínua de **subsunçores adequados** para estabelecer ao longo do tempo significação do referido conhecimento disponibilizado ao ser.

Assim, mesmo que a aprendizagem se dê no modo receptivo mecânico, existe a possibilidade de o pesquisador programar maneiras ou técnicas para que esta, transitivamente, se torne da receptiva para significativa com a formação contínua de elementos de base. Nesta fase pode haver dois tipos de aprendizagem intermediárias, são elas a **por recepção** ou **por descoberta**. Partilhando ambas de

características mecânicas quanto significativas, podendo ocorrer em sentidos opostos, ou seja, em direção aos seus antônimos ou polos opostos. (ibid).

Neste período de transição **a aprendizagem por descoberta** traz a proposta de que o alunado integre e reagrupe informações em sua estrutura cognitiva de modo que as relações estabelecidas entre meios e fins façam os conteúdos integrados ganharem significados. Em situações experimentais controladas, este poderá fornecer “insight” ao método científico empregado, podendo gerar redescoberta e atribuição de novos sentidos a conhecimentos prévios. A descoberta significativa é considerada mais complexa de ser alcançada quando comparada com a aprendizagem por recepção significativa.

A aprendizagem por recepção surge no estágio mais avançado do desenvolvimento cognitivo, implicando no desenvolvimento intelectual mais elevado, provocando conseqüentemente a elevação da autoestima daquele que será analisado, já que o mesmo saberá manipular o conhecimento de maneira mais atrelada aos saberes científicos, resultando na busca de realizações e desenvolvimento intelectual afinados com a academia.

Assim sendo, vemos que a experimentação, a vivência com a descoberta pelas próprias mãos, se torna imprescindível para uma aprendizagem com significados, livres do mecanicismo ou automaticidade tão comuns nos ambientes escolares. Mas para esta mudança ocorrer, carece o sistema educacional de um aperfeiçoamento dos profissionais da educação afim de torna-los aptos a utilizarem de conhecimentos da psicologia educacional e para ser mais exato sobre a teoria verghnauniana de abordagem sob a perspectiva dos CC's e acima de tudo, liberdade para empregar estas técnicas de abordagem de maneira pontual e eficaz no momento em que for mais propício, como este em que vivemos uma pandemia e que o distanciamento social se faz necessário. Carecemos estar munidos de toda sorte de meios e métodos de ensino que façam a FMC emergir nos componentes curriculares como imprescindível ao desenvolvimento da cidadania e criticidade de nossos alunos, expor sua plausibilidade e, além disto, usar as metodologias de ensino mais eficazes, duradouras e frutíferas possíveis.

3.3.2. Conhecimentos necessários para elaboração de apoio ao discente: abordagem potencialmente significativa de FMC no ensino médio.

Tomando por base os escritos de Moreira (2010); Nogueira & Ferreira (2016); Moreira & Palmero (2002), afirmamos que a aprendizagem significativa tem por cerne a afirmativa de que um conhecimento só adquire significado se, e somente se, este for conectado a conhecimentos prévios (preexistentes na estrutura cognitiva do aluno) que façam alcançar significado. Neste processo interativo, teremos acerto biunívoco, pois tanto o novo conhecimento adquire significância, quanto aquele já existente usado como ancoradouro passa a ter esta característica, e ainda ressignificando-o. Continuam os autores dizendo que novos conceitos só ganham significados se estiverem ancorados naqueles já existentes, mais elementares e selecionados pela mente do sujeito. Neste caso obedecendo a princípios de **superordenação** e **subordinação** na estrutura cognitiva acarretando ao novo conceito a designação de: **potencialmente significativo**.

É de grande importância a análise e avaliação dos conhecimentos prévios e sua existência na *estrutura cognitiva* dos discentes, pois como afirma Ausubel, um dos mais importantes fatores na aprendizagem é levar em consideração o que o indivíduo tem disponível. Então suponhamos que um aluno tem conhecimentos preexistentes a cerca de determinado tema da Física Moderna e Contemporânea e ele quer aprender um novo conceito. Nesta situação se faz necessário relacionar a informação inédita com aquela residente em sua estrutura de conhecimentos específicos já existentes (**subsunçor** ou **conceito subsunçor**) na estrutura cognitiva. Portanto, Moreira (2010) nos diz que a aprendizagem significativa acontece no momento em que a nova informação, transfigurada em conceitos e proposições ancora-se interativamente nos **subsunçores**. E na ausência deste último se torna inviável atribuir novos significados a conhecimentos inéditos. Desta feita, a aprendizagem mecânica pode ser eficaz na preparação de subsunçores adequados a interpretação científica de determinado fenômeno da natureza.

Os primeiros subsunçores de determinado campo da Física, poderiam ter sido implantados na estrutura cognitiva do discente durante sua infância no cotidiano escolar. Como veremos no capítulo de resultados e discussões os alunos

aprenderam na infância na disciplina de artes, que cores “frias” como azul e violeta podem estar associadas às temperaturas e energias baixas, enquanto que as cores quentes podem associar-se a temperaturas e energias altas, o que pode levar a uma confusão na interpretação das ciências físicas de radiação emitida por corpos aquecidos. Nesta primeira fase de apreensão e desenvolvimento de conceitos, ocorrerá sua derivação e ampliação, num processo contínuo de aprimoramento até a fase adulta. Os *organizadores prévios* surgem como uma ponte ou agente intermediário entre aquilo que se faz necessário aprender e aquilo que já se sabe. Os materiais introdutórios a um novo conhecimento, focado em interagir com os subsunçores que possam existir, suprimindo ainda a base de conhecimentos necessários para existir aprendizagem significativa são chamados de **organizados**.

Sobre a atribuição de significados, Greca & Moreira, (2000, *apud* FARIAS, 2019) informa que na teoria ausubeliana a formação de conceitos passa pela noção de aprendizagem significativa de determinado conhecimento. Estes conceitos são tratados como elementos unitários que em combinação formam uma sentença na qual as ideias são apropriadas. A estrutura cognitiva nada mais é do que um emaranhamento organizado de ideias do ser. No desenvolvimento desta estrutura existem maneiras próprias do sujeito aprender determinado conceito: *formação e assimilação*. Enquanto a primeira é uma formação espontânea, que acontece através do descobrimento, ocorrendo por indução e somadas por meio de experiências *empírico-concretas*, abrangendo **processos psicológicos primários**, dentre eles: abstração, discriminação, diferenciação, etc, a segunda, exige que haja subsunçores adequados, uma base que requer mais que o domínio de certos conceitos, mas a magnitude de relacionar estes conceitos a novos.

3.3.3. A teoria de assimilação de novos conceitos voltada à programação de ensino

Moreira (2010) diz que dentro da **Teoria da assimilação da aprendizagem significativa**, uma nova informação (a) para interagir com certo conhecimento prévio (A), deve (a) ser apresentado por um material que seja potencialmente significativo, para assim ser assimilado, ancorado em conceitos preexistentes (A). Podemos

perceber que os conhecimentos prévios dos discentes são imprescindíveis para uma aprendizagem potencialmente significativa, dito isto se revela de grande valia a tarefa do pesquisador em detectar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do discente e conseqüentemente se estes subsunçores são adequados para o entendimento, por exemplo, do PRCN, ou o oposto, as deficiências nestes que se mostram presentes. Uma vez que tomamos ciência das dificuldades que o alunado apresenta, embasados no programa escolar, daremos o pontapé na preparação da investigação.

Sobre O Primeiro Estágio Do Processo De Assimilação Da Aprendizagem, MENDOZA, *et al* (2012) traz:

Segundo esse princípio, quando uma ideia, conceito ou preposição *a*, potencialmente significativa, é assimilado sob uma ideia, conceito ou preposição já estabelecida **A**, ou seja, um subsunçor, a nova informação *a* e o subsunçor **A** são modificados pela interação, onde ambos produtos dessa interação *a'* e **A'**, permanecem relacionados tornando-se o produto interativo **a'A'**. Desta forma, o produto interacional característico do processo de assimilação na aprendizagem significativa não é apenas o novo significado *a'*, mas, inclui também, a modificação de subsunçor, ou seja, um significado **a'A'**. Durante a fase de retenção esse produto é dissociável em *a'* e **A'**, porém, à medida que o processo de assimilação continua, e entra na fase obliteradora, **a'A'** reduz-se simplesmente **a A'**, ocorrendo o esquecimento de *a'*. No entanto, é especificamente um resíduo, uma vez que o novo conhecimento *a*, que passou a ser **A'**, de alguma forma está “dentro” de **A'**. Em função disso a reaprendizagem do que foi obliterado é possível e relativamente rápida. (MENDOZA et al, 2012, p. 4-5)

Aqueles conceitos mais amplos servirão de ancoradouros para novas informações, possibilitando sua retenção e no futuro podendo ser assimilado ou reduzido devido às ideias mais estáveis. MENDOZA, *et al* (2012) ainda diz que a dissociação do produto **a'A'** diminuirá durante a fase de retenção, progredindo a assimilação.

Ausubel defende que o trabalho inicial partindo dos conceitos e **proposições** mais gerais em direção aos conceitos particulares de determinado conteúdo, propiciando em sequência uma simplificação na capacidade de armazenamento mental, desenvolvendo potencialidades significativas daquilo de maior importância valorativa afim de que permaneça na memória de longo prazo, podendo ser no futuro revisitado e atribuído novo significado.

3.3.4. Mapas Conceituais para uma aprendizagem com significados.

Moreira (2012) afirma que os mapas conceituais, são diagramas relacionais de conceitos ou símbolos usados para representa-los. Na maioria das vezes possuem organização hierárquica, incluindo setas e conectivos, sem implicar sequências, temporalidade ou direção, características auxiliadoras em uma diferenciação entre o que é mapa conceitual e um diagrama de fluxo por exemplo. Mapas conceituais são diagramas de relações significativas e hierárquicas conceituais, não devendo ser confundidos com **mapas mentais**. Estes possuem características de liberdade e associação, não necessariamente obedecem a um nível hierárquico, além de serem desapegados de relações entre conceitos e por vezes nem conceitos incluem.

Alguns artifícios ilustrativos geométricos podem ser utilizados em suas elucubrações, tais quais: elipses, retângulos, círculos, além de traços, que podendo abrigar palavras ou não, servem como conectivos (no Mapa Conceitual modelo para avaliação da aprendizagem não colocamos conectivos, a fim de gerar maior proximidade entre o MC de referencia e aqueles produzidos pelos discentes). Podem ser organizados de conceitos gerais (representado por um retângulo, por exemplo) e inclusivos até aqueles mais específicos (representados por elipses, ou quaisquer formatos que o produtor do mapa conceitual queira utilizar para diferenciá-los ou não) ou partir de um para outro através de setas que organizem a ordem de ideias. Porém estas figuras nada representam, apenas sendo utilizadas para dar destaque ou tornarem esta hierarquização mais evidente ou didática. Normalmente seguimos uma hierarquia, em que na parte superior alocamos aqueles conceitos mais gerais e abrangentes, seguindo em sequencia até aqueles específicos menos abrangentes nas partes descendentes. Este é um dos modelos mais adotados, porém podem surgir variações, não tendo necessidade de segui-lo, entretanto o autor deve sempre expor quais são os conceitos primários e secundários (específicos). O ponto chave é apenas a interligação entre conceitos, correlacionando-os. Não existindo regras fixas de como traçar um mapa conceitual, apenas devendo o autor deste, se ater a exposições de conceitos, seus significados

e as relações estabelecidas entre ele e o corpo de conhecimentos de um tema específico de determinada área do saber. (IBID).

Um aluno ou docente da disciplina de Física deverá unir dois conceitos através de uma linha, que sejam relacionados e no entendimento daquele escopo seja capaz de embutir significado e relação entre estes. Moreira (2012) diz que poucas palavras, uma ou duas, servem de conectivos que explicitam a natureza desta relação. A partir desta combinação, dois vocábulos transfigurados em conceitos podem ser intermediados por um conectivo, mas não tornam o mapa de conceitos autoexplicativo, pois devem ser explicados. Para isto o autor externa sua interpretação através de significados. Moreira & Buchweitz, (1993, *apud* MOREIRA, 2012) afirma que a produção de mapeamentos de conceitos carrega em si a característica de flexibilidade, tornado esta técnica adaptável a diversas situações e finalidades – análise de currículo, aprendizagem e avaliação.

O docente pode produzir um mapa conceitual (MC) que será utilizado desde uma aula pontual (para uma unidade de ensino) até em um programa educacional completo, sendo diferenciado apenas pelo grau de abrangência que o vocábulo generalista ira conter, além da inclusividade de conceitos. Quando se produz um MC pensando na inclusão de conceitos generalistas e abrangentes, este poderá ser usado num referencial programático para curso completo. Se incluir apenas conceitos menos generalistas e pouco inclusivos poderá ser colocado em um planejamento como material instrucional de ensino para área pontual de conhecimento.

Em uma aula pontual como a que estamos delineando, sobre o problema da radiação de corpo negro, o mapa conceitual é utilizado para expor relações concisas entre conceitos, porém não são auto instrutivos. O papel docente é essencial para antes da confecção deste, incentivando-os e guiando-os a adquirirem o conhecimento, seja por indagações, aulas à distância ou mediação por hiperlinks a textos didáticos, no propósito de que produzam-no. O docente que deve introduzir conceitos, mas também diagnosticar o índice de familiaridade do discente com o conteúdo e com o próprio processo de construção de um MC, de modo que sua produção seja potencialmente significativa e propicie a diferenciação de conceitos. Moreira (1980 *apud* MOREIRA, 2012).

Aqui utilizamos a técnica do mapeamento conceitual para fins de avaliação da aprendizagem em caráter qualitativo e formativo. Através do MC poderemos averiguar a organização estrutural que o aluno adjudicou aos conhecimentos adquiridos, os significados atribuídos, suas diferenciações e inter-relações entre conceitos-chave.

A respeito do processo avaliativo por meio de MC's Moreira (2012) afirma:

Como a aprendizagem significativa implica, necessariamente, atribuição de significados idiossincráticos, mapas conceituais, traçados por professores e alunos, refletirão tais significados. Quer dizer, tanto mapas usados por professores como recurso didático como mapas feitos por alunos em uma avaliação têm componentes idiossincráticos. Isso significa que não existe mapa conceitual “correto”. Um professor nunca deve apresentar aos alunos o mapa conceitual de um certo conteúdo e sim um mapa conceitual para esse conteúdo segundo os significados que ele atribui aos conceitos e às relações significativas entre eles. De maneira análoga, nunca se deve esperar que o aluno apresente na avaliação o mapa conceitual “correto” de um certo conteúdo. Isso não existe. O que o aluno apresenta é o seu mapa e o importante não é se esse mapa está certo ou não, mas sim se ele dá evidências de que o aluno está aprendendo significativamente o conteúdo. (MOREIRA, 2012, p.7-8).

Assim percebemos a não existência de um mapa conceitual totalmente correto sobre determinado tema, que faz os demais confeccionados de maneiras distintas de si, se tornarem automaticamente incorretos, entretanto em seu conteúdo deverá ter evidências de que o discente aprendeu de forma significativa. De qualquer forma o docente tentará fazer com que os alunos se apropriem dos significados mais aceitos pela comunidade científica e arrisco dizer até que se apropriem dos significados voltados a temas recorrentes em testes e vestibulares tradicionais. Utilizamos neste trabalho vocábulos delimitantes das correlações que o pesquisador quer que os discentes façam, mas não necessariamente que reproduzam o mesmo mapa conceitual que servirá de base de coerência nas relações de conexão, pois os mapas conceituais tem uma interpretação individual de determinado fenômeno da natureza – quando produzido para disciplina de Física – e remete a significados intrínsecos. No Produto Educacional proposto aqui, pedimos inicialmente a dois grupos A e B, formados por alunos, a confecção de MC acerca do material exposto sobre o PRCN. Lógico que o mapa conceitual produzido pelo

professor – porém não exposto aos discentes para evitar induzi-los a reproduzi-lo – e pelos grupos A e B conterà semelhanças e pontos de distinção, entretanto não existe o MC correto ou errado, melhor ou pior, já que sua produção com significados é dinâmica, todos evidenciarão seu valor quando expõem o que está presente na estrutura cognitiva dos indivíduos analisados.

Se pedíssemos para dois professores com similar grau de conhecimento na área produzir um mapa conceitual cada, acerca de tema específico, produzi-lo-iam com diferenças e semelhanças, não classificando um como melhor que o outro, nem certo ou errado. (MOREIRA, 2012). Mas são essas semelhanças que devemos observar para enquadrar a interpretação em algo próximo aquela que o docente quer que aluno tenha.

Ressalto: quando o Docente induz o alunado a fazer usufruto de vocábulos para que daí tenha certo grau de liberdade e estabeleça conexões num delineamento próximo à interpretação científica mais aceita pela comunidade, existe a possibilidade dele observar se os aprendizes obtiveram uma compreensão próxima àquela aceita pela academia, mas de cunho próprio. *“Contudo, é preciso cuidado para não cair em um relativismo onde ‘tudo vale’: alguns mapas são definitivamente pobres e sugerem falta de compreensão.”* (MOREIRA, 2012). Deverá este mapa conceitual produzido, apresentar os significados aceitos no contexto da matéria, compartilhando-os com seus pares e entre a comunidade científica. Na pretensão de nortear se os MC produzidos pelos grupos de discentes fazem o mínimo sentido ou se estão em paridade com o contexto da matéria, produzimos um MC que servirá de base, não para afirmar que ele é o correto e aqueles diferentes errôneos em relação à interpretação, mas que está inserido em uma base contextual necessária para demonstrar que o alunado soube fazer as correlações entre conceitos e soube empregar ao menos os vocábulos pedidos para que fizessem à interligação. Estes vocábulos já foram ditados aos alunos com o intuito não de mecanizar o ensino ou a avaliação, mas sim facilitar, instruir e pôr um ponto de partida para sua produção, demonstrando se assimilaram com significados ou não, ***além de ser um instrumento para o desencadeamento e hierarquização de ideias pelo professor no momento em que se utilizar deste Produto de ensino durante suas aulas.*** Se o alunado utilizou um programa computacional, folhas de papel, losangos, retângulos, elipses, conectivos ou nenhum destes, se as

palavras estão dispostas verticalmente ou horizontalmente, isto não servirá de base para afirmar se aprenderam com significados, estes aspectos pouco importam. Devemos nos ater crucialmente sobre como fizeram essas ligações entre vocábulos, se os conceitos se encaixam dentro daqueles vistos nas aulas, se obedecem a uma hierarquia, partindo dos mais gerais e inclusivos em direção aos mais específicos e menos abrangentes e se souberam diferenciá-los ou não. Como não existe um mapa conceitual visto como o correto, trabalharemos em busca daquele que apresente significados, riqueza de vocábulos, correlações, hierarquização e evidências de aquisição de conhecimentos. No momento em que compararmos os MC produzidos pela turma teste e pela turma controle veremos se haverá evidenciação e distanciamento da riqueza de conceitos presentes em suas produções para daí sabermos quais mais se aproximam da interpretação científica do fenômeno abordado.

4. Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA)

4.1. Contexto histórico

Nos últimos trinta anos o aumento nas Comunicações Mediadas pelo Computador para fins educativos, gerou a expansão em ritmo frenético da disposição de tecnologias com propósitos educacionais online. Sejam por interfaces criadas para este fim – como em um *Moodle* acadêmico, seja por interfaces que não foram criadas com tal propósito ou adaptadas para ele – como provedores de *e-mails*, sites de redes sociais, *chats*, ambientes de web conferência como Google Meet, Zoom, dentre outros. Tanto no Ensino Médio, quanto no Ensino Superior o uso da Comunicação Mediada por Computador (CMC) tem se tornado recorrente e seu uso cada vez maior, fazendo emergir a velha discussão sobre o papel docente neste processo de ensino e aprendizagem.

Litto & Formiga (2009) disserta acerca da importância do Professor neste processo:

A noção de ensino e seu significado mais profundo, assim como o papel do professor nesse processo são temas importantes na discussão das últimas décadas sobre o papel dos atores (professor e estudante) no processo educacional formal. Mais recentemente alguns pedagogos voltaram a tratar do tema. Em *a arte de ensinar*, Kenneth Eble afirma que “ensinar é fazer com que os seus estudantes pensem”. Assim para Eble (1994), o processo reflexivo iniciado pelo professor junto as estudantes tem a importância central em sua noção de ensino. Por Schön (1983), a *reflexão-na-ação*, ou seja levar os estudantes a essa reflexão no exercício da prática docente, é essencial para sua formação. Para Freire (1996), o ensino tem uma natureza afetiva e implica promover a noção de autonomia do indivíduo no processo ensino aprendizagem. (LITTO & FORMIGA, 2009, p. 72).

Seria bom haver a existência de constante aperfeiçoamento na relação ensino e aprendizagem, pois como podemos perceber, as revoluções tecnológicas mudam a cultura, os padrões de comportamento da sociedade, a educação e, conseqüentemente, o papel do Professor para com seus Alunos e o papel dos Alunos nas construções do conhecimento. O Professor que outrora tinha a característica de centralizador do saber e o Discente apenas de agente passivo do processo, que iria tão somente reter o conteúdo, agora podem desempenhar funções mais bem elaboradas, com o Professor passando a ser um incentivador da crítica e do pensamento e o Aluno um agente construtor de conhecimento, enquanto aquele incentiva a descoberta, este adquire autonomia e molda a percepção de mundo baseado nas bibliografias e impressões dos fenômenos que ocorrem ao seu redor.

A partir do advento da *web 2.0*, em 2004 (COSTA, 2020), as interfaces da Internet evoluíram graficamente, ganhando aspecto mais amigável e atraente, seja pela possibilidade de *downloads* e compartilhamentos de textos, vídeos e fotos, seja pela exposição da vida pessoal do indivíduo para os demais agentes da rede. Podendo assim tais informações pessoais ser vistas e compartilhados mais facilmente através dos Sites de Redes Sociais ou por ferramentas da rede mundial de computadores, adaptadas para este fim.

A evolução da chamada *web 1.0* (ou simplesmente *web*) para *web 2.0* vem proporcionando mudanças não somente tecnológicas, mas principalmente sociais. A internet deixou de ser um lugar onde se buscava e se encontrava algo de interessante somente para ler, e passou a ser um lugar onde se lê e também se escreve. Segundo Stephen Downes (2005), “a internet deixa de ser apenas um meio onde a informação é meramente transmitida e consumida, para tornar-se uma plataforma onde documentos

são criados, compartilhados, intercalados, modificados, revisados”. (LITTO & FORMIGA, 2009, p. 314).

Desta feita, o indivíduo que outrora usava a rede mundial de computadores, apenas tinha a possibilidade de acessar textos, era um mero agente passivo na rede. Agora ele passa a ser um agente ativo na rede, pois detêm o poder de expor, compartilhar, consumir, produzir, opinar e armazenar conteúdo, seja conteúdo de caráter íntimo pessoal, seja de caráter informativo ou ainda expressão de impressões e opiniões, em intervalo de tempo curto, sobre determinado assunto, ou pela formação da opinião sobre o indivíduo pelos demais agentes, através de seus rastros deixados na *web*.

De acordo com Oliveira e Pimentel (2008), a educação sendo construída pelos próprios Alunos, contribui para o surgimento de novos modelos, formas de comunicação e habilidades, caracterizando competências e atitudes. Havendo ainda a participação, mediação e interatividade que são incluídas neste processo, já que existe um novo ambiente de aprendizagem, ainda com a remodelação dos papéis dos atores e coautores do processo. Sendo o processo educacional composto pela interatividade, contempla-se também a abertura para o novo, problematização e produção de conteúdo por parte dos Discentes. O Professor, assim, passa a ser um mediador das construções de habilidades, onde a mediação é a intervenção para promoção de mudanças. Nas relações destes novos contextos pedagógicos, podem interagir utilizando a dialogicidade e autoavaliando suas funções. Colaborando simultaneamente para construção de novos modos de educação.

Oliveira e Pimentel (2008) dizem ainda que é necessário que o trabalho escolar seja competente para abdicar a cidadania tutelada⁴, ultrapassar a cidadania assistida, para chegar à cidadania emancipada, que exige sujeitos capazes de fazerem histórias próprias. Saber pensar é uma das estratégias mais decisivas.

Sendo a sociedade e conseqüentemente a educação mutável e influenciada pelos padrões de comportamento de determinada época, a *web 2.0* é influenciadora de tais padrões além de ser disseminadora de informações e conteúdo, desta feita tornando-se um grande atrativo para os indivíduos devido a todas as suas

⁴ “Cidadania tutelada seria aquela formalmente deferida, mas operacionalmente constrangida. Outorga-se formalmente cidadania, mas não se deferem, de forma institucionalizada, os instrumentos que a garantem.” (PASSOS, 2002).

possibilidades de compartilhamento de mídias e estética gráfica. Logo não é difícil perceber que tais avanços podem ser usados por Educadores e Alunos para disseminar conteúdos, acompanhamento extraclasse ou até mesmo unir agentes de uma sala de aula.

O advento na Web de atividades denominadas *social networking* tem sido visto como de grande importância para a aprendizagem. Oferecendo mais possibilidades para a colaboração e o compartilhamento de conhecimentos entre alunos e docentes, a Web 2.0 representa a segunda geração da Web, com interatividade aumentada, oferecimento de serviços de hospedagem on-line de conteúdos, além de programas de 'suítes que aumentam a produtividade. Esses 'softwares sociais' às vezes em forma de multimídia, fornecem ferramentas úteis para a aprendizagem, como agendas on-line e organizadores pessoais, ambientes para colaboração gerenciamento de projetos e recursos em vídeo (como You Tube e Teacher Tube). É possível que a Web 2.0 represente o início de uma nova etapa de tecnologia da informação, na qual o computador pessoal não mais será o repositório dos conteúdos e programas de cada indivíduo, mas meramente um aparelho sem inteligência própria que, via Web, pode alcançar sites nos quais estão hospedados os conteúdos e programas que antes residiam no computador pessoal – criando, assim, melhores condições, para aparelhos menores, mais leves e com maior mobilidade. (LIITO & FORMIGA, 2009, p. 17).

Podemos perceber que o computador através da perspectiva do autor deixa de ser uma simples “caixa de ferramentas” e passa a ser um elo entre os agentes na rede e *websites*. Entretanto se aceitarmos que sites de rede sociais são plataformas para suporte e hospedagem de Redes Sociais na *web* pode-se dizer que o computador passa a ser também um elo entre agentes da *web*. Como explicitado anteriormente, interfaces de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) podem ser usados para o ensino, como interfaces que não foram feitas para este fim, adaptadas para ele. Vimos também que a “febre” das Redes Sociais tem chamado à atenção do público em geral e mais ainda os jovens, por sua estética gráfica atrativa, compartilhamento da vida privada, manutenção de laços sociais, facilidade no manuseio, criação de conteúdo na *web* e ainda pelo indivíduo passar a ser agente ativo na rede, somado a isso o aspecto lúdico, descontração e espontaneidade.

Com tudo isso, podemos perceber que os jovens podem estar mais habituados aos ambientes com características, dinâmica e estética dos Sites de Redes Sociais (SRS's) que ficam na dianteira dos AVA's nos quesitos: adesão e contágio. Portanto, para promover a atração do público Discente, ocorre

paulatinamente alterações na interface gráfica e na mecânica de interação entre atores, para estes ambientes ficarem mais parecidos e com mesma disponibilidade de ferramentas dos SRS's.

Podemos falar ainda sobre Educação Aberta e conseqüentemente segundo Souza e Schneider (2013) em Recursos Educacionais Abertos (REA), que dizem respeito aos recursos oferecidos aos Discentes para o acompanhamento nas disciplinas além, claro, do material pedagógico utilizado pelo Docente. Esses recursos contribuem para a contextualização das aulas dando maior dinamicidade e possibilitando a divulgação de conteúdos autorais (vídeos, áudios, imagens, ambientes virtuais de aprendizagem). Dentro desse contexto, no Brasil os ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) são os mais utilizados, tornando-se salas de aula virtuais, assumindo papel fundamental na formação a distância de diversos profissionais e estudantes, somado a isto têm o benefício da ruptura da delimitação de espaço-tempo nas trocas comunicacionais.

Santos (2006 *apud* SOUZA E SCHNEIDER, 2013) citam ainda que as primeiras ideias para a adoção de REA no país surgiram através de esforços do governo para a implementação do AVA Moodle, já utilizado por outras universidades.

Segundo Santos (2006), para uma utilização eficaz dos REA é importante levar em consideração a estética como condição *sine qua non* para a obtenção de um ambiente agradável e atraente. Além da estética, a autora defende a necessidade do contágio, processo definido por Landowiski (1999, p. 274) como aquilo que é apresentado ao sujeito e passa a fazer parte de seu campo sensitivo. É preciso contagiar o usuário, envolvendo-o, enquanto este precisa se deixar contagiar. Diante do exposto no capítulo anterior, relacionado à crescente adesão às redes sociais, ficou evidente o domínio das redes no quesito do contágio.

Além da capacidade de contagiar, Santos (2006) elenca alguns itens primordiais para a composição da estética em AVA, contribuindo para sua utilização: ambiente limpo, com quantidade suficiente para a sua compreensão, boa navegabilidade que permita o acesso prático, *design* harmonioso, padronização suficiente para reconhecer as páginas que fazem parte do ambiente e as que não fazem.

Para que um AVA virtual seja realmente promissor ao desenvolvimento do aprendiz, este precisa atender aos requisitos mínimos de usabilidade, conforme recomendam Nielsen e Loranger (2007): utilizar uma linguagem clara, ser de fácil utilização e memorização, apresentar um mínimo de erros, oferecer ajuda eficiente, caso se precise, e possuir boa interatividade com o usuário, informando-o de suas ações. Para o autor, tais princípios são fundamentais para a realização de avaliações mais criteriosa

da usabilidade de ambientes virtuais e as interfaces que este apresenta. Como critérios básicos de usabilidade, o autor cita: a intuitividade, a eficiência, a memorização, o erro e a satisfação. (SANTOS, 2006 apud SOUZA E SCHNEIDER, 2013, p. 410).

Quando falamos em aprendizagem mediada pelo computador, as delimitações geográficas não mais são barreiras, as distâncias são rompidas na velocidade da Comunicação Mediada pelo Computador, onde também o tempo é relativo. Como sabemos hoje diversas pós-graduações são feitas em outros países, graduações com Professores e Tutores de diversos estados e o diploma entregue pelos Correios. A rede mundial de computadores rompe as barreiras que existiam três décadas atrás e implementa mudanças radicais na educação e nos papéis dos atores (Alunos e Professores) e coautores.

É do interesse de todos os educadores o desenvolvimento de novas metodologias para o ensino, principalmente aliado às interfaces da Internet como cerne de um desenvolvimento didático pedagógico voltado para uma cultura atual, otimizando a realidade local, utilizando esta interface para aguçar a curiosidade e principalmente o interesse do Discente do Ensino Médio, desempenhando, assim, um importante papel no processo de ensino-aprendizagem. Logo, pretende-se levar o conteúdo ao Discente através das interfaces da Internet, considerando a realidade do ensino de Física no Ensino Médio, preocupando-se com a temporalidade do ensino, novas metodologias para o Ensino de Física e produção de conteúdo voltado para o Ensino Médio focado na Educação a Distância (EAD).

A partir dos avanços tecnológicos, aliado a uma vasta quantidade de informações que podem ser obtidas através de diversas fontes num contexto por vezes imediatista, o processo de ensino-aprendizagem passa por grande processo de transformação e até de readequação, quebrando barreiras geográficas, limites espaço-temporais e restrições do ensino tradicional, com um mundo em constante expansão de atividades autônomas na *web* e que facilmente um indivíduo comum pode ser fonte de informações, tal processo favorece a capacidade e até a necessidade individual de se destacar do grupo social no qual o agente da rede está inserido.

Dentro desse contexto, notamos de forma clara que cotidianamente um Discente do Ensino Médio está inserido num contexto que não o propicia a querer ser agente

passivo de sua história e da história do mundo ao seu redor. Portanto os educadores podem tomar esta conjuntura como um ponto de partida, utilizando-se das Redes Sociais na Internet para o Ensino de Física.

Ainda sobre o processo de aprendizagem, Oliveira & Pimentel (2015) afirmam que para havê-lo necessita-se de uma mudança de comportamento através de experiências emocionais, neurológicas, relacionais e ambientais. Aprender nada mais é que um resultante da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente em que o agente está inserido.

O conhecimento passa a ser construído continuamente, tendo como foco principal a aprendizagem, onde o Docente se torna um agente moderador, que orienta e facilita tal processo e o Discente, material principal ao qual se concerne a construção do saber. Quando inseridos no ambiente escolar, os Alunos tornam-se sujeitos produtores do conhecimento. Neste momento se reconfigura o papel Discente e até suas significações dentro do contexto, se harmoniza a edificação de habilidades, dando abertura a uma atmosfera de autonomia.

Quando o Professor permite que o estudante seja autônomo e que estabeleça padrões de livre escolha de informações, fontes, com relações espaço-temporais pré-determinadas, porém seguindo o roteiro de conteúdo, estamos falando de Educação aberta.

A Educação Aberta, em seus contextos variados, está relacionada à liberdade do estudante de estabelecer o que, quando e onde estudar, utilizando-se, para esse fim, de recursos tecnológicos, que lhe ofereçam uma educação colaborativa, alternativa, sem as barreiras geográficas e restrições do ensino tradicional, e que valorize a autonomia da aprendizagem. Nesse sentido, a Educação aberta torna-se também, e principalmente, flexível. (SOUZA & SCHNEIDER, 2013, p. 407).

E como mencionado anteriormente nesta dissertação, a *web 2.0* propicia que agentes, outrora passivos, sejam agora ativos, ou seja, produtores de conteúdo e/ou possam escolher o que acessar livremente, onde e quando acharem melhor, além da sincronicidade ou assincronicidade das respostas, alternando os benefícios da interatividade, e da Comunicação Mediada pelo Computador (CMC). Podemos dizer que todas as tecnologias que a educação se apropria para seu usufruto é na

verdade forma de aprendizagem flexível, já que todas as barreiras de espaço e tempo são rompidas.

Amiel (2012, *apud* Souza e Schneider, 2013) afirmam que:

Tal visão dialoga com Amiel (2012), pois este afirma que as práticas e os recursos utilizados no processo de aprendizagem podem a partir de novos ambientes, tornando-os aptos à prática educativa. Nesse caso, o professor tem à sua disposição uma diversidade de ambientes que não forma pensados para a educação, mas para trocas sociais interativas, como as redes sociais a exemplo do *Facebook, Orkut, Twitter, My Space, Flickr*, dentre outros, podendo adaptá-los e utilizá-los em suas aulas, como recursos didáticos e/ou ferramentas de aprendizagem a distância. (AMIEL, 2012 *apud* SOUZA e SCHNEIDER 2013, p.407).

Temos de pensar e visualizar quais conteúdos são mais acessados na Internet por parte de Alunos e Professores em seu contexto atual. Como forma de solucionar a inacessibilidade de *softwares* mais complexos, que não sejam interativos ou ainda que não gerem uma grande atratividade por parte do público alvo. Veremos nos capítulos finais, quando avaliamos o aproveitamento discente durante aplicação do produto Educacional, que os mesmos tinham enorme dificuldade de manusear programas de computadores com interfaces menos intuitivas, apesar de terem funções relativamente simples e facilidade com aqueles que tinham interface simples, porém com funções de maior complexidade.

4.2. Simuladores no ensino de Física

Carraro & Pereira (2014) afirmam que o avanço tecnológico em diversos setores tem acontecido velozmente e as escolas não podem ficar para trás. É de grande importância a inserção de novos recursos tecnológicos para um eficaz trabalho em sala de aula, propiciando maior qualidade no ensino. Com estes recursos tecnológicos, transfigurados em ferramentas tecnológicas, o discente poderá visualizar modelos físicos que não poderia de outra forma, a não ser através dos livros didáticos. Além desta possibilidade de observação efetiva, propicia também o manuseio e alteração de parâmetros físicos envolvidos nos fenômenos científicos emulados, ocasionando maior interação do estudante com o

conhecimento abordado. O autor encerra a discussão expondo a necessidade de inovar e inserir as tecnologias disponíveis para maximizar o processo de ensino aprendizagem.

Barbosa, Gomes, *et al.* (2017) em seu artigo **O uso de simuladores via smartphone no ensino de física: O experimento de Oersted**, diz que as chamadas tecnologias do conhecimento estão cada vez mais integradas na rotina das pessoas, especificamente os celulares abrigam diversas funções, que permitem o imediatismo das comunicações e trocas de informações. Com esta revolução tecnológica surgem as possibilidades de sua inserção nos ambientes pedagógicos. A física deve adequar-se a esta expansão de compartilhamento de informações em que se ofertem aos alunos aulas atrativas, divertidas, motivadoras e inovadoras. Com este intuito se faz necessária novas metodologias de ensino propicias a estruturação de significados na estrutura cognitiva dos indivíduos. Isto é possível durante uma simulação, pois ela apresenta uma modelagem do fenômeno real de maneira interativa.

Medeiros & Medeiros (2002) em seu artigo **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**, abordam a importância das animações e das simulações computacionais no ensino da Física e suas limitações. A tarefa de ensinar esta disciplina nas escolas e instituições de ensino superior tem se mostrado árdua, devido aos inúmeros conceitos e seu elevado grau de abstração, tornando a Matemática ferramenta de grande importância. Está na própria base desta ciência, algumas vezes lidar com materiais inacessíveis ao público não ambientado aos laboratórios, como partículas subatômicas, corpos em alta velocidade e processos complexos. Toda esta situação pode ser entediante ao alunado. Na busca de soluções para esta problemática os livros didáticos tem embutido várias imagens como complemento a linguagem verbal. A dificuldade continua quando se trata de fenômenos dinâmicos representados por ilustrações estáticas. Nisto se disponibiliza a representação da situação inicial e da final para dar a sensação da abstração naquele intervalo temporal, ou ainda inserindo linhas difusas na direção da velocidade ou no caso de desacelerações deformações exacerbadas de pneus, entre outras. Por vezes ajudam na construção de conceitos quando aliadas a atuação gestual, desenhos ou esquemas feitos no quadro-negro e explicações dos professores em sala de aula. Entretanto os desenhos no quadro

demandam bastante tempo e o docente por vezes pode não ter a habilidade artística necessária para fazê-lo com primazia. A solução para estes problemas seria o uso da informática. (LIKAR & KOSUH, 1996, apud CAMPOS, 2017).

