

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E
ENSINO DE FÍSICA

Guilherme Salgueiro Goulart

**PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE FMC: UMA
ALTERNATIVA AOS DESAFIOS ENFRENTADOS POR
PROFESSORES DE FÍSICA EM ESCOLAS ESTADUAIS DE
URUGUAIANA-RS**

Santa Maria, RS

2020

Guilherme Salgueiro Goulart

**PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE FMC: UMA ALTERNATIVA
AOS DESAFIOS ENFRENTADOS POR FÍSICOS EDUCADORES EM ESCOLAS
ESTADUAIS DE URUGUAIANA-RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. André Ary Leonel

Santa Maria, RS

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Goulart, Guilherme Salgueiro

PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE FMC: UMA
FORMA ALTERNATIVA A DESAFIOS ENFRENTADOS POR PROFESSORES
DE FÍSICA AO TRABALHAR COM O TEMA EM ESCOLAS ESTADUAIS
DE URUGUAIANA-RS / Guilherme Salgueiro Goulart.- 2020.
240 p.; 30 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, RS,
2020

1. Ensino de Física 2. Ensino de Física Moderna 3.
Radioatividade 4. Unidade de Ensino Potencialmente
Significativa 5. Teoria da Aprendizagem Significativa I.
Título.

Guilherme Salgueiro Goulart

**PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE FMC: UMA
ALTERNATIVA AOS DESAFIOS ENFRENTADOS POR
PROFESSORES DE FÍSICA EM ESCOLAS ESTADUAIS DE
URUGUAIANA-RS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ensino de Física**.

Aprovada em 18 de Dezembro de 2020.



Documento assinado digitalmente
Andre Ary Leonel
Data: 08/02/2021 16:26:46-0300
CPF: 026.602.779-23

Prof. Dr. André Ary Leonel
Orientador

A handwritten signature in blue ink that reads 'Isabel Krey Garcia'.

Profª. Dra. Isabel Krey Garcia – UFSM
Membro Titular

A handwritten signature in blue ink that reads 'Charles dos Santos Guidotti'.

Prof. Dr. Charles dos Santos Guidotti - FURG
Membro Titular

Santa Maria, RS
2020

À minha vó Zohé Madeira Salgueiro (in
memoriam) por ter sido minha segunda mãe
em vida. Minhas conquistas, serão
eternamente duas

AGRADECIMENTOS

A mim mesmo, por conseguir conciliar o mestrado acadêmico e o curso de bacharelado em Física quando essa parecia ser uma tarefa impossível.

A minha mãe, Ana Claudia Salgueiro Goulart e meu pai José Luiz Gonçalves Goulart, por serem meus exemplos de vida e minhas maiores inspirações. Meu irmão Gabriel Salgueiro Goulart e minha cunhada Vitória Rodrigues Rocha. Obrigado por sempre estarem ao meu lado, mesmo que em pensamento, e por possibilitarem que esse sonho fosse possível. Não tenho palavras para agradecer tudo que vocês são para mim. Apenas levanto as mãos ao céu todos os dias por ter sido agraciado e poder viver essa vida ao lado de vocês. Amo vocês com toda a força do meu ser.

Ao professor Dr. André Ary Leonel, que aceitou me orientar e sempre se mostrou disponível e presente ao longo de todo o desenvolvimento dessa pesquisa. Obrigado pelos dois anos que estivemos juntos e saibas que almejo ser, um dia, metade do orientador que fostes para mim. Principalmente, no âmbito acadêmico, pessoas assim são raras.

Aos membros da banca, professor Dr. Charles dos Santos Guidotti, professora Dr^a. Isabel Krey Garcia e ao professor Dr. Cesar de Oliveira Lobo pela disponibilidade e contribuições.

Aos meus amigos que de alguma forma contribuíram para que conseguisse concluir essa etapa: Bernardo Spironello Fortuna, Alan Dal Forno, Guilherme Ferraz, Lucas Pereira, Tamyres Souza, Andieska Parcinello, Ana Cantarelli, Daniel Soares, Cristian Pires, João Narcizo, João Victor Bremm, Guilherme Nunes, William Sophiatti, Jéssica Fraga e Victor da Silva, Victor Ferreira, Eduarda Lima, Emanoela Decian, Giane Guedes, Fran e Leonice Weber.

Um parágrafo especial a pessoa que serei eternamente grato: Cecília Elenir dos Santos Rocha. Em 2017, você me convidou a mudar de cidade e ir em busca de um sonho. Hoje, ambos somos mestres. Sabes que lhe considero mais que uma amiga, uma irmã. Muito obrigado por estar em minha vida.

Gratidão também aqueles que passaram em minha vida seja no âmbito acadêmico ou pessoal. Cada relacionamento que colecionamos ao longo da vida deixa uma marca, algumas mais profundas, outras superficiais, mas todas elas carregam lembranças que nada nem ninguém irá apagar.

Aos colegas do curso de bacharelado em Física.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática (GPEACIM), pelos momentos que estivemos juntos.