(RUSSEL, 2001) diz que as simulações podem ser vistas como representações ou modelos de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos. Esquembre (2001) traz sua visão de que simulações são programas que contêm um modelo de determinado sistema ou processo, permitindo sua visualização gráfica, que pode ser simples ou sofisticado. Medeiros & Medeiros (2002), continua fazendo a citação do trabalho de doutorado de Gaddis (2000), que mostra benefícios supostamente trazidos pelas simulações computacionais:

- Permitem a concentração dos estudantes nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- Fornecem retorno do aprendizado, possibilitando o aperfeiçoamento da compreensão de conceitos;
- Propiciam coleta de grande quantidade de dados;
- Os estudantes podem testar hipóteses, tornando-os pesquisadores e incentivando seu engajamento através da interatividade;
- As atividades explicitam a natureza científica através de uma situação simplificada da realidade, a fim de tornar palpável a situação e sua compreensão, tornando-os mais concretos;
- Ajudam na compreensão do papel de um laboratório;
- Despertam habilidades de compreensão e resolução de situações-problema, promovendo o raciocínio crítico;
- Permitem compreensão aprofundada de fenômenos físicos;
- Correlacionam os fenômenos dos laboratórios com o mundo em nosso entorno, através da interação de modelos científicos;
- Promovem ainda a mudança conceitual.

Esquembre (2001) em seu trabalho **Computer in Physics Education** expõe a preocupação de saber se os alunos realmente aprendem os conceitos fundamentais da física logo após cursos introdutórios. Testes tem mostrado que o aprendiz de

países mais desenvolvidos tem alcançado resultados abaixo da média. A preocupação maior tem sido além de tudo, com a queda no número de ingressantes dos cursos de formação de professores de Física. Um dos possíveis fatores do desinteresse por parte dos alunos da Educação Básica de forma geral, apontados pelo autor e refletidos nos resultados abaixo da média, é o pensamento de que a disciplina não faz descobertas inovadoras e não é um campo vital de estudos. Outro fator é a mudança no perfil do alunado, que agora se preocupa com o mercado de trabalho e com a busca por empregos rentáveis. Então surge a pergunta: por que se preocupar com uma área de conhecimento que não esteja relacionada com seus objetivos de carreira?

Estes discentes têm crescido em um ambiente tecnológico, em suas mãos podem ter disponíveis: computadores, vídeos, televisores e não possuem fluência com material impresso, prejudicando sua habilidade matemática. Além disto, estão acostumados com o sucesso fácil, entretanto a física requer um árduo trabalho. (HOWES, 2001; HOWES, 2000 *apud* ESQUEMBRE, 2001).

O ensino tem passado por uma constante revolução, desde a criação da prensa de impressão, a nova revolução se dará por meio do computador. A tecnologia aumentará de tal forma, que se mostrará imprescindível para o ensino. (BORK, 2001, *apud* ESQUEMBRE, 2001).

Diante do exposto, vemos a importância dos simuladores como recursos computacionais no desenvolvimento de ensino fértil para formação de conceitos significativos. Escolhemos para este trabalho de dissertação o simulador PhET como parte integrante de nosso produto Educacional, pois propicia que o aluno se torne agente ativo do processo, manipulando variáveis, coletando dados e os aplicando em cálculos, na busca de elaboração de hipóteses e a validação destas. O conteúdo selecionado **radiação de corpo negro** em parte carrega em si traços inacessíveis fora de um ambiente laboratorial, pois está associado a um modelo ideal difícil de encontrar ferramentas que os reproduza com total fidelidade, mas que tem ligação com fenômenos presente no mundo comum ou próximo dos aprendizes. Este recurso trará para os atores – alunos e professores – a integração entre a oferta tecnológica que o cotidiano nos propicia e a busca do conhecimento relevante para sabermos o interpretar, ou seja, utilizamos a tecnologia para a entendermos, num

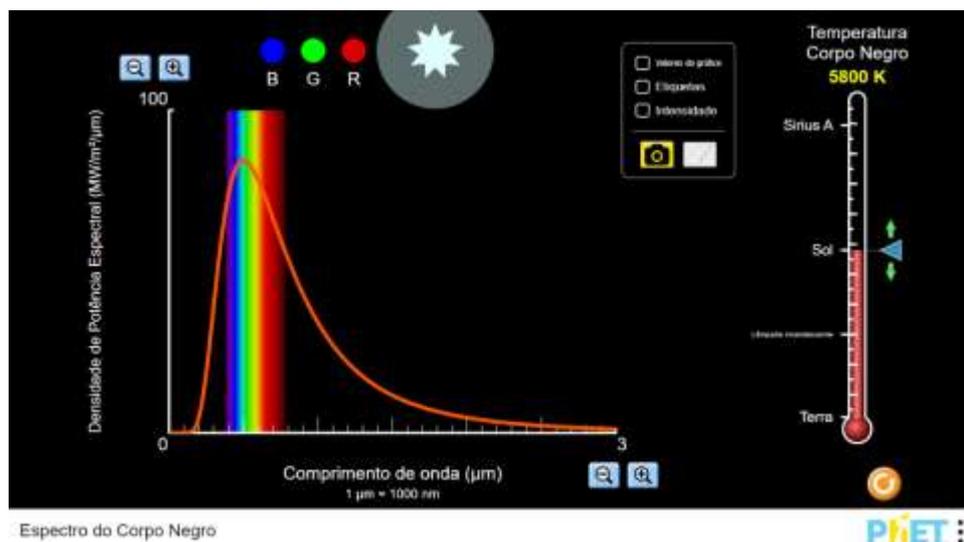
ciclo de desenvolvimento permanente na busca objetiva de formar cidadãos críticos e que saibam interpretar sua realidade.

4.2.1. Phet Simulations

De modo geral o *PhET* concede simulações de matemática e ciências naturais de modo interativo, gratuitamente. Para tirar total proveito da ferramenta, o internauta deverá ter instalado em seu aparelho celular ou computador extensões do java e HTML5, podendo ser executadas estas simulações em modo online ou off-line, o que propicia a economia no uso de dados ou seu uso mesmo em locais de difícil acesso ou que não disponham de boa rede de dados. Caracteriza-se ainda como um Recurso Educacional Aberto (REA), pois seu código fonte é aberto, livre para quem quiser acessar e até editar. Seu design é propício para que o internauta se torne o investigador científico, alterando os dados, disponibiliza ainda modelos mentais visuais conectando o fenômeno exposto ao mundo real com interface interativa e instrutiva que permite a exploração produtiva e com significados, todas as simulações são flexíveis e você poderá personaliza-las ao seu *bel prazer*. Por isto faremos uso deste REA para introduzir conceitos mais sofisticados no repertório dos discentes que serão alvo deste estudo. (trecho adaptado do site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/about. Acesso as 9:58 do dia 25 de abril de 2021)

O *PHET Interactive Simulations* (figura 1) é uma biblioteca de simuladores virtuais que aborda diversos temas de diferentes áreas. Neste trabalho usamos a ferramenta que propicia tanto ao professor quanto ao alunado ter uma visualização gráfica da radiância espectral do corpo Negro.

Figura 1 - Interface do simulador.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

Nele você poderá alterar os valores de temperatura em um termômetro e assim acompanhar suas variações. Através destas variações de temperatura ocorrerão variações na radiância espectral que pode ser acompanhada através da função *intensidade* e em consequência disto às cores exibidas também serão alterados, correspondentes àqueles que o corpo apresenta dependendo das variações de radiância espectral e comprimento de onda.

Para fazer uso da ferramenta virtual de aprendizagem *Phet simulations* a fim de analisar o gráfico e valores de emissão e comprimento de onda, basta o docente acessar o site: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>>. A seguinte página (figura 2) será exibida:

Figura 2 – Interface inicial do Phet simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

Informações mais detalhadas a respeito da parte gráfica e suas respectivas funções podem ser encontradas no Apêndice A, produto educacional.

4.3. Ensino por videoconferência

Como estamos tratando de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) e aulas ministradas por meio de videoconferências, utilizando no produto desta dissertação o Google Classroom e o Google Meet, que tanto podem ser utilizados através de hiperlinks em computadores domésticos, quanto em aplicativos para smartphones em geral, temos o intuito neste subtópico de apresentar algumas das características da aula no ambiente EAD, somado ao turbilhão de mudanças e adaptações que o docente pode gerar no processo de ensino, afim de otimizar seu trabalho.

A aquisição de novas tecnologias e sua implicação no meio social ressignificou o contato humano. Os últimos trinta anos nos fizeram perceber o quanto ainda temos de evoluir e nos adaptar aos avanços do nosso entorno, principalmente quando estas melhorias nos fazem ficar arcaicos ou dependentes.

Contudo novas formas de ensinar e aprender surgiram, devido lógico, aos novos relacionamentos interpessoais virtuais emergentes. No início da década de 1990 estaríamos satisfeitos se conseguíssemos falar com alguém através de um telefone público, os conhecidos orelhões. Mais tarde ao final da década, podíamos falar com um amigo ou manter uma paquera através dos inovadores telemóveis, também conhecidos como aparelhos celulares. No início dos anos 2000 então, as mensagens de textos - os conhecidos SMS - até podiam sobrepor ou preencher a lacuna de uma ligação e se o remetente estivesse ocupado ou por ventura o destinatário, bastava um e-mail, porém para a comunicação assíncrona acontecer.

Na metade da década de 2000, com o início da revolução da web 2.0 houve a popularização massiva dos computadores pessoais e Lan-houses, plataformas de mensagens como Messenger (MSN), bate papo do UOL, dentre outros. Já na virada da década, plataformas de vídeo e stream, começaram a se destacar, como o Youtube por exemplo. Logo as pessoas que estavam neste contexto acompanhando, interagindo, não queriam apenas mandar simplórias mensagens assíncronas, agora tinham a necessidade de ver quem estava do outro lado em tempo real, observando suas expressões enquanto se comunicavam. Neste contexto a videoconferência se tornou uma ferramenta discreta usada por aqueles indivíduos mais exigentes, ou mais a frente do seu tempo. O próprio Google Meet era uma ferramenta destinada a conferências e reuniões de empresas que não poderiam se dar presencialmente, era uma ferramenta burocrática, enfim.

Entretanto quando esbarramos numa situação em que os atores (alunos e professores) não poderiam partilhar de um mesmo ambiente, esta ferramenta de cunho empresarial foi popularizada. Este processo se deu de tal maneira que tanto nas aulas como em reuniões familiares, entre amigos, ou mesmo para bate-papo começou a ser popular. Vale destacar que boa parte do alunado já tinha algum contato com videoconferências ou videochamadas, sejam aquelas disponíveis pelo aplicativo Whatsapp, Skype ou Facebook Messenger, como sabemos parte de alguns dos sites de redes sociais mais utilizados na atualidade. Litto & Formiga (2009), nos dizem que tal solução implementada em um ambiente virtual acolhedor para os atores fez surgir uma confusão entre presencial e virtual, já que agora os meios tecnológicos mais recentes estão se integrando as formas clássicas do ensino cotidiano. Por muitos anos a EAD foi associada a um espaço pós aula, ou que

meramente fosse resumido a hiperlinks, quando não um baú, ou repositório de atividades onde se dá o envio de avaliações por parte dos alunos, hoje não mais. Percebemos que o coadjuvante se tornou ator principal em 2020, e dividiu o protagonismo em 2021 com as aulas presenciais. Neste ano a partir de março foi adotado o hibridismo no ensino nas Escolas particulares de Maceió, capital das Alagoas, onde parte dos momentos de interação se deu de modo presencial e a outra parte por meio da EAD.

O precursor desta tecnologia foi o videofone, exibido ao público em 1964, desenvolvido pela empresa AT&T. Sendo a primeira transmissão bissensorial, ou seja, utilizando-se de dois sentidos: áudio e imagem (por vídeo), aconteceu em 1967 nos EUA. A comunicação se deu entre as cidades de Nova York e Los Angeles. Entretanto não poderia ser expandida para larga escala ainda, devido ao seu alto custo e baixa infra-estrutura disponível na época. (MEDINA,2003), (LITTO & FORMIGA, 2009), (GARCIA, MALACARNE, TOLENTINO-NETO, 2013).

Durante vários anos a videoconferência foi utilizada para reuniões, mesas de discussão em ambiente empresarial, corporativo ou de instituições capitalistas das mais diversas áreas. (GARCIA, MALACARNE, TOLENTINO-NETO, 2013). Contudo teve de ser praticamente comensalizado pelo sistema educacional em 2020, ou seja, ter sido tirado do âmbito empresarial exclusivamente e suplantado no âmbito educacional, como na natureza em que o comensalismo se dá quando um organismo de espécies tira proveito da associação com outro, mas diferente do caráter biológico beneficiando-os entre si, provedor de videoconferência beneficia o Professor e o professor beneficia o Provedor. Pois a partir do momento em que um número maior de pessoas acessa a plataforma e para os mais diferentes tipos de uso, como por exemplo, reuniões familiares, entre amigos, ou somente transmitir um vídeo para outras pessoas, mais ferramentas surgem e se adequam criando mais possibilidades para aqueles que se deleitam com o usufruto destes avanços.

Quando se pensa numa videoconferência adaptada para se tornar uma aula virtual, temos de avaliar bem as possibilidades, pois pedagogicamente tanto o conteúdo como o formato precisam ser planejados, tomando cuidado com as relações presentes na Comunicação mediada pelo Computador (CMC), suas possibilidades e limites. Apesar dos recursos audiovisuais serem boas ferramentas,

o Professor tem de criar metodologias que dinamizem o processo e desperte a atenção do público discente, interagindo e fazendo com que ele se torne construtor do conhecimento. Em que este deixa de ser um mero receptor, transmutando-se em independente, criador e autônomo. Já aquele de ‘dono do saber’ passa a ser orientador do processo. Os atores precisam desta adaptação, pois não estarão num mesmo ambiente geográfico, além disto, não será mais na sala de aula física que os dois partilharam seus saberes.

A aula pela videoconferência recoloca a discussão pedagógica sobre o processo do conhecimento em um patamar onde o papel do professor assume um destaque especial. Se o computador exigiu uma adequação da aula, dos materiais didáticos e da dinâmica, a videoconferência amplia essas exigências, mas também acrescenta a necessidade de uma mudança na atuação do próprio professor, que passa a ser um condutor do processo enquanto opera equipamentos bastante sofisticados. Se é possível dizer que, em essência, a história é a mesma, na prática ela é bastante diferente. (CRUZ, 2001, p. 3)

Além de estar atento a estas conexões entre pares para interatividade, emergem fatores como: limites técnicos, recursos audiovisuais, modos de interação alternativos e laços afetivos entre redes sociais que surjam numa videoconferência e até numa conexão mais ampla com um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). O Professor deve ter um conhecimento mínimo para o manuseio de microcomputadores e /ou smartphones, suas características, recursos e interface. Além de softwares, é importante saber lidar com o hardware, quando por exemplo, se faz necessário utilizar câmeras, microfones e luzes, para que aconteça a aprendizagem através de uma boa comunicação com os discentes.

Cruz (2001), Litto & Formiga (2009) e FDR (2021), mostram duas situações possíveis para uma aula com recursos de videoconferência: Na primeira o autor a nomeia de ‘aula mista’. Em uma sala presencial está Professor e alunos, que se comunicam com outras salas também presenciais – ou até na própria residência do discente que se torna uma sala de aula virtual – onde outros alunos assistem remotamente, inclusive o plano em janeiro de 2021, várias escolas particulares de Maceió, capital das Alagoas, retomaram seu calendário letivo nesta modalidade.

A segunda é chamada de ‘estúdio ou desktop’ por Cruz (2001), Litto & Formiga (2009) ou ‘Modelo totalmente online’ como nomeia FDR (2021). Baseada em um Professor, sozinho em uma sala de aula ou computador, ministrando aula para alunos distantes, podendo eles estarem situados em uma sala de aula ou mais e até em computadores individuais. Temos o exemplo de diversas faculdades particulares, que ofertam cursos à distância. Em sua central os alunos ali matriculados se posicionam nas suas carteiras enquanto nas demais unidades, os aprendizes se posicionam em seu sofá da sala para assistirem a aula. Esta também foi a forma que predominou no ano de 2020, professores em ‘home office’, alunos em suas residências, se transformando em verdadeiras salas de aula caseiras. Por isto chamarei de **‘home estúdio conference’**, o caso particular que aconteceu por todo o estado seja nas escolas públicas, privadas e até de instituições de ensino superior, quando o professor em sua residência, em frente a seu microcomputador, ministrando sua aula para alunos que porventura estejam em casa, ou trafegando em qualquer lugar comum a ele portando um celular, mas não necessariamente dentro de uma sala de aula, assistindo ao seu mestre proferir o conteúdo.

A videoconferência tem se mostrado a melhor alternativa para aquelas empresas e indústrias que estão localizadas em mais de uma cidade. Através da VC, executivos, por exemplo, se reúnem via *internet* para discutir, tomar decisões sem os custos e os riscos próprios de uma viagem. Tal situação favorece, entre outras coisas, a ampliação do tempo e da produtividade, significando, também, menor custo e maior benefício. No Brasil e em outros países, a Telemedicina é uma das áreas que tem mais utilizado a videoconferência e a teleconferência na prática profissional. (GARCIA, MALACARNE, TOLENTINO-NETO, 2013, p. 13).

Diz Litto & Formiga (2009) que em uma aula mediada pelo computador ou por *mobile learning*, em que o aluno se utiliza de videoconferência, as tecnologias, componentes eletrônicos, softwares e hardwares e suas possibilidades de uso definem as melhores maneiras e melhores metodologias para as comunicações se realizarem. No momento em que vivemos particularmente, essas mídias deixaram de ser recursos supérfluos e passaram a ser a base para realização do processo, tornando-se ambiente ímpar para existir o ensino-aprendizagem.

Todo esse rearranjo tecnológico passa a constituir-se em um meio midiático, edificando um ambiente de ensino, meio, possibilidades e limítrofes para o ensino

acontecer. Estamos lidando com um ambiente em que se dá o **'home estúdio conference'**, ou seja, alunos fazem de espaços em suas residências, verdadeiras salas de aula virtuais, estúdios caseiros de aprendizagem. Repensando a estrutura, implantando hardwares (câmeras, microfones, fones de ouvido) para comunicação acontecer, seja mediada pelo computador ou *m-learning*. Mas nem só de componentes físicos se faz o processo, a linguagem audiovisual, entonação, rítmica, interação, virtualização das relações sociais, temporalidade das comunicações, distância geográfica e pesquisa demográfica são essenciais. Litto & Formiga levam em consideração que esse processo de mediação da sala de aula - que nesta pesquisa engloba a união de todos os locais, comuns a cada um deles: residência, automóvel em viagem, mas não necessariamente uma sala de aula, em que estejam ligados a internet e atores (alunos e professores), através softwares e hardwares fazem uma aula virtual acontecer – ocorre através de uma mutação evolutiva do espaço educacional. Como consequência disto, os atores criam rotinas adaptativas que se adequem a esta nova realidade.

Segundo Garcia, Malacarne, Tolentino-Neto (2013), Litto & Formiga (2009) e Medina (2003), existem dois tipos de ligação entre remetente e destinatário numa videoconferência:

Ponto a ponto: A videoconferência interliga duas salas de aula, em que as pessoas de cada sala veem as da outra e podem ainda se comunicar. Como o recurso é audiovisual, podem se ver e se ouvir simultaneamente.

Multiponto: permite realizar uma reunião com várias salas interligadas através de hiperlink. A pessoa que resguarda o poder de discurso tem sua imagem enviada para todas as outras salas. Sendo este tipo de ligação, em relação a operacionalidade e dinâmica das comunicações e mediações, mais complexo que o anterior. Desta feita, o professor fica impedido de ver todos os discentes simultaneamente, a dinâmica se dá em torno do professor tentar interagir com todos ao mesmo tempo, no intuito de atrair a atenção destes, principalmente os menos participativos. Por ser mais complexa em sua natureza, traz as nuances de quanto mais salas – aqui neste trabalho, transfigurados em alunos, em que cada um deles representa uma sala – mais complexo se torna o processo.

Diante de tantas perguntas, trazemos aqui neste trabalho de dissertação um produto educacional no apêndice A, sendo uma sequência didática contendo: meios, técnicas e tecnologias, para guiarmos, através de sugestões, Professores não familiarizados com o Google Meet e Google Classroom de como desenvolver uma aula sobre o conteúdo de Radiação do Corpo Negro de maneira mais fluida e sem grandes dificuldades. Pois Litto & Formiga (2009) alertam que o ensino através de videoconferência demanda um esforço maior e muito mais energia que numa aula expositiva dividindo o mesmo espaço geográfico, além de uma didática totalmente diferente (CRUZ, 2001).

Diferente da aula face a face, o professor tem que se ater aos conteúdos no material exposto, seja visual ou audiovisual, se ater também aos estudantes da sala virtual, e acréscimo aqui, na demanda de tempo em que cada conteúdo é exposto, pois demandar alto tempo em um mesmo tópico pode desmotivar o alunado, na estabilidade das conexões com a rede mundial, qualidade do som e todo posicionamento temporal de hardware e software, falta de sincronia entre imagem e voz ou imagens borradas devido à compressão e problemas com a conexão, além dos meios pedagógicos e metodologias de ensino diversificadas, pois se mantidas as mesmas técnicas de ensino empregadas nas aulas convencionais, pode levar a um desgaste maior que o convencional em EAD, que por si só, já ultrapassa o próprio desgaste comum às aulas em ambiente real.

Saber operar e administrar as ferramentas online e físicas são cruciais para o docente que irá implementar aulas a distância. Contudo existe o profissional específico pra lidar com estas ferramentas e aquele que não detém os conhecimentos técnicos de formação, mas que pesquisa, busca e tenta entender para sair de qualquer situação em que não se tenha um especialista no assunto. O primeiro personagem é o técnico que opera equipamentos como: câmeras, distribuição de microfones e ajustes de áudio, que geralmente ocorre em aulas convencionais. O segundo é o Professor, que está sozinho e precisa operar os periféricos para engrenar uma aula. Mais uma vez temos uma característica do professor e surpreendentemente demonstra como este ator precisa ter 'mil e uma utilidades', ou seja, deter conhecimentos, do uso e manuseio de hardwares de maneira satisfatória, para que se coloque uma aula virtual 'no ar', em que se enquadram os professores que tiveram a missão de ministra-las em meio ao distanciamento social.

Nisto vemos que toda a sorte de equipamentos de hardware, o conhecimento técnico e prático, a didática e recursos pedagógicos são imprescindíveis numa videoconferência, mas o fator principal continua sendo como estabelecer os laços comunicacionais e a interatividade na busca da melhor estratégia de ensino, objetivando a aprendizagem.

5. O Problema da Radiação de Corpo Negro

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.

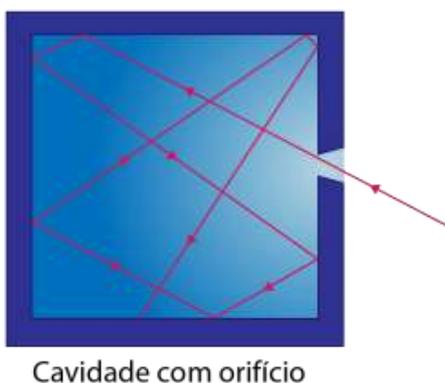
Quando se coloca um metal para ser temperado no interior de fornos siderúrgicos, sua cor vai se modificando, conforme a temperatura deste sofre acréscimo. Diversos pesquisadores preocupavam-se em descrever os fenômenos que aconteciam. Dentre estes pesquisadores destacam-se Stewart e Kirchoff, precursores 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.

Qualquer corpo absorve e emite este tipo de radiação para o meio ao qual está inserido. Por exemplo, se colocarmos certo material em ambiente “mais frio” que ele, ocorre mais emissão que absorção, em consequência haverá resfriamento do corpo. Se estiver num ambiente “mais quente” que ele, este absorverá mais do que emitirá, levando ao seu aquecimento até atingir o equilíbrio térmico com o ambiente. (GREF, 1998).

Além disto, podemos dizer que corpo negro é todo aquele que absorve radiação independente da frequência incidida sobre ele e suas propriedades de absorção relacionam-se com formato, material que o compõe e acabamento da superfície. Além de ser um ótimo absorvedor de radiação, o corpo negro também é excelente emissor, fazendo isto em igual proporção quando em equilíbrio. Não precisa ser necessariamente “negro”, podendo ser de qualquer cor, desde que obedeça às definições de emissor e absorvedor ideal.

Descolando o modelo de corpo negro ideal do imaginário para algo mais próximo de nossa realidade, usaremos uma aproximação experimental, tomamos uma caixa oca de paredes opacas com um pequeno orifício em uma de suas faces como representada na figura 3, a seguir.

Figura 3 – Modelo de cavidade com orifício.



Fonte: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1971-6.pdf>. Acesso as 10:08 do dia 25/10/2020. Autor: Professor Dr. Elton Malta Nascimento.

Pelo esquema podemos perceber: toda radiação externa que penetra pelo orifício será integralmente absorvida pelas paredes internas da cavidade após sofrer várias reflexões, pois o orifício de entrada é pequeníssimo, culminando na dificuldade do escape de seu interior. A radiação que o corpo emitirá, tem como saída o orifício de entrada, e toda aquela que sai representa o equilíbrio entre radiação e matéria em seu interior. (GUIMARÃES, 2018).

Esta é uma analogia muito adequada, pois seu comportamento se assemelha a uma prisão que confina a radiação, uma metáfora experimental para absorver praticamente toda a radiação externa que chega a sua entrada.

Analogias como a apresentada acima sobre cavidade – radiação no interior da caixa com paredes fechadas – somadas aos estudos térmicos em macro e microescala sobre gás ideal – confinado em uma caixa – propiciaram avanços na descrição da emissão de radiação pelos corpos no século XIX. Concretamente o que se tinha na época de informação era que corpos a certa temperatura podiam absorver ou emitir radiação, a partir disto apresentando espectro com um e por vezes mais picos de frequências máximas, sendo influenciadas pelo material que a compunha. Já corpos a temperaturas idênticas T , emitem radiação com espectros também iguais, não dependendo do material de que eram feitos. Kirchoff, além dos problemas mais sofisticados, preocupou-se em desvendar por que roupas pretas esquentavam mais que as claras quando submetidas à luz solar. (GUIMARÃES, 2018)

Classicamente, considerava-se que a radiação eletromagnética advinha do movimento acelerado dos elétrons, obedecendo a teoria eletromagnética de Maxwell, ademais, as ondas no interior da caixa seriam estacionárias. Pela teoria cinética dos gases, a energia média destas ondas no equilíbrio térmico usando a teoria da equipartição é expressa por:

$$\bar{E} = k_B \cdot T \quad (1)$$

Em que:

\bar{E} é a energia média das partículas do gás no equilíbrio térmico;

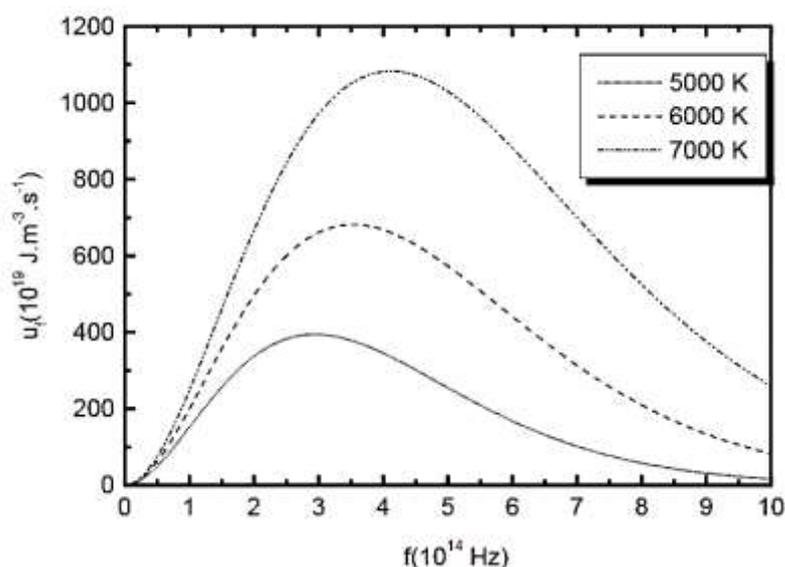
k_B é a constante de Boltzmann;

T como sendo a temperatura absoluta.

5.1. Equação de Stefan

Verifica-se experimentalmente que todos os corpos negros a mesma temperatura emitem radiação de mesmo espectro. Estas propriedades, que são chamadas de universais, em relação à radiação emitida por corpos negros, como vemos na figura 4, que é o gráfico da densidade espectral de acordo com a lei de Planck, que corresponde aos dados obtidos experimentalmente para diferentes valores da temperatura. No eixo Y temos a intensidade de energia radiante emitida por um corpo negro ideal, e no eixo X a frequência de emissão f , fazem com que sejam considerados como casos teóricos particulares.

Figura 4 - Gráfico da densidade espectral de acordo com a lei de Planck, que corresponde aos dados obtidos experimentalmente para diferentes valores da temperatura. No eixo Y temos a intensidade de energia radiante emitida por um corpo negro ideal, e no eixo X a frequência de emissão f , que neste trabalho adotamos como ν .



Fonte: <https://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/quanta/mq-unid2-textocompl-1.pdf>. Acesso as 18:15 do dia 13/09/2021.

A distribuição espectral da radiação do corpo negro é dada pela quantidade $R_T(\nu)$, denominada de *radiância espectral*. Definida de forma que $R_T(\nu)d\nu$ seja a energia emitida por unidade de tempo pra radiação na frequência que obedeça ao intervalo de ν até $\nu + d\nu$ por unidade de área de superfície à temperatura T. A radiância espectral $R_T(\nu)$ sobre todas as frequências ν é a energia total emitida por

unidade de tempo por unidade de área a Temperatura absoluta T , (EISBERG & RESNICK, 1979) tem **radiância** R_T apresentada abaixo:

$$R_T = \int_0^{\infty} R_T(\nu) d\nu \quad (2)$$

O que descrevemos até aqui teoricamente, traduziremos em expressões matemáticas, chegando por fim ao cálculo da radiância R_T , que iremos transpor no produto educacional através da denominação de intensidade radiante $I(T)$, ou seja, a potência total irradiada pela cavidade, com todos os comprimentos de onda por unidade de área. Tomando como base os postulados de Kirchoff e os experimentos de Tyndall sobre o aquecimento de um fio de platina, Josef Stefan no ano de 1879, conseguiu verificar que seu resfriamento por unidade de área era proporcional a quarta potência de T . O que resultou na expressão 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 constante de Boltzmann, com valor $5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg}\cdot\text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

Vale ressaltar que esta equação é válida para o caso do corpo negro tendo a emissividade⁵ igual a 1, outros valores diferentes de 1 são considerados não ideais.

⁵ A emissividade da superfície de um determinado material, representada pela letra ϵ , é sua eficácia ou capacidade na emissão de energia em forma de radiação térmica e varia entre 0,0 e 1,0. (CONNOR, 2019).

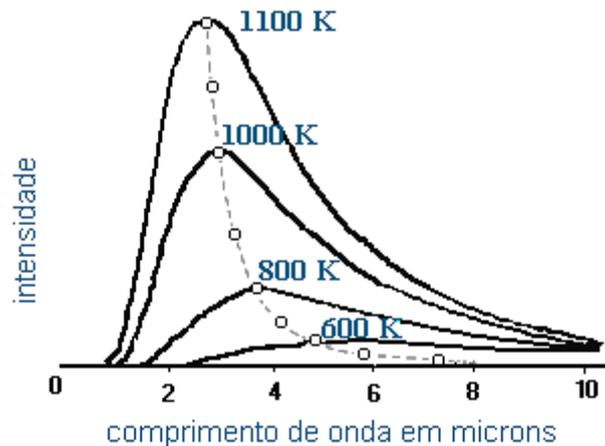
A equação a seguir primeiramente foi conhecida como lei de Stefan, válida para emissividade (ϵ) entre $0 < \epsilon < 1$, equacionada sob a forma:

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

5.2. A Lei do deslocamento de Wien

Wien observou ainda que o produto entre o comprimento de onda da radiação de maior intensidade ($\lambda_{M\acute{A}X}$) e temperatura absoluta da cavidade (T) é constante, podemos visualizar isto através da figura 5 e da demonstração a seguir:

Figura 5 - Na figura abaixo a intensidade é a energia emitida vs. comprimento de onda. A linha tracejada mostra a variação com a temperatura do comprimento de onda em que a intensidade é máxima.



Fonte: <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/temperatura/universo/tmp.html>. Acesso as 19:47 do dia 13/09/2021.

Esta é a representação gráfica para a Lei de Wien, que será expressa por equação a seguir:

$$\lambda_{M\acute{A}X} \cdot T = 2898 \mu \text{ m. K} = b \quad (5)$$

Tomando a figura 5 como referência de valores para demonstração e utilizando a equação (5), considerando para o valor de Temperatura absoluta (T) = 1000K e respectivo comprimento de onda da radiação de maior intensidade ($\lambda_{MÁX}$) aproximado de 2,9 μ m, temos:

$$\lambda_{MÁX} \cdot T = (2,9 \mu \text{ m}).(1000 \text{ K}) = 2900 \mu \text{ m. K} \approx 2898 \mu \text{ m. K} = b$$

Tomando ainda a figura 5 como referência de valores para demonstração e utilizando a equação (5), considerando para o valor de Temperatura absoluta (T) = 600K e respectivo comprimento de onda da radiação de maior intensidade ($\lambda_{MÁX}$) aproximado de 4,8 μ m, temos:

$$\lambda_{MÁX} \cdot T = (4,8 \mu \text{ m}).(600 \text{ K}) = 2880 \mu \text{ m. K} \approx 2898 \mu \text{ m. K} = b$$

Em que a potência (P) total irradiada por unidade de área superficial é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (T), uma clara demonstração de como os corpos negros emitem radiação. Como domínio da função temos a temperatura (T). Esta é a Lei do deslocamento que Wien, ela afirma que quanto maior a temperatura absoluta (T), menor será o comprimento de onda em que a radiação terá maior intensidade. Expressamos esta última afirmativa por:

$$\nu_{máx} \propto T \tag{6}$$

Esta lei é certa e nos oferece toda munção para calcular a temperatura de um corpo através de estimativas, para isto utilizamos o comprimento de onda de máxima intensidade correspondente de acordo com espectro das cores. Voltando ao caso de materiais aquecidos no interior de fornos siderúrgicos, uma barra de metal por exemplo, inicialmente ela não emite luz visível, mas invisível no infravermelho, logo após começa a emitir certo brilho num tom vermelho-escuro, ao passo que se desloca para comprimentos de onda menores, ou seja, frequências maiores e começa a emitir brilho de coloração amarelo-alaranjada. Nos próximos módulos iremos calcular a potência irradiada pelo Sol e por uma lâmpada incandescente, utilizando esta equação.

Em meados de 1896 foi desenvolvida por Wien a função de densidade de energia por comprimento de onda, expressa pela equação:

$$I(\lambda, T) = a\lambda^{-5} e^{-c/\lambda T} \quad (7)$$

Desenvolvida por Wien, em que **a** e **c** são constantes. Esta permite ainda determinar a distribuição espectral para qualquer valor de T .

5.3. A Catástrofe do Ultravioleta

Quatro anos mais tarde, em 1900, após analisar o experimento teórico da cavidade, John Rayleigh nos apresentou uma outra maneira de encontrar a densidade de radiação em função da temperatura absoluta (T), fazendo analogia com ondas estacionárias associada aos estudos de equipartição de energia. Que consistia basicamente em calcular o total de distribuição de modos eletromagnéticos com frequência no intervalo entre ν e $\nu + d\nu$, $N(\nu)d\nu$ no interior do experimento. Expressada equacionalmente temos:

$$\frac{1}{V} \frac{du}{d\nu} = \text{constante} \cdot T \cdot \nu^2 \quad (8)$$

V é o volume da cavidade;

$\frac{1}{V} \frac{du}{d\nu}$ é a densidade de energia;

T é temperatura absoluta.

Rayleigh cinco anos após, em 1905, encontrou a constante que faltava, logo esta equação ficou conhecida como lei de Rayleigh-Jeans, com James Jeans introduzindo o fator 8. Tornando-se finalmente:

$$\frac{1}{v} \frac{du}{dV} = 8\pi \frac{k_B}{c^3} T v^2 \quad (9)$$

Também expressa como:

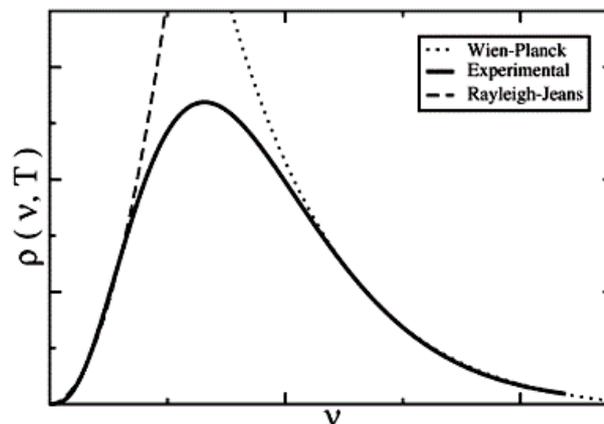
$$\rho_T(v) dv = \frac{8\pi v^2 k_B T}{c^3} dv \quad (9.1)$$

$$N(v) dv = \frac{8\pi V}{c^3} v^2 dv \quad (9.2)$$

Como sabemos, c é a velocidade da luz e V é o volume na cavidade, em que $V = a^3$.

A equação foi celebrada com todas as pompas, a ciência tinha dado um avanço estrondoso com esta formulação. Entretanto os dados experimentais precisavam ser aperfeiçoados. A aproximação de Wien valia apenas para baixos comprimentos de onda e a equação de Rayleigh funcionava bem somente para altos comprimentos de onda, como ilustrado na figura 6.

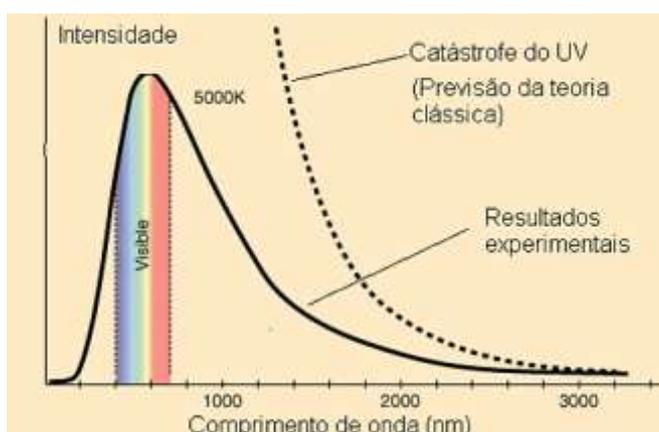
Figura 6 - Representação da curva experimental, da equação de Rayleigh-Jeans (altas frequências) e da equação de Wien (baixos valores de frequência).



Fonte: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172005000200014. Acesso as 8:17 do dia 26/10/2020.