À Universidade Federal de Santa Maria por estar me possibilitando a realização de dois sonhos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física por possibilitar minha qualificação como profissional.

À CAPES pelo auxílio.

“Forte não é aquele que aguenta a pancada mais forte, e sim, aquele que consegue levantar todas as vezes que é golpeado e segue em frente!”.

Sylvester Stallone

RESUMO

PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE FMC: UMA FORMA ALTERNATIVA A DESAFIOS ENFRENTADOS POR PROFESSORES DE FÍSICA AO TRABALHAR COM O TEMA EM ESCOLAS ESTADUAIS DE URUGUAIANA-RS

AUTOR: Guilherme Salgueiro Goulart

ORIENTADOR: André Ary Leonel

No presente trabalho propomos e discutimos a possibilidade de ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) desenvolvida com o objetivo de auxiliar professores de Física das escolas estaduais de Ensino Médio de Uruguaiana-RS a superar algumas das dificuldades e desafios enfrentados por eles ao trabalhar com essa temática em sala de aula. Essa pesquisa caracteriza-se como qualitativa com enfoque na análise do conteúdo e é fundamentada teoricamente a partir do referencial da Aprendizagem Significativa e referenciais específicos relacionados ao ensino de FMC no nível médio. A compreensão deste trabalho é dada a partir de três etapas: revisão da literatura, feita em alguns periódicos e eventos de Ensino de Física e/ou Ciências, a elaboração e aplicação de um questionário de pesquisa aos professores de Física do município, e a proposição da UEPS. A etapa de revisão da literatura teve por objetivo trazer elementos para subsidiar o processo de elaboração do questionário, instrumento utilizado para a coleta dos dados dessa pesquisa. A partir disso, esse instrumento foi aplicado aos professores, possibilitando mapear as dificuldades e desafios por eles apresentados, bem como seus temas de interesse. A partir do cruzamento com os resultados obtidos durante a revisão da literatura, foi estruturada uma proposta de UEPS a partir do tema: Radioatividade, tema de maior interesse por parte dos professores investigados. Esse recurso didático reúne características com potencial para auxiliar os professores com a abordagem dessa temática em sala de aula, uma vez que apresenta uma sequência de passos interdependentes, interativos e diversificados do ponto de vista metodológico, além de ser pensado visando atender as demandas específicas dos professores participantes desta pesquisa, principalmente no que diz respeito a: falta de recursos didáticos para trabalhar com tópicos de FMC, deficiência em sua formação inicial e dificuldade em relacionar esses tópicos com o dia-a-dia dos estudantes. A asserção de valor dessa pesquisa está ancorada ao fato dela ser pensada e estruturada junto ao contexto local de onde a mesma foi desenvolvida, o que lhe confere um caráter de ineditismo e aponta como uma alternativa possível para o ensino de FMC.

Palavras-chave: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Ensino de Física Moderna e Contemporânea; Radioatividade; Dificuldades e Desafios; Professores de Física.

ABSTRACT

A PMTU PROPOSAL FOR TEACHING MCP: AN ALTERNATIVE FOR THE CHALLENGES THAT PHYSICS TEACHERS FACE IN STATE SCHOOLS IN URUGUAIANA, RS

AUTHOR: Guilherme Salgueiro Goulart

LEADER: André Ary Leonel

In this study, we propose and discuss the possibility of teaching Modern and Contemporary Physics (MCP) through a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU), developed with the objective of aiding Physics teachers at state-level high schools in Uruguaiana, Rio Grande do Sul State, to overcome some of the difficulties and challenges they face in working with this subject matter in the classroom. This research is qualitative in nature with a focus on content analysis. It is theoretically grounded in the Meaningful Learning framework and in specific frames that regard MCP teaching at the high school level. This study contains three phases: a literature review, comprising journals and Teaching Physics and/or Science events; the elaboration of a research questionnaire and its administration to Physics teachers in the municipality; and the proposal of a PMTU. The objective of the literature review was to bring elements to support the elaboration of the questionnaire, the instrument chosen for collecting data for this research. Once the questionnaire had been administered, it was possible to map the difficulties and challenges brought by the teachers, as well as the themes of interest. Having cross-referenced the results from the questionnaire with those from the literature review, a PMTU proposal was structured for Radioactivity, the theme that presented the highest interest among the participating teachers. This didactic resource brings together elements that carry the potential for aiding teachers in working out this theme in the classroom. It presents a sequence of steps that are interdependent, interactive, and diversified from a methodological vantage point. Moreover, it was elaborated to attend to specific demands of the teachers who participated in this research, especially regarding: a lack of didactic resources for teaching topics in MCP; a deficiency in their initial training; and how to relate these topics to the day-to-day of the students. The value behind this study is anchored in the fact that it was thought out and structured in the local context of the research, which gives it originality and highlights a possible alternative for the teaching of MCP.