A representação esquemática acima exibe a forma da curva experimental para densidade de energia da radiação do corpo negro para um valor de temperatura absoluta fixo. Percebemos que a equação de Wien se ajusta para altas frequências e a lei de Rayleigh para baixas frequências. Diante disto Wien, de maneira empírica, elaborou uma equação que adaptava uma proporcionalidade entre frequência e temperatura absoluta, quando o corpo negro emite radiação de intensidade máxima. O problema todo surge, quando a equação é utilizada para descrever raios ultravioletas, pois a emissão tende para o infinito, como vemos na figura 7, e isso não tem sentido algum. Logo essa discrepância foi denominada como “**Catástrofe do ultravioleta**”.

Figura 7 – comparação entre a curva experimental e a previsão clássica.



Fonte: https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf.
acesso as 11:01 do dia 26/10/2020.

5.4. Solução de Planck para a catástrofe do Ultravioleta

A solução para este impasse só veio anos após com o cientista Max Planck, que dispunha de dados experimentais afinados sobre a emissão de radiação de corpos aquecidos, buscando explicar então as observações experimentais através de um modelo matemático compatível. Considerava-se que a radiação térmica que tal corpo emitia decorria da vibração de osciladores moleculares nas paredes da

cavidade, que se portavam como Osciladores Harmônicos Simples em torno de uma posição de equilíbrio.

A intensidade da radiação dependia do número de osciladores. Um oscilador harmônico, como sabemos, é um sistema que apresenta movimento harmônico de vibração, com seu movimento podendo ser descrito por uma função harmônica dependente do tempo. Nisto, a radiação eletromagnética surgiria através da aceleração de cargas elétricas e como a aceleração é contínua a energia emitida também seria.

Planck então sugeriu que a teoria explicitada acima deveria ser substituída, abandonando o conceito de emissão contínua de energia dando lugar a valores discretos. A partir de agora a energia do oscilador é linearmente proporcional à sua frequência e como dissemos, assume somente certos valores discretos E_n dados por:

$$E_n = n \cdot h \cdot f \quad \text{tal que } n = 1, 2, 3, \dots \quad (10)$$

Tendo que:

h é a constante de Planck, uma constante de proporcionalidade = $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s;

f sendo frequência no interior da cavidade;

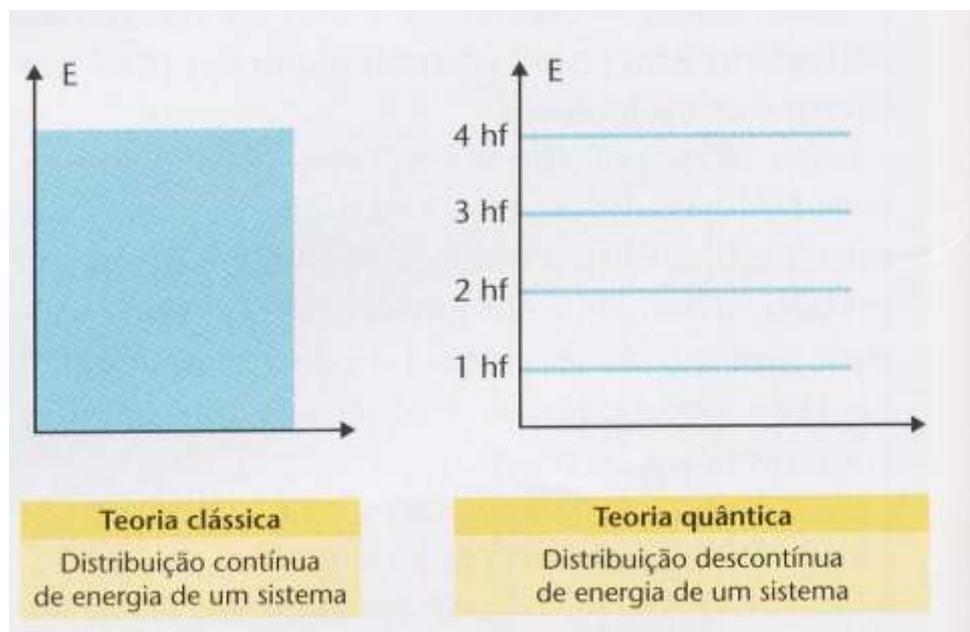
n o número quântico.

Estes osciladores tem a capacidade de absorver energia realizando transições de um estado quântico para outro, emitindo e absorvendo uma quantidade mínima:

$$E = h \cdot f \quad (11)$$

O conceito de quantum e todas as suas implicações foram introduzidas nesta época, com osciladores irradiando energia por pulsos ou pacotes de “quanta”. A figura 8 ilustra graficamente a distinção entre a teoria clássica e a distribuição quântica de energia. Enquanto aquela admitia emitir ou receber qualquer valor de energia, esta muda em saltos ou níveis, onde valores intermediários não podem ocorrer.

Figura 8 – Representação gráfica distintiva entre a distribuição de energia na teoria clássica e na teoria quântica.



Fonte: https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf. acesso as 11:01 do dia 26/10/2020.

Chegamos à solução de Planck através da substituição na fórmula de Rayleigh-Jeans, da Energia média clássica o valor de $k_B \cdot T$, pela expressão:

$$k_B \cdot T = \frac{k_B}{\lambda} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} = \frac{E_\lambda}{e^{\frac{E_\lambda}{k_B T}} - 1} \quad (12)$$

Em que $\frac{hc}{\lambda}$ é a quantidade de energia discreta apresentada por cada módulo de oscilação do pulso.

Em dezembro de 1900 Max Planck apresentou à comunidade científica alemã esta equação, que expressa dados experimentais de distribuição espectral da radiação de corpo negro. Onde a forma mais completa é apresentada a seguir:

$$R(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (13)$$

R é a radiância espectral;

e como sendo Número de Euler;

c a velocidade da luz.

Como sabemos:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (14)$$

Aplicando na lei de Planck para densidade espectral, temos:

$$u = \frac{8\lambda h \nu^3}{c^3} \left\{ \exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1 \right\}^{-1} \quad (15)$$

E ainda podemos fazer:

$$p(\nu) = \frac{N\nu}{V} U(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{h^3}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \quad (16)$$

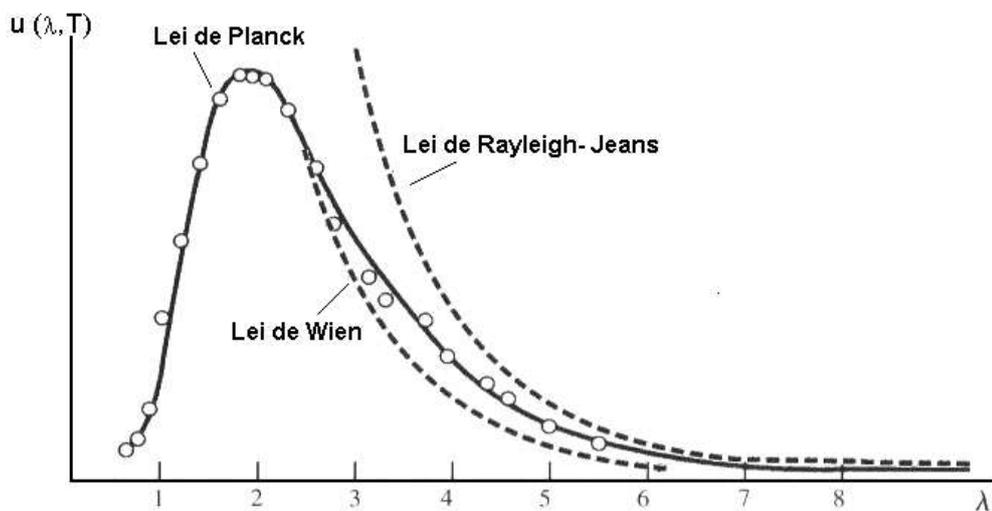
Que pode também ser expressa através da equação de comprimento de onda:

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (17)$$

Anteriormente já mostramos as curvas experimentais e teóricas entre as equações de Wien, Rayleigh e os experimentos. Agora vamos ver o gráfico que compara as leis de Rayleigh-Jeans, Wien e Planck, através da figura 9. No gráfico

“Planck” ocupa o lugar da palavra “experimento” do gráfico anterior, pois sua teoria coaduna com os resultados experimentais.

Figura 9 - Gráfico que compara as leis de Rayleigh-Jeans, Wien e Planck.



Fonte: <http://www.cursosvirtuais.wiki.br/EaD/QQ/aula-4/aula-4.htm>. Acesso as 10:43 do dia 26/10/2020.

A figura 9 mostra, os pontos do espectro de emissão onde as leis de Wien e Rayleigh concordam com a lei de Planck. As regiões circulares mostram a comparação entre os valores experimentais e os encontrados pela lei de Planck.

6. Proposta de pesquisa e metodologia

6.1. Introdução

Levando em consideração a grande necessidade de alteração e aperfeiçoamento dos componentes curriculares da Educação Básica, especificamente no Ensino Médio, com a inclusão de Física Moderna e Contemporânea no conteúdo programático, notamos a culminante carência de sequências didáticas destinadas particularmente ao docente, que venha a ministrar por ventura uma aula com o tema: *Problema da Radiação de Corpo Negro* (PRCN). A fim de acrescentar aos pares materiais de apoio para contribuir com a objetivação desta etapa de ensino, que tem o intuito de formar cidadãos críticos da sociedade contemporânea que emanem a vontade de conhecer e manipular a ciência por trás das tecnologias, trazemos à baila este produto educacional que aborda um tema relevante e pouco discutido em sala de aula. Além de nos ater ao conteúdo científico, vamos também construir um trabalho com propósito de despertar a curiosidade dos discentes, sua autonomia quanto à pesquisa dos temas propostos aliada à sede de aprender, ativa e progressivamente.

O material elaborado tem como propósito principal apoiar os professores da segunda e terceira série do Ensino Médio. Selecionamos o tema “Problema da radiação do corpo negro” devido ao seu contexto histórico, fundante da Física Moderna. Além disto, o PRCN caracteriza-se pela riqueza matemática, desencadeamentos de ideias entre energia irradiada e cores do espectro eletromagnético, correlacionando-se com a natureza (cor de um corpo por emissão, por exemplo, a estrela Sirius, uma lâmpada, a chama de uma vela) e objetos ideais (corpo negro ideal). Este tema é normalmente trabalhado nos últimos meses dos respectivos anos letivos sem inclusive, dentro do final da estrutura curricular, o dar a devida importância.

Apesar de o PRCN ser abordado nos meses finais dos anos letivos, a primeira impressão no momento em que for exibido aos discentes é importante na construção de conceitos com significados, para isto, confeccionamos uma sequência didática que além dos cálculos, enfoque características fundamentais das ciências

físicas, fazendo com que o aluno conheça os processos históricos e a ligação do tema com o mundo ao seu redor, para isto utilizaremos o simulador PhET como motivador de construção do conhecimento a medida que o alunado manipular as variáveis, confeccione gráficos e mapas conceituais, transfigurando-os como agentes consolidantes de seu aprendizado. Temos o intuito de despertar o interesse no conhecimento científico e desmistificar o pensamento de que a FMC está atrelada apenas aos laboratórios ou situações fenomenológicas intangíveis, distantes de nossa realidade. O produto educacional presente no apêndice A foi produzido pensando em motivar os atores (Professores e alunos) com recursos educacionais gratuitos e de fácil acesso.

Levamos em consideração a latente dificuldade dos professores em desenvolver boas aulas por meio de videoconferência, seja por falta de tempo devido à excessiva carga horária de aulas, desconhecimento de métodos didáticos eficazes, da importância do PRCN, ou ainda a deficiência de aptidão com o ensino mediado pelo computador.

Com a falta de técnicas corretas em uma exposição presencial o docente não consegue produzir um ensino com significados, ao menos consegue despertar o interesse ou autonomia pelo tema exibido. Nas aulas remotas esta dificuldade se potencializa, pois devido a distância geográfica as possibilidades de dispersão são inúmeras e o alunado fica alheio às explicações. Conseqüentemente se o material a ele apresentado não for atrativo ou contiver ligação com o mundo que o rodeia, terá pouca ou nenhuma efetividade. Este trabalho foi desenvolvido para estar nas mãos dos professores como instrumento de consulta, na implantação e aperfeiçoamento de seu trabalho, de maneira simples e com recursos gratuitos disponíveis na internet. Utilizaremos aqui exemplos simples para iniciar o conteúdo: cor da chama de uma vela, cor de uma lâmpada incandescente e questionamentos introdutórios para despertar a curiosidade e engajamento pelo tema. Logo após aprofundaremos os conhecimentos, analisando o espectro eletromagnético e sua correlação com as cores percebidas pelo olho humano, sem esquecer-se dos desdobramentos históricos da catástrofe do Ultravioleta, que fizeram a comunidade científica notar que precisariam de um novo pensamento científico, este porventura, fundante da física dos anos 1900, ou seja, a Física Moderna. Em seguida, utilizaremos o PhET Simulations, para exibir a energia irradiada por um corpo negro ideal aliado a

produção de gráficos no Microsoft Excel, ilustrando a interpretação de Planck sobre o fenômeno. Vale ressaltar que os gráficos serão plotados pelos discentes, no intuito de incentivá-los a serem “produtores do conhecimento”. Ao final estes confeccionarão um mapa conceitual para expor seu aprendizado.

6.2. Sujeitos da pesquisa: descrição dos participantes

No intuito de iniciar a aplicação do produto de maneira mais rápida e eficaz, já que é uma proposta de ensino na modalidade EAD, focamos em seu desdobramento em meio à pandemia, durante as fases mais rígidas do distanciamento social. Várias escolas estavam fechadas, pois não tinham traçado estratégias para adesão ao ensino remoto, devido às dificuldades econômicas dos alunos, - que não dispunham de computadores ou celulares - ou então simplesmente por desacreditar na eficiência desta modalidade de ensino. Decidimos por bem – mestrando e orientador -, para o não atraso do projeto e para o testarmos em meio “a tempestade”, ou seja, sob condições extremas, em que o Google Meet estava sendo apresentado às comunidades escolares, noutras, já utilizada há alguns meses - principalmente instituições de ensino particular – colocá-la em prática pelo autor desta dissertação durante suas aulas.

Como o docente a aplicá-lo é o criador do projeto, tivemos de ter um contato inicial apenas com a equipe de gestão da escola. Após apresentar o projeto de pesquisa e obter a autorização de sua aplicação na escola, o colocamos em prática. A instituição de ensino particular em questão, Colégio São Judas Tadeu, se localiza em Maceió, capital do estado de Alagoas. Entre março e dezembro de 2020 adotou exclusivamente a modalidade remota de ensino, nisto as aulas eram ministradas através do Google Meet. Todas as provas e materiais dedicados ao ensino eram disponibilizados através do Google Classroom, assim como suas devolutivas.

Desta feita, o produto educacional *O Ensino do Problema da Radiação de Corpo Negro por meio de ambientes virtuais de aprendizagem: Uso e implementação do PhET Simulations aliado ao Google Sala de Aula* foi aplicado neste colégio. No total 27 alunos participaram desta pesquisa, todos com acesso a internet. 15 alunos da terceira série e 12 alunos da segunda série do Ensino Médio,

divididos em: *turma teste* - selecionamos aleatoriamente três alunos de cada turma para integrar o grupo - ao todo seis, que foram expostos a aplicação do produto educacional, além das aulas convencionais e *turma controle* – fizeram parte os demais atores, divididos por ano/série – que não foi exposta ao produto educacional, somente foram espectadores das aulas convencionais. Suas faixas etárias variavam entre 16 e 18 anos de idade e pertenciam ao grupo socioeconômico de classe média. Vale destacar que o colégio adota módulos que fazem a seguinte distribuição dos componentes curriculares: no segundo ano do Ensino Médio contemplam conceitos comumente trabalhados na terceira série, como Eletrostática, Magnetostática e Física Moderna e Contemporânea, somados aos conteúdos de Hidrostática, Termologia e Óptica. O terceiro ano médio tem em seu módulo todos os conteúdos de Física das três séries resumidamente, recapitulando-os e preparando os discentes para provas e vestibulares. O professor de Física dessa escola possui licenciatura plena na área desde 2019 e é mestrando em ensino de Física pelo polo 36 da Universidade Federal de Alagoas.

O produto Educacional foi aplicado entre outubro e dezembro de 2020, momento em que foi projetada dentro do plano semestral a exposição do conteúdo PRCN para essa gama de aprendizes.

6.3. Metodologia da pesquisa

A aplicação aconteceu da seguinte maneira, o Professor que estava ensinando em turmas de segundo e terceiro ano do Ensino Médio exibiu para os alunos a sequência didática, que está dividida em seis módulos, com carga horária total de 10 horas-aula, propondo inicialmente uma discussão sobre conceitos simples de cor dos corpos e respectiva energia/temperatura emitida, para em seguida incentivar através de questionamentos a pesquisa de conceitos mais complexos e trazê-los à baila nos momentos posteriores. Dando continuidade com o uso de simuladores e programas de construção de gráficos, culminando com a produção de mapas conceituais.

Desde o início até o fim da aplicação da sequência didática, todos os dados de pré-testes e pós-testes foram coletados e submetidos à análise. O presente

Produto educacional foi elaborado pelo pesquisador tendo sua natureza aplicada. Os objetivos desta dissertação 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 produzir um mapa conceitual satisfatório.

6.3.1. Fases da pesquisa

Fase exploratória - a escolha de *O problema da radiação de corpo negro* como conteúdo desta pesquisa se deve ao fato do supracitado ramo das Ciências de 1900 em diante, ser raramente trabalhado e deixado por ventura para os meses finais dos anos letivos, mais especificamente para o fim do terceiro ano médio, porém de grande importância por integrar o cerne histórico da criação da Física Moderna e Contemporânea. Por sua vez a FMC tem extrema relevância quando o assunto é a interligação das Ciências Físicas e o desenvolvimento tecnológico atual. Diante disto, nosso intuito é trabalhar uma sequência didática que evidencie a importância do ensino do PRCN para compreensão dos fenômenos naturais do mundo que nos rodeia, ao passo que seja atrativa e eficaz para o aprendizado de novos conceitos. Utilizaremos para isto textos instrutivos com exemplificações elementares, o PhET simulations além do Microsoft Excel para traçar a curva experimental da radiação espectral segundo Planck e mapas conceituais para consolidar a aprendizagem com significados.

A escola escolhida para aplicação do produto é privada. Na época a disciplina tinha carga horária de três horas/aula por semana e os discentes dispunham de módulo que englobava o problema da radiação de corpo negro tanto no segundo, quanto no terceiro ano do ensino médio, ambiente ideal para aplicação do produto e implantação das técnicas subsidiadas pelo nosso trabalho.

Como a carga horária semanal em Escolas Públicas geralmente é resumida, pensamos que este trabalho é útil para situações em que tais instituições disponibilizem dentro do programa “escola em tempo integral” turmas extensivas de Física em que o conteúdo pode ser exposto com total cautela. Já em escolas privadas se dá prioridade àqueles componentes curriculares de Física mais comuns

a testes e vestibulares, nestes ambientes de ensino o Produto Educacional apresentado poderá ser usado em situações de aprofundamento dos saberes para melhor preparo de provas e integração de conceitos da própria disciplina.

Fase de experimentação – No primeiro momento criamos uma turma no Google Sala de Aula e adicionamos os discentes da turma teste, paulatinamente disponibilizávamos textos retirados do produto educacional divididos em tópicos pré-definidos, considerando os módulos, atividades e indagações. No primeiro momento os questionamos acerca da intensidade de energia irradiada por uma lâmpada incandescente, - O material teórico exibido aos alunos está contido no anexo A - e que fizessem uma associação das zonas/cores e suas respectivas energias/temperaturas emitidas, ao final deste primeiro momento uma atividade com caráter de incentivo foi dado e à medida que o assunto ia tomando corpo, atividades em forma de indagações eram repassadas aos aprendizes. Logo após iniciamos a conexão dos conhecimentos teóricos, por vezes interpretados como vindos de um mundo distante, para próximo de nossa realidade através do uso de simulador, além da construção de gráfico com o software Microsoft Excel.

A sequência didática foi dividida em seis módulos, em que cada um deles abrigava uma característica ou *modus operandi* de abordagem, como por exemplo, em um o uso do PhET , noutro construção de gráficos e assim sucessivamente. A carga horária de cada um destes é variável, dependendo do grau de dificuldade de compreensão do conteúdo ou familiaridade no uso de ferramentas digitais, porém o total recomendado são 10 horas de aplicação.

Fase de avaliação e análise do pesquisador – Logo após a aplicação do produto educacional, os mapas conceituais da turma teste e da turma controle foram colhidos e analisados para averiguar se a sequência didática contribuiu para aprendizagem dos discentes. Se os mapas conceituais da turma teste tiveram mais riquezas de detalhes e melhor refinamento em sua construção, tanto na parte conceitual quanto em sua forma, - lembrando que não existe mapa conceitual certo ou errado -. A análise detalhada dos dados coletados está presente no capítulo resultados e análises e podemos constatar que obtivemos êxito.

6.4. Descrição do material desenvolvido

O propósito do produto educacional elaborado é formular uma estratégia de ensino para que, em tempos de distanciamento social ou em quaisquer situações adversas, um docente possa através desta lecionar o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea a respeito do problema de radiação do corpo negro em turmas de segundo e terceiro ano do ensino médio, na modalidade de ensino a distância, sem encontrar grandes dificuldades, utilizando para tal o Ambiente Virtual de Aprendizagem Google Classroom e as ferramentas de ensino Phet Simulations para simulações e o Google Meet para vídeo conferências.

Primeiro, destinamos este manual didático para os professores da educação básica, afim de que munidos com ele, possam assegurar a qualidade e seu bom desempenho em cenários de ensino remoto, por vezes de difícil ambientação e engajamento por parte dos alunos. Trazemos aqui uma sugestão para que o docente possa então contornar quaisquer problemas que possam surgir. No quadro 1 a seguir se encontra a estrutura geral e objetivos alçados na presente sequência didática proposta.

Quadro 1 - estrutura geral e objetivos alçados na presente sequência didática proposta.

Disciplina: Física	Série: 3º Ano do Ensino Médio
Tema: Física Moderna e Contemporânea	Subtema: Espectro de Radiação do Corpo negro
Número de Aulas previstas: 10 aulas	
1. Conteúdo Específico:	

Revisão: influência das cores na temperatura dos corpos, Catástrofe do ultravioleta, radiação do corpo negro, cor dos corpos de acordo com valores de emissão de energia.

2. Pré-requisitos:

É proposto que os alunos tenham noções básicas sobre meios de propagação de calor, cor dos corpos por reflexão, influência das cores nas trocas de calor, ondulatória com ênfase em ondas estacionárias.

3. Objetivos:

- 3.1 Distinguir conceitos de física clássica e física moderna e contemporânea (FMC)
- 3.2 Entender como um corpo negro ideal absorve radiação e seu consequente processo de emissão
- 3.3 Inter-relacionar absorção de raios luminosos ou quaisquer ondas eletromagnéticas com o aumento de temperatura.
- 3.4 Integrar ondulatória e FMC através da emissão por cavidade.
- 3.5 Proporcionar a compreensão dos fenômenos relacionados a absorção e emissão além de sua aplicação em nosso cotidiano.
- 3.6 Averiguar a cor de um corpo por emissão. Exemplo: cor percebida da luz solar.
- 3.7 Proporcionar o trabalho em grupo e o desenvolvimento cognitivo através de situações-problema
- 3.8 Aprimorar a habilidade de manuseio de Ambientes virtuais, ferramentas computacionais, interpretação de dados e familiarização com ensino por videoconferência.

Fonte: O autor.

A seguir apresentamos um detalhamento dos módulos no quadro 2, contendo a divisão da sequência didática, resumidamente.

Quadro 2 - detalhamento dos módulos contendo a divisão da sequência didática.

MÓDULOS	TEMÁTICA	QUANTIDADE DE AULAS
MÓDULO A	Fontes de luz e de calor, tomando como base a chama de uma vela e lâmpadas incandescentes, espectro visível e influência da cor de um corpo na quantidade de energia irradiada, ondas eletromagnéticas, introdução superficial sobre o que seria um corpo negro (CN). Por final indagações são feitas para os alunos autoquestionarem conceitos básicos sobre o que seria um CN e os fenômenos relacionados a ele.	2
MÓDULO B	Aula sobre a teoria da radiação do corpo negro ideal, absorção e emissão, teoria de Hayleigh-Jeans, radiação por cavidade e a catástrofe do ultravioleta, Radiação Infravermelha, solução através de Planck.	3
MÓDULO C	Expressar graficamente a Lei de Planck.	1
MÓDULO D	Uso do Phet simulations para radiação do corpo negro.	1
MÓDULO E	Determinação da potência irradiada pelo Sol, lâmpada incandescente, Sirius A e pela Terra.	2

MÓDULO F	Confecção de mapas conceituais sobre a parte teórica do problema da radiação de corpo negro (PRCN).	1
-----------------	---	---

Fonte: O autor.

6.4.1. Módulo A

Aqui temos o objetivo de motivar os discentes para o estudo da Física das Radiações dos corpos, valendo-se para isto de um procedimento simples, prático e eficaz, que utiliza as colorações emitidas pela chama de uma vela. Com este fim veremos conteúdos iniciais de Física das Radiações e ondas eletromagnéticas, dentro de um contexto do cotidiano.

Logo no início e ao final do módulo A, o docente irá fazer algumas indagações (norteadoras) a fim de averiguar o grau de conhecimento dos alunos em relação à ótica da cor dos corpos, ao passo que introduz pelos mesmos métodos os questionamentos acerca do PRCN. Assim despertando a curiosidade do discente sobre o tema dos módulos seguintes.

Em seguida, apresentamos questões que podem ser adicionadas a aba “perguntas” no Google Classroom e trabalhadas no intuito de que eles busquem o conhecimento, despertando por fim o interesse do discente, associadas a uma tabela que estes relacionarão a zona/região da vela e a energia/temperatura emitida. Como exibimos a seguir.

Tabela 1 – Onde os discentes relacionarão a zona/região da vela e a energia/temperatura emitida.

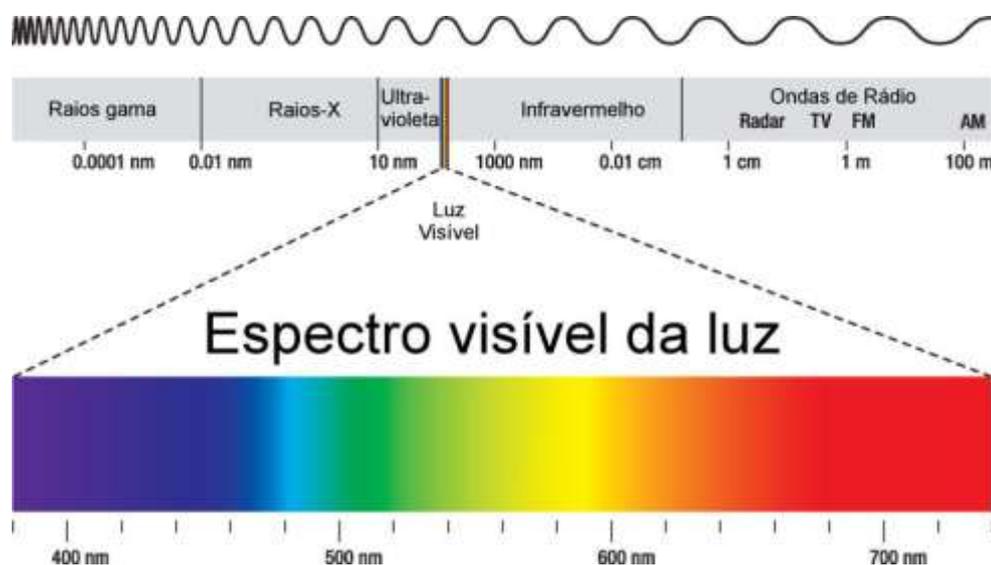
Cor da chama identificada	Temperatura	Energia

Fonte: O autor.

Logo após, sugerimos ao docente que incite o aluno para que juntamente com seus colegas do grupo ou individualmente, digam se existe alguma relação entre a cor de cada região, temperatura e energia.

Para fechamento do Módulo A é apresentado o conteúdo introdutório sobre o espectro visível da luz (figura 10) e uma discussão inicial sobre o que seria um corpo negro ideal seguido de questões para os discentes pesquisarem livremente na internet, no intuito de despertar sua curiosidade e seu “lado pesquisador”.

Figura 10 – Espectro de luz visível.



Fonte: <<https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>>. acesso as 8:55 do dia 23/10/2020.

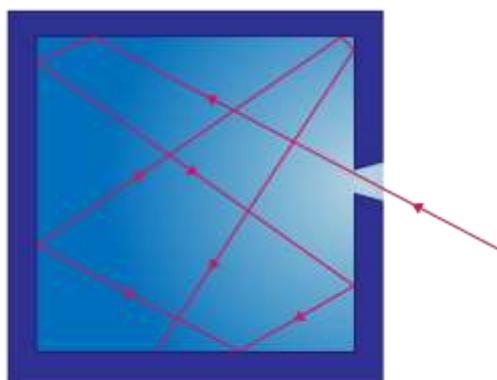
6.4.2. Módulo B

Logo após a aplicação das indagações e das discussões sobre as respostas dos discentes acerca do módulo A, recomendamos que o docente inicie a exposição do conteúdo introdutório sobre radiação do corpo negro ideal de maneira teórica: processos históricos, evolução, até abordar a teoria de Reilygh-Jeans e a própria catástrofe do ultravioleta, somada as dissonâncias entre a física clássica e tal teoria.

Prosseguindo com indagações mais aprofundadas, agora sobre o corpo negro ideal envolvendo conceitos de ondulatória, para assim se dar ao longo do processo de maneira formativa e não apenas nos primeiros momentos ou no desfecho.

Falaremos, em seguida, sobre a cavidade como um experimento que se aproxima da realidade científica comportamental do corpo negro ideal, fruto da transposição didática, trazemos as discussões para algo mais comum a nossa realidade, tomamos uma caixa oca de paredes opacas com um pequeno orifício em uma de suas faces como representada na figura 11, a seguir.

Figura 11 – Modelo de cavidade com orifício.



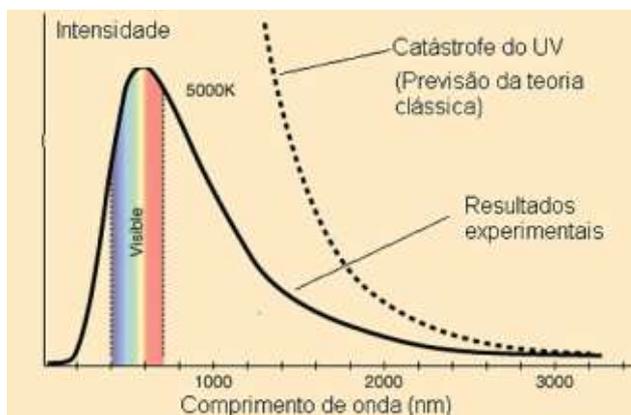
Cavidade com orifício

Fonte: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1971-6.pdf>. Acesso as 10:08 do dia 25/10/2020. Autor: Professor Dr. Elton Malta Nascimento.

No momento posterior, para enaltecermos o desenvolvimento histórico-científico dos conceitos, apresentamos no tópico 1.2.2 *A catástrofe do Ultravioleta* no produto educacional, em que tomamos como “gancho” o experimento da cavidade com orifício. Iniciamos expondo que a equação de Wien se ajusta para altas frequências e a lei de Rayleigh para baixas frequências. Diante disto Wien, de maneira empírica, elaborou uma equação que adaptava uma proporcionalidade entre frequência e temperatura absoluta, quando o corpo negro emite radiação de intensidade máxima. O problema todo surge, quando a equação é utilizada para descrever raios ultravioletas, pois a emissão tende para o infinito, como vemos na

figura 12, e isso não tem sentido algum. Logo essa discrepância foi denominada como “**Catástrofe do ultravioleta**”.

Figura 12 – comparação entre a curva experimental e a previsão clássica.



Fonte: https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf. Acesso as 11:01 do dia 26/10/2020.

Discutimos toda a problemática que esse momento trouxe e suas possíveis soluções através de Max Planck, preconizador da teoria de distribuição descontínua (discreta) de energia. A partir desta, a curva da solução de Planck para energia irradiada fazia sentido, pois coincidia com a curva experimental.

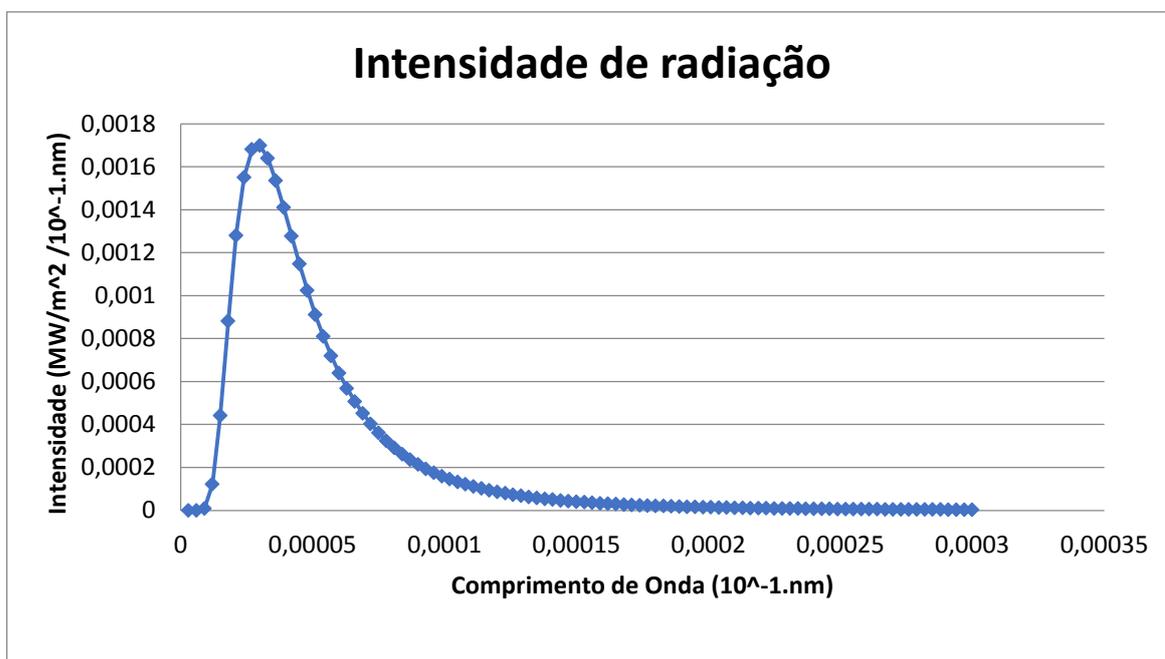
Encerramos o módulo B com mais algumas indagações, desta vez, mais aprofundadas, para assim fornecemos um terreno propício para amadurecimento futuro de subsunçores adequados.

6.4.3. Módulo C

Neste módulo iremos propor que os discentes utilizem o construtor de tabelas e gráficos Microsoft Excel para demonstrar a Lei de Planck. Para isto apresentamos fórmulas e explicações (um passo-a-passo) detalhadas de como fazê-lo. Ao final, o docente terá em suas mãos o exemplo do que seria o gráfico correto (figura 13) a surgir após seguir as etapas instrucionais, o exibimos a seguir:

O gráfico plotado deve ter a seguinte forma:

Figura 13 – Gráfico gerado pelo Microsoft Excel, que condiz com a curva experimental do problema da radiação de corpo negro.



Fonte: o autor.

Assim saberemos que as instruções foram seguidas corretamente: o Professor obteve sucesso no momento de ensinar como construí-lo e o discente êxito em sua confecção. É aconselhado que o docente, após discutir a lei de Wien e Reiligh, utilize o Microsoft Excel como instrumento de investigação por parte de seus alunos. Solicitando dos mesmos que identifiquem semelhança do gráfico plotado com aquele relativo aos experimentos.

6.4.4. Módulo D: Uso do *Phet Simulations* para o ensino do problema da radiação de corpo negro

Esperamos que o docente aborde os conteúdos de modo que os aprendizes já estejam munidos, nesta altura da sequencia didática, dos conteúdos teóricos, equações matemáticas e descrições gráficas do problema da radiação de corpo negro. No próximo passo vamos então usar da ferramenta virtual de aprendizagem

Phet simulations a fim de analisar o gráfico e valores de emissão e comprimento de onda. Para isto basta o docente acessar o site:

<<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>>. A seguinte página (figura 14) será exibida:

Figura 14 – Interface inicial do Phet Simulations.



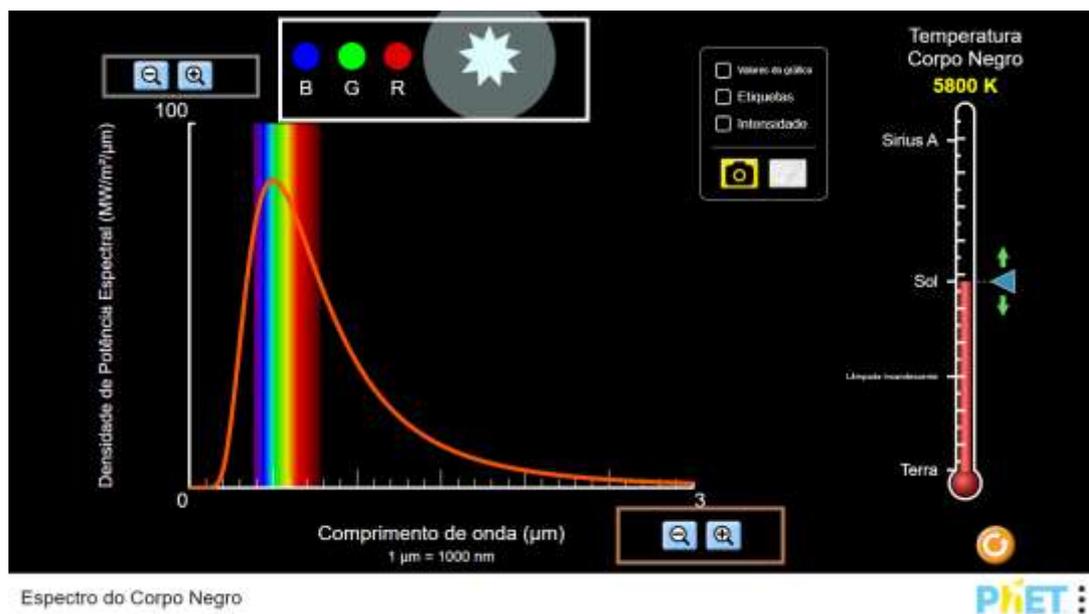
Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

Clicando no botão destacado em vermelho, uma aba específica em seu navegador abrirá na tela o simulador que gerará o gráfico da radiação de corpo negro, contendo os eixos coordenados que regulam a densidade de potencia e a emissão da corpo do corpo.

O objetivo deste módulo é fazer com que o discente manipule as variáveis de **densidade de potencia espectral vs. Comprimento de onda** e conteste as relações entre potência irradiada pelo Sol, pela estrela Sirius A, na superfície do planeta Terra e por uma Lâmpada incandescente com suas respectivas correlações com suas cores emitidas. Na secção retangular em branco, exibida na figura abaixo, vemos o sistema RGB, que remete as cores Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue), que compõem as demais. Variando a temperatura absoluta (T), modificamos

os valores nos eixos da abscissa e ordenada, além da cor emitida que é apresentada no círculo com uma figura em forma de estrela em interior, no momento desta captura de tela (figura 15) vemos a cor branca.

Figura 15 – Descrições da função de zoom e de luz emitida.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

6.4.5. Módulo E: Determinação da potência irradiada com o auxílio do *PHET Simulations*.

Colocamos à mesa toda sorte de conhecimentos expostos neste trabalho, a fim de unifica-las no uso da resolução de problemas que envolvam cálculos sobre potencia irradiada e sua ratificação através do uso do *PhET simulations* dentro desta secção. Por exemplo:

Esta estrela anã amarela tem idade estimada em cerca de 4,6 bilhões de anos, alguns cientistas afirmam que levará cerca de 6,5 bilhões de anos para se transformar em uma anã branca. Com seu campo gravitacional poderoso o período de rotação no equador é de 25 dias terrestres e nos polos salta para 36 dias. Em sua superfície a temperatura média é de 5 800 Kelvin. Para um astro como esse qual potência é irradiada em sua superfície?

Apresentamos a resolução detalhada para o entendimento do docente e para que ele explique aos aprendizes:

Para isto vamos nos lembrar da expressão (4), Lei de Stefan:

$$I = \frac{P}{A} = P = \sigma T^4 \quad (18)$$

Onde:

I é a intensidade luminosa;

P a potência total irradiada;

T é a temperatura absoluta;

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

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:

$$P = \sigma T^4 \quad (19)$$

Substituindo os valores de $\sigma = 5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg.s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

A temperatura absoluta $T = 5800 \text{ K}$. Assim fazemos:

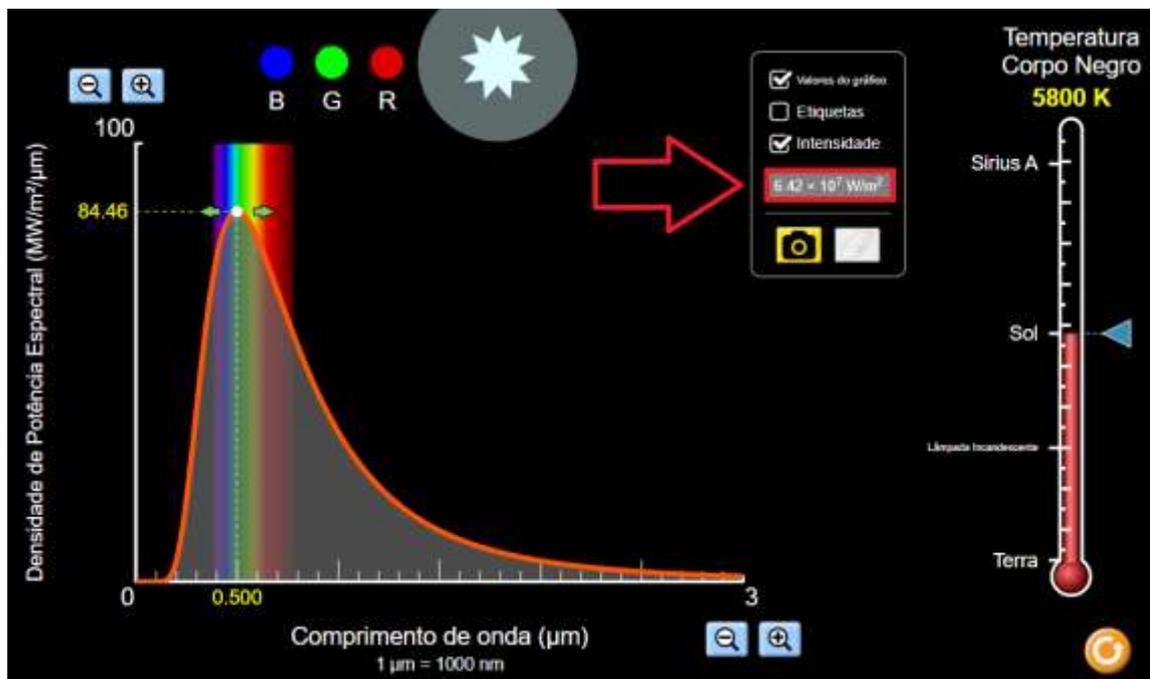
$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (5800 \text{ K})^4$$

$$P = 6,4169 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$$

$$P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$$

Agora compararemos com o valor dado pela simulação exibida na figura 16, na busca de utilizar todos os conhecimentos adquiridos com a mesma finalidade, interpretar alinhado aos conhecimentos científicos sobre a radiação emitida por um corpo negro ideal:

Figura 16 - a potência irradiada pelo Sol de acordo com o Phet Simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 7:27 do dia 29/10/2020.

A simulação nos forneceu um valor de $P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$ e em nossos cálculos $P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$. Obtivemos êxito em nossa demonstração.

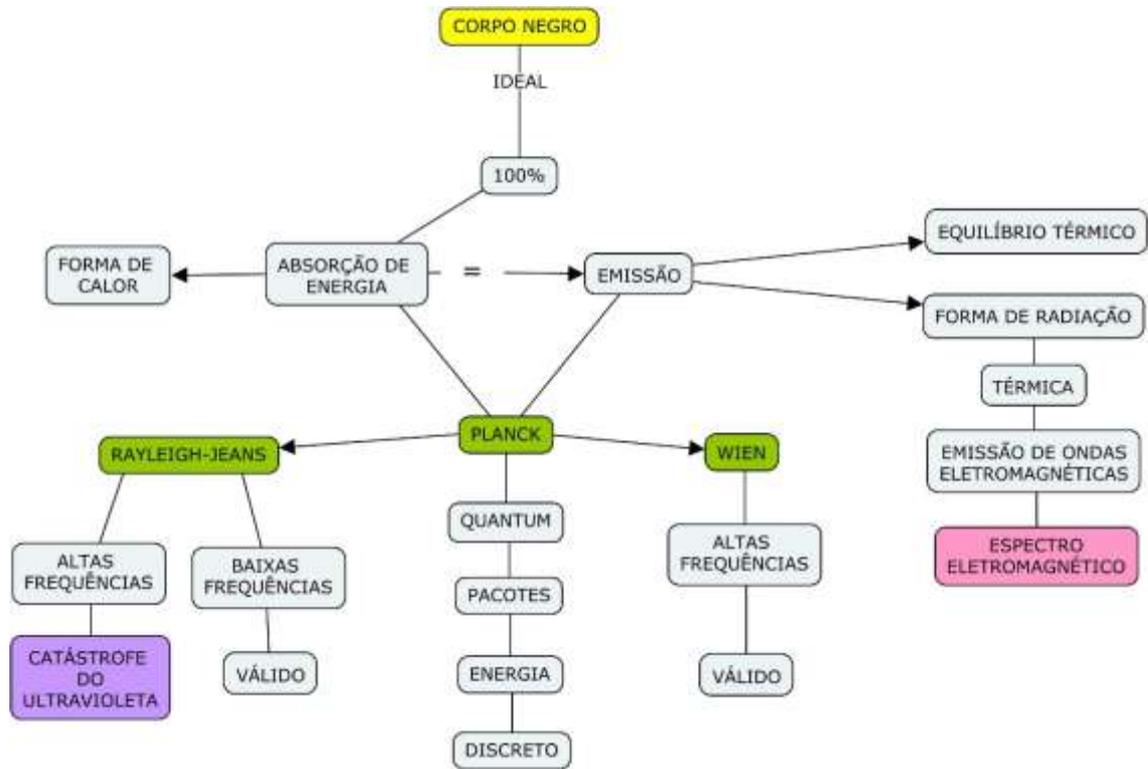
Aqui o aluno manipula as variáveis, observa o gráfico e conclui olhando para a cor emitida as relações com o mundo ao seu redor, construindo um aprendizado com significados, pois se torna “o pesquisador” ou agente ativo do processo.

6.4.6. Módulo F: confecção de mapas conceituais sobre a parte teórica do problema da radiação de corpo negro (PRCN)

Nesta etapa o docente poderá utilizar-se de um mapa conceitual para avaliação diagnóstica. Ele é concebido para representar um conjunto de conceitos entrelaçados, no intuito de estruturar o conhecimento sobre determinado assunto e assim verificar como está organizada a estrutura cognitiva dos alunos. O professor/avaliador poderá analisar a profundidade e a extensão dessas estruturas. Ali serão indicadas as correlações entre conceitos interligados por conectivos. Conceitos estes expressos por palavras-chave ou vocábulos e direcionados por setas ou traços que farão ligação entre eles. Indo do conceito mais geral até o mais particular, porventura objetivando a inclusão e facilitação de construções de noções de maneira significativa.

Munidos de toda sorte de informações básicas sobre o Problema da Radiação de Corpo Negro, o aluno agora passará por uma avaliação da aprendizagem. Os conhecimentos teóricos adquiridos serão utilizados para confecção de mapa conceitual (MC). A sugestão que fazemos é que o docente exponha ao alunado o subtópico “Bônus 2” contido no produto educacional, explicitando como produzir um MC e enumere palavras para facilitar que o discente obtenha êxito em sua produção, como por exemplo: *ideal, absorção, emissão, planck, Rayleigh-Jeans, Wien, altas frequências, baixas frequências, espectro eletromagnético*. Se os alunos da turma teste conseguirem produzir um MC com teor e forma superior ou próximo ao apresentado na figura 17, ou superior aqueles produzidos pela turma controle, podemos dizer que o aprendizado foi satisfatório e/ou que os alunos obtiveram um bom entendimento dos conceitos abordados quando submetidos a aplicação deste produto educacional.

Figura 17 – Mapa conceitual de referência para avaliação da aprendizagem.



Fonte: o autor.

Por final abriremos um tópico instrutivo de como o docente poderá criar uma turma virtual no Google Classroom, abrangendo tópicos para atividades e materiais específicos e suas possibilidades, para que munido desta informação, ele possa trabalhar no citado ambiente virtual satisfatoriamente.

7. Resultados e discussões

Aqui apresentamos os resultados obtidos nesta pesquisa de dissertação, ao passo em que fazemos uma análise detalhada da investigação proposta. O objetivo é averiguar as potencialidades de uso do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) Google Sala de Aula e dos recursos educacionais computacionais (REC's) sejam simuladores como o PHET simulations ou de videoconferência, no nosso caso o Google Meet. Todos estes com o intuito de ensinar Física prioritariamente em tempos de distanciamento social ou ainda nos casos em que existam cursos básicos ofertados remotamente para pessoas localizadas em regiões de difícil acesso, que tenham problemas de mobilidade ou que dispõe de curto tempo para um horário regular de aulas.

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

A presente pesquisa qualitativa reuniu 27 alunos: 12 destes do segundo ano do Ensino Médio – 3 alunos reservados para a turma teste e os demais para a turma controle – e 15 do terceiro ano do Ensino Médio – onde 3 integraram a turma teste e os demais a turma controle –, ambas, tendo aulas na modalidade remota em uma escola particular de Maceió, estado de Alagoas e o conteúdo base desta dissertação ministrado entre os meses de novembro e dezembro do ano letivo de 2020.

Trazemos *paripassu* a análise e as discussões sobre cada questionário, ou conjunto destes que sejam similares e pré-testes feitos com atores das turmas alvo, para proporcionar a melhor compreensão por parte do leitor. Vale ressaltar que cada um destes testes, principalmente os iniciais foram elaborados com o intuito de incentivar o alunado a pesquisar na internet, se engajar e trazer à tona um conhecimento próximo daquele preterido cientificamente para obtenção dos conhecimentos necessários ao entendimento do tópico pontual de FMC. Já as atividades avaliativas finais, trazem o intuito de avaliar de maneira criteriosa o que os alunos conseguiram compreender, logo após então comparar com os resultados dos alunos da turma regular que tiveram acesso a apenas uma ou duas páginas de

conteúdo, disposto pelo módulo, ou seja, um livro texto padrão para o ensino. Será que os alunos que viram todas as páginas escritas neste produto educacional tiveram uma compreensão melhor do tema do que aos alunos da turma regular? vamos averiguar!

7.1. Ambientes virtuais de aprendizagem e recursos computacionais para o ensino de FMC: ponto de vista do professor.

Como o material que compõe o produto educacional cerne desta dissertação é voltado para o professor, esclareço aqui alguns pontos.

- i) Durante a aplicação do produto educacional os alunos já tinham familiaridade com o mundo da internet, aplicativos de sites e jogos, redes sociais e afins. Dispunham ainda de acesso à internet banda larga domiciliar. Porém dentre os seis discentes da turma teste, apenas dois dispunham de computador em casa, os demais não, ou seja, para a maioria dos alunos o *mobile learning* era o meio chave para acesso ao conteúdo, seja pelo preço de compra ou pelo aparelho ser de fácil manuseio e comandos gráficos de rápida identificação.
- ii) Além disto, os alunos detêm um módulo em que os conteúdos são vistos com rigor matemático, durante o segundo ano do ensino médio são vistos tópicos relativos à primeira, segunda e introdução a terceira série. Já a terceira série consegue dentro do ano letivo resumir, visitar e treinar questões de todo assunto do Ensino Médio, desde a cinemática até a FMC, por isso percebi uma grande facilidade de assimilação do conteúdo de física abordado, apesar de ser um ramo incomum de pensamento dissociado em parte da chamada Física Clássica.
- iii) Notamos também que apesar de alunos estarem familiarizados com a web, navegadores, sites de redes sociais e até aplicativos mobile de edição de textos, fotos e vídeos, uma grande dificuldade surgiu quando o assunto era manuseio de programas voltados a edição de textos e gráficos. Para edição de textos o programa recomendado foi o Microsoft

Word. Para edição de gráficos, aquele que apontamos como o melhor para esta pesquisa foi o Microsoft Excel. Em ambos, os alunos precisaram de uma explicação a mais de como proceder o manuseio, nisto foi maior a demanda de tempo e readequação de carga horária no quadro de planejamento dos módulos. Acredito que num contexto temporal próximo daquele em que redigimos essa pesquisa, o professor que aplicar este material também perceberá tal nuance: grande habilidade prática do uso de smartphones e acentuada dificuldade para os atores produzirem algo nos microcomputadores.

Acreditamos os Professores de Física não encontrarão dificuldade em entender o conteúdo formalizado no produto educacional, pois nos preocupamos em modelar um texto com uma escrita tão acessível, ao ponto de se tornar inteligível a todos os públicos, não só para professores como também para alunos, apesar de o material ser voltado para o primeiro grupo. Trazemos à baila o contexto histórico, avanços e dificuldades nas formulações de teorias do PRCN, as implicações no meio científico e ainda a nossa audácia em mencionar e utilizar as equações matemáticas de Wien, Rayleigh e Planck como cereja do bolo, detalhadas e com explicações incisivas e transpostas didaticamente para um nível e linguajar que se adequasse a turma-alvo de discentes e a uma gama maior de profissionais que lecionem o conteúdo.

Os alunos aqui não serão identificados pelos seus nomes e sim por pseudônimos como: ALUNO A, ALUNO B, ALUNO C e assim por diante. Houveram cinco fases de avaliação, as três primeiras fases não tiveram o intuito principal de acrescentar nota, mas sim de incentivar o alunado a pesquisar sobre o conteúdo, impulsioná-los a conhecer, despertar a autonomia e trazer para as aulas seus conhecimentos buscados frente a sites, livros, redes sociais, sobre o tema, para assim acrescentar a visão científica aos seus conhecimentos prévios. Depois das duas primeiras fases, unimos os alunos A, B e C para compor um trio e assim facilitar a análise além de deixá-lo mais breve e conciso, formando então o trio de alunos do terceiro ano médio. Fizemos o mesmo com os alunos D, E e F, somados compõe o trio de alunos do segundo ano médio. Vamos agora analisar cada etapa das avaliações de incentivo e diagnosticas – chamadas assim, pois, além do

incentivo, podemos acompanhar o crescimento do rendimento de cada ator.

Quadro 3 – Teste 1: primeiras perguntas destinadas aos discentes da turma teste.

i) Tente estabelecer em que parte da chama – superior, inferior ou intermediária - temos maior energia e a que temos menor energia.
ii) Existe relação entre as cores e a energia irradiada pela chama de uma vela e sua frequência ou comprimento de onda?
iii) A luz é uma onda eletromagnética? Quais suas características?
iv) Uma onda eletromagnética transporta energia através de um meio material.

Fonte: O autor.

Vale lembrar que o principal intuito destas perguntas presentes no quadro 3 é incentivar os alunos na busca pelo conhecimento formal na Internet, ou algo próximo disto, para trazê-lo a debate e incrementar as aulas seguintes de modo que o aprendizado seja construído conjuntamente como podemos perceber no quadro 4 abaixo, temos um corte específico do momento de fala dos discentes. Em segundo plano fica uma avaliação do desenvolvimento, mas sem atribuição de pontuação, para que possamos acompanhar a evolução do discente até o fechamento das aulas ministradas durante esta pesquisa. Vamos analisar os argumentos dos atores do 3º Ano médio.

As respostas para a primeira bateria de testes estão elencadas no quadro 4, a seguir.

Quadro 4 – respostas das perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 3º ano médio.

ALUNO A 29 de nov.

- I. A parte mais quente e de maior temperatura é a de cor amarela alaranjada, a intermediária seria a laranja e a azul a parte fria (de menor temperatura)
- ii. Sim, cada cor tem um comprimento de onda que determina a frequência e o λ
- iii. Sim. Precisa de um meio para se propagar, tem campos elétrico e magnético oscilando entre si
- iv. Sim, transporta energia, só não transporta matéria

ALUNO B 26 de nov.

- i: quando a chama esta amarela, porque há uma obtenção devido à pequena quantidade de ar, chama tende a ser fria. ja a chama azul, há uma obtenção devido a regulagem de um gás, a chama tende a ser quente.
- ii: sim, a chama de uma vela, por exemplo, tem muito calor e forma ondas de luz com muita energia.
- iii: a luz é um tipo de onda eletromagnética visível, formada pela propagação em conjunto de um campo elétrico e um magnético. As características são a velocidade, amplitude, frequência e comprimento de onda.
- iv: a onda é formado por campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si, além disso, não precisa de um meio material para propagar-se.

ALUNO C

28 de nov.

1- Tente estabelecer em que parte da chama - superior, inferior ou intermediária - temos maior energia e a que temos menor energia?

R= Azul é a parte inferior que como vimos tem menos energia, já avermelhada tem uma relação com a base que ela é parte superior, já a amarelada é a única que tem sua maior energia então será a intermediária.

2- Existe relação entre as cores e a energia irradiada pela chama de uma vela e sua frequência ou comprimento de onda?

R= O radiotransmissor é o aparelho eletrônico gerador de onda eletromagnética, numa certa frequência, e utiliza uma antena para irradiar um sinal. A antena, feita de condutor metálico, tem a função de converter a corrente elétrica em energia radiante (onda eletromagnética) e vice-versa no caso do transceptor ou receptor. Para uma radiação eficiente da energia eletromagnética, a antena radiante deve estar na ordem de um décimo ou mais do comprimento de onda do sinal irradiado. O que explica o motivo de uma antena radiante ter uma medida de um décimo ou mais do comprimento de onda do sinal recebido.

radiação eficiente da energia eletromagnética, a antena radiante deve estar na ordem de um décimo ou mais do comprimento de onda do sinal irradiado. O que explica o motivo de uma antena radiante ter uma medida de um décimo ou mais do comprimento de onda do sinal recebido.

3- A luz é uma onda eletromagnética? Quais suas características

R= A luz é uma onda eletromagnética, Podemos caracterizar uma onda eletromagnética da mesma forma que caracterizamos as ondas em geral: pela sua frequência f , seu comprimento de onda λ , sua velocidade de propagação v e sua amplitude. Como as ondas eletromagnéticas são transversais.

4- Uma onda eletromagnética transporta energia através de um meio material?

R= Ondas eletromagnéticas transportam energia através do espaço sem transportar matéria. Esse tipo de onda é formado por campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si, além disso, não precisa de um meio material para propagar-se.

Fonte: O autor.

As produções feitas pelos agentes terceirados demonstram que neste momento inicial o conhecimento empírico predomina seus imaginários. Por exemplo, os alunos A e C no item i, responderam que a parte azul da chama de uma vela corresponde a posição de menor temperatura, continua o aluno A

afirmando que a parte intermediária tem temperatura nem tão grande quanto a da parte superior, como também não tão pequena quanto da parte azul (inferior), supondo ainda que aquela que detém maior temperatura é a parte superior da chama (avermelhada). O aluno C nos informou que a região central da chama é a que possui maior temperatura. O aluno B, após algumas reviravoltas e explicações um pouco inexatas, chegou à conclusão de que a parte azulada da chama é a mais quente e a parte amarelada é a que possui menor temperatura.

Como podemos perceber dois alunos não fizeram a correlação entre posição na chama *versus* temperatura/energia, como se pediu: parte inferior, intermediária e superior e sim com a cor da chama da vela, possivelmente devido a figura exposta no produto educacional, o que levou a certa inexatidão na resposta do aluno B, apesar de obter êxito em afirmar que a zona azul tem maior temperatura. Percebemos que os alunos de maneira geral ora se confundiram na escrita e ora não souberam apontar a correlação de posição e/ou cor da chama e a quantidade de temperatura e energia associadas.

Um fato curioso é que quando indagados sobre o motivo de acharem a zona azulada como aquela de menor temperatura a resposta em uníssono foi: quando ensinados nas séries iniciais sobre as cores primárias, seus docentes ali afirmaram que o azul é uma “cor fria” e que o vermelho seria uma “cor quente”, assim levariam esta informação ao pé da letra até este ponto da vida, associando-a com a temperatura bem como a energia emitida. Ou seja, vemos que pela teoria ausubeliana da aprendizagem significativa, os discentes não tinham os subsunçores adequados e tiveram que ter disponíveis, conhecimentos que fizessem a interligação correta entre seus prévios estabelecidos e novos conhecimentos. Entretanto para isso vimos que a distinção dos ramos da física estabeleceu uma diferenciação entre os campos conceituais em sua estrutura cognitiva, propiciando o aprendizado de maneira significativa.

Os alunos A e B conseguiram dizer que existe uma relação entre temperatura e frequência emitida, no tópico ii, o Aluno C fez uma reviravolta mirabolante sem conseguir uma resposta coerente.

Em relação ao item iii o aluno A compreende que luz é uma onda

eletromagnética (EMG) mas não consegue descrever suas características. O aluno B afirma que a luz é uma onda EMG e é capaz de elencar características razoavelmente, bem como o aluno C.

No item iv os alunos A e C conseguiram responder com exatidão, já que é necessário que os mesmos tenham conhecimentos prévios de ondulatória e MHS. O aluno B não conseguiu responder de maneira satisfatória. Vamos agora analisar as respostas iniciais dos alunos do segundo ano médio da turma teste, veremos a seguir no quadro 5.

Quadro 5 – respostas das perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 2º ano médio.

ALUNO D 10 de dez. de 2020

I) inferior = menor energia / superior= maior

II) sim

III) Sim (n respondi essa)

IV) Sim

← Responder

ALUNO E 25 de nov.

i) Chama azul (inferior) tem menor energia; a chama mais amarelada (intermediário) tem maior energia; já a chama de cor amarela avermelhada (superior) teria energia média em relação a base e o topo.

ii) Sim, com certeza quanto mais diferente a cor é, a temperatura irá variar cada vez mais. E a cor que apresenta maior energia, terá maiores frequências e maiores comprimentos, e quanto menor a energia (dependendo da cor) menores serão suas respectivas características.

iii) Sim, pelo fato da luz estar presente em bastantes lugares. Uma característica de uma onda eletromagnética é seus polos positivos e negativos presente em muitos materiais, inclusive na terra, assim envolvendo o magnetismo.

iv) Sim, pois podemos citar algo presente a nossa volta, o ar, que de certa forma transporta as ondas eletromagnéticas.

ALUNO F 28 de nov.

i- Temos maior energia na parte inferior e menor energia na parte superior.

ii- Sim.

iii-Sim, a frequência é visível ao olhos.

iv- Sim.

Fonte: O autor.

Analisando o item i para esta turma, os alunos D e F fizeram a correlação entre região da chama, temperatura e energia. O ator D informou crer que na parte inferior a chama possui menor temperatura/energia e na parte superior uma maior quantidade de temperatura/energia. Já o ator F informou que a parte inferior tem maior energia /temperatura ao contrário da parte superior que tem menor energia/temperatura e os demais itens – ii, ii, iv – respondidos por eles apenas com “sim” e no máximo uma frase com poucas palavras, o que demonstra um caso clássico de “achismo” onde o indivíduo responde pontualmente, mas não sabe explicar detalhadamente ou de maneira satisfatória.

O discente E, conseguiu fazer a mesma correlação, informando que a parte inferior tinha menor temperatura, a parte intermediária tinha uma temperatura a sua altura e a parte superior a mais elevada. Conseguiu ainda responder os itens ii e iii de maneira convincente, porém no item iv não obteve êxito.

Entretanto ressalto novamente, essa fase do módulo 1 é meramente um diagnóstico do conhecimento discente no momento introdutório do conteúdo, somado ao acompanhamento da evolução do processo de aprendizagem no decorrer desta pesquisa. O principal intuito aqui é, através destas atividades despertar a curiosidade no alunado, para que desbravem na rede mundial de computadores sobre o tema abordado e tragam à tona o conhecimento adquirido colocando-o a disposição nos momentos de discussões que por ventura surjam nas aulas seguintes – e pelo pesquisador foram feitas a fim de que os alunos se tornem parte construtora do conhecimento e autônomos com o decorrer do tempo.

Quando foi pedida uma tabela, como complementação do teste 1, pergunta i, sobre a correlação entre cor da chama e energia, obtivemos estas respostas do terceiro ano médio estão no quadro 6 abaixo:

Quadro 6 – relação entre temperatura e energia irradiada por cada cor da chama de uma vela, 3º ano médio.

Cor da chama identificada	Temperatura	Energia
Azulado	maior	maior
amarelada	menor	menor
avermelhado	maior que amarelo	menor

Fonte: O autor.

O trio de alunos conseguiu correlacionar a parte azulada como sendo a de maior temperatura e energia. Afirmaram em seguida: na parte com tom amarelado a temperatura é menor que a azulada e a avermelhada está num patamar maior que a amarelada, ou seja, foi feita uma confusão generalizada, demonstrando falta de entendimento do conteúdo abordado. Somado a isso tudo, temos a questão de organização e formatação na complementação da tabela, que deixa a desejar, principalmente no cabeçalho “temperatura”, incluído o detalhe de que não foram pedidos os termos “maior” e “menor” e sim “intermediário”, “alto” e “baixo”.

Já os alunos do segundo ano médio responderam o presente no quadro 7:

Quadro 7 – relação entre temperatura e energia irradiada por cada cor da chama de uma vela, 2º ano médio.

Cor da chama identificada	Temperatura	Energia
Azul	Alta	Alta
Amarelo clareado	Mediana	Mediana
Vermelho alaranjado	Baixa	Baixa

Fonte: O autor.

Os alunos desta turma conseguiram obter êxito na correlação entre cor e temperatura/energia tendo ainda uma formatação satisfatória das informações. A seguir a segunda bateria de perguntas introdutórias, com objetivo de incentivar os discentes a buscarem conhecimento através da rede mundial de computadores, enumeradas no quadro 8 abaixo.

Quadro 8 – segunda bateria de perguntas destinadas aos discentes da turma teste.

i) Por que um corpo negro ideal não poderia ser visível ao olho “nu”?
ii) Existem na natureza corpos negros ideais? Se sim, cite exemplos.
iii) Existe relação direta entre a cor da luz solar com sua potência irradiada? Como poderíamos averiguar isso via Corpo Negro ideal?

Fonte: O autor.

Respostas do terceiro ano médio que constam no quadro 9:

Quadro 9 – respostas da segunda bateria de perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 3º ano médio.

ALUNO A 30 de nov.

- i. por não emitir radiação
- ii. não existe nenhum
- iii. aí eu já nao sei responder essa

← Responder

ALUNO B 27 de nov.

i: porque um corpo negro é um objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida. Um corpo com essa propriedade, em princípio, não poderia ser visto, daí o nome corpo negro.

ii: Na natureza, não existem corpos negros ideais, no entanto, existem aqueles que se aproximam bastante dessa situação, como as estrelas, capazes de absorver toda a radiação que incide sobre elas.

iii: o corpo negro absorve toda radiação, mas acho que corpo negro ideal.

ALUNO C 30 de nov.

1- Porque o corpo negro ideal não poderia ser visível ao olho nu?

R= É um objeto que absorve toda radiação eletromagnética, que nenhuma luz é refletida e nem atravessa, por isso é dando o nome corpo negro.

2- Existem na natureza corpos negros ideais? Se sim, cite exemplos.

R= Na natureza não existem corpos negros perfeitos, já que nenhum objeto consegue ter absorção e emissão perfeitas. Independente da sua composição, verifica-se que todos os corpos negros à mesma temperatura T emitem radiação térmica com mesmo espectro, que como as estrelas, capaz de absorver toda radiação.

3- Existe relação direta entre a cor da luz solar com sua potência irradiada? Como poderíamos averiguar isso via corpo negro ideal?

R= Irradiação térmica é o termo que se usa para dizer que algum corpo está sendo exposto à radiação térmica. A irradiação térmica é um dos principais processos de transferência de calor. Que o corpo negro absorve toda a radiação, que nenhuma luz atravessa e nem é refletida, sobre isso um corpo com princípio e com essa propriedade.

← Responder

Fonte: O autor.

O aluno A conseguiu dar uma resposta exata e curta ao item i da segunda atividade de incentivo. No item ii, apesar da resposta passar a impressão do ator, não foi dissertado a respeito ou aprofundada. No item iii ele não soube responder.

Os alunos B e C conseguiram dar uma resposta satisfatória aos itens i e ii, porém não conseguiram complementar a resposta do item iii, já que este possui um maior grau de abstração e dificuldade em relação aos demais itens apresentados até aqui. Para os alunos do segundo ano do ensino médio, veremos a seguir no quadro 10:

Quadro 10 – respostas da segunda bateria de perguntas destinadas aos discentes da turma teste, 2º ano médio.

ALUNO D 10 de dez. de 2020

I) um corpo negro não é visível a olho nu pois mesmo tendo formato ideal, não tem reflexão
II) Não respondi essa
III) Não respondi tbm

← Responder

ALUNO E 28 de nov.

I) Por não emitir energia e por não receber radiação, ou seja, ele não pode ser um corpo luminoso nem iluminado.

II) Acredito que não, porque se um corpo é invisível basicamente ele não existe.

III) Sim, porém não tem como relacionar o Sol com o corpo negro ideal pelo fato dele estar presente entre nós, ou seja, ele existe, diferente do que seria o corpo negro ideal.

← Responder

ALUNO F 30 de nov.

i- Por absorver toda a radiação eletromagnética.
ii- Não existe.
iii- Não, podemos averiguar por causa que o corpo negro ideal ira absorver a radiação.

Fonte: O autor.

O aluno D deu uma resposta dúbia em relação ao item i e não conseguiu solucionar os itens ii e iii. O discente E tentou através de conhecimentos claramente empiricos deduzir os três itens, porém sem sucesso em uma formulação exatamente

atrelada aos conceitos científicos que veremos futuramente. O ator F respondeu rapidamente aos três itens sem grandes explicações.

7.1.1. Indagações norteadoras

A partir de agora entramos numa fase crucial, de transição, em que colocamos a avaliação diagnóstica e de incentivo num mesmo patamar. Os discentes terão de fazer as respostas de forma mais alinhada aos conhecimentos científicos. O tópico “indagações norteadoras” traz perguntas mais sofisticadas, afim de obter respostas mais elaboradas, apresentamo-las no quadro 11 a seguir:

Quadro 11 - Indagações norteadoras.

i) Explique o que é um corpo negro ideal de acordo com o conteúdo de física visto.

ii) Duas latas de refrigerante são pintadas, uma completamente de cor laranja e outra completamente de azul. Expostas a luz solar quais destas mais elevava sua temperatura?

iii) Sabendo que a cor de um corpo está associada a frequência de luz visível que ele reflete, em relação as cores do arco-íris qual elevaria mais a temperatura de um objeto e qual elevaria menos?

iv) O ferro quando superaquecido chega ao rubro, se tornando um corpo luminoso, por que isso acontece?

Fonte: O autor.

Resposta do trio composto por alunos do terceiro ano médio no quadro 12 abaixo:

Quadro 12 - respostas dos alunos do terceiro ano médio ao tópico “indagações norteadoras”.

1- Explique o que é um corpo negro ideal?

R= Corpo negro absorver radiação de qualquer comprimento de onda da radiação eletromagnética para qualquer frequência. Corpo negro é igual um observador e um emissor de radiação.

2- Duas latas de refrigerante são pintadas, uma completamente de cor laranja e outra completamente de azul, expostas a luz sol quais destas mais elevará sua temperatura?

R= Porque a cor laranja traz as mesmas propriedades do amarelo, porém em um grau mais elevado. Sendo assim, essa cor representa energia, calor, fogo. Já o azul provoca sensação de frio e repouso, podendo dar impressão de ser refrescante se utilizada em lugares quentes. Em lugares frios, deve ser evitada pois aumenta essa sensação.

3- Sabendo que a cor de um corpo está associada a frequência de luz visível que ele reflete, em relação as cores do arco-íris qual elevaria mais a temperatura de um objeto e qual elevaria menos?

R= A cor de um corpo é composta pela a reflexão determinada pelo tipo de luz que esse corpo reflete.

4- O ferro quando superaquecido chega ao rubro, se tornando um corpo luminoso, por que isso acontece?

R= Todos os corpos que possuem luz própria são corpos luminosos que refletem a luz, como sol, vela, luz entre outros.

Fonte: O autor.

O grupo respondeu com exatidão as duas primeiras questões, porém em relação as duas últimas não chegaram a uma conclusão satisfatória, mesmo assim podemos dizer que um grande avanço aconteceu, pois foi acrescentado um linguajar científico ao vocabulário dos alunos, havendo também acerto de metade das questões, o que antes não havia na totalidade. Vamos agora a resposta do trio composto por integrantes do segundo ano médio no quadro 13:

RESPOSTAS DA ATIVIDADE DE FÍSICA

I) Um corpo negro ideal seria um corpo capaz de absorver toda radiação eletromagnética sem apresentar perdas, ou seja, é um corpo totalmente teórico, pois ele é invisível por não emitir radiação. Além disso tudo, um corpo negro é capaz de emitir e absorver radiação de forma proporcional quando em contato com o ambiente.

II) De acordo com a faixa de luz visível ao olho humano, que está relacionado a “radiação das cores”, a lata de cor azul esquentaria bem mais que a lata de cor laranja, pois dentro da faixa de luz visível, o azul estaria mais próximo do ultravioleta (alto valor de radiação, conseqüentemente maior temperatura e maior energia), já o laranja estaria mais próximo do infravermelho (baixo valor de radiação, conseqüentemente menor temperatura e menor energia).

III) As respostas estão nos extremos do arco-íris. Baseando-se na faixa de luz visível ao ser humano, o roxo elevaria mais a temperatura do objeto, enquanto o vermelho menos a temperatura do objeto.

IV) Com altas temperaturas, a barra de ferro aquece até um ponto em que ele emitirá radiação eletromagnética, virando um corpo luminoso.

Fonte: O autor.

Este grupo de alunos conseguiu chegar a uma conclusão satisfatória de todas as questões, ainda obtiveram um linguajar científico mais apurado que nas primeiras atividades, mas em relação a este último quesito, carecem de um aperfeiçoamento que com certeza obterão até os módulos finais desta pesquisa.

Na página seguinte exibiremos a quarta atividade avaliativa. Nesta etapa começamos a ser mais criteriosos, o caráter somativo começa a ser exigido em parcela maior do que o próprio caráter de incentivo, pois já vimos boa parte do conteúdo teórico e explicações sobre fenômenos. Assim a simulação computacional

serve para concretizar de maneira gráfico-experimental o aprendizado, como vemos na figura 18, a seguir.

Figura 18 - interface do Google Classroom, para o tópico de instruções para confecção do gráfico da curva experimental de Potência Irrradiada por um corpo negro ideal através do Microsoft Excel.

 **Radiação do corpo negro ideal: gráfico feito no microsoft excel** 

Thales Allan • 30 de nov. Editado às 30 de nov.

100 pontos Data de entrega: 1 de dez.

Postar o arquivo contendo o gráfico feito através das instruções da sequência didática.

Trabalho deverá ser feito em trio

Fonte: O autor.

Primeiramente vamos à resposta do trio composto por alunos do terceiro ano médio que consta na figura 19:

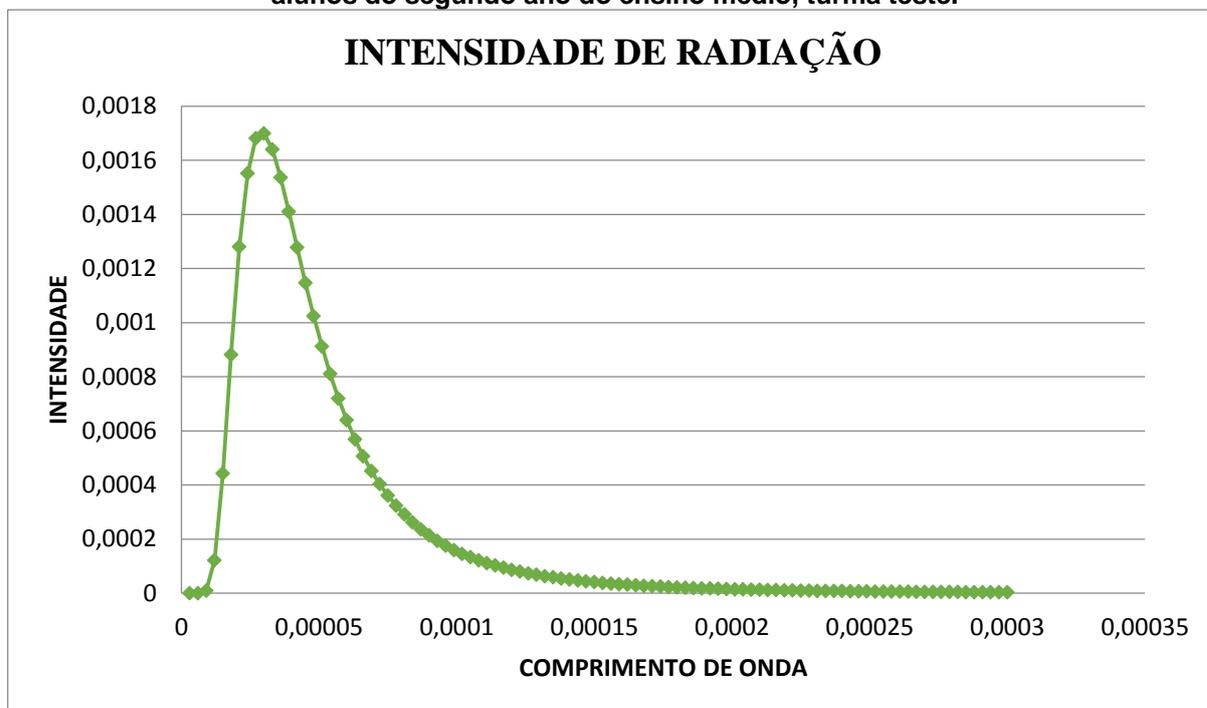
Figura 19 - Gráfico da curva experimental e da lei de Planck para o PRCN, feito pelo trio de alunos do terceiro ano do ensino médio, turma teste.