Keywords: Potentially Meaningful Teaching Unit; Modern and Contemporary Physics Teaching; Radioactivity; Difficulties and Challenges; Physics Teachers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa Conceitual das três fases da Análise de Conteúdo.....	46
Figura 2 - Dois referenciais R e R' com origens O e O', respectivamente. R e R' possuem eixos paralelos e R' se movendo um em relação a R com uma velocidade \vec{v}	53
Figura 3- Uma cavidade em um corpo ligada ao exterior por um pequeno orifício. A radiação incidente sobre o orifício é completamente absorvida após sucessivas reflexões sobre a superfície interna da cavidade	57
Figura 4- Curva ilustrativa da diferença entre os resultados teóricos e experimentais sobre o corpo negro	58
Figura 5 - Mecanismo de busca CBEF.....	87
Figura 6 - Mecanismo de busca da RBEF com periódicos publicados a partir de 2001....	88
Figura 7 - Diagrama resumindo o processo desenvolvido.....	89
Figura 8 - Gráfico representado a distribuição dos artigos de acordo com as revistas pesquisadas.....	90
Figura 9 - Gráfico representado a distribuição dos trabalhos de acordo com o evento pesquisado.....	102
Figura 10 - Fluxograma sobre a distribuição dos trabalhos dentro das pastas (Recorte)..	102
Figura 11 – Gráfico representando a experiência dos professores em cada disciplina.....	130
Figura 12 – Gráfico representando em qual nível de ensino os professores já atuaram....	132
Figura 13 – Gráfico representando em qual nível de escolaridade os professores atuam no momento.....	132
Figura 14 – Gráfico representando o nível de formação dos professores.....	133
Figura 15 – Gráfico relativo a formação em licenciatura em Física.....	134
Figura 16 – Gráfico relativo a habilitação dos professores ao ensino de Física.....	135
Figura 17 – Gráfico representativo da habilitação dos professores por disciplina.....	136
Figura 18 – Gráfico relativo ao ano de conclusão do curso de licenciatura.....	137
Figura 19 – Gráfico relativo ao tempo em que os professores lecionam Física.....	137
Figura 20 – Gráfico relativo ao ano em que o professor atua.....	138
Figura 21 – Gráfico representando a FMC durante a formação dos professores.....	138
Figura 22 – Gráfico representando os conteúdos vistos pelos professores durante a graduação.....	141
Figura 23 – Gráfico representando os conteúdos de maior interesse dos professores...	142

Figura 24 – Gráfico sobre a categoria Dificuldade em operações matemáticas.....	149
Figura 25 – Gráfico sobre a categoria Empenho e motivação.....	150
Figura 26 –. Gráfico sobre a categoria Carga horária reduzida da disciplina.....	152
Figura 27 –. Gráfico sobre a categoria Experimentação (I)	153
Figura 28 –. Gráfico sobre a categoria Deficiência na formação dos professores.....	154
Figura 29 –. Gráfico sobre a categoria Experimentação (II)	155
Figura 30- Usina termoelétrica de Uruguaiana-RS.....	162
Figura 31- Esquema de geração de energia elétrica numa usina termoelétrica.....	163
Figura 32- Esquema de geração de energia elétrica numa usina nuclear.....	164
Figura 33- Kryptonita é um mineral radioativo que provém do planeta Krypton.....	166

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Algumas das possíveis representações das Equações de Maxwell.....	52
Quadro 2 - Relação dos artigos selecionados por periódico.....	90
Quadro 3 – Resumo realizado pelos autores.....	93
Quadro 4 – Artigos contidos em cada categoria.....	94
Quadro 5 - Descrição dos Passos das UEPS.....	97
Quadro 6 - Presença ou ausência do mecanismo de busca no <i>site</i> do evento.....	100
Quadro 7 - Conjunto final de trabalhos dos eventos (SNEF e EPEF).....	103
Quadro 8 - Artigos contidos em cada categoria.....	107
Quadro 9 - UEPS proposta pelos autores do trabalho E5.....	108
Quadro 10 – Categorias finais sobre as dificuldades relacionadas ao ensino de FMC no Ensino Médio.....	117
Quadro 11- Relação entre as categorias e as questões do questionário de dilemas.....	121
Quadro 12- Processo de categorização.....	142
Quadro 13- Exemplificação do processo de categorização (parte 1).....	145
Quadro 14- Exemplificação do processo de categorização (parte 2)	146

LISTA DE BREVIATURAS E SIGLAS

AC – Análise de Conteúdo
CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física
EM – Ensino Médio
ENEM- Exame Nacional do Ensino Médio
EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
FC – Física Clássica
FN- Física Nuclear
FM – Física Moderna
FMC – Física Moderna e Contemporânea
GETAEF- Grupo de Estudos das Teorias de Aprendizagens e Ensino de Física
GPEACIM - Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática
IENCI – Investigações em Ensino de Ciências
LCN – Licenciatura em Ciências da Natureza
LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LED- Light Emitting Diode
MCs- Mapas Conceituais
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+ - Parâmetros Curriculares Nacionais Mais
PEIES - Programa de Ingresso ao Ensino Superior
PhET- *Physics Education Technology Project*
PIBID- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
RBECT – Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física
SBF – Sociedade Brasileira de Física
SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física
TAS- Teoria da Aprendizagem Significativa
TCC- Trabalho de Conclusão de Curso
UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
UFMS – Universidade Federal de Santa Maria
UFMS- Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UNINTER – Centro Universitário Internacional
UNIPAMPA- Universidade Federal do Pampa

LISTA DE SÍMBOLOS

\vec{F}_r - Vetor Força Resultante

\vec{E} – Vetor Campo Elétrico

\vec{B} – Vetor Densidade de Fluxo Magnético

ρ – Densidade Volumétrica de carga

Q_{int} - Carga Interna Envolvida

ϵ_0 – Permissividade Elétrica no Vácuo

μ_0 - Permeabilidade Magnética no Vácuo

\vec{J} – Vetor Densidade de Corrente Livre

i – corrente livre

j – Parte complexa de um número imaginário

Φ_E - Fluxo do Campo Elétrico

h – Constante de Planck

\vec{v} – Vetor velocidade (v , módulo do vetor velocidade)

\vec{r} – Vetor posição

ϵ – Energia

λ – Comprimento de Onda de de Broglie

T – Temperatura

m – Massa

\vec{p} – Vetor momento linear (p , módulo do vetor momento linear)

t – Tempo

ψ - Função de Onda

$V_{(x,t)}$ - Potencial

\vec{c} – Velocidade da Luz no Vácuo (c , módulo do vetor velocidade da luz no vácuo)

ν - Frequência

$d\vec{A}$ – Derivada Total do Vetor Área

$d\vec{l}$ - Derivada Total do Vetor Comprimento

∇ - Operador Nabla

$\frac{d}{dt}$ – Derivada total em relação ao tempo

$\frac{\partial}{\partial t}$ – Derivada parcial em relação ao tempo

\oint – Integral de linha

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	30
JUSTIFICATIVA	35
OBJETIVOS	37
Objetivo Geral	37
Objetivos Específicos	37
CAPÍTULO I	38
1. ORGANIZANDO A PESQUISA	38
1.1. UM BREVE MEMORIAL	38
1.2. TRAJETÓRIA DO PROBLEMA DE PESQUISA	40
1.3. ANÁLISE DO TEMA DE PESQUISA E SUA RELEVÂNCIA PARA A ÁREA	41
1.4. CAMINHOS DA PESQUISA	43
1.5. ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA	48
CAPÍTULO II.....	50
2. REFERENCIAL TEÓRICO	50
2.1. O QUE VEM A SER FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (FMC)?.....	50
2.1.1. Um breve panorama histórico sobre o surgimento da “nova Física”	50
2.2. SOBRE O ENSINO DE FÍSICA E DE FMC	62
2.2.1. O ensino de Física no Brasil	62
2.2.2. A influência dos documentos oficiais para inserção do Ensino de FMC no nível médio: Algumas considerações	66
2.2.3. A pesquisa em ensino de FMC no contexto brasileiro: do estabelecimento à novas perspectivas.....	70
2.3. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) E O ENSINO DE FÍSICA	73
2.3.1. TAS: Aspectos Gerais”	73
2.3.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)	76
2.3.3. Utilização de UEPS no ensino de FMC.....	78
CAPÍTULO III	82
3. REVISÃO DA LITERATURA	82
3.1. OBJETIVOS DA REVISÃO DA LITERATURA	82
3.2. METODOLOGIA.....	82
3.3. DEFININDO OS ARTIGOS QUE IRÃO COMPOR O PROCESSO DE ANÁLISE	83
3.4. PESQUISA REALIZADA NAS REVISTAS.....	86
3.4.1. Análise dos artigos considerados	91
3.4.2. Resultados e Discussões	94
3.5. PESQUISA REALIZADA NOS EVENTOS	99
3.5.1. Análise dos trabalhos considerados que foram publicados nos eventos	105
3.5.2. Resultados e Discussões	107
3.6. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	114