Fonte: O autor.

Em seguida a resposta do trio composto por alunos do segundo ano médio, como vemos na figura 20:

Figura 20 - Gráfico da curva experimental e da lei de Planck para o PRCN, feito pelo trio de alunos do segundo ano do ensino médio, turma teste.



Fonte: O autor.

Os dois trios de alunos conseguiram plotar o gráfico da intensidade de radiação emitida por um corpo negro ideal de maneira que atendesse as exigências do pesquisador. São similares, pois seguiram os mesmos passos, o que nos leva a crer na eficácia do texto instrutivo do respectivo módulo quando o assunto é direcionar os discentes em quais caminhos devem seguir para chegar ao resultado final.

Um fato interessante a se destacar é que ambos os grupos apresentaram um elevado grau de dificuldade no momento de utilizar o Microsoft Excel. Os atores relataram não estarem familiarizados com sua interface. Como consequência disto tivemos de aumentar a carga horária do módulo que continha esta tarefa. Após a simulação foi pedido que os discentes fizessem alguns cálculos, afim de treinar a parte matemática do PRCN e os confrontassem com os resultados experimentais obtidos no PHET simulations através de vários artifícios. Como existem valores de

potência Irradiada para determinados fenômenos, a exemplo daquela expelida pela estrela Sirius A, pedimos que os discentes, transfigurados em investigadores o fizessem como mostramos a seguir.

Agora para nos deleitarmos com os valores dados pelo simulador vamos fazer os cálculos para a potência irradiada pela Terra (temperatura de 300K), por uma Lâmpada incandescente (temperatura de 3000K) e pela estrela Sirius A (temperatura de 10 000K), considerando-os corpos negros ideais com emissividade $\epsilon = 1$. Vamos nessa!

A figura 21 a seguir contém a resposta do trio do terceiro ano médio:

Figura 21 - Resposta do trio do terceiro ano médio.

02/12/20

Física

Terra = 300K
 $P = \epsilon \sigma T^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 300^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 8,1 \times 10^9$
 $P = 4,592997210 \times 10^2 \text{ W/m}^2$

Lâmpada = 3000K
 $P = \epsilon \sigma T^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 3000^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 8,1 \times 10^{13}$
 $P = 4,592997214 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$

Sírius = 10000K
 $P = \epsilon \sigma T^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 10000^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 1 \cdot 10^{16}$
 $P = 5,670367 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$

Fonte: O autor.

Figura 22 contém a resposta do trio do segundo ano médio:

Figura 22 - Reposto do trio do segundo ano médio.

Resposta da atividade de física

1ª) $P = k_B \cdot T^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times 8,1 \cdot 10^3$
 $45,9299727 \cdot 10$
 $459,299727$
 $P = 4,59 \cdot 10^2 \text{ W/m}^2$

2ª) $P = k_B \cdot T^4$
 $P = (5,670367 \cdot 10^{-8}) \times (3000)^4$
 $5,670367 \cdot 10^{-8} \times 8,1 \cdot 10^{13}$
 $45,9299727 \cdot 10^5$
 $P = 4,59299727 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$

3ª) $P = k_B \cdot T^4$
 $P = 5,670367 \cdot 10^{-8} \times (10000)^4$
 $5,670367 \cdot 10^{-8} \times 1 \cdot 10^{16}$
 $P = 5,670367 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$

Fonte: O autor.

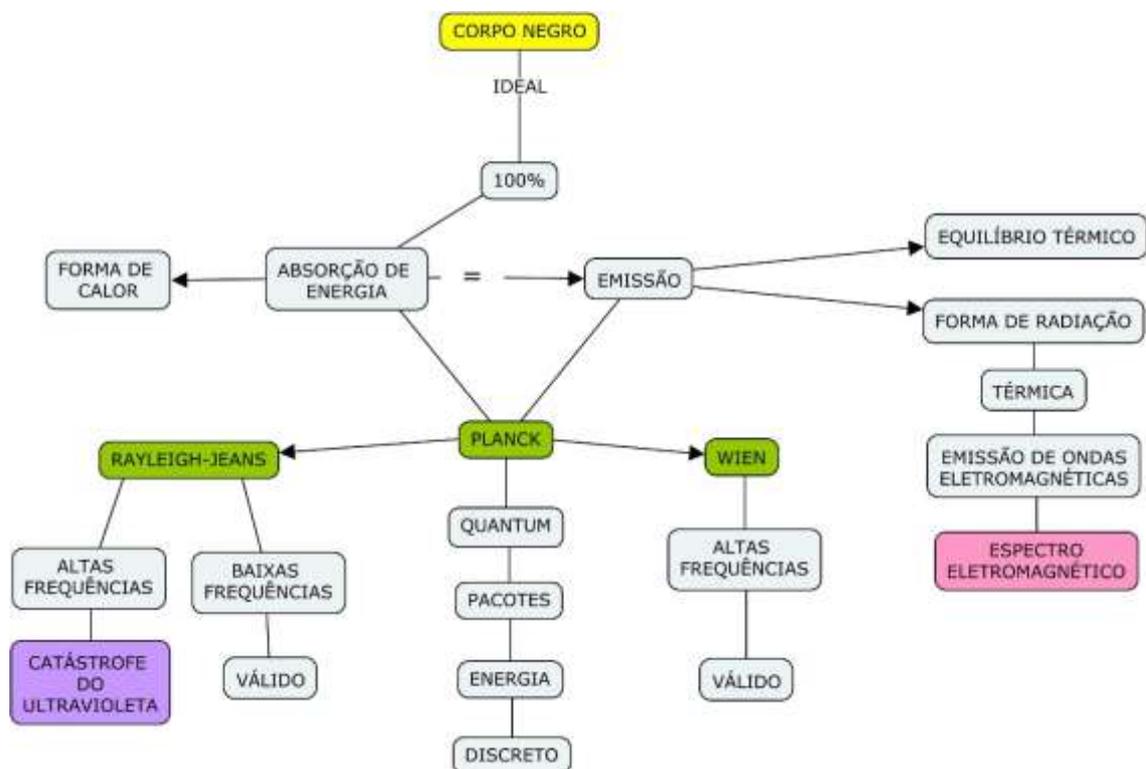
Ao final, os grupos obtiveram êxito nos cálculos. Careceram sim de um auxílio em relação as unidades de medida e algumas operações elementares, mas nada que o tornassem totalmente dependentes do Professor, maioria do tempo estavam discutindo entre si.

Como *gran finaly*, foi pedido aos trios que confeccionassem um mapa conceitual contendo tudo aquilo que aprenderam relativo a parte teorica do PRCN. Vale ressaltar que todos os alunos, tanto os da turma teste como os da turma controle sabiam como confeccionar um Mapa Conceitual. Haverá um comparativo

entre a produção da turma teste e da turma controle para sabermos se os mapas conceituais feitos pelos trios em que aplicamos a sequencia didática será superior, tanto em quantidade de informações, como em formatação e qualidade de confecção. Ressalto: este mapa conceitual é a avaliação mais importante na averiguação da aprendizagem. Fechando todos os módulos, o mapa conceitual servirá de base para o docente ter a certeza que seu objetivo foi alcançado e quando comparado com os demais mapas conceituais, aqueles da turma controle, os trios das turmas teste tendo um resultado superior a estes ou em tom de igualdade e/ou proximidade ao mapa conceitual modelo (MCM), demonstra que a sequencia didática voltada para o docente foi eficaz.

O MCM, para comparação dos trabalhos elaborados pelos trios teste e trios controle é apresentado na figura 23 a seguir.

Figura 23 – Mapa conceitual de referência para avaliação da aprendizagem.



Fonte: o autor.

Logo após veremos a interface do Google sala de aula na figura 24, espaço destinado para os alunos fazerem o upload de seus mapas conceituais.

Figura 24 - Interface do Google Classroom: instruções para upload dos mapas conceituais produzidos pela turma teste.

CONFECÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS SOBRE A PARTE TEÓRICA DO PROBLEMA DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO (PRCN)

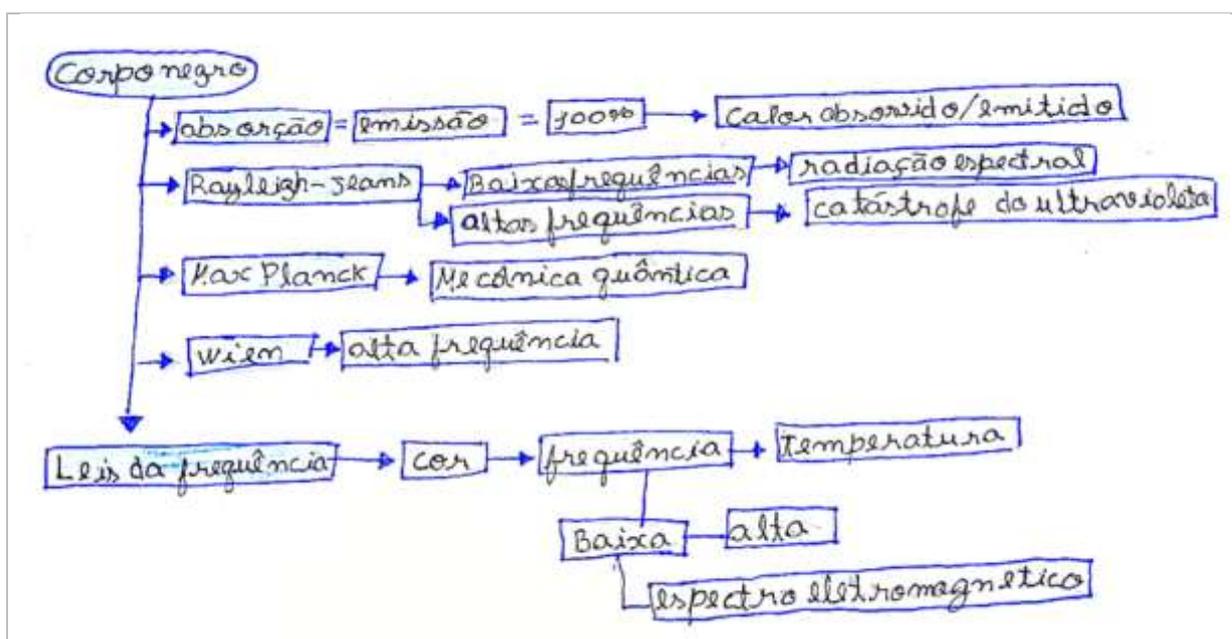
Thales Allan - 27 de nov.
100 pontos Data de entrega: 30 de nov.

A sugestão que fazemos é que o docente enumere palavras para facilitar a obtenção de êxito na produção deste, como por exemplo: ideal, absorção, emissão, planck, Rayleigh-Jeans, Wien, altas frequências, baixas frequências, espectro eletromagnético. Se o aluno conseguir produzir um mapa conceitual próximo ao apresentado logo após, podemos dizer que o aprendizado foi satisfatório e/ou que o aluno teve um bom entendimento dos conceitos abordados.

Fonte: O autor.

Resposta dos alunos do terceiro ano médio na figura 25:

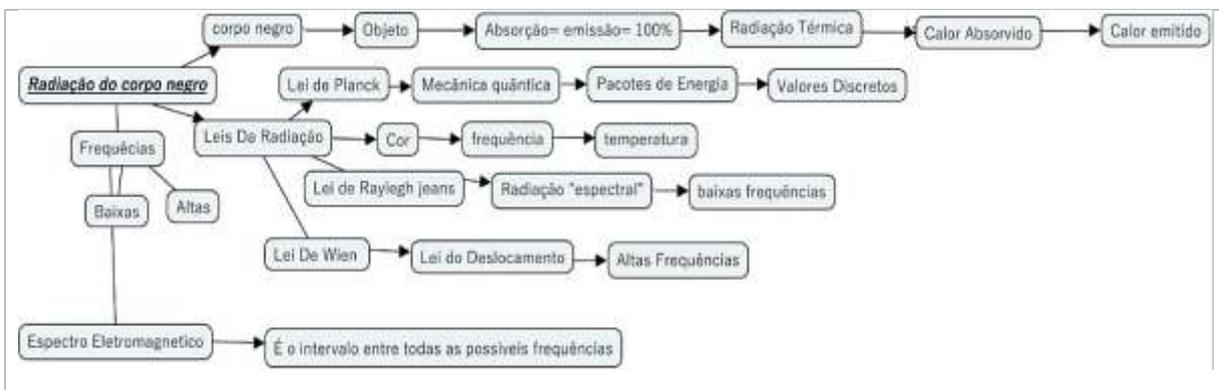
Figura 25 - Mapa conceitual produzido pelo trio de alunos do terceiro ano médio, turma teste.
Fonte:



O autor.

Figura 26 abaixo, contém a resposta dos alunos do segundo ano médio:

Figura 26 - Mapa conceitual produzido pelo trio de alunos do segundo ano médio, turma teste.



Fonte: O autor.

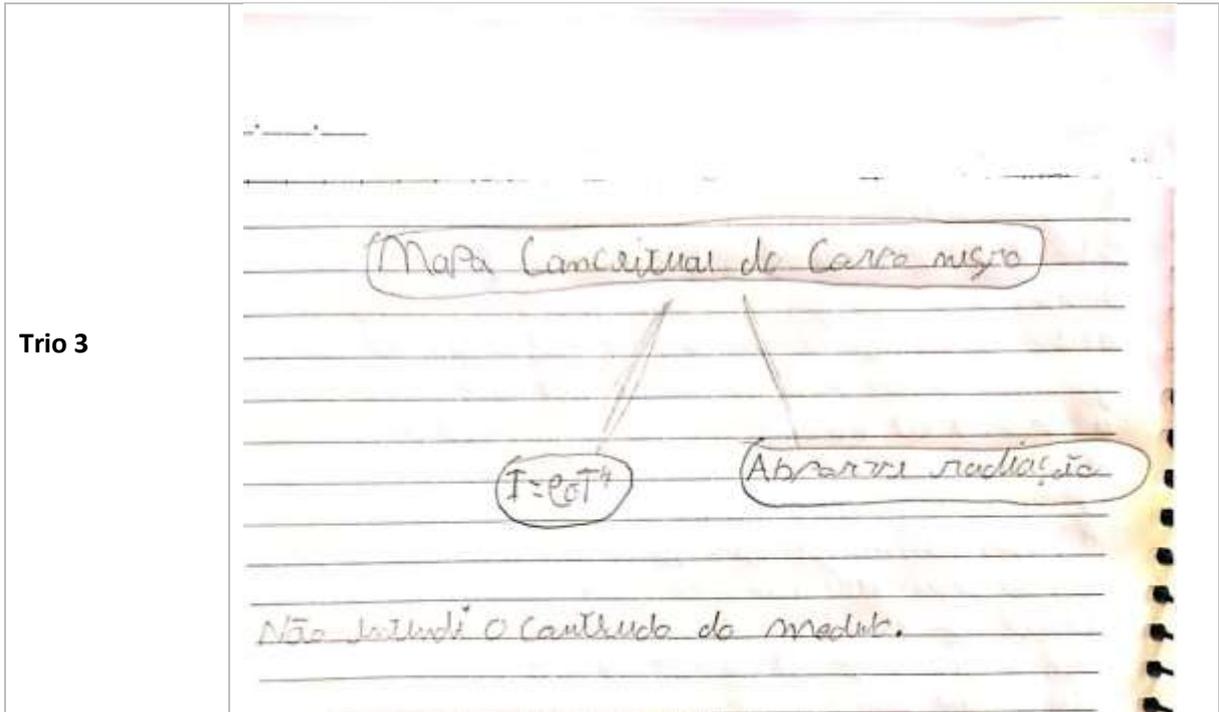
Quando comparados ao MCM, que para nós autores é aquele que engloba uma boa quantidade dos conteúdos vistos e que fazem uma sequência coesa e concisa, os trabalhos dos discentes se mostram em conformidade com o esperado pelo pesquisador para um marco de sucesso e ótimo aproveitamento.

Reunimos em seguida trios de alunos que não tiveram acesso às aulas remotas com o material didático da pesquisa de dissertação, apenas com o conteúdo do livro didático, que ao todo reúne pouco mais de uma página, ou seja, para nós insuficiente para um bom entendimento do PRCN. Foi recomendado que após a leitura do livro didático e explicações restritas ao que estava escrito, os alunos da turma regular traçassem um mapa conceitual com o que puderam entender, mesmo que fossem poucos conceitos assimilados. Para aqueles que não compreenderam absolutamente nada, sugerimos que escrevessem a seguinte frase: “não consegui compreender o conteúdo visto, com a quantidade de informações presentes no módulo”, ou algo similar a isto. Vamos averiguar neste momento, no quadro 14, os mapas produzidos pelos trios compostos primeiramente por alunos do segundo ano médio:

Quadro 14 - Mapas conceituais produzidos pelos alunos da turma controle, segundo ano médio.

<p>Trio 1</p>	<p>Radiação do corpo negro</p> <p>Todo os corpo emitem radiação eletromagnéticas relacionadas a temperatura</p> <p>Todo corpo tem capacidade de transmitir a energia calor.</p> <p>Eletromagnético do corpo negro, o corpo que absorve todos os radiações.</p> <p>* Pelo que li, não consegui entender isso *</p>
<p>Trio 2</p>	<p>Mapa conceitual</p> <p>Radiação do corpo negro</p> <p>o corpo que pode absorver radiação</p> <p>Estabelecida por Joseph Stefan e Ludwig Boltzmann</p> <p>$i = e da T^4$</p> <p>intensidade de radiação térmica = quanto mais a temperatura, mais será a intensidade da radiação. (T = 1)</p>

Trio 3



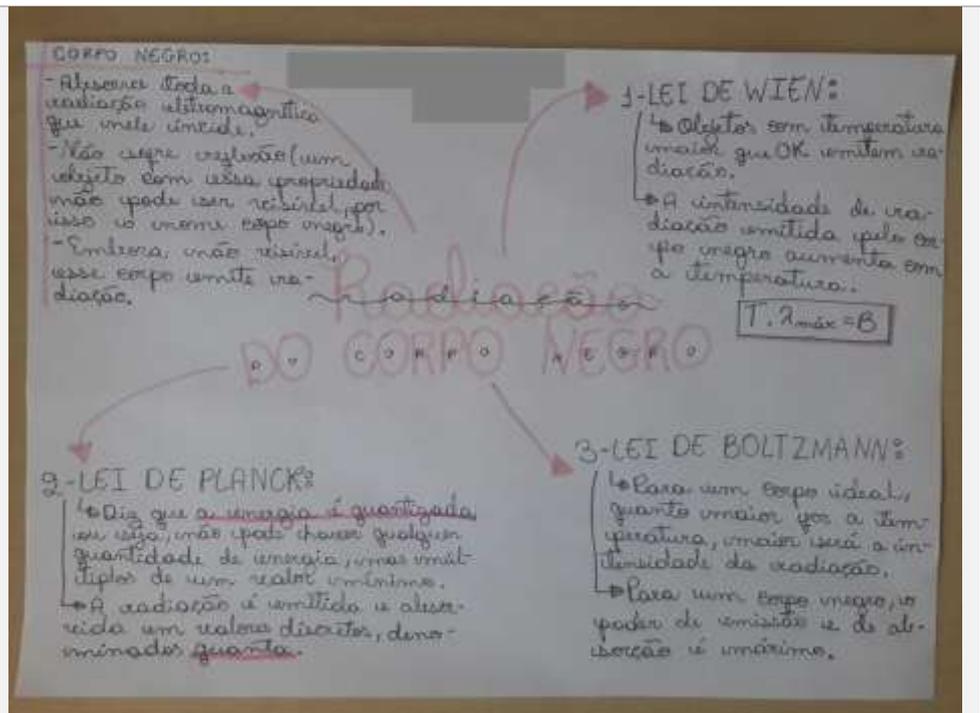
Fonte: O autor.

Podemos ver claramente que os dois primeiros grupos de alunos fizeram mapas conceituais com escassos termos científicos ou conceitos sobre o PRCN. O terceiro grupo além de pouquíssimos termos, ainda admitiu que a quantidade de conteúdo visto foi insuficiente para uma boa compreensão, como também para produzir um mapa conceitual. Vamos agora, no quadro 15, aos trabalhos produzidos pelos trios compostos por discentes do 3º Ano médio:

Quadro 15 - Mapas conceituais produzidos pelos alunos da turma controle, terceiro ano médio.

<p>Trio 4</p>	
<p>Trio 5</p>	
<p>Trio 6</p>	

Trio 7



Fonte: O autor.

Os quatro grupos nos fazem trazer à baila observações curiosas acerca de seus produtos. O trio 4 fez uma espécie de “mapa conceitual”, porém primeiro ao invés de palavras-conceito interligadas, substituíram-nas por pequenos textos, nos induzindo a levantar duas hipóteses: a primeira é de que eles não entendem muito bem a definição do que é um mapa conceitual, mas apenas parte do processo de produção deste. A segunda hipótese: podem não ter compreendido o conteúdo de física Moderna e contemporânea visto, pois ao invés de colocarem o que entenderam através de termos e conectivos, apenas fizeram uma mera transcrição do módulo de ensino que dispunham naquele momento.

Os trios 5 e 6, meramente puseram o texto tradutor da sensação de boa parte do público que passava por este teste: não assimilaram o conteúdo. O trio 7 traz um “mapa conceitual até robusto, porém esbarram em duas situações já citadas aqui neste tópico: o mapa conceitual não foi feito com palavras-chave ou conceitos, temas, enfim, mas sim grandes textos sendo puramente reescrito do módulo de estudos, ou seja, fizeram uma transcrição apenas colocando linhas que interligavam parágrafos ao tema “radiação do corpo negro”.

Por ventura, pudemos perceber que os alunos da turma-controle não conseguiram de fato abstrair os conteúdos do módulo disponibilizado pela escola em que aplicamos esta pesquisa, devido a quantidade de texto ser pouco mais que uma página. O outro fato é que não conseguiram fazer um mapa conceitual por não saberem com exatidão como produzi-lo.

Já os alunos da turma teste, que foram expostos as explicações do professor e ele a esta a sequência didática - produto educacional desta pesquisa de dissertação -, que por ventura em suas mãos, pode servir de base ao ensino, conseguiram compreender os conceitos, a parte matemática, além de obter sucesso no manuseio de simuladores, ambientes virtuais e plataformas de videoconferência, ou seja, não só a quantidade de informações, mas a amplitude e diversidade de meios, métodos e tecnologias fizeram com que a sequência didática lograsse êxito em seu objetivo, destacando a grande distância entre o aprendizado dos alunos da turma teste e da turma controle.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação é parte integrante do trabalho de dissertação de mestrado do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), vinculado a Sociedade Brasileira de Física (SBF), pertencente ao polo 36, Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas (IF-UFAL).

Diante do cenário pandêmico atual, que através dos protocolos sanitários requisita o distanciamento social para conter a disseminação do coronavírus, trazemos ao público esta dissertação que contém um produto educacional elaborado em forma de estratégia de ensino para que um docente possa através desta, lecionar o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea a respeito do problema de radiação do corpo negro em turmas de segundo e terceiro ano do Ensino Médio, na modalidade remota. Utilizando para tal o Ambiente Virtual de Aprendizagem Google Classroom e as ferramentas de ensino Phet Simulations para simulações e o Google Meet para webconferências.

Primeiro, destinamos esta sequência didática para os professores da educação básica, afim de que munidos desta, possam assegurar a qualidade e seu bom desempenho em cenários de ensino remoto, por vezes de difícil ambientação e engajamento por parte dos alunos. Trazemos aqui uma sugestão para que o docente possa então contornar quais quer problemas que possam surgir. Levamos em consideração a latente dificuldade dos professores em desenvolver boas aulas por meio de videoconferência, seja por falta de tempo devido à excessiva carga horária de aulas, desconhecimento de métodos didáticos eficazes, da importância do PRCN, ou ainda a deficiência de aptidão com o ensino mediado pelo computador.

Por que escolhemos a radiação do corpo negro como tema físico para nosso produto educacional? Notamos a culminante carência de sequencias didáticas destinadas particularmente ao docente, que venha a ministrar uma aula com o tema: *O problema da radiação de corpo negro*. A escola tendo a função de formar o homem para exercer a cidadania em seu cotidiano tem falhado. As metodologias empregadas não tem atendido a necessidade de capacitar os indivíduos para intervir de modo eficaz na sociedade contemporânea (JUNIOR & CRUZ, 2009). Pois os currículos escolares permanecem inalterados, presos ao tradicionalismo em sua

estrutura básica, dando foco a listas de exercícios e ao chamado mecanicismo, introduzido pelo behaviorismo, muito popular na Física, sendo estes anseios – de ensino mecânico não interagente com os acontecimentos atuais – alheios aos da sociedade (TERRAZAN E STRIDER 1997, *apud* BORGES, 2005). Por vezes dando enfoque aos conteúdos mais requisitados em testes e vestibulares, deixando de lado o aspecto de formar o cidadão para o mundo em que vive, com suas peculiaridades culturais, tecnológicas e sociológicas.

Dentro do campo de estudos da FMC, destacamos o tema da presente dissertação: **O problema da radiação de corpo negro**. Este conteúdo além de ter um teor riquíssimo quanto ao limítrofe da Física Clássica no que concerne a descrição de fenômenos, por vezes até se utilizando de conceitos desta, fez surgir dentro de sua problemática o encaminhamento histórico para o desenvolvimento da Física Moderna e mais especificamente os primórdios da Mecânica Quântica. Ou seja, estamos tratando de um problema que além de ter sua sutileza matemática e física, traz a tona os processos históricos de construção do conhecimento, que nem sempre é dado por caminhos asfaltados.

A fim de acrescentar aos pares de profissionais materiais de apoio que cheguem a contribuir com a objetivação desta etapa de ensino, que tem o intuito de formar cidadãos críticos da sociedade contemporânea que emanem a vontade de conhecer e manipular a ciência por trás das tecnologias, trazemos à baila este produto educacional que aborda um tema relevante e pouco discutido em sala de aula. Além de nos ater ao conteúdo científico, vamos também construir um trabalho com propósito de despertar a curiosidade dos discentes, sua autonomia quanto à pesquisa dos temas propostos aliada a sede de aprender, ativa e progressivamente.

Diante da minuciosa análise dos resultados obtidos através do processo formativo durante a aplicação do produto educacional e da confecção dos mapas conceituais da turma teste, comparando-os com aqueles feitos pela turma controle, é possível afirmar que os alunos expostos a esta sequência didática e todo seu processo formativo conseguiram entender o tema que lhes foi apresentado. Podemos dizer até que aprenderam de modo significativo, pois além de compreender o tema, conseguiram com primazia produzir um esquema detalhado de

sua visão, que coaduna com aquela almejada pelo professor, atrelada ao entendimento mais aceito a comunidade científica.

Conseguimos despertar o interesse, a curiosidade e a vontade de fazer acontecer o aprendizado, no momento em que os discentes manipulavam variáveis e interpretavam os resultados. Estabelecemos laços e boa comunicação na relação aluno-professor, apesar de estamos lidando com plataformas virtuais de aprendizagem. Atendemos assim a proposta ausubeliana da aprendizagem com significados quando estimulamos a vontade de aprender para que eles pudessem aperfeiçoar os conhecimentos prévios sobre os conceitos abordados. Além do que, conseguimos estabelecer uma correlação entre os campos conceituais já estabelecidos e os ajustamos para interpretar aos conhecimentos inéditos, ou seja, novos campos conceituais requisitados para a compreensão da Física Moderna e Contemporânea.

9. 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.

BERNARDES, Adriana Oliveira. Videoconferência no Ensino de Astronomia: A visão de alunos da Educação de Jovens e Adultos. **Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online**, [S.l.], v. 8, n. 1, dez. 2019. ISSN 2317-0239. Disponível em: <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/anais_linguagem_tecnologia/article/view/16214>. Acesso em: 09 nov. 2021.

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/cadernospde/pdebusca/producoes_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.

CORREIO BRAZILIENSE. **Coronavírus: Veja a cronologia da propagação do vírus descoberto na China**. 29 jan. de 2020. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2020/01/29/interna_mundo,824286/coronavirus-veja-a-cronologia-da-propagacao-do-virus-descoberto-na-ch.shtml. Acesso em: 23 ago. 2021.

CORTEZ, Clenilson Alves. **Utilização do pêndulo duplo no ensino de conceitos básicos da teoria do caos determinístico no ensino médio: uma proposta de ensino potencialmente significativa**. 2019. 137 f., il. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física)—Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

COSTA, Renato dos Santos da. **As gerações da web online**. 2015. 64 fls. Dissertação (Mestrado em Novas Tecnologias Digitais na Educação) – Centro Universitário UniCarioca, Rio de Janeiro.

COSTA, Sayonara Salvador Cabral. **Modelos Mentais e resolução de problemas em Física**. 2005. 348 fls. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COSTA, Thaís. Quais são as Redes Sociais mais usadas no Brasil?. **Marketing de Conteúdo**, 2018. Disponível em: < <https://rockcontent.com/blog/redes-sociais-mais-usadas-no-brasil/>>. Acesso em: 10 jan. 2019 às 10 horas e 43 minutos.

CRUZ, Dulce Márcia. Como usar bem a videoconferência na Educação corporativa a distância. **In: ABED congresso 2003**, Belo Horizonte: ABED, 2003. p. 1-10.

CRUZ, Dulce Márcia. Educação a distância por videoconferência: como facilitar a adoção da inovação tecnológica e preparar os professores? **In: Congresso Brasileiro da Comunicação**. N. 24, 2001, Campo Grande: INTERCOM. 2001.

DARROZ, Luiz Marcelo. Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 577-580, maio/ago. 2018, Disponível em www.upf.br/seer/index.php/rep. Acesso em: 13 jan. 2021.

DELGADO, Oscar Tintorer; MENDOZA, Héctor José García. Uma aproximação das teorias de aprendizagem significativa e formação por etapas das ações mentais. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v.2, p.1 - 13, 2012.

DÍAZ, Félix. **O Processo de Aprendizagem e seus transtornos**. 1ª Edição. Salvador : EDUFBA, 2011. 396 p.

DOMINGO, Reinaldo Portal; ARAÚJO, Meire Assunção Souza. Videoconferências na Educação a Distância: reflexões sobre o potencial pedagógico desta ferramenta. **Educação & Linguagem**, v. 17, n. 2, p. 38-53, jul/dez. 2014.

DONANGELO, Raul José; CAPAZ, Rodrigo Barbosa. **Introdução à Mecânica Quântica**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009. 120 p.

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

FARIAS, Antônio Ornellas. **Fundamentos Pedagógicos à uma Educação Integrada a satisfação em conhecer**. Março - junho de 2019. 160 fls. Notas de aula.

FDR. **Formato presencial, on-line e misto: entenda a volta às aulas em Santa Catarina**. 01 fev. 2021. Disponível em: <https://fdr.com.br/2021/02/01/formato-presencial-on-line-e-misto-entenda-volta-as-aulas-em-santa-catarina/>. Acesso em: 28 fev. 2022.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Entenda o que é a Web 2.0**. 10 jun. 2006. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/informatica/ult124u20173.shtml>. Acesso em: 26 de jan. 2022.

FRANCO, Donizete Lima. **INVERSÃO DE CONTEÚDOS CURRICULARES NO ENSINO MÉDIO: O começo pelo fim e as apropriações do saber em Física**. 2018. 230 fls. Dissertação (mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade federal de Goiás, Catalão.

G1. **Coronavírus: veja a cronologia da doença no Brasil**. 06 abr. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/04/06/coronavirus-veja-a-cronologia-da-doenca-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 03 mar. 2021.

GARCIA, Paulo Sérgio; MALACARNE, Vilmar; TOLENTINO-NETO, Luiz Caldeira Brant de. O uso da Videoconferência na Educação: um estudo de caso com Professores da Educação Básica. **Revista Reflexão e Ação**, v.21, n.2, p.10-33, jul./dez 2013.

GUIMARÃES, Fernando Feliciano. **Proposta de sequência didática para o estudo da radiação do corpo negro no ensino médio**. 2018. 124 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

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.

LARA, Alessandro Luiz de; SANTOS, Sophia Feld. **Física – Estudo e ensino (Ensino Médio): Livro 4**. 1ª Edição, Curitiba: SAE DIGITAL, 2019. 94 p.

LITTO, Fredric Michael; FORMIGA, Manuel Marcos Maciel. **Educação a distância: o estado da arte**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

LOCH, Juliana; GARCIA, Nilson Marcos Dias. Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio. In: **VII Enpec**, nº 7, 2009, Florianópolis. Florianópolis: UFSC, 2009.

MACEDO-VITOR, A. D ; CORREA FILHO, J. A. . Para o ensino de radiação de corpo negro no nível médio. In: **XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2007, São Luís. Atas do XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2007.

MACHADO, Márcio Luís Barbosa. Uma aula prática de física moderna no ensino médio. 2007. 48 fls. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/2829>. Acesso em: 12 de mar. 2020.

MANACEZ, Neimar; ESTHER, Maria. Educação Especial: A formação do portador de deficiência. **Universidade Cândido Mendes**, 2003. Disponível em: <http://www.avm.edu.br/monopdf/6/NEIMAR%20MANACEZ.pdf> . Acesso em 10 jan. 2019.

MEDINA, Antonio Chacón. **La videoconferência: conceptualización, elementos y uso educativo**. 2003. Disponível em: <https://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero2/Articulos/La%20videoconferencia.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2022.

MEGGIOLARO, Graciela Paz; BETZ, Michel Emile Marcel. Ensino da Radiação do Corpo Negro em Sala de Aula. In: **Ix Anped Sul**, 2012, Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul. p. 1 – 17. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/view/591/894>. Acesso em: 21 jun. 2021.

MENDOZA, H. J. G.; DELGADO, O. T; ASSUNCAO, J. A. ; MAGALHAES, A. P. C. ; Rizzatte, M. I. Processo de assimilação na aquisição e retenção de significados segundo a Teoria de Aprendizagem Significativa. In: **Ghedin**, Evandro; Peternella,

Alessandra. (Org.). Teorias Psicológicas e suas implicações à educação em ciências.. 1ed.Boa Vista: Editora UFRR, 2016, v. 1, p. 47-58.

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

MOREIRA, Marco Antônio. **O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. 27fls, Notas de Aula.

MOREIRA, Marco Antonio; A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 7, n. 1, p. 7-29, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141212/000375268.pdf?sequen>. Acesso em: 10 abr. 2020.

MOREIRA, Marco Antônio. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. 2012. Instituto de Física - UFRGS. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.

MOURA, Ronnie Wesley Sinésio; LIMA, Rogério Rodrigues de. Mapas Conceituais para uma Aprendizagem Significativa: uma possível abordagem metodológica em Ciências Naturais. **In: ENID**. n. 2. 2013, Campina Grande. UEPB: 2013. 11 p.

NETO, José Roque Damasco; COAN, Lisani Geni Wachholz. **Fundamentos da didática das ciências e da matemática**. 2ª Edição. Florianópolis: Publicações do IF-SC, 2012. 55 p.

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.

OLIVEIRA, Carloney Alves De Fernando Silvio Cavalcante Pimentel; MERCADO, Luis Paulo Leopoldo. Estágio supervisionado em Matemática e redes sociais: o Facebook no ensino-aprendizagem. **Revista EDaPECI**, São Cristóvão-Sergipe, v.07, n. 7, p. 03-12, abril de 2011.

OLIVEIRA, Fabiana Maria Cavalcante Rêgo; PIMENTEL, Fernando Silvio Cavalcante. Observações da Interferência do Facebook na aprendizagem dos adolescentes. **Revista EDaPECI**, São Cristóvão-Sergipe, v.15, n. 1, p. 210-228, abril de 2015.

PALMERO, Luz Rodríguez. MOREIRA, Marco Antônio. Modelos Mentales vs Esquemas de Célula. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 2, n. 1. p. 77 - 103,2002.

PASSOS, José Joaquim Calmon de. Cidadania tutelada. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 7, n. 58, 1 ago. 2002. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/3196>. Acesso em: 26 jan. 2022.

POWEREDTEMPLAT. Disponível em: <https://poweredtemplate.com/pt/graphic-templates/lampada/license=free;type=word>. Acesso em: 02 jan. 2021.

PRAXEDES, **Jacqueline Maria De Oliveira**. **Contos infantis e brinquedos como Ferramentas de Ensino-Aprendizagem de conceitos de Dinâmica: uma Sequência Didática direcionada ao Ensino Fundamental e Médio**. 2019. 79 fls. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

RECUERO, Raquel. **Redes sociais na internet**. 1ª edição. Porto Alegre: Sulina, 2009.

RUSSELL, G. **Computer-mediated school education and the Web**. **First Monday**, [S. l.], v. 6, n. 11, 2001. DOI: 10.5210/fm.v6i11.900. Disponível em: <https://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/article/view/900>. Acesso em: 9 nov. 2021.

SANTOS, Andreia Inamorato dos. Educação aberta: histórico, práticas e o contexto dos recursos educacionais abertos. In: **SANTANA, Bianca; ROSSINI, Carolina;**

PRETTO, Nelson de Lucca. (org.) REA: Práticas colaborativas e políticas públicas. 1ª ed. São Paulo: Casa da Cultura digital; Salvador: Edufba. 2012.

SILVA, Ivanderson Pereira da; ROCHA, Fernanda De Burgos. Construindo comunidades virtuais de aprendizagem no Facebook. **Revista EDaPECI**, São Cristóvão-Sergipe, v.14, n. 1, p. 9-23, abril de 2014.

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.