3.7. DIFICULDADES E DESAFIOS ENFRENTADOS AO SE TRABALHAR COM FMC NO ENSINO MÉDIO	116
CAPÍTULO IV	120
4. ANÁLISE DOS DADOS: ETAPAS QUE COMPÕEM ESSE PROCESSO.....	120
4.1. DA ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA: ETAPA INICIAL	120
4.2. VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA	124
4.3.O PÚBLICO QUE INTEGRA ESSA PESQUISA	128
4.4.ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO	130
4.4.1. Questões de diagnóstico	130
4.4.2. Questões de dilemas	148
4.5. POSSÍVEL UEPS SOBRE RADIOATIVIDADE.....	156
CAPÍTULO V.....	160
5. PROPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DA POSSÍVEL UEPS SOBRE RADIOATIVIDADE	160
5.1. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE	160
5.2.ANÁLISE DA POSSÍVEL UEPS DESENVOLVIDA	173
5.3. SUGESTÕES COMPLEMENTARES A POSSÍVEL UEPS	181
5.3.1. Instruções aos professores.....	181
5.3.2. Alguns recursos didáticos	182
CONSIDERAÇÕES FINAIS	184
REFERÊNCIAS	188
APÊNDICES	200
APÊNDICE 01- QUESTIONÁRIO INICIAL	200
APÊNDICE 02- QUESTIONÁRIO FINAL	208
APÊNDICE 03- QUADRO DOS SITES DOS EVENTOS PESQUISADOS	216
APÊNDICE 04- CARTA DE SOLICITAÇÃO DO CONTATO DOS PROFESSORES	218
APÊNDICE 05- PRÉ TESTE E PÓS-TESTE.....	220
APÊNDICE 06- ATIVIDADE EXPERIMENTAL:FLUORESCÊNCIA DE SUBSTÂNCIAS	222
APÊNDICE 07- AULA EXPOSITIVA DIALOGADA	224
APÊNDICE 08- JOGO ZONA RADIOATIVA	234

INTRODUÇÃO

A Física, enquanto ciência busca descrever e compreender fenômenos a partir da utilização de modelos que visam simplificar um sistema físico, por vezes, muito complicado se analisado com detalhes completos (YOUNG e FREDMAN, 2003). É a partir desse complexo estruturante que conseguimos ter maior compreensão sobre os fenômenos que nos cercam e, por consequência, utilizar esse conhecimento como um propulsor que subsidie um desenvolvimento científico e tecnológico, cujas consequências têm alcance dentro de um viés econômico, social e político (NASCIMENTO, 2010).

Entretanto, mesmo a Física permeando cotidianamente os mais diversos espaços sociais, é notório que a mesma seja tida como uma das disciplinas que os estudantes apresentem maior aversão e, conseqüentemente, dificuldade na Educação Básica. Essa constatação tem suscitado a produção de inúmeras pesquisas dentro da área de ensino de Física, como a de Bodião e Araújo (2011) que buscam identificar indícios da origem de eventuais aversões à Física enquanto disciplina curricular, bem como a relação dessa problemática com o processo de ensino-aprendizagem. Dentro dessa mesma perspectiva, Ataíde et al (2005) constata a imagem negativa que a Física possui junto aos estudantes de Ensino Médio em escolas da Paraíba. Esse resultado reflete em um dado preocupante, uma vez que há uma relação de profundo afinco entre o caráter de querer aprender e a aprendizagem efetiva.

Essa relação é discutida por Lourenço e de Paiva (2010) que nos dizem que:

A aprendizagem é influenciada pela inteligência, incentivo, motivação, e, na perspectiva de alguns autores, pela hereditariedade. Os elementos fundamentais para manter as novas informações adquiridas e processadas pelo indivíduo são o estímulo, o impulso, o reforço e a resposta. Um indivíduo motivado possui um comportamento activo e empenhado no processo de aprendizagem e, desta forma, aprende melhor. Assim é muito importante que as tarefas escolares tenham em consideração este aspecto (idem, p.138)

O caráter (des)motivacional por parte dos estudantes é citado por Leonel (2010) que pontua e questiona a forma linear com que as aulas de Física são ministradas. De forma inconsciente, ou não, ao abordar o conteúdo como um produto pronto e não como um processo em construção, o docente acaba por utilizar-se do caráter auto afirmativo que a ciência recebe aos olhos do senso comum: o de “verdade absoluta” (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2011). Esse aspecto é impositivo e pode vir a refletir na formação de um sujeito que aceite sem questionar aquilo que lhe é exposto.

A discussão levantada revela um importante problema que vai na contramão daquilo que é proposto na LDB que, em seu art. 35 e inciso III, atribui ao Ensino Médio a finalidade de proporcionar “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética

e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 1996, p. 18). Nesse sentido o questionamento a ser feito é: De que forma a Física pode auxiliar na formação desse aspecto formativo?

Embora atuem como orientações, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) trazem consigo uma visão mais ampla de como a Física poderia vir a ser ministrada, ao passo que há o entendimento de que

Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (BRASIL, 2002, p. 59)

O entendimento da Física como disciplina fundamental para a formação humana e científica do cidadão, “não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir” (BRASIL, 2002, p. 61). Entretanto, para que essa forma de pensar o ensino de Física possa ser efetivamente incorporada nas escolas há de se considerar que mudanças devam ser feitas dentro do currículo da disciplina.

Cabe destacar que, na tentativa de se repensar o currículo, no ano de 2018, o então Ministro da Educação Rossieli Soares, homologou o documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). (BRASIL, 2017, p. 7).