SOUZA, Adriana Alves Novais; SCHNEIDER, Henrique Nou. Educação aberta e flexível: uso do Facebook como ambiente virtual de aprendizagem. **Revista EDaPECI**, São Cristóvão-Sergipe, v.13, n. 3, p. 403-415, dezembro de 2013.

UOL. **Cronologia da expansão do novo coronavírus descoberto na China.** 03 fev. 2020. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/afp/2020/02/03/cronologia-da-expansao-do-novo-coronavirus-descoberto-na-china.htm>. Acesso em: 05 de jun. 2021.

VERGNAUD, Gérard. Cognitive and Developmental Psychology and Research in Mathematics Education: some theoretical and methodological issues. **For the Learning of Mathematics.** FLM Publishing Association: Montreal. V. 3, N. 2, p. 31 – 41. November 1982. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40248130>. Acesso em: 07 mai. 2021.

VERGNAUD, Gérard. **Teoria dos Campos Conceituais.** Rio de Janeiro: IF/UFRJ, 1993. 26 p.

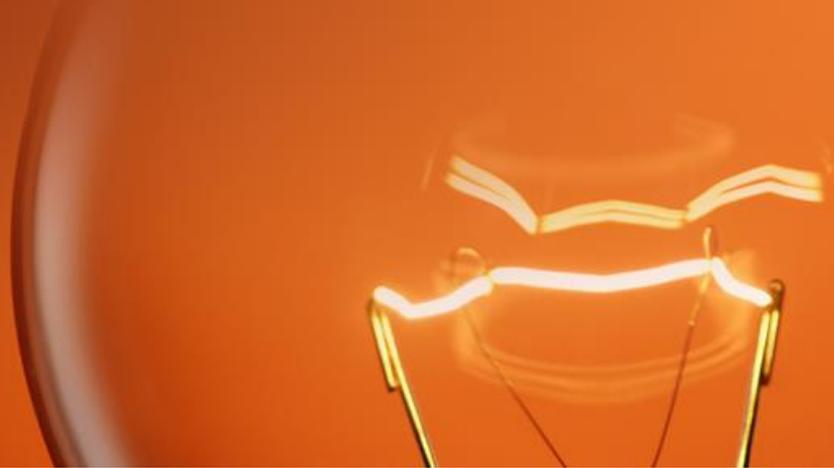
**APÊNDICE A:
PRODUTO
EDUCACIONAL**

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO PROBLEMA DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO POR MEIO DE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

**Thales Allan Santos da Cruz
Elton Malta Nascimento**

MACEIÓ-AL, 2021





Sumário

Introdução	149
Procedimentos	150
Encaminhamento Metodológico.....	153
MÓDULO A.....	153
MÓDULO B.....	160
MÓDULO C	171
MÓDULO D	180
MÓDULO E	184
MÓDULO F.....	189
Como criar uma turma no google classroom?.....	190
Como produzir um mapa conceitual?.....	194

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Câmpus A.C. Simões, Cidade Universitária. Maceió-AL.



O Propósito e o Benefício desta Sequência didática

O propósito desta sequência é formular uma estratégia de ensino, para que em tempos de distanciamento social, ou em quaisquer situações adversas, um docente possa através desta, lecionar o conteúdo de Física Moderna e contemporânea a respeito do problema de radiação do corpo negro, sem encontrar grandes dificuldades. Utilizando para tal o Ambiente Virtual de Aprendizagem *google classroom* e as ferramentas de ensino *phet simulations* para simulações e o *google meet* para vídeo conferência.

Introdução

Primeiro, destinamos este manual didático para os professores da educação básica, afim de que munidos com ele, possam assegurar a qualidade e bom desempenho do profissional em cenários de ensino remoto. Por vezes de difícil ambientação e engajamento por parte dos alunos. Trazemos aqui uma sugestão para que o docente possa então contornar quais quer problemas que possam surgir.

Procedimentos

O quadro 16 a seguir mostra a estrutura geral e objetivos alçados na presente sequência didática proposta.

Quadro 16 - Estrutura geral e objetivos alçados na presente sequência didática proposta.

Disciplina: Física	Série: 3º Ano do Ensino Médio
Tema: Física Moderna e Contemporânea	Subtema: Espectro de Radiação do Corpo negro
Número de Aulas previstas: 10 aulas	
1. Conteúdo Específico: Revisão: influência das cores na temperatura dos corpos, Catástrofe do ultravioleta, radiação do corpo negro, cor dos corpos de acordo com valores de emissão de energia.	
2. Pré-requisitos: É proposto que os alunos tenham noções básicas sobre meios de propagação de calor, cor dos corpos por reflexão, influência das cores nas trocas de calor, ondulatória com ênfase em ondas estacionárias	
3. Objetivos: 3.1 Distinguir conceitos de física clássica e física moderna e contemporânea (FMC)	

- 3.2 Entender como um corpo negro ideal absorve radiação e seu consequente processo de emissão
- 3.3 Inter-relacionar absorção de raios luminosos ou quaisquer ondas eletromagnéticas com o aumento de temperatura.
- 3.4 Integrar ondulatória e FMC através da emissão por cavidade.

- 3.5 Proporcionar a compreensão dos fenômenos relacionados a absorção e emissão além de sua aplicação em nosso cotidiano.
- 3.6 Averiguar a cor de um corpo por emissão. Exemplo: cor percebida da luz solar.
- 3.7 Proporcionar o trabalho em grupo e o desenvolvimento cognitivo através de situações-problema
- 3.8 Aprimorar a habilidade de manuseio de Ambientes virtuais, ferramentas computacionais, interpretação de dados e familiarização com ensino por videoconferência.

Fonte: O autor.

A seguir o quadro 17, contendo a divisão de módulos da sequência didática.

Quadro 17 - Divisão de módulos da sequência didática.

MÓDULOS	TEMÁTICA	NÚMERO DE AULAS
MÓDULO A	Fontes de luz e de calor, tomando como base a chama de uma vela e lâmpadas incandescentes, espectro visível e influência da cor de um corpo na quantidade de energia irradiada, ondas eletromagnéticas, introdução superficial sobre o que seria um Corpo Negro (CN). Por final indagações são feitas para os alunos autoquestionarem conceitos básicos sobre o que seria um CN e os fenômenos relacionados a ele.	2
MÓDULO B	Aula sobre a teoria da radiação do corpo negro ideal, absorção e emissão, teoria de Hayleigh-Jeans, radiação por cavidade e a catástrofe do ultravioleta, radiação infravermelha, solução através de Planck.	3
MÓDULO C	Expressar a Lei de Planck através do Excel.	1
MÓDULO D	Uso do Phet Simulations para Radiação do Corpo Negro	1
MÓDULO E	Determinação da potência total irradiada pelo Sol, lâmpada incandescente além de obter a potência irradiada pela estrela Sirius A e pelo planeta Terra.	2
MÓDULO F	Confecção de Mapas Conceituais sobre a parte teórica do problema da radiação de corpo negro (PRCN).	1

Fonte: O autor.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

MÓDULO A

Aqui temos o objetivo de motivar os discentes para o estudo da Física das Radiações dos corpos, utilizando para isto a nuance das colorações emitidas pela chama de uma vela: simples, prático e eficaz. Com este fim veremos conteúdos iniciais de Física das Radiações e ondas eletromagnéticas, dentro de um contexto do cotidiano.

Logo no início e ao final do módulo A, o docente irá fazer algumas indagações (norteadoras) a fim de averiguar o grau de conhecimento dos alunos em relação a ótica da cor dos corpos, ao passo que introduz pelos mesmos métodos os questionamentos acerca do PRCN, como metodologia ativa. Assim despertando a curiosidade do discente sobre o tema dos módulos seguintes.

FONTES DE LUZ E DE CALOR IDENTIFICADA ATRAVÉS DA CHAMA DE UMA VELA E DA LUZ IRRADIADA POR UMA LÂMPADA INCANDESCENTE

Imagine que num certo dia, quando a noite “dá o ar de sua graça”, o fornecimento de luz elétrica em seu bairro cessa, todos ficam na escuridão e você sai pela casa tateando os móveis até chegar num armário. Na terceira gaveta de cima para baixo encontra uma vela e ao acendê-la fica tranquilizado, pois a partir de agora consegue enxergar tudo ao seu redor, pois pode se mover sem promover nenhum acidente. O tempo passa e o fornecimento de luz elétrica não é restabelecido, com isso o tédio vem, você começa então olha a própria chama da vela, exibida na figura 27, e percebe que ela não tem uma coloração uniforme, mas sim, uma nuance entre cores, que vai desde o azul até o vermelho-alaranjado e quando aproxima o dedo, você sente que em algumas cores da chama a temperatura é maior e em outras um pouco menor.

Figura 27 – Representação das cores da chama em uma vela acesa.



Fonte: <https://www.gratispng.com/png-e9uyp5/>. Acesso as 7:29 do dia 22/10/2020.

- i) Tente estabelecer, na tabela 2 abaixo, em que parte da chama – superior, inferior ou intermediária - temos maior energia e a que temos menor energia.
- ii) Existe relação entre as cores e a energia irradiada pela chama de uma vela e sua frequência ou comprimento de onda?
- iii) A luz é uma onda eletromagnética? Quais suas características?
- iv) Uma onda eletromagnética transporta energia através de um meio material?

 Pergunta

Pesquisa na internet e correlacione:

Tabela 2 – identificação das regiões com maior e menor temperatura/energia.

Cor da chama identificada	Temperatura	Energia

Fonte: O autor.

Observação: aqui o docente poderá incitar o aluno, juntamente com seus colegas do grupo ou individualmente, dizer se existe alguma relação entre a cor de cada região, temperatura e energia. Para facilitar este processo pode-se montar uma tabela como a do modelo acima, em que existe a possibilidade de estimar a

temperatura e a energia dentro: baixa, média ou alta, conforme a cor identificada. Estabelecendo em que parte da vela tem maior energia e a de menor energia.

A luz visível está entre uma pequenina faixa de comprimento de onda no espectro eletromagnético, indo de 400nm a 750 nm. Logo tudo que vemos ao nosso redor: sejam os móveis, as pessoas, automóveis, os céus e a Terra, refletem a luz que detêm tal comprimento de onda até chegar a nós.

Ao observamos a chama de uma vela, percebemos que ela não é uniforme em relação as suas cores – e não precisamos ser cientistas para isto -, indo desde o azul até o vermelho, passando por uma região no meio que é amarelada. Nestas três regiões haverá logicamente uma distinção entre as temperaturas. A azul será a mais quente, diminuindo gradativamente até a parte superior da chama (vermelha).

As lâmpadas incandescentes atualmente estão em desuso, mas podemos vê-las ainda em letreiros de parques e estabelecimentos comerciais. Nela a luz emerge através de um filamento lá contido, com tom avermelhado ou amarelado e quando aproximamos nossas mãos desta lâmpada podemos perceber um calor intenso, logo mostra-se uma correlação entre a luz vermelho-alaranjada e o calor emitido por ela. Vale lembrar que o calor é transmitido neste caso por uma radiação invisível ao olho humano, está é a radiação infravermelha, associada a luz em altas temperaturas e por vezes prejudiciais ao nosso organismo.

Os exemplos que citamos acima como a chama de uma vela e o filamento de uma lâmpada, estão correlacionados a produção de luz perceptível aos nossos olhos, tudo isso se deve as temperaturas elevadas presentes na combustão da vela e na passagem de corrente elétrica (i) pelo filamento, ocorrendo um processo similar ao do ferro em siderúrgicas quando se chega ao “rubro”, passando de um corpo iluminado para um corpo luminoso.

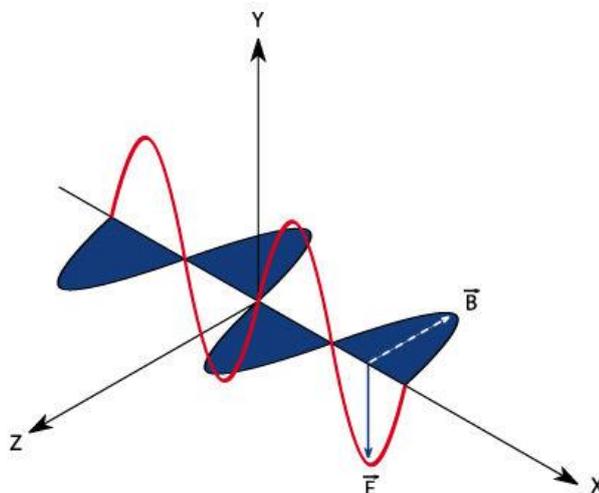
Não podemos esquecer a estrela que nos proporciona a vida, aquela que dá o combustível para fotossíntese e a vitamina D para manutenção do nosso organismo. O Sol é a nossa principal fonte de Luz, o seu processo de formação e os processos de fusão nuclear fazem com que ele seja extremamente quente, emitindo assim vários tipos de radiações, que em parte iluminam os corpos celestes ao seu redor, dando existência ao nosso sistema solar. Além do infravermelho nos envia também a radiação ultravioleta, que pode causar danos a pele. Mas como se dá o processo de surgimento destas ondas eletromagnéticas?

Podemos dizer que quando uma carga elétrica oscila, gera-se um campo elétrico variável que, conseqüentemente, induz um campo magnético variável, produzindo uma

onda eletromagnética. Em resumo uma onda eletromagnética surge a partir de sucessivas variações de campos elétricos e magnéticos. Tais ondas podem ser classificadas de acordo com seu valor de frequência.

A figura abaixo mostra o esquema da variação de campos elétrico e magnético. Enquanto o campo elétrico oscila no eixo y, o campo magnético oscila no eixo z. O eixo x representa a direção de propagação de onda como vemos na figura 28.

Figura 28 - esquema da variação de campos elétrico e magnético. Enquanto o campo elétrico oscila no eixo y, o campo magnético oscila no eixo z. O eixo x representa a direção de propagação de onda.



Fonte da imagem: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>.

Acesso as 08:23 do dia 23/10/2020.

Existe distinção na velocidade de propagação dos diversos tipos de radiação eletromagnética no vácuo? Logicamente não! Qualquer radiação eletromagnética no vácuo tem valor aproximado de:

$$c = 3.10^8 \text{ m/s, ou seja, } 300\ 000 \text{ km/s} \quad (1)$$

Para facilitação matemática consideramos o valor da velocidade da luz no ar e no vácuo praticamente iguais, apesar de não serem, mas próximos. Vemos isso quando estudamos refração, por exemplo, e tomamos o índice de refração do ar $n = 1$.

Uma onda eletromagnética tem associada a si, uma velocidade de propagação (v), podendo ser calculada por:

$$v = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Em que:

v = velocidade propagação da onda;

λ = comprimento de onda

f = frequência

Como sabemos, o valor da velocidade da luz no vácuo (c) é constante. Pela equação acima notamos que frequência e comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, seu produto é constante, ou seja, quanto maior o valor da frequência de uma onda eletromagnética, menor será do comprimento de onda.

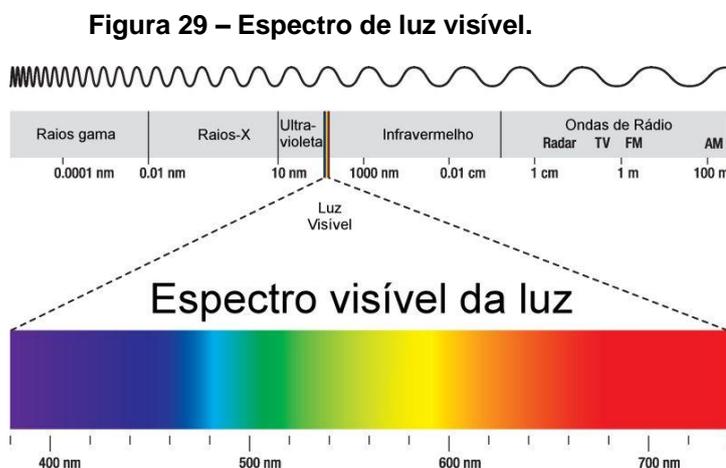
Voltando ao caso das fontes luminosas: vela e lâmpada incandescente. Estas apresentam uma relação entre temperatura e cor emitida. Para cada cor de radiação existe uma temperatura associada predominante. A chama de uma vela possui regiões com cores distintas, indo do azul, passando pelo alaranjado indo até o avermelhado. Cada uma delas associada a uma temperatura.

A zona azulada da chama tem maior temperatura e seu centro também, já que está próxima a combustão. As regiões amarelada e avermelhada tem temperaturas menores, e a amarelada menor que a avermelhada.

As lâmpadas incandescentes normalmente quando ligadas emitem luz com coloração entre branco e amarelo, porém se a ligarmos em uma fonte de tensão que esteja acima ou abaixo de sua capacidade nominal de trabalho a coloração emitida pela luz pode variar.

Ao ligarmos numa tensão menor que a especificada pelo fabricante, a luz emitida terá coloração avermelhada e numa tensão maior uma luz intensa de coloração branco-azulada, logo após a mesma irá “queimar”. Neste caso as energias são diferentes, a cor avermelhada emitida é associada a menor tensão elétrica e a branco-azulada a de maior intensidade.

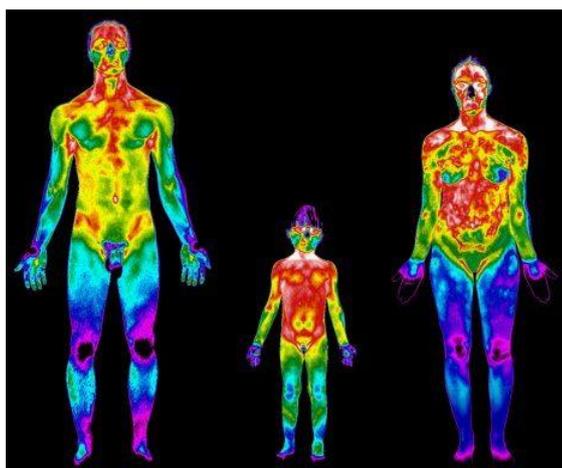
Nossos olhos conseguem enxergar uma pequenina faixa, chamada de luz visível que está entre o infravermelho e o ultravioleta, como mostramos na figura 29 a seguir, em função do comprimento de onda:



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnético/>. Acesso as 8:55 do dia 23/10/2020.

A radiação infravermelha não é perceptível ao olho “nu”, porém algumas terminações nervosas e entre elas o tato, conseguem perceber essa radiação como calor. O próprio corpo humano – figura 30, abaixo – por possuir certa temperatura interna, também tem o poder de irradiar.

Figura 30 – radiação infravermelha emitida pelo corpo de um ser humano.



Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/infravermelho/> . Acesso as 9:04 do dia 23/10/2020.

Luz visível é a radiação que o ser humano pode perceber através da visão. Existem diversos tipos, dentre elas:

Ultravioleta longo (UVA): sendo a mais comum na superfície terrestre, é a

menos energética das radiações ultravioleta. Responsável pelo bronzeamento da pele.

Ultravioleta Médio (UVB): Quando alguém é exposto a radiação UVB adquire vermelhidão na pele, já que é mais energética que a UVA.

Ultravioleta Curto (UVC): dentre as três esta é a mais energética, tanto que a atmosfera do nosso planeta impede a passagem desse tipo de radiação.

Outros tipos de radiação, desta vez não perceptíveis à visão do ser humano podem ser mencionadas, como a radiação gama, que apresenta a maior frequência no espectro eletromagnético, tendo o raio mais penetrante. Sendo emitida por núcleos de átomos radioativos, não possuindo massa ou carga elétrica. Já as ondas de raio x são comumente utilizadas na medicina para verificação de órgãos internos, além de fraturas e tumores.

INTRODUÇÃO INICIAL SOBRE O CORPO NEGRO IDEAL

Corpo negro ideal é um objeto teórico capaz de absorver toda a radiação eletromagnética que nele incide, não sofrendo perdas. Logo um objeto com esta capacidade, em teoria, não pode ser visível, porém emite radiação. Um corpo negro ideal em equilíbrio térmico com o ambiente emite e absorve energia em igual proporção, logo um bom emissor de energia radiante, também será um bom absorvedor.

- i) Por que um corpo negro ideal não poderia ser visível ao olho “nu”?**
- ii) Existem na natureza corpos negros ideais? Se sim, cite exemplos.**
- iii) Existe relação direta entre a cor da luz solar com sua potência irradiada? Como poderíamos averiguar isso via Corpo Negro ideal?**



Pergunta

MÓDULO B

Logo após a aplicação das indagações e das discussões sobre as respostas dos discentes, o professor poderá iniciar a exposição do conteúdo introdutório sobre radiação do corpo negro ideal de maneira teórica: processos históricos, evolução, até chegar nas teorias de Reillygh-Jeans e a própria catástrofe do ultravioleta, somada as dissonâncias entre a física clássica e tal teoria.

Prosseguindo com indagações mais aprofundadas, agora sobre o corpo negro ideal envolvendo conceitos de ondulatória, para assim a metodologia ativa se dar ao longo do processo e não apenas nos primeiros momentos ou no desfecho. A seguir enumeradas como continuação:

O PROBLEMA DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

Voltamos à indagação da aula anterior: o que é um corpo negro ideal? Alguns alunos podem já ter chegado à resposta correta, porém temos de fazer um apanhado sobre tal, afim de que os conceitos científicos coadunem com o imaginário discente.

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 vimos no módulo A e 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.

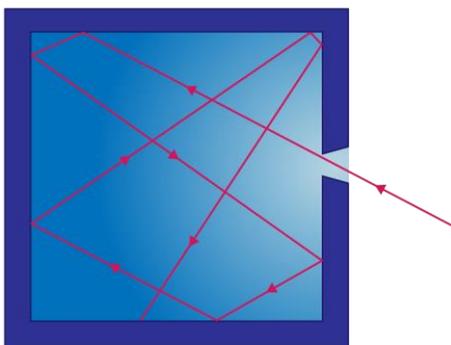
Qualquer corpo absorve e emite este tipo de radiação para o meio ao qual está inserido. Por exemplo, se colocarmos certo material em ambiente “mais frio” que ele,

ocorre mais emissão que absorção, em consequência haverá resfriamento do corpo. Se estiver num ambiente “mais quente” que ele, este absorverá mais do que emitirá, levando ao seu aquecimento até atingir o equilíbrio térmico com o ambiente. (GREF, 1998)

Além disto, podemos dizer que corpo negro é todo aquele que absorve radiação independente da frequência incidida sobre ele e suas propriedades de absorção relacionam-se com formato, material que o compõe e acabamento da superfície. Além de ser um ótimo absorvedor de radiação o corpo negro também é excelente emissor, fazendo isto em igual proporção quando em equilíbrio. Não precisa ser necessariamente “negro”, podendo ser de qualquer cor, desde que obedeça às definições de emissor e absorvedor ideal.

Descolando o modelo de corpo negro ideal do imaginário para algo mais próximo de nossa realidade, usaremos uma aproximação experimental, tomamos uma caixa oca de paredes opacas com um pequeno orifício em uma de suas faces como representada na figura 31, a seguir.

Figura 31 – Modelo de cavidade com orifício.



Cavidade com orifício

Fonte:

<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1971-6.pdf>. Autor: Prof. DR. Elton Malta Nascimento. acesso as 10:08 do dia 25/10/2020

Pelo esquema podemos perceber: toda radiação externa que penetra pelo orifício será integralmente absorvida pelas paredes internas da cavidade após sofrer várias reflexões, pois o orifício de entrada é pequeníssimo, culminando na dificuldade do escape de seu interior. A radiação que o corpo emitirá, tem como saída o orifício de entrada, e toda aquela que sai representa o equilíbrio entre radiação e matéria em seu interior. Resumindo: entra luz e sai radiação.

Esta é uma analogia muito adequada, pois seu comportamento se assemelha a

uma prisão que confina a radiação, uma metáfora experimental para absorver praticamente toda a radiação externa que chega a sua entrada.

CATÁSTROFE DO ULTRAVIOLETA

Analogias como a apresentada acima sobre cavidade – radiação no interior da caixa com paredes fechadas – somados aos estudos térmicos em macro e microescala sobre gás ideal – confinado em uma caixa – propiciaram avanços na descrição da emissão de radiação pelos corpos no século XIX. Concretamente o que se tinha na época de informação é que corpos a certa temperatura podiam absorver ou emitir radiação, a partir disto apresentando espectro com um e por vezes mais picos de frequências máximas, sendo influenciadas pelo material que a compunha. Já corpos a temperaturas idênticas T , emitem radiação com espectros também iguais, não dependendo do material de que eram feitos. Kirchoff além dos problemas mais sofisticados, preocupou-se em desvendar por que roupas pretas esquentavam mais que as claras quando submetidas a luz solar.

Classicamente, considerava-se que a radiação eletromagnética adivinha do movimento acelerado dos elétrons, obedecendo a teoria eletromagnética de Maxwell, ademais, as ondas no interior da caixa seriam estacionárias. Pela teoria cinética dos gases a energia média destas ondas no equilíbrio térmico usando a teoria da equipartição é expressa por:

$$\bar{E} = k_B \cdot T \quad (3)$$

Em que:

\bar{E} é a energia média das partículas do gás no equilíbrio térmico;

k_B é a constante de Boltzmann;

T como sendo a temperatura absoluta.

O que descrevemos até aqui teoricamente, traduziremos em expressões matemáticas, chegando por fim ao cálculo da intensidade radiante $I(T)$, ou seja, a potência total irradiada pela cavidade (P), com todos os comprimentos de onda por unidade de área. Tomando como base os postulados de Kirchoff e os experimentos de Tyndall sobre o aquecimento de um fio de platina, Josef Stefan no ano de 1879, conseguiu verificar que seu resfriamento por unidade de área era proporcional a quarta potência de T . O que resultou na expressão de Stefan:

$$I = P = k_B T^4 \quad (4)$$

Onde:

I é a intensidade luminosa;

P a potência total irradiada;

T é a temperatura absoluta;

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

Vale ressaltar que esta equação é válida para o caso do corpo negro tendo a emissividade igual a 1, outros valores diferentes de 1, são considerados não ideais. A equação a seguir primeiramente foi conhecida como lei de Stefan, válida para emissividade (ϵ) entre $0 < \epsilon < 1$, equacionada sob a forma:

$$P = \epsilon k_B T^4 \quad (5)$$

Wien observou ainda que o produto entre o comprimento de onda da radiação de maior intensidade ($\lambda_{M\acute{A}X}$) e temperatura absoluta da cavidade (T) é constante, sendo:

$$\lambda_{M\acute{A}X} \cdot T = 2898 \mu \text{ m} \cdot \text{K} = b \quad (6)$$

Em que a potência (P) total irradiada por unidade de área superficial é

proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (T), uma clara demonstração de como os corpos negros emitem radiação. Como domínio da função temos a temperatura (T). Esta é a Lei do deslocamento que Wien, ela afirma que quanto maior a temperatura absoluta (T), menor será o comprimento de onda em que a radiação terá maior intensidade.

Esta Lei é certa e nos oferece toda munição para calcular a temperatura de um corpo através de estimativas, para isto utilizamos o comprimento de onda de máxima intensidade correspondente de acordo com espectro das cores. Voltando ao caso de materiais aquecidos no interior de fornos siderúrgicos, uma barra de metal por exemplo, inicialmente ela não emite luz visível, mas invisível no infravermelho, logo após começa a emitir certo brilho num tom vermelho-escuro, ao passo que se desloca para comprimentos de onda menores, ou seja, frequências maiores e começa a emitir brilho de coloração amarelo-alaranjada.

Nos próximos módulos iremos calcular a potência irradiada pelo Sol e por uma lâmpada incandescente utilizando esta equação.

Em meados de 1896 foi desenvolvida por Wien a função de densidade de energia por comprimento de onda, expressa pela equação:

$$I(\lambda, T) = a\lambda^{-5} e^{-c/\lambda T} \quad (7)$$

Desenvolvida por Wien, em que a e c são constantes. Esta permite ainda determinar a distribuição espectral para qualquer valor de T .

Quatro anos mais tarde, em 1900, após analisar o experimento teórico da cavidade, John Rayleigh nos apresentou uma outra maneira de encontrar a densidade de radiação em função da temperatura absoluta (T), fazendo analogia com ondas estacionárias associada aos estudos de equipartição de energia.

Que consistia basicamente em calcular o total de distribuição de modos eletromagnéticos com frequência no intervalo entre ν e $\nu + d\nu$, $N(\nu)d\nu$ no interior do experimento. Expressada equacionalmente temos:

$$\frac{1}{V} \frac{du}{d\nu} = \text{constante} \cdot T \cdot \nu^2 \quad (8)$$

V é o volume da cavidade;

$\frac{1}{V} \frac{du}{dv}$ é a densidade de energia;

T é temperatura absoluta.

Rayleigh cinco anos após, em 1905, encontrou a constante que faltava, logo esta equação ficou conhecida como lei de Rayleigh-jeans, com James Jeans introduzindo o fator 8. Tornando-se finalmente:

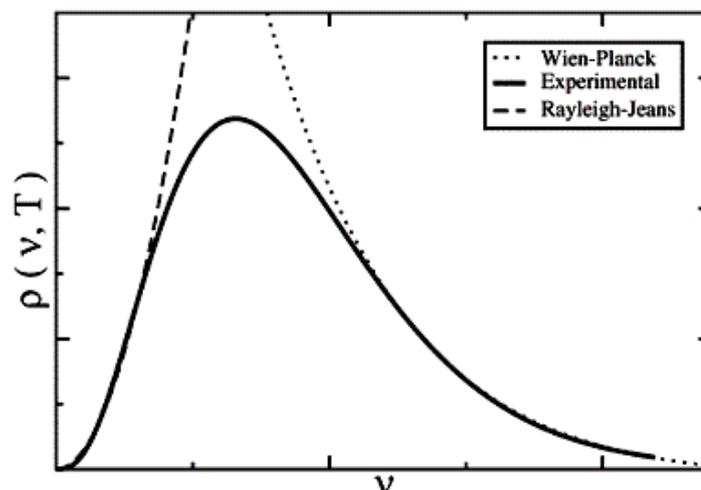
$$\frac{1}{V} \frac{du}{dv} = 8\pi \frac{k_B}{c^3} T v^2 \quad (9)$$

Como sabemos, c é a velocidade da luz.

A equação foi celebrada com todas as pompas, a ciência tinha dado um avanço estrondoso com esta formulação. Entretanto os dados experimentais precisavam ser aperfeiçoados.

A aproximação de Wien valia apenas para baixos comprimentos de onda e a equação de Rayleigh funcionava bem, somente para altos comprimentos de onda, como ilustrado na figura 32.

Figura 32 - Representação da curva experimental, da equação de Rayleigh-Jeans (baixas frequências) e da equação de Wien (altos valores de frequência).



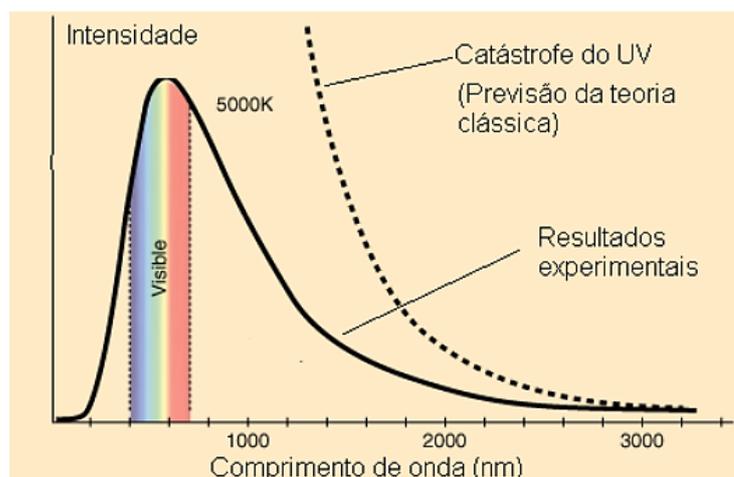
Fonte: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172005000200014. Acesso as 8:17 do dia 26/10/2020.

A representação esquemática acima exibe a forma da curva experimental para densidade de energia da radiação do corpo negro para um valor de temperatura absoluta fixo. Percebemos que a equação de Wien se ajusta para altas frequências e a lei de Rayleigh para baixas frequências.

Diante disto Wien de maneira empírica elaborou uma equação que adaptava uma proporcionalidade entre frequência e temperatura absoluta, quando o corpo negro emite radiação de intensidade máxima.

O problema todo surge, quando a equação é utilizada para descrever raios ultravioletas, pois a emissão tende para o infinito, como vemos na figura 33, e isso não tem sentido algum. Logo essa discrepância foi denominada como “**Catástrofe do ultravioleta**”.

Figura 33 – Comparação entre a curva experimental e a previsão clássica.



Fonte: https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf. Acesso as 11:01 do dia 26/10/2020.

A solução para este impasse só veio anos após com o cientista Max Planck, que dispunha de dados experimentais afinados sobre a emissão de radiação de corpos aquecidos, buscando explicar então, as observações experimentais através de um modelo matemático compatível. Considerava-se que a radiação térmica que tal corpo emitia decorria da vibração de osciladores moleculares nas paredes da cavidade, que se portavam como Osciladores Harmônicos Simples em torno de uma posição de equilíbrio.

A intensidade da radiação dependia do número de osciladores. Um oscilador harmônico, como sabemos, é um sistema que apresenta movimento harmônico de vibração, com seu movimento podendo ser descrito por uma função harmônica

dependente do tempo. Nisto, a radiação eletromagnética surgiria através da aceleração de cargas elétricas e como a aceleração é contínua a energia emitida também seria.

Planck então sugeriu que a teoria explicitada acima deveria ser substituída, abandonando o conceito de emissão contínua de energia dando lugar a valores discretos. A partir de agora a energia do oscilador é linearmente proporcional à sua frequência e como dissemos, assume somente certos valores discretos E_n dados por:

$$E_n = n \cdot h \cdot f \quad \text{ou} \quad E_n = n \cdot h \cdot \nu \quad \text{tal que } n = 1, 2, 3, \dots \quad (10)$$

Tendo que:

h é a constante de Planck, uma constante de proporcionalidade = $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s;

f ou ν como sendo frequência no interior da cavidade;

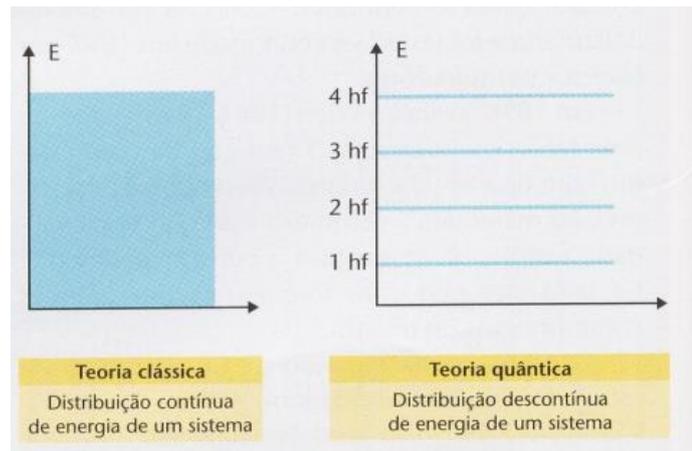
n é o número quântico.

Estes osciladores tem a capacidade de absorver energia realizando transições de um estado quântico para outro, emitindo e absorvendo uma quantidade mínima:

$$E = h \cdot f \quad \text{ou} \quad E = h \cdot \nu \quad (11)$$

O conceito de quantum e todas as suas implicações foram introduzidas nesta época, com osciladores irradiando energia por pulsos ou pacotes de “quanta”. A figura 34 ilustra graficamente a distinção entre a teoria clássica e a distribuição quântica de energia. Enquanto aquela admitia emitir ou receber qualquer valor de energia, esta muda em saltos ou níveis, onde valores intermediários não podem ocorrer.

Figura 34 – Representação gráfica distintiva entre a distribuição de energia na teoria clássica e na teoria quântica.



Fonte:

https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf. Acesso as 11:01 do dia 26/10/2020.

Chegamos à solução de Planck através da substituição na fórmula de Rayleigh-Jeans, da Energia média clássica o valor de $k_B \cdot T$, pela expressão:

$$k_B \cdot T = \frac{k_B}{\lambda} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} = \frac{E\lambda}{e^{\frac{E\lambda}{k_B T}} - 1}$$

Em que $\frac{hc}{\lambda}$ é a quantidade de energia discreta apresentada por cada módulo de oscilação do pulso.

Em dezembro de 1900 Max Planck apresentou a comunidade científica alemã a equação que expressa dados experimentais de distribuição espectral da radiação de corpo negro.

Onde a forma mais completa é apresentada a seguir:

$$R(\lambda) = \frac{2 \pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (12)$$

R é a radiância espectral;
 e como sendo Número de Euler;
 c a velocidade da luz.

Como sabemos:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (13)$$

Aplicando na lei de Planck para densidade espectral, temos:

$$u = \frac{8\lambda h\nu^3}{c^3} \left\{ \exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \right\}^{-1} \quad (14)$$

E ainda podemos fazer:

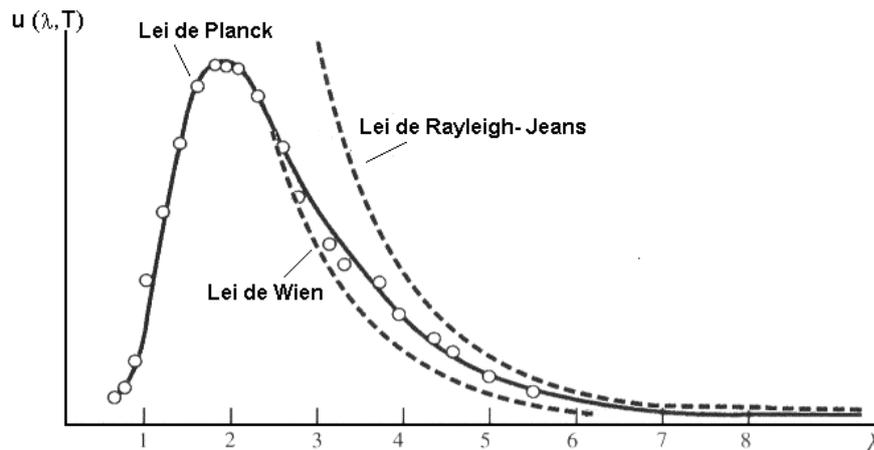
$$p(\nu) = \frac{N\nu}{V} U(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{h^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (15)$$

Que pode também ser expressa através da equação de comprimento de onda:

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (16)$$

Anteriormente já mostramos as curvas experimentais e teóricas entre as equações de Wien, Rayleigh e os experimentos, agora vamos ver o gráfico que compara as leis de Rayleigh-Jeans, Wien e Planck, através da figura 35. No gráfico “Planck” ocupa o lugar da palavra “experimento” do gráfico anterior, pois sua teoria coaduna com os resultados experimentais.

Figura 35 - Gráfico que compara as leis de Rayleigh-Jeans, Wien e Planck.



Fonte: <http://www.cursosvirtuais.wiki.br/EaD/QQ/aula-4/aula-4.htm>.
Acesso as 10:43 do dia 26/10/2020.

A figura 35 mostra, os pontos do espectro de emissão onde as leis de Wien e Rayleigh concordam com a lei de Planck. As regiões circulares mostram a comparação entre os valores experimentais e os encontrados pela lei de Planck.

INDAGAÇÕES NORTEADORAS

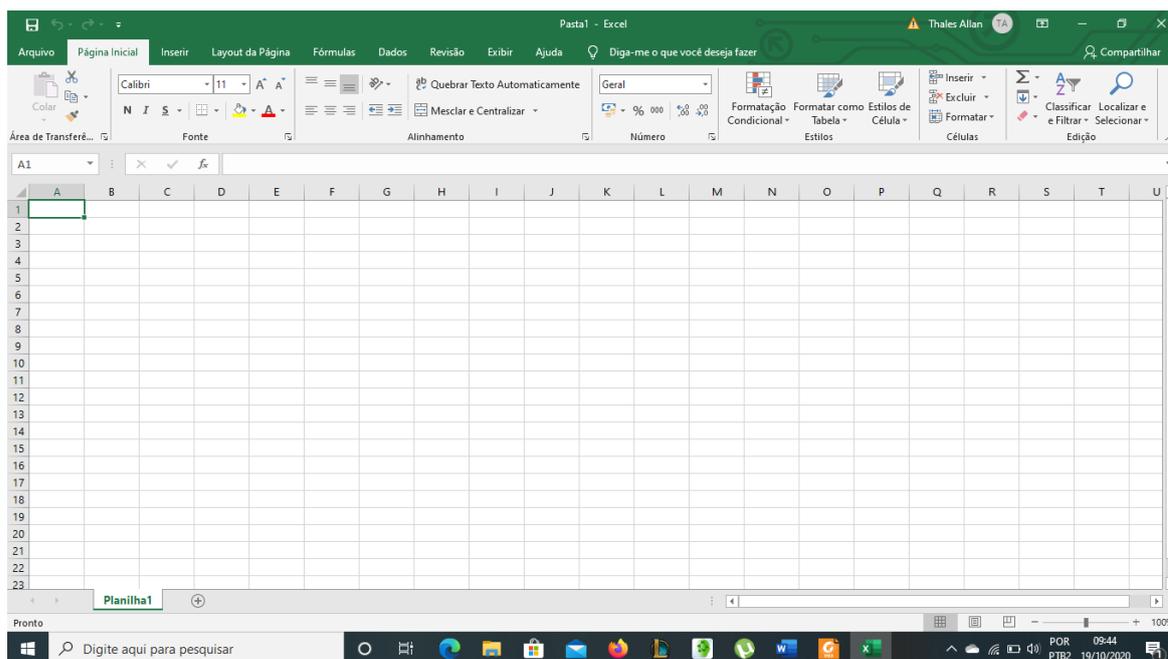
- i) Explique o que é um corpo negro ideal de acordo com o conteúdo de física visto.
- ii) Duas latas de refrigerante são pintadas, uma completamente de cor laranja e outra completamente de azul. Expostas a luz solar quais destas mais elevará sua temperatura?
- iii) Sabendo que a cor de um corpo está associada a frequência de luz visível que ele reflete, em relação as cores do arco-íris qual elevaria mais a temperatura de um objeto e qual elevaria menos?
- iv) O ferro quando superaquecido chega ao rubro, se tornando um corpo luminoso, por que isso acontece?

MÓDULO C

Nesta etapa iremos utilizar o construtor de tabelas e gráficos Microsoft Excel para demonstrar a Lei de Planck.

Assim que abrirmos o programa, veremos a interface representada na figura 36:

Figura 36 - interface do Microsoft Excel.

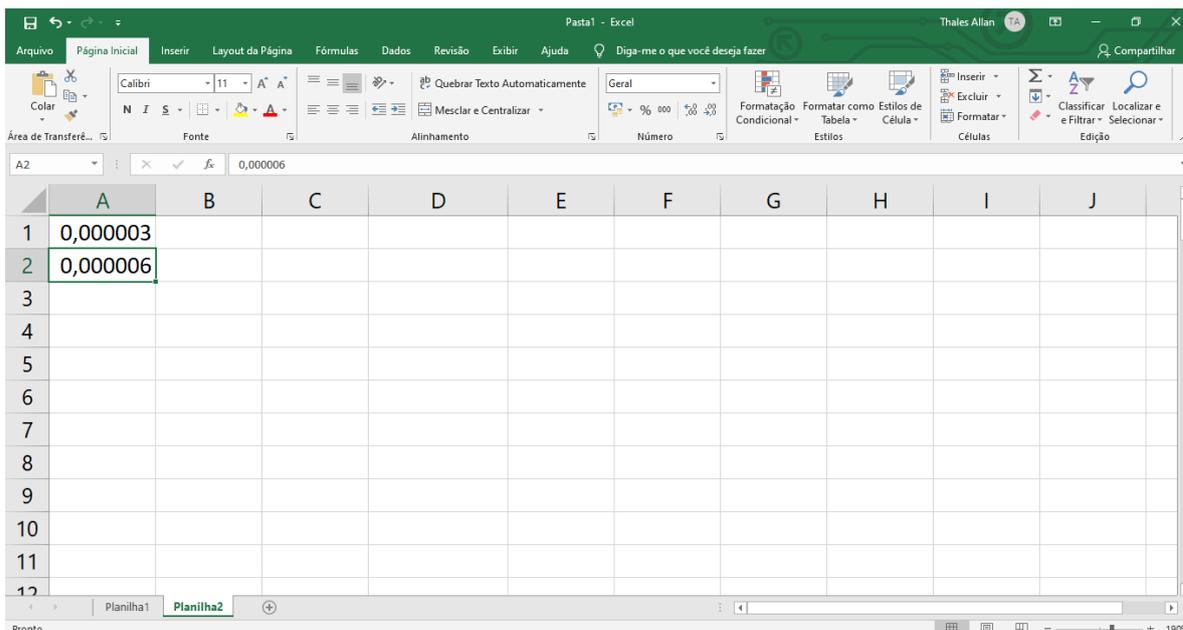


Fonte: o autor.

A partir daí selecionamos a célula A1 destacada e escreveremos os valores de comprimentos de onda, como por exemplo: 0,000003 e 0,000006 na célula A2 respectivamente, como vemos na figura 37. Para facilitar nossa vida utilizaremos a função autopreenchimento da seguinte forma:

Apertaremos a tecla *shift* e selecionaremos as células A1 e A2 já preenchidas.

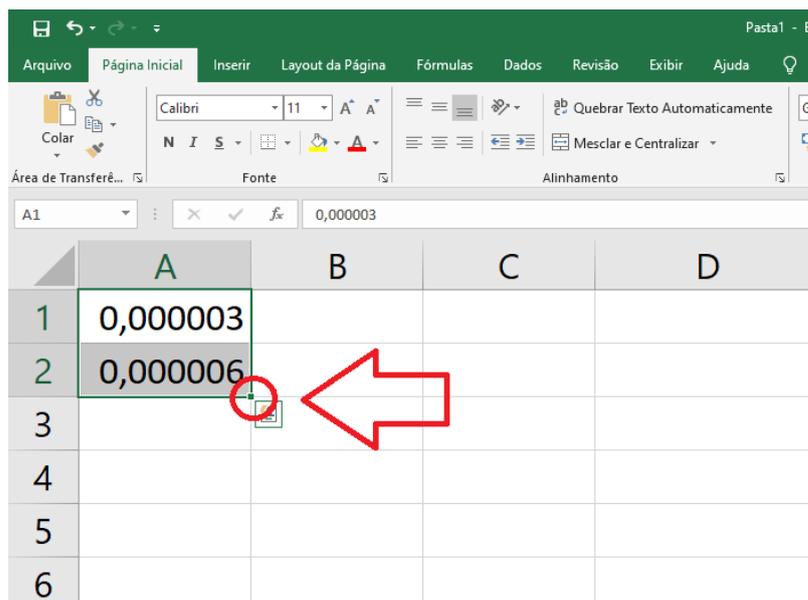
Figura 37 - escreveremos os valores de comprimentos de onda, como por exemplo: 0,000002 e 0,000004 na célula A2 respectivamente.



Fonte: o autor.

A seguir soltamos a tecla *shift*, colocamos o cursor na parte inferior direita onde se tem um pequeno quadrado retangular - este vértice está destacado com um círculo em vermelho - o cursor se transformara em um sinal de + como vemos na figura 38, abaixo.

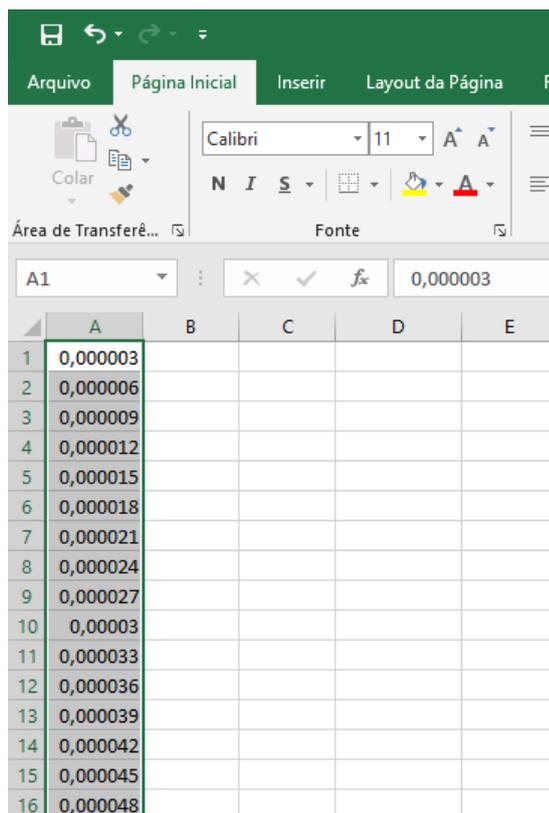
Figura 38 - utilizando a função autopreenchimento.



Fonte: o autor.

Após isso o selecionamos e arrastamos até a célula A100, como visto na figura 39, autopreenchendo proporcionalmente toda a coluna A:

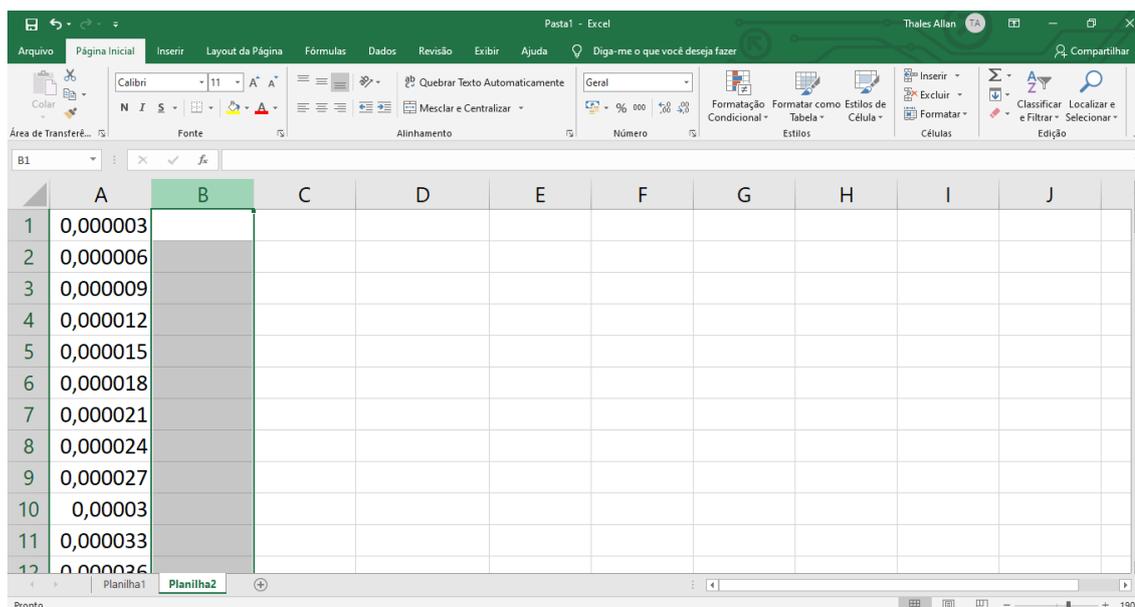
Figura 39 - Autopreenchendo proporcionalmente toda a coluna A.



Fonte: o autor.

Logo após, selecionamos a célula B, como na figura 40.

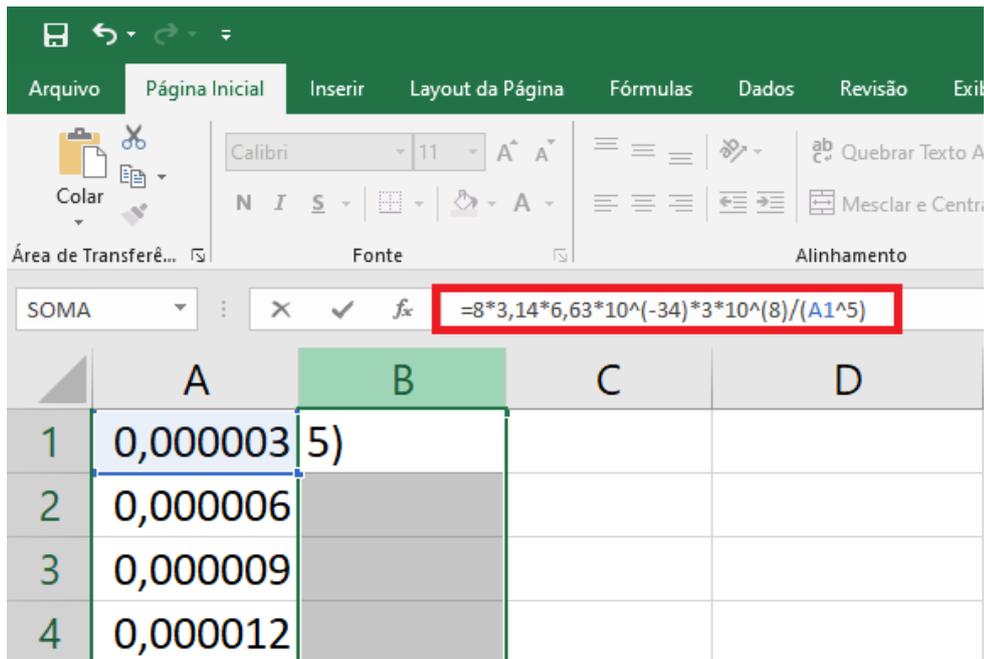
Figura 40 - Coluna B selecionada.



Fonte: o autor.

E digitaremos no campo de função: $=8*3,14*6,63*10^{(-34)}*3*10^{(8)} / (A1^5)$, como vemos na figura 41.

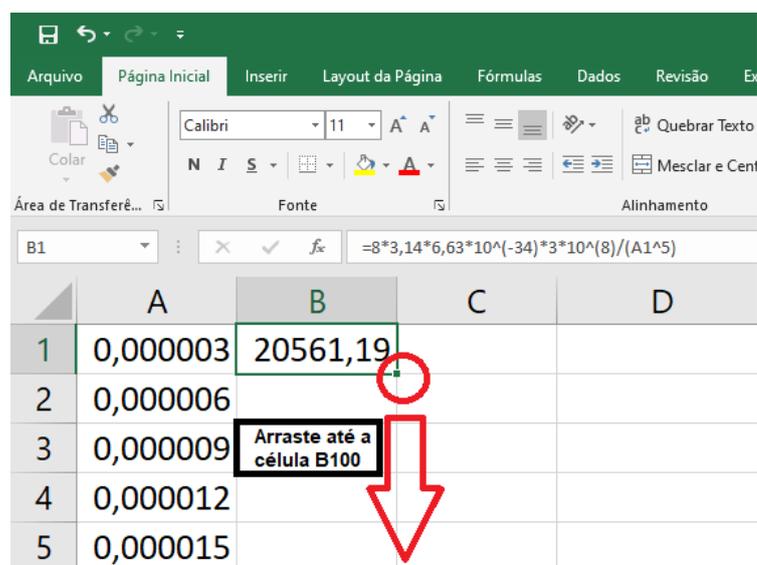
Figura 41 - utilização do campo de função.



Fonte: o autor.

Em seguida apertamos a tecla *Enter*. Assim como o passo da figura 38 selecionamos o resultado que aparece na célula B1, colocamos o cursor na parte inferior direita onde se tem um pequeno quadrado retangular - este vértice está destacado com um círculo em vermelho - o cursor se transformara em um sinal de + como vemos na figura 42 abaixo e arrastamos até a célula B100.

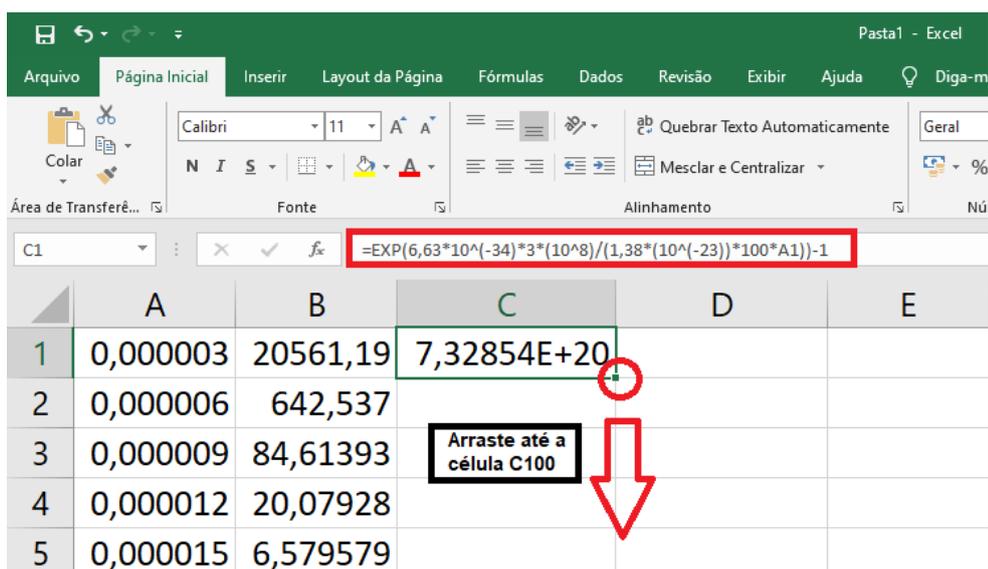
Figura 42 – autopreenchimento da coluna B.



Fonte: o autor.

Em Seguida selecionamos a célula C e digitamos no campo da função o seguinte: =EXP(6,63*10^(-34)*3*(10^8)/(1,38*(10^(-23))*100*A1))-1 e apertamos *Enter*. O valor mostrado na figura abaixo aparecerá como na figura 43.

Figura 43 - autopreenchimento da coluna C.

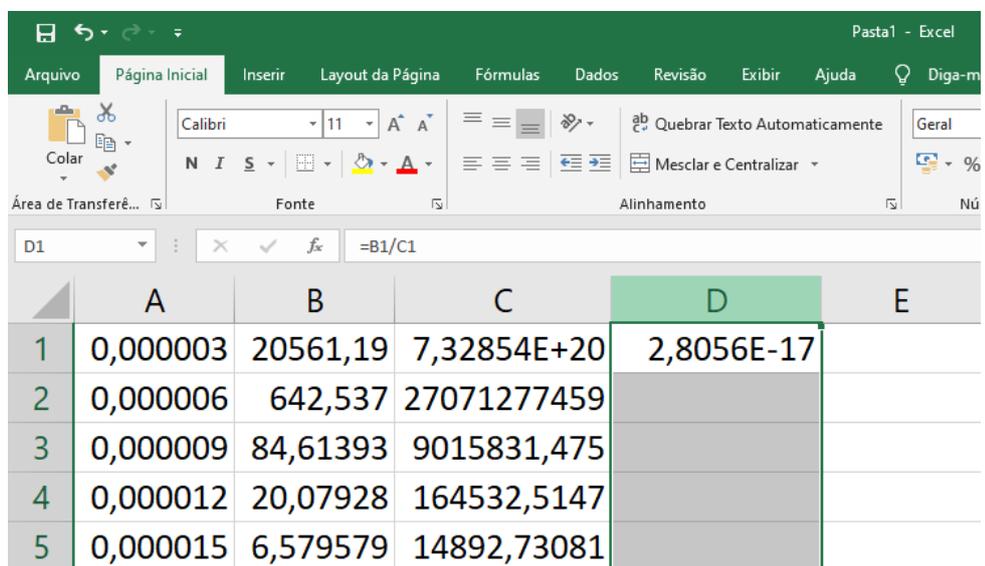


Fonte: o autor.

Após, novamente arraste da célula C1 até a célula C100 para o autopreenchimento.

Selecionamos agora a coluna D e digitamos no campo de função: =B1/C1, como veremos na figura 44.

Figura 44 - Selecionamos agora a coluna D e digitamos no campo de função: =B1/C1.



Fonte: o autor.

Após apertamos *Enter*, o valor mostrado na figura abaixo deverá aparecer. Repetindo o processo, selecionamos a célula D1 e arrastamos até D100, instruídos também pela figura 45.

Figura 45 – autopreenchimento da coluna D.

	A	B	C	D	E
1	0,000003	20561,19	7,32854E+20	2,8056E-17	
2	0,000006	642,537	27071277459		
3	0,000009	84,61393	9015831,475		
4	0,000012	20,07928	164532,5147		
5	0,000015	6,579579	14892,73081		
6	0,000018	2,644185	3001,637586		
7	0,000021	1,22337	955,5700646		
8	0,000024	0,627478	404,6273101		
9	0,000027	0,348205	207,1302845		
10	0,00003	0,205612	121,0398738		
11	0,000033	0,127669	77,85328176		

Fonte: o autor.

Em seguida teremos a tabela da seguinte forma:

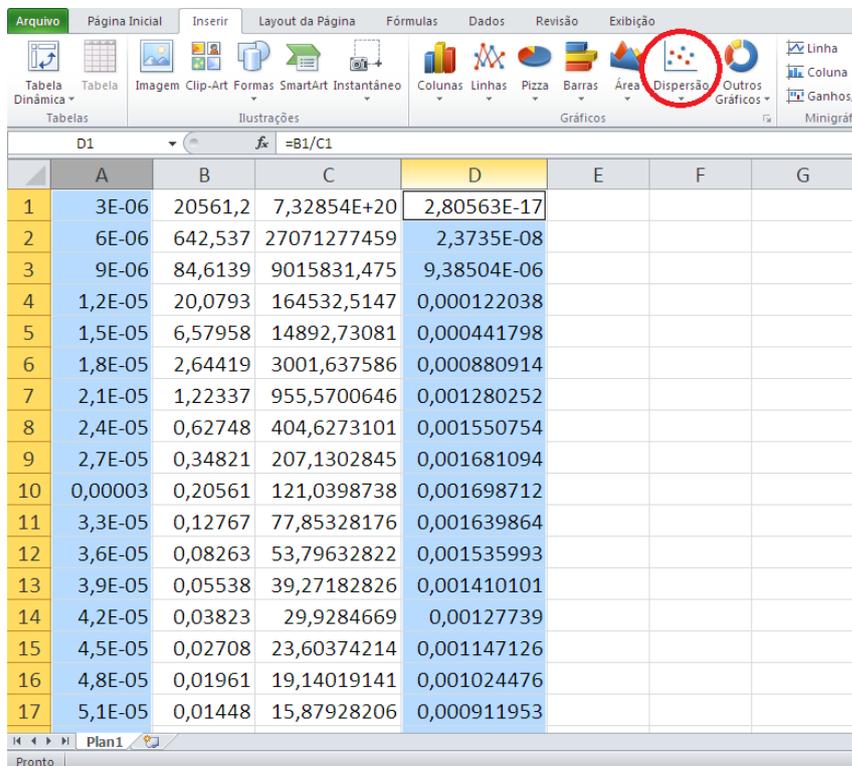
Figura 46 – Representação dos valores da tabela.

	A	B	C	D	E
1	0,000003	20561,19	7,32854E+20	2,80563E-17	
2	0,000006	642,537	27071277459	2,3735E-08	
3	0,000009	84,61393	9015831,475	9,38504E-06	
4	0,000012	20,07928	164532,5147	0,000122038	
5	0,000015	6,579579	14892,73081	0,000441798	
6	0,000018	2,644185	3001,637586	0,000880914	
7	0,000021	1,22337	955,5700646	0,001280252	
8	0,000024	0,627478	404,6273101	0,001550754	
9	0,000027	0,348205	207,1302845	0,001681094	
10	0,00003	0,205612	121,0398738	0,001698712	
11	0,000033	0,127669	77,85328176	0,001639864	
12	0,000036	0,082631	53,79632822	0,001535993	
13	0,000039	0,055377	39,27182826	0,001410101	
14	0,000042	0,03823	29,9284669	0,00127739	
15	0,000045	0,027076	23,60374214	0,001147126	
16	0,000048	0,019609	19,14019141	0,001024476	
17	0,000051	0,014481	15,87928206	0,000911953	
18	0,000054	0,010881	13,4267212	0,00081043	
19	0,000057	0,008304	11,53599516	0,000719822	
20	0,00006	0,006425	10,04716587	0,000639521	

Fonte: o autor.

Continuando, selecionamos a coluna D, situação exibida na figura 47, e iremos em **Inserir**, clicamos na seguinte representação de gráfico destacada pelo círculo em vermelho,

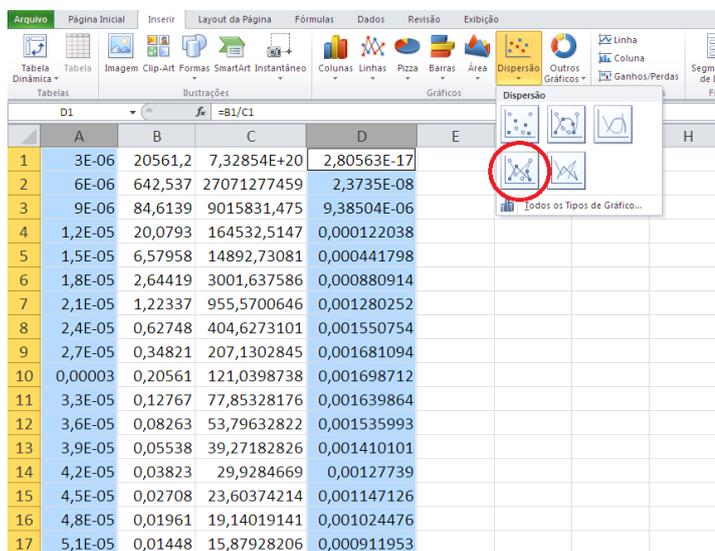
Figura 47 – instrução relativa aos ícones que devemos selecionar para criar o gráfico que condiz com os dados experimentais.



Fonte: o autor.

Aparecerá a interface da figura 48 abaixo, a seguir e clicamos no ícone destacado pelo círculo em vermelho:

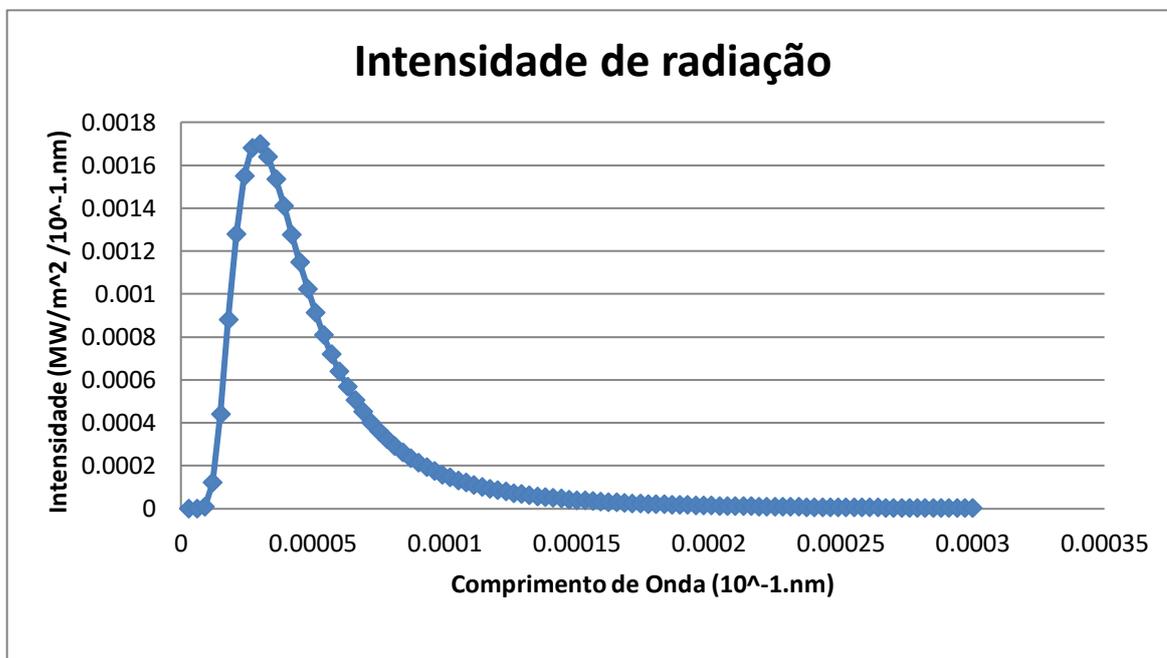
Figura 48 – instrução relativa aos ícones que devemos selecionar para criar o gráfico que condiz com os dados experimentais.



Fonte: o autor.

O gráfico automaticamente aparecerá com a forma da figura 49:

Figura 49 – Gráfico gerado pelo Microsoft Excel, que condiz com a curva experimental do problema da radiação de corpo negro.



Fonte: o autor.

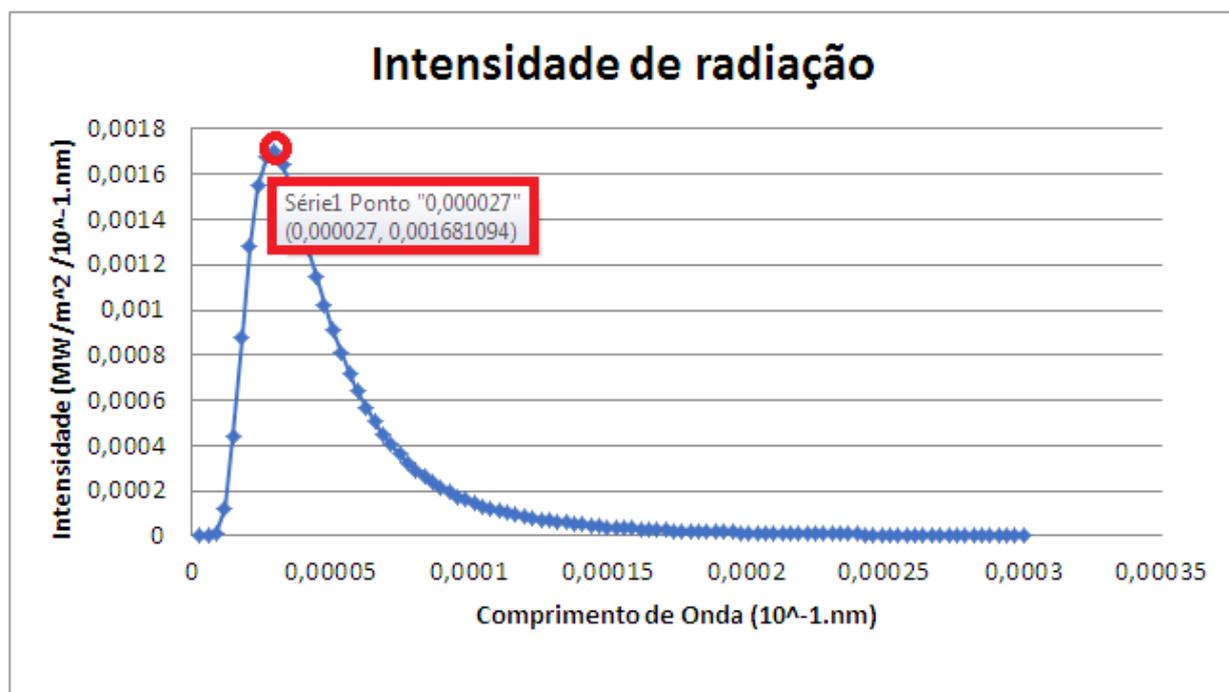
De acordo com o gráfico, a intensidade máxima irradiada por um corpo, apresenta um certo comprimento de onda que pode ser verificado pela equação de Wien (6). Verificamos se os dados apresentados pelo cálculo estão de acordo com aqueles apresentados pelo gráfico.

$$\lambda_{MÁX} T = b$$

$$b = 2,8977685 \cdot 10^{-3}$$

Para verificar se os dados do cálculo estão de acordo com dados do gráfico, basta, com o cursor, clicar sobre o ponto mais alto da linha descrita graficamente, como podemos observar na figura 50:

Figura 50 – Comprovação da validade do gráfico confeccionado.



Fonte: o autor.

Máximo comprimento de onda para um corpo a 100 K deve apresentar este valor 0,0016981094. Assim obtivemos êxito na confecção do gráfico.

MÓDULO D

USO DO PHET SIMULATIONS PARA O ENSINO DO PROBLEMA DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

Como já estamos munidos dos conteúdos teóricos, equações matemáticas e descrições gráficas do problema da radiação de corpo negro, vamos então usar da ferramenta virtual de aprendizagem Phet simulations afim de analisar o gráfico e valores de emissão e comprimento de onda. Para isto basta o docente acessar o site: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>>. A seguinte página (figura 51) será exibida:

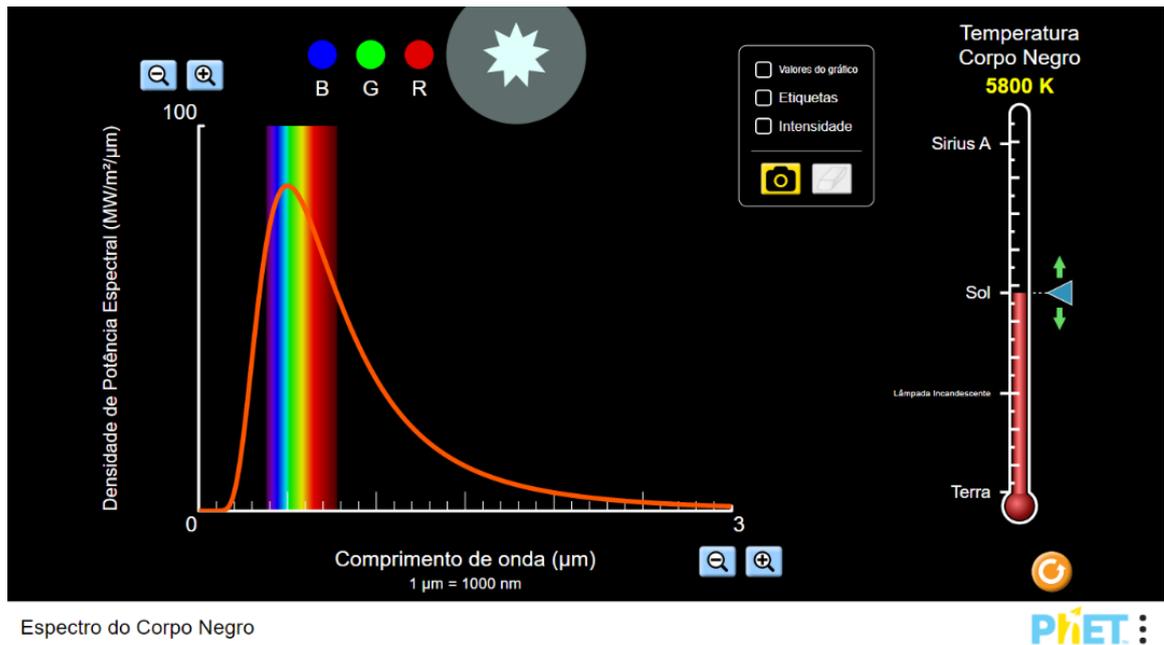
Figura 51 – Interface inicial do Phet simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

Em seguida irá clicar no ícone destacado na figura 51 pelo círculo vermelho para abrir a interface do simulador. Após o carregamento a página seguinte deverá ser esta (figura 52):

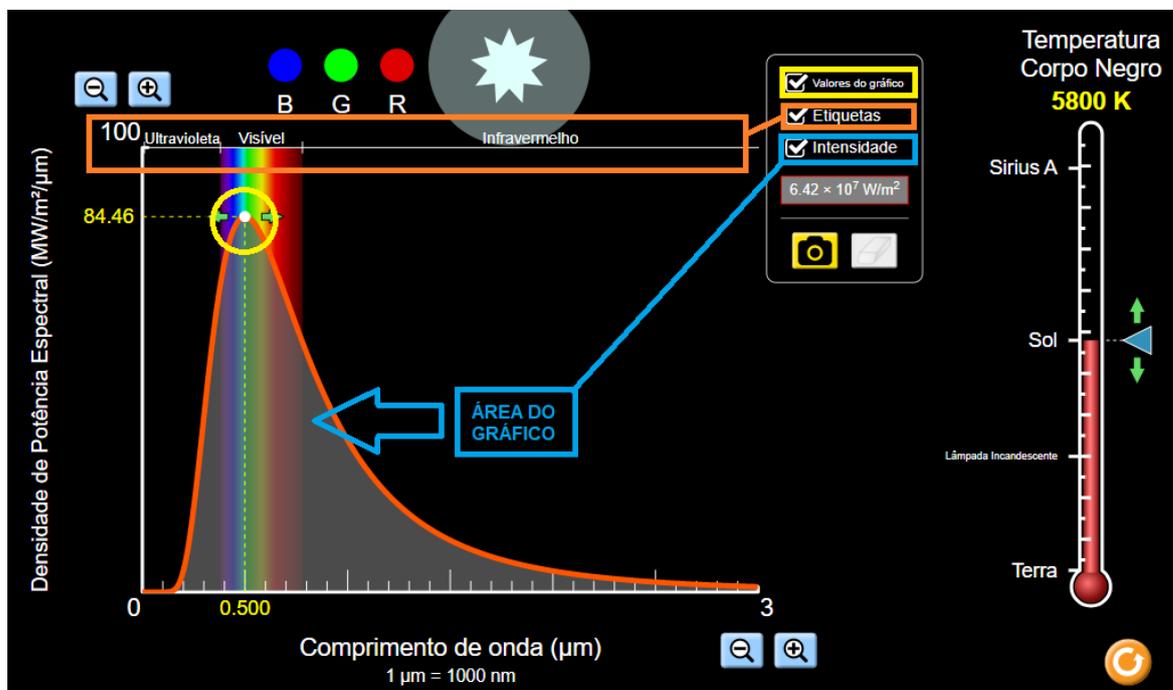
Figura 52 – interface do simulador.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

Como podemos perceber, o gráfico exibido condiz com o da Lei de Planck, ou seja, dos dados experimentais.