No entanto, esse documento tem recebido diversas críticas de pesquisadores da área de educação. De acordo com Mozena e Ostermann (2016, p. 327)

A BNCC, apesar de se constituir apenas numa base para se fazer e pensar o currículo, tem sido apresentada como uma promessa de regular a educação básica no país e melhorar a qualidade do seu ensino reconhecido como falido. No entanto, dentro do contexto, das lutas e interesses políticos e econômicos imersos num certo clamor por “eficiência” que se insere, essa base pode vir a ser o marco de um grande retrocesso, pois da maneira que tem sido encaminhada e discutida, promove a formalização de um ensino focado em conteúdos, apostilas, avaliações e rankings. Como se “qualidade de educação” (um termo surrado, apesar de seus sentidos não serem nada acordados) fosse algo facilmente mensurável e a uniformidade fosse desejável. Exames nacionais/internacionais em larga escala não combinam com dialogia e diversidade!

Nesse sentido, o que se percebe é uma preocupação com relação à forma como está sendo conduzido esse processo. O sentimento que há é de um completo retrocesso no que tange às concepções de Ensino e aprendizagem apresentadas no documento. É perceptível, nesse

sentido, a sustentação de um ensino descontextualizado e baseado em um viés mecanicista, algo contrário a diversas pesquisas da área. Se aplicarmos esse cenário ao ensino de Física, percebe-se que há uma manutenção de um modelo falido que, infelizmente, ainda é difundido por muitos professores que ministram essa disciplina (MOZENA e OSTERMANN, 2016)

Reforçando essa concepção, em um de seus trabalhos, Moreira (2017) cita que a Física ensinada no Ensino Médio, além de contar com o despreparo dos professores e falta de condições de trabalho, ainda replica uma aprendizagem mecânica que se encontra imersa dentro de um currículo desatualizado, que ensina conceitos que não condizem com o século XXI. A partir dessa constatação o autor ainda elenca uma série de problemas decorrentes dessa má estruturação

- Continua se ocupando das alavancas, do plano inclinado, do MRU,.. e nada de Quântica, de Partículas, de Plasma, de Supercondutividade,...
- Treina para os testes, ensina respostas corretas sem questionamentos.
- Está centrado no docente, não no aluno.
- Segue o modelo da narrativa.
- É comportamentalista.
- É do tipo “bancário” (tenta depositar conhecimentos na cabeça do aluno).
- Se ocupa de conceitos fora de foco.
- Não incentiva a aprendizagem significativa.
- Não incorpora as TICs.
- Não utiliza situações que façam sentido para os alunos.
- Não busca uma aprendizagem significativa crítica.
- Não aborda a Física como uma ciência baseada em perguntas, modelos, metáforas, aproximações.
- Em geral, é baseado em um único livro de texto ou em uma apostila. (idem, p.2)

A partir disso, entendemos que a Física, da forma que é ensinada, é falha em diversos aspectos, deixando lacunas na formação dos estudantes. Todo ponto que apresenta deficiência requer profunda discussão e reflexão para que mudanças possam ser efetivamente colocadas em prática. Com isso, diversos trabalhos (OSTERMANN e MOREIRA, 2000; TERRAZZAN, 1992, 1994; OLIVEIRA, VIANNA, GERBASSI, 2007 e LEONEL, 2010) tem apontado para a necessidade de se atentar para a estrutura curricular da disciplina neste nível de ensino.

Um dos aspectos levantados e justificados é a inserção da Física Moderna e Contemporânea dentro desse currículo (OSTERMANN e MOREIRA, 2000; TERRAZZAN, 1992, 1994). Assim como os autores, entendemos a Física Moderna e Contemporânea (FMC) como fundamental para a compreensão do mundo atual, onde cada vez mais estamos imersos em tecnologias decorrentes dos conhecimentos desenvolvidos pela Física do século XX (TERRAZZAN, 1992).

O entendimento desse tipo de conhecimento é justificado pelos PCN+, ao enfatizar que:

Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que

decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática. (BRASIL, 2002, p. 77)

Ostermann e Moreira (2000) sugerem a alteração desse currículo e, conseqüentemente a inserção da FMC, justamente pela mesma: despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano; inserir discussões que circulam na mídia; desconstruir uma visão paradigmática de ciência e do trabalho científico, superando assim, uma visão linear do desenvolvimento científico. Além disso, a partir de pesquisa realizada, os autores destacam uma lista de conteúdos de FMC que deveriam contemplar essa atualização curricular, tais como: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, big bang, estrutura molecular e fibras ópticas.

Seguindo o mesmo raciocínio, Terrazzan (1992, p. 210) nos diz que

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau.

Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) trazem ainda a necessidade de se considerar a formação inicial e continuada dos professores de física junto a atualização do currículo da disciplina. Essa preocupação é válida e também compartilhada por Moreira (2000) que nos diz que “Também não devemos seguir com uma licenciatura em Física que forma um número igualmente reduzido de professores que são preparados para dar aulas em uma escola que não conhecem” (idem, p. 97). Nesse sentido, deve-se repensar também como estão sendo formados os futuros profissionais e investir na formação continuada daqueles que já estão em atividade.