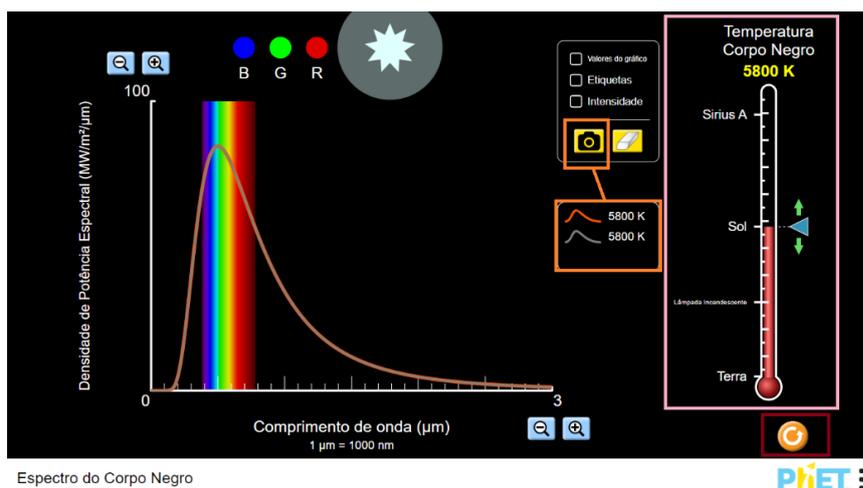
Figura 53 – descrições de autofunções.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

No retângulo amarelo na figura 53 acima, vemos os “valores do gráfico”, quando o ativamos o simulador nos fornece os valores de densidade de potência espectral por comprimento de onda como destacado no círculo amarelo à esquerda. Em “etiquetas” nos é fornecido a escala dentro do espectro eletromagnético do que está na faixa do visível, do ultravioleta e do infravermelho. Na função “intensidade”, temos a intensidade da radiação espectral do corpo negro, relativa à área interna do gráfico exibido.

Figura 54 – Representação das funções de termômetro e pico de escala termométrica absoluta.

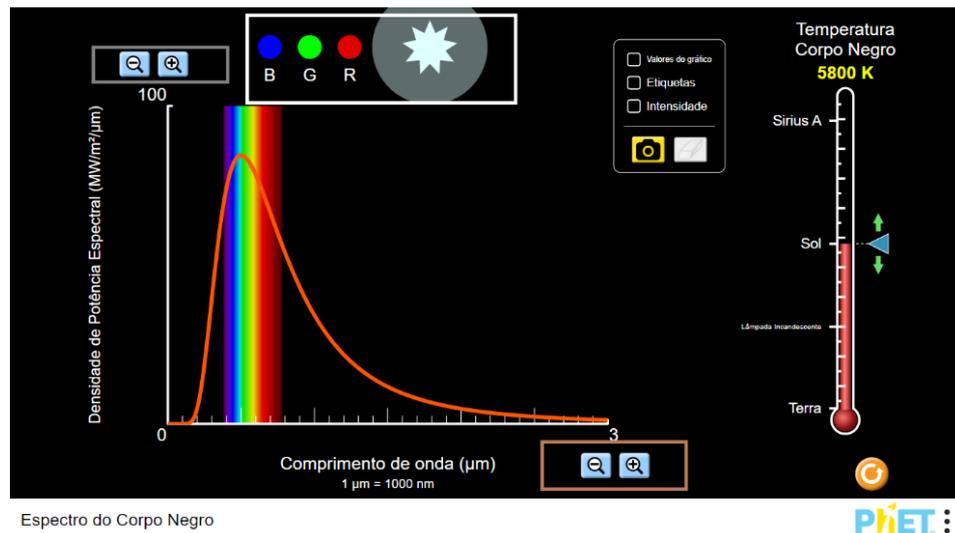


Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

A figura 54 acima contém um retângulo rosa, nele podemos notar um termômetro e por isso percebemos que ali, pode-se variar a temperatura absoluta - calibrada na escala Kelvin, desde a apresentada na superfície da Terra, até a da estrela Sirius A, passando ainda pelas Temperaturas de uma lâmpada incandescente e a do Sol.

Neste retângulo posicionado no canto inferior direito da figura acima, de cor vinho, vemos um ícone laranja. Nele pode-se reiniciar os valores, voltando àqueles do início. O retângulo laranja contém um botão em forma de câmera fotográfica, onde o usuário poderá conferir o valor de temperatura. E na borracha ao lado fechar a caixa com os valores de temperatura.

Figura 55 – Descrições da função de zoom e de luz emitida.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum> > acesso as 8:59 do dia 28/10/2020.

O retângulo marrom da figura 55 acima, onde visualizamos duas lupas, uma com sinal + e outra com -, nelas podemos aumentar/diminuir respectivamente a escala no eixo de comprimento de onda, já no retângulo em cinza podemos aumentar ou diminuir a escala no eixo de densidade espectral.

Na secção retangular em branco vemos o sistema RGB, que remete as cores Vermelha (Red), Verde (Green) e Azul (Blue), que compõem o branco. Variando a temperatura absoluta (T), modificamos os valores nos eixos da abscissa e ordenada, além da cor emitida que é apresentada no círculo com uma figura em forma de estrela em interior, no momento desta captura de tela vemos a cor branca.

MÓDULO E

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA IRRADIADA COM O AUXÍLIO DO PHET SIMULATIONS

No centro do nosso sistema solar, está localizado o Sol. Nossa estrela mantém girando em sua órbita os planetas circunvizinhos, partículas dispersas e plútons, os chamados planetas anões. Esta estrela anã amarela tem idade estimada em cerca de 4,6 bilhões de anos, alguns cientistas afirmam que levará cerca de 6,5 bilhões de anos para se transformar em uma anã branca. Com seu campo gravitacional poderoso o período de rotação no equador é de 25 dias terrestres e nos polos salta para 36 dias. Em sua superfície a temperatura média é de 5 800 Kelvin. Para um astro como esse qual potência é irradiada em sua superfície?

Resolução:

Para isto vamos nos lembrar da expressão (4), Lei de Stefan:

$$I = P = k_B T^4 \quad (4)$$

Onde:

I é a intensidade luminosa;

P a potência total irradiada;

T é a temperatura absoluta;

k_B como a constante de Boltzmann, com valor $5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

Repetimos neste trabalho que 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:

$$P = k_B T^4$$

Substituindo 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:

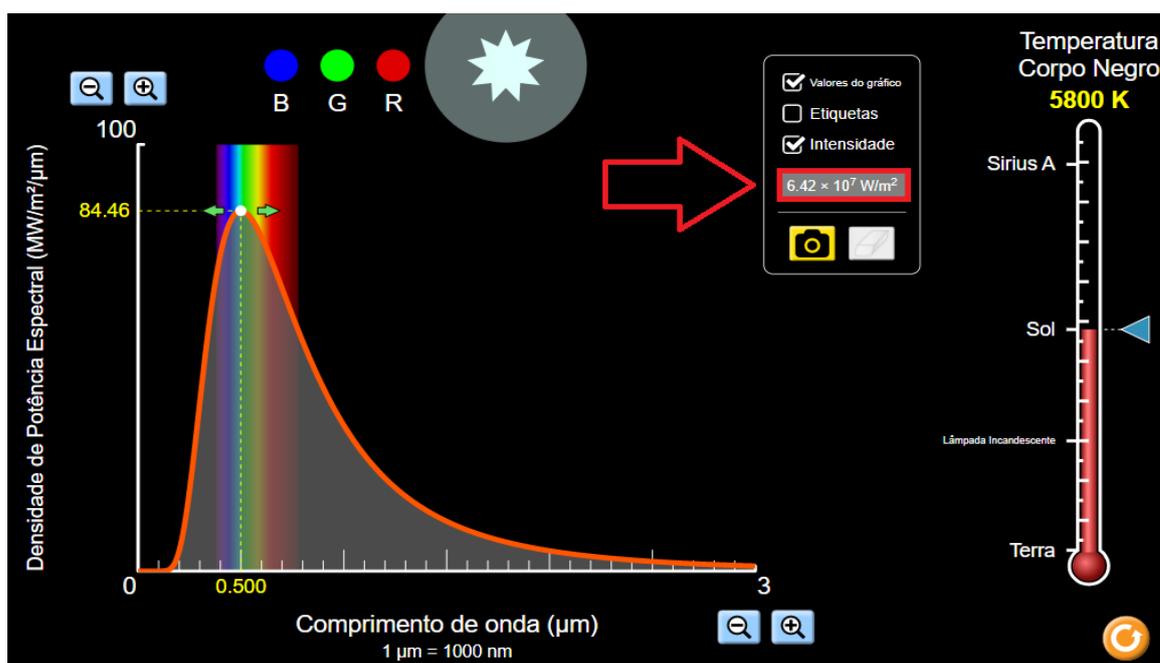
$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg}\cdot\text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (5800 \text{ K})^4$$

$$P = 6,4169 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$$

$$P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$$

Agora compararemos com o valor dado pela simulação exibida na figura 56:

Figura 56 - a potência irradiada pelo Sol de acordo com o Phet simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 7:27 do dia 29/10/2020.

A simulação nos forneceu um valor de $P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$ e em nossos cálculos $P = 6,42 \times 10^7 \text{ W/ m}^2$. Obtivemos êxito.

Agora para nos deleitarmos com os valores dados pelo simulador vamos fazer os cálculos para a potência irradiada pela Terra (temperatura de 300K), por uma Lâmpada

incandescente (temperatura de 3000K) e pela estrela Sirius A (temperatura de 10 000K), considerando-os corpos negros ideais com emissividade $\epsilon = 1$. Vamos nessa!

Resolução para Terra:

$$P = \sigma T^4$$

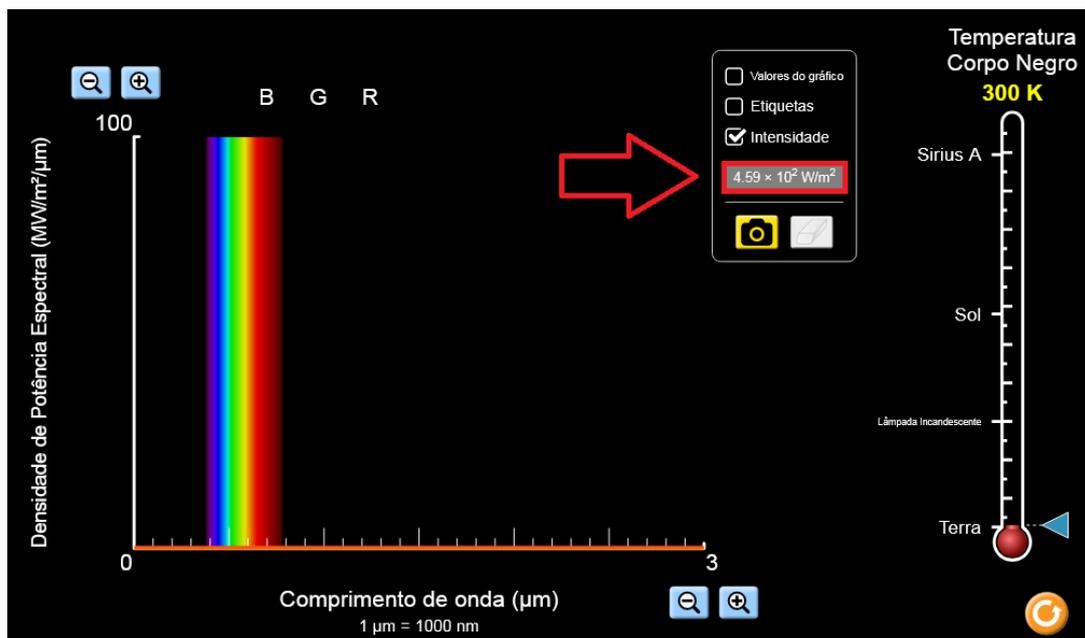
$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (300 \text{ K})^4$$

$$P = 4,59299727 \times 10^2 \text{ W/m}^2$$

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

Vamos agora averiguar na figura 57, se o resultado condiz com as expectativas:

Figura 57 - a potência irradiada pela Terra de acordo com o Phet simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 21:32 do dia 10/11/2020.

A simulação nos forneceu um valor de $P = 4,59 \times 10^2 \text{ W/m}^2$ e nossos cálculos $P = 4,59 \times 10^2 \text{ W/m}^2$. Estamos corretos.

Resolução para uma lâmpada incandescente:

$$P = \sigma T^4$$

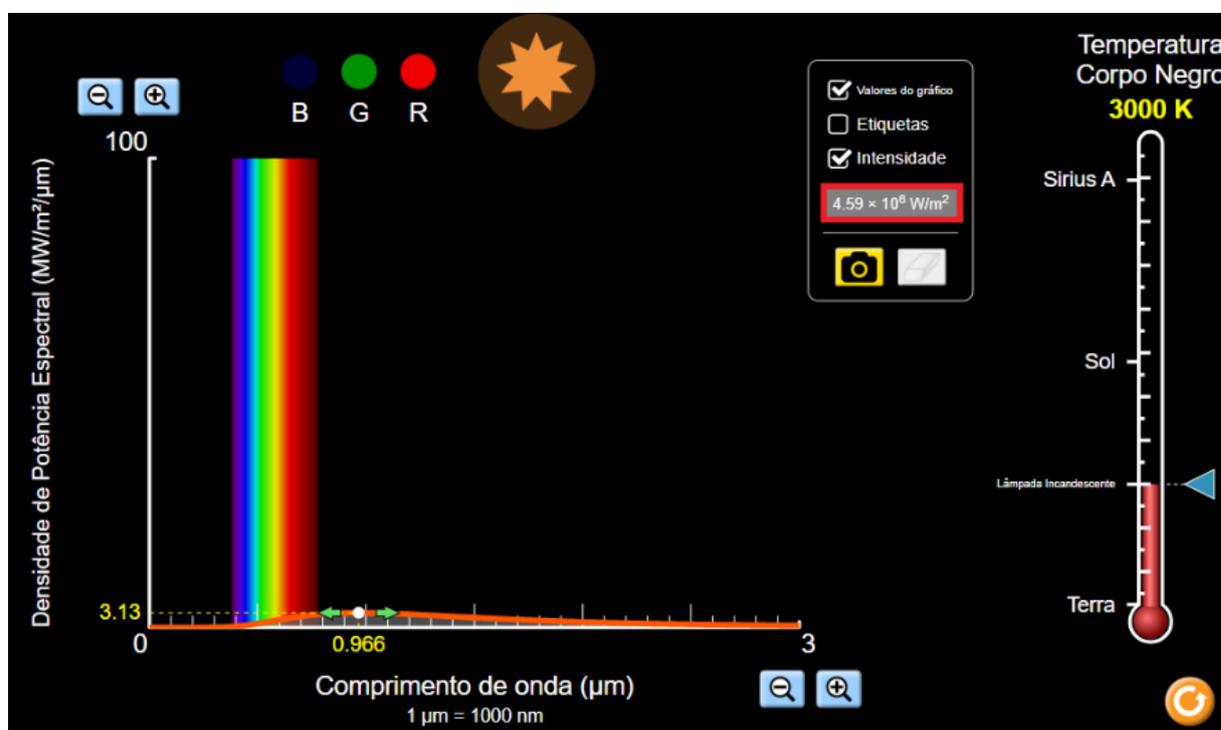
$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (3000 \text{ K})^4$$

$$P = 4,593 \times 10^6 \text{ W/m}^2$$

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

Será que o valor condiz com a simulação da figura 58?

Figura 58 - A potência irradiada por uma lâmpada incandescente de acordo com o Phet simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum> . Acesso as 7:44 do dia 29/10/2020.

Sim! A simulação nos forneceu um valor de $P = 4,59 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ e nossos cálculos $P = 4,59 \times 10^6 \text{ W/m}^2$. Chegamos a uma conclusão em comum. Além disto, vemos a emissão no sistema RGB de luz na corolação amarelo-alaranjada pela lâmpada incandescente como abordado na literatura apresentada.

Resolução para a estrela Sirius A:

$$P = \sigma T^4$$

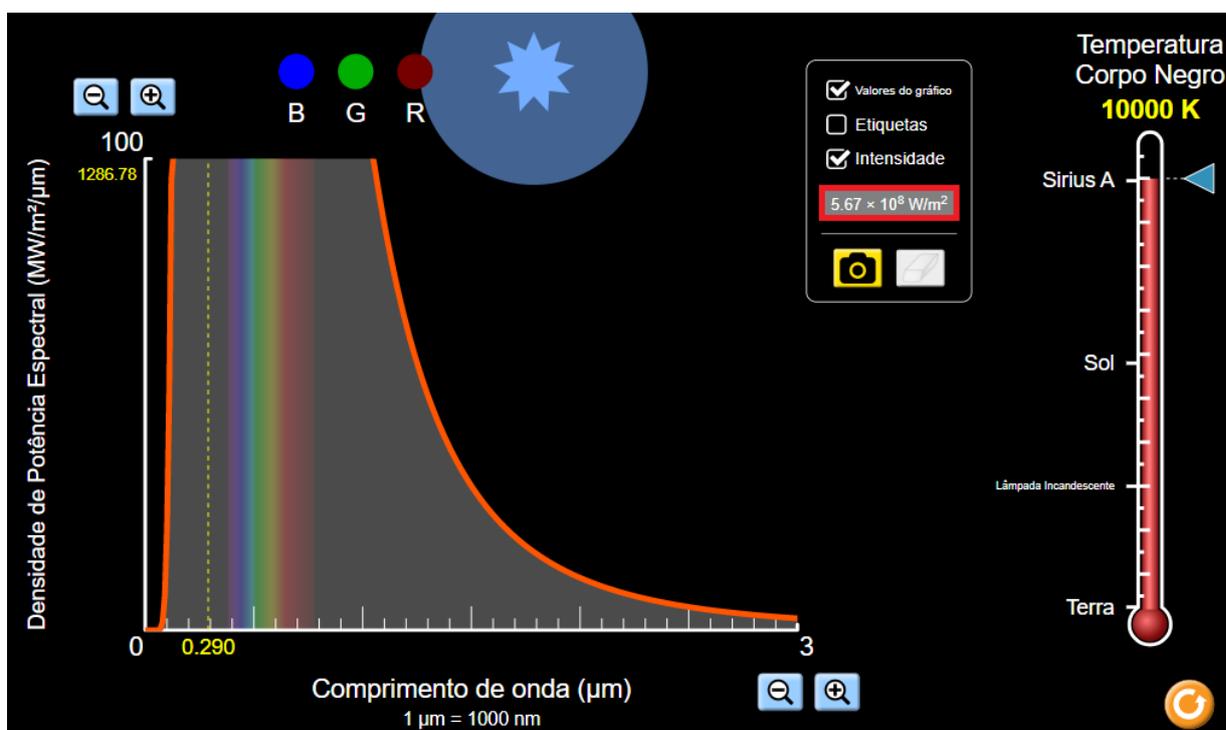
$$P = (5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \times (1 \cdot 10^4 \text{ K})^4$$

$$P = 5,670367 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$$

$$P = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$$

O resultado obtido, será agora comparado, através da figura 59 que é o resultado simulado no Phet.

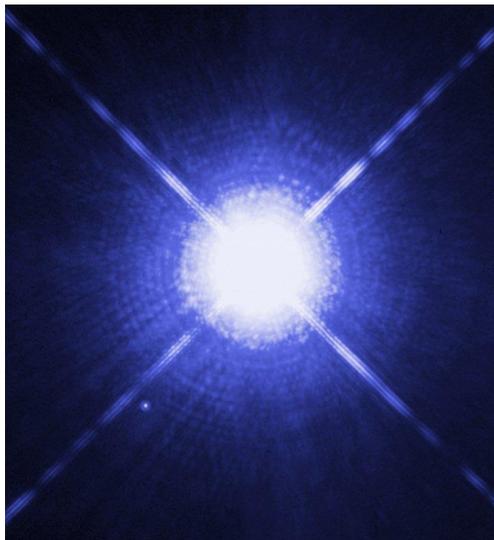
Figura 59 - A potência irradiada pela estrela Sirius A de acordo com o Phet simulations.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>. Acesso as 8:12 do dia 29/10/2020.

A simulação nos forneceu um valor de $P = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$ e nossos cálculos $P = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$. Obtivemos êxito. Além disto, vemos a emissão no sistema RGB de luz na coloração azulada, coincidindo com a imagem captada pelo telescópio espacial Hubble da figura 60 abaixo.

Figura 60 – Imagem de Sirius A captada pelo telescópio espacial Hubble.



Fonte: <https://www.spacetelescope.org/images/heic0516a/> acesso as 11:18 do dia 28/10/2020.

MÓDULO F

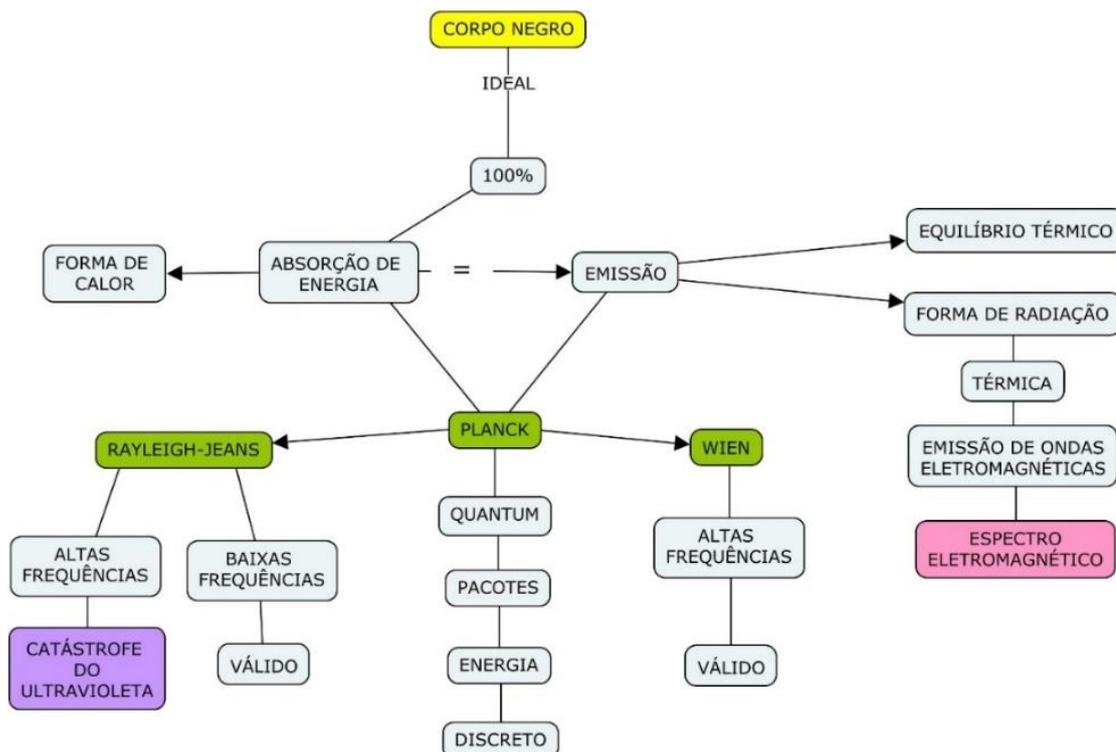
CONFECÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS SOBRE A PARTE TEÓRICA DO PROBLEMA DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO (PRCN)

Nesta etapa o docente poderá utilizar-se de um mapa conceitual para avaliação diagnóstica. Ele é concebido para representar um conjunto de conceitos entrelaçados, para estruturar o conhecimento sobre determinado assunto e como está organizada a estrutura cognitiva dos alunos. Assim o professor/avaliador poderá analisar a profundidade e a extensão dessas estruturas. Ali serão indicadas as correlações entre conceitos ligados por conectivos, conceitos estes expressos por palavras-chave e direcionados por setas ou traços que farão ligação entre elas. Indo do conceito mais geral até o mais particular, objetivando a inclusão e facilitação de construções de conhecimentos de maneira significativa.

Munidos de toda sorte de conhecimentos básicos sobre o problema da radiação de corpo negro, o aluno agora passará por uma avaliação diagnóstica. Os conhecimentos teóricos adquiridos serão utilizados para confecção de mapa conceitual.

A sugestão que fazemos é que o docente enumere palavras para facilitar a obtenção de êxito na produção deste, como por exemplo: *ideal, absorção, emissão, planck, Rayleigh-Jeans, Wien, altas frequências, baixas frequências, espectro eletromagnético*. Se o aluno conseguir produzir um mapa conceitual próximo ao apresentado na figura 61, podemos dizer que o aprendizado foi satisfatório e/ou que o aluno teve um bom entendimento dos conceitos abordados.

Figura 61 – Mapa conceitual de referência para avaliação da aprendizagem.



Fonte: o autor.

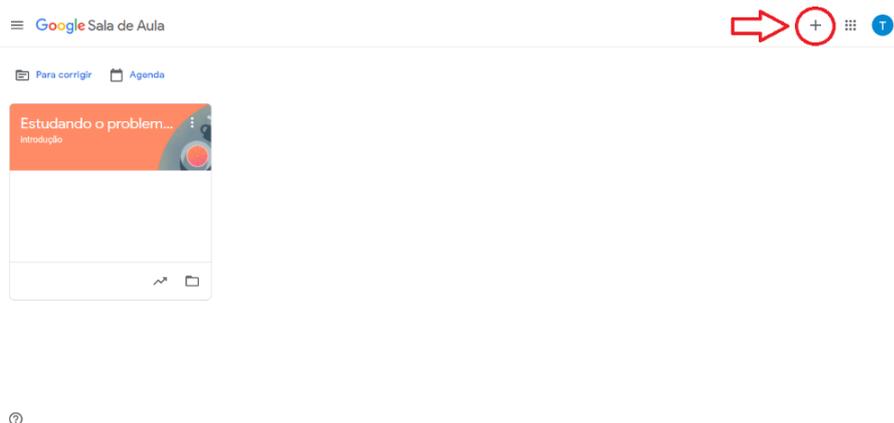
Bônus!

Como criar uma turma no Google Classroom?

1. Basta acesse o endereço eletrônico: classroom.google.com.

Na parte superior da página “Turmas”, clique em Adicionar + e logo após, criar turma como destacado no círculo vermelho.

Figura 62 - Criar turma.



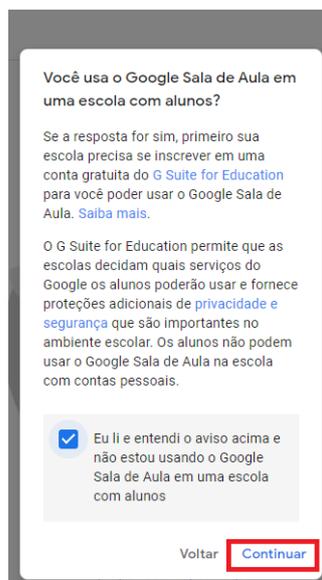
Fonte: <https://classroom.google.com/u/0/h>. Acesso as 13:37 do dia 02/11/2020.

Observação: se você não encontrar a opção “criar turma”, sua conta só pode participar de turmas. Use outra conta ou peça ajuda para seu administrador do G Suite.

Se você não for vinculado a uma instituição de ensino, poderá criar uma turma virtual. Para isto basta marcar a opção destacada abaixo, após ler os termos e condições de uso.

Clique em continuar, como destacado na figura 63.

Figura 63 - Aceitação dos termos de usuário.



Fonte: <https://classroom.google.com/u/0/h>. Acesso as 13:37 do dia 02/11/2020

2. Digite o nome da turma

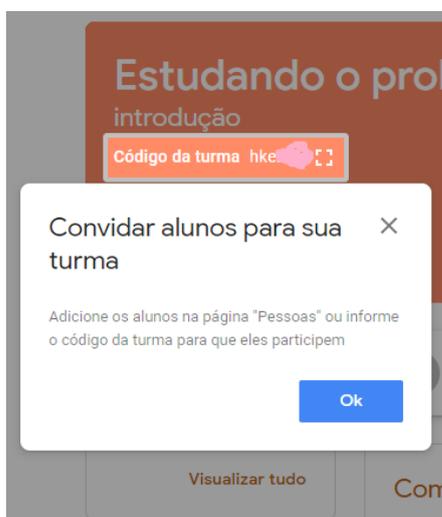
Figura 64 – instruções de dados da turma.

Fonte: <https://classroom.google.com/u/0/h>. Acesso as 13:39 do dia 02/11/2020.

3. (Opcional) Para incluir uma breve descrição, a série ou o horário da turma, clique em Seção e digite os detalhes.
4. (Opcional) Para incluir a matéria, clique em Matéria e digite o nome ou clique em uma das opções da lista que é exibida enquanto você digita.
5. (Opcional) Para incluir a localização da turma, clique em Sala e digite os detalhes.
6. Clique em **Criar**.

O Google Sala de Aula cria automaticamente o código que você pode usar para convidar alunos para a turma. O código está sempre disponível na parte superior do mural da turma.

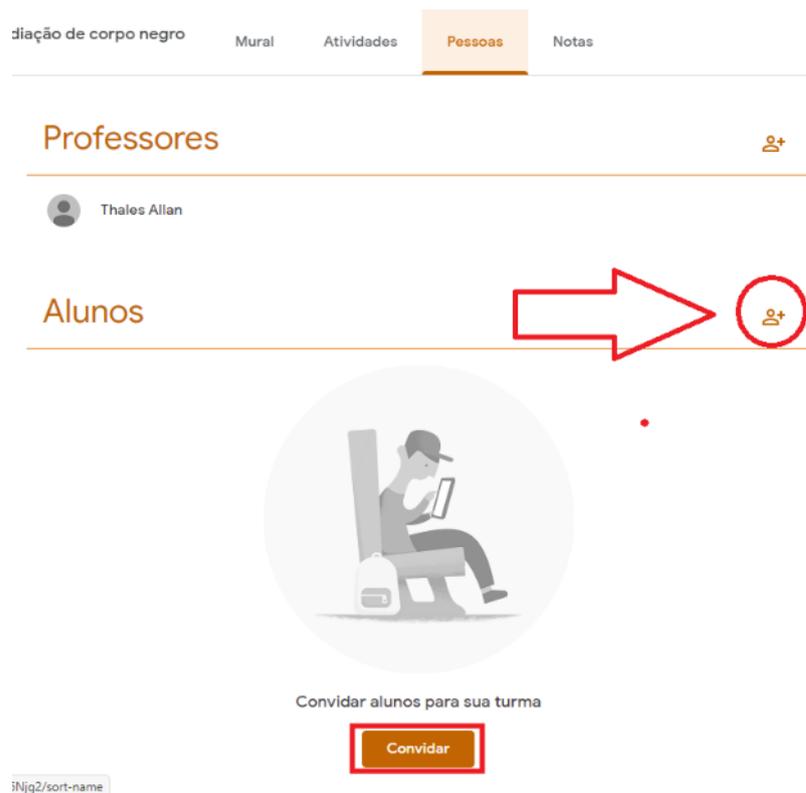
Figura 65 – Código da turma.



Fonte: <https://classroom.google.com/u/0/h>. Acesso as 13:47 do dia 02/11/2020.

Ou ainda você poderá adicionar participantes manualmente, na tela inicial na aba “PESSOAS” um ícone para adicionar será mostrado, e destacamos aqui pelo círculo em vermelho, basta clicar nele e adicionar o Gmail do respectivo participante. Ou ainda na parte inferior em “convidar”.

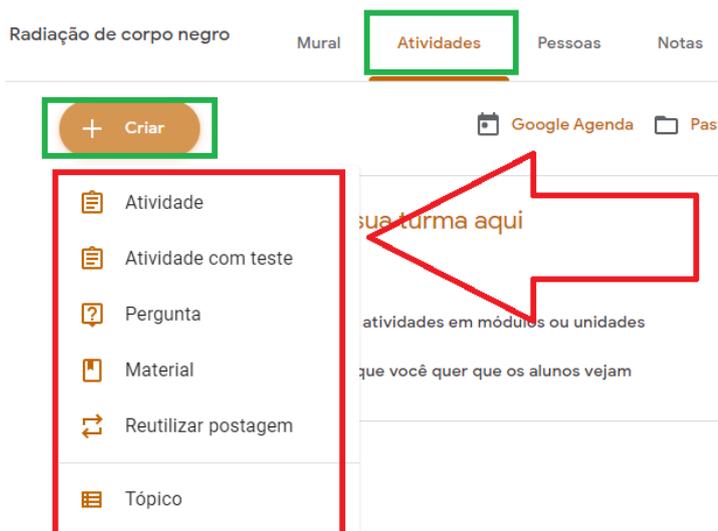
Figura 66 - Como adicionar alunos.



Fonte: <https://classroom.google.com/u/0/h>. Acesso as 13:55 do dia 02/11/2020.

Existe também a possibilidade de na aba “atividades” o docente irá clicar em “+ criar” aparecerá as opções destacadas pelo retângulo vermelho. Em “atividade” poderão ser adicionadas avaliações em diversos formatos: doc.x, power point (ppt), pdf, por exemplo, perguntas em que os alunos poderão fazer um comentário direto, uma biblioteca na parte “material e reutilizar postagens. Para a parte de “Tópico” poderá ser criado um Subtema específico com as mesmas possibilidades descritas anteriormente.

Figura 67 - Aba para adicionar atividades.



Fonte: <https://classroom.google.com/u/0/h>. Acesso as 14:02 do dia 02/11/2020.

E neste trabalho, temos por base, metodologias ativas, em forma de perguntas que serão colocadas à baila durante as aulas e no término de algumas destas.

O professor identificará esta metodologia ativa através da figura  que dentro dela estarão os questionamentos propostos. Além disto estas mesmas indagações, poderão ser acrescentadas a aba  Pergunta no classrrom. Bom proveito!

Bônus (parte 2)!

Como produzir um mapa conceitual?

Moreira (2012) afirma que os mapas conceituais, são diagramas relacionais de conceitos ou símbolos usados para representa-los. Na maioria das vezes possuem organização hierárquica, incluindo setas e conectivos, sem implicar sequências, temporalidade ou direção, características auxiliadoras em uma diferenciação entre o que é mapa conceitual e um diagrama de fluxo por exemplo. Mapas conceituais são diagramas de relações significativas e hierárquicas conceituais, não devendo ser confundidos com **mapas mentais**.

Estes possuem características de liberdade e associação, não necessariamente obedecem a um nível hierárquico, além de serem desapegados de relações entre conceitos e por vezes nem conceitos incluem.

Alguns artifícios ilustrativos geométricos podem ser utilizados em suas elucubrações, tais quais:

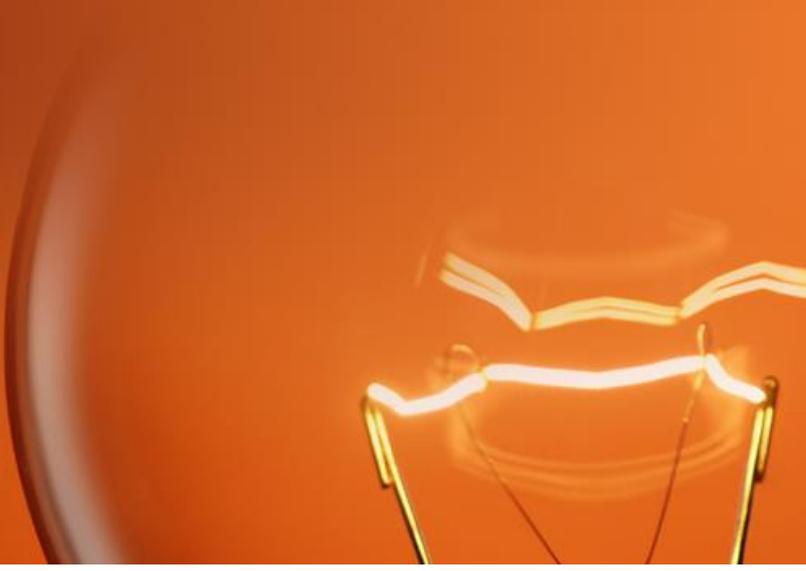
-  Elipses;
-  Retângulos;
-  Círculos;
-  Além de traços, que podendo abrigar palavras ou não, servem como conectivos.

Podem ser organizados de conceitos gerais (representado por um retângulo, por exemplo) e inclusivos até aqueles mais específicos (representados por elipses, ou quaisquer formatos que o produtor do mapa conceitual queira utilizar para diferenciá-los ou não) ou partir de um para outro através de setas que organizem a ordem de ideias. Porém estas figuras nada representam, apenas sendo utilizadas para dar destaque ou tornarem esta hierarquização mais evidente ou didática. Normalmente seguimos uma hierarquia, em que na parte superior alocamos aqueles conceitos mais gerais e abrangentes, seguindo em sequência até aqueles específicos menos abrangentes nas partes descendentes. Este é um dos modelos mais adotados, porém podem surgir variações, não tendo necessidade de segui-lo, entretanto o autor deve sempre expor quais são os conceitos primários e secundários (específicos). O ponto chave é apenas a interligação entre conceitos, correlacionando-os. Não existindo regras fixas de como traçar um mapa conceitual, apenas devendo o autor deste, se ater a exposições de conceitos, seus significados e as relações estabelecidas entre ele e o corpo de conhecimentos de um tema específico de determinada área do saber. (IBID).

Um aluno ou docente da disciplina de Física deverá unir dois conceitos através de uma linha, que sejam relacionados e no entendimento daquele escopo seja capaz de embutir significado e relação entre estes. Moreira (2012) diz que poucas palavras, uma ou duas, servem de conectivos que explicitam a natureza desta relação. A partir desta combinação, dois vocábulos transfigurados em conceitos podem ser intermediados por um conectivo, mas não tornam o mapa de conceitos autoexplicativo, pois devem ser explicados. Para isto o autor externa sua interpretação através de significados. Moreira & Buchweitz, (1993, *apud* MOREIRA, 2012) afirma que a produção de mapeamentos de conceitos carrega em si a característica de flexibilidade, tornando esta técnica adaptável a diversas situações e finalidades – análise de currículo, aprendizagem e avaliação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOREIRA, Marco Antônio. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. 2012.
Instituto de Física - UFRGS. Disponível em:
<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.



"Até aqui nos ajudou o
senhor".

Produto Educacional

AUTORES:

Thales Allan Santos da Cruz

Prof. Dr. Elton Malta Nascimento

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alagoas no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE ALAGOAS



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DO PROBLEMA DA
RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO
POR MEIO DE AMBIENTES
VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM**

Produto Educacional