Entretanto, a partir do conhecimento já construído pelas pesquisas da área de Ensino de Física entende-se que não cabe mais a discussão sobre a relevância da inserção da FMC no Ensino Médio. Essa discussão, já está superada tendo em vista que já é parte dos PCN+, estando estruturada em um de seus seis eixos temáticos (Matéria e Radiação). Além disso, a mesma é também observada nos Livros Didáticos do PNLD, o que evidencia ser um dos conteúdos a serem trabalhados nesse nível de ensino (BERNARDO, 2015). Portanto, a questão de interesse não mais é justificar a importância da inserção da FMC no Ensino Médio, mas sim investigar se e como a mesma está sendo abordada em sala de aula e avançar em questões relacionadas ao como promover essa inserção de forma mais efetiva.

Nesse sentido, nosso trabalho pode ser compreendido a partir de três estratos: o levantamento bibliográfico, a investigação junto aos professores de física da rede estadual de Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS, e por fim, a proposição e justificativa de uma possível Unidade de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) (MOREIRA, 2011), a ser desenvolvida com esses professores. De forma a organizar nossa escrita, dividimos a mesma em seis capítulos na expectativa de responder ao seguinte problema: “Como os professores de Física das Escolas Estaduais de Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS têm abordado o tema FMC em suas aulas e de que forma a organização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) pode contribuir com o processo de ensino-aprendizagem do tema neste contexto? ”.

O primeiro capítulo tem como ideia principal apresentar o contexto deste trabalho, salientando os caminhos que nos conduziram a delimitar nosso problema de pesquisa, bem como as motivações que nos interpelaram a estruturar tal problemática. Além disso, será evidenciado o aspecto metodológico que norteia esse trabalho, tanto a título de coleta quanto de análise dos dados. Por fim, daremos uma ideia geral da estrutura dessa dissertação, a fim de que o leitor possa compreender como essa pesquisa foi pensada.

O segundo capítulo destina-se a fundamentação teórica da pesquisa. Sendo assim, faremos uma breve discussão acerca das fragilidades do ensino de física no Brasil; em que contexto surge a FMC como uma revolução científica e tecnológica; como e onde surgem as discussões sobre a inserção da FMC no ensino de Física brasileiro. Após esse movimento abordaremos aspectos mais gerais da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Nesse ponto, traremos também uma discussão sobre a utilização de UEPS (MOREIRA, 2011), na área de ensino de tópicos de FMC.

O próximo capítulo dessa pesquisa está centrado na revisão de literatura feita, em periódicos e eventos nacionais da área de ensino de Física/Ciências, sobre as produções relacionadas a metodologias de ensino, fundamentadas na TAS, que tem por objetivo o desenvolvimento, ou proposição, de estratégias de ensino para se trabalhar com a FMC no nível médio de ensino. Todo o processo de análise dos dados emergentes na revisão de literatura feita está ancorado a partir da técnica de Análise de Conteúdo (AC), proposta por Bardin (1977). Nesse sentido, esperamos que esse movimento venha a contribuir para a elaboração do questionário a ser aplicado junto aos professores de física do município de Uruguaiana-RS. Cabe destacar ainda que, por conta disso, achamos necessário identificar possíveis dificuldades e desafios que estejam relacionados, seja de forma direta ou indireta, as atividades propostas ou

implementadas nos trabalhos pesquisados. Isso irá constituir-se em um elemento a mais a ser considerado durante a elaboração do questionário.

No capítulo seguinte será feita a apresentação e discussão do processo de validação do instrumento de coleta de dados, bem como também dos resultados e considerações decorrentes do processo de aplicação desse questionário junto aos professores. Para o desenvolvimento dessa etapa do trabalho utilizaremos, quando necessário, a técnica de AC (BARDIN,1977). Além disso, pretendemos situar o leitor sobre como esses dados serão utilizados no processo de estruturação da UEPS a ser desenvolvida, bem como também traçar um comparativo entre o que foi verificado durante a revisão de literatura feita e o que é apresentado por esses professores a partir do que foi verificado no questionário.

O quinto capítulo dessa dissertação consta da arguição de elementos fundamentais que devem se fazer presentes dentro da UEPS que, por nós, será proposta. Aqui, será apresentada a UEPS e serão feitas análises justificadas das atividades pontuadas pelos autores, respeitando os oito passos das UEPS descritos por Moreira (2011). Nesse sentido, será fundamental o questionário aplicado junto aos professores, uma vez que, é a partir dele que esperamos identificar as possíveis dificuldades e desafios enfrentados pelos mesmos ao abordarem essa temática e, a partir disso, propor alternativas de contorná-las.

Por fim, o último capítulo desse trabalho irá contemplar reflexões e considerações feitas pelos autores sobre o trabalho desenvolvido.

JUSTIFICATIVA

As preocupações e necessidades de se inserir a FMC no Ensino Médio foram, no Brasil, profundamente defendidas por Terrazzan (1992), um dos pioneiros com relação a essa temática junto a área de ensino de física.

O que não podemos é esperar a entrada do século XXI para iniciarmos a discussão nas escolas da Física do século XX. Utilizando uma frase de um colega pesquisador em ensino de física, Prof. João Zanetic da USP, é fundamental que "ensinamos a física do século XX antes que ele acabe". (Idem, p. 211)

Já no século passado, Terrazzan (1992,1994) via a necessidade de a FMC estar presente no currículo de física das escolas de Ensino Médio, bandeira já defendida na tese de Zanetic (1989) no final da década de oitenta e defendida, mais tarde, por Ostermann e Moreira (2000), ao realizar uma pesquisa bibliográfica na qual elencaram uma série de motivos que também culminam para essa mesma necessidade de readequação curricular.

Após esse envolvimento, vários autores da área de ensino de física têm proposto discussões relacionadas a FMC na educação básica (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2005; MACHADO e NARDI, 2006; PEREIRA e OSTERMANN, 2009; LEONEL, 2010; RODRIGUES, SAUERWEIN e SAUERWEIN, 2014). Entretanto, consideramos que essas discussões ainda são muito recentes e requerem um maior aprofundamento quanto ao aspecto de se fornecer subsídios para que os professores consigam, efetivamente, desenvolver em suas aulas a FMC.

O trabalho publicado por Kikuchi, Ortiz e Batista (2007) evidencia e referência a constatação apresentada anteriormente. A partir de levantamento bibliográfico, realizado entre o período de 2007 a 2012, em diversos periódicos da área de Ensino, os autores chegaram a um conjunto de apenas 13 artigos o que reflete, ao nosso ver, um espectro pequeno de trabalhos.

Outro aspecto a ser considerado é o de que a FMC é uma das alavancas para nossa ascensão tecnológica. O desenvolvimento de computadores, celulares, laser, ressonância magnética e outros aparatos são frutos das aplicações de conhecimentos da FMC. Com isso a mesma traz elementos atuais e que, portanto, podem vir a motivar os estudantes para o seu aprendizado (OSTERMANN e MOREIRA, 2000). É importante ressaltarmos que não estamos propondo o abandono da Física Clássica (FC), uma vez que a mesma tem importância crucial na formação de pensamento científico-crítico dos estudantes. O que propomos é uma inter-relação entre os dois campos.

Nesse sentido, esperamos que essa pesquisa possa auxiliar o leitor na compreensão de que a FMC pode ser desenvolvida ao longo do Ensino Médio e não, conforme está posta no currículo e livros didáticos, somente no final do terceiro ano. Ao ensinar os conceitos de referencial e movimento relativo, por exemplo, o professor pode inserir discussões que permitam ao aluno compreender que os limites da Mecânica Newtoniana, modelo da FC, são suficientes para explicar o movimento de corpos à baixas velocidades, se comparadas a luz; mas não conseguem descrever satisfatoriamente corpos com velocidades próximas a luz. Nesse sentido, o aluno consegue compreender que a FC não é derrubada pela FMC, mas que se trata de regimes que atuam a partir de modelos diferentes.

É com base nessas justificativas que acreditamos estar contida a asserção de valor dessa pesquisa, onde, ao nosso ver, a mesma carrega elementos que podem vir a contribuir dentro da área de ensino de física.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Investigar se e como os professores de Física das Escolas Estaduais de Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS têm trabalhado com o tema FMC em suas aulas e, a partir disso, propor uma UEPS que contemple suas necessidades na abordagem dessas temáticas em sala de aula.

Objetivos Específicos

- Verificar o que está sendo discutido na literatura científica com relação ao ensino de FMC no Ensino Médio;
- Investigar se a FMC está presente nas Escolas Estaduais de Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS;
- Mapear quais dificuldades e desafios são enfrentados pelos professores, do contexto desta pesquisa, ao abordar tópicos de FMC;
- Analisar os tópicos abordados e a abordagem metodológica utilizada pelos professores para ensinar a FMC;
- Elaborar uma possível UEPS.

CAPÍTULO I

1. ORGANIZANDO A PESQUISA

Nesse capítulo, iremos situar o leitor dentro do contexto da pesquisa realizada, evidenciando quais aspectos nortearam a construção do problema de pesquisa, bem como também as inquietações e motivações dos autores para o desenvolvimento da mesma. Para isso, o presente capítulo será estruturado da seguinte forma: Breve memorial, trajetória do problema de pesquisa, análise do tema de pesquisa e sua relevância para a área, caminhos da pesquisa e, por fim, a estruturação da dissertação.

1.1. UM BREVE MEMORIAL

Início esse capítulo lembrando um ano muito marcante e decisivo em minha vida: 2008. Estava entusiasmado e cheio de expectativas, afinal seria meu primeiro ano no Instituto Estadual de Educação Elisa Ferrari Valls. No começo, estava um tanto perdido, afinal tudo me parecia muito novo. Entre tantos professores e professoras, uma me chamou a atenção. Ela lecionava física e, posso dizer que foi a partir dela que comecei a me interessar pela disciplina. Obviamente, não havia sido esse meu primeiro contato com a disciplina. No ano anterior, finalizando o ensino fundamental, já havia um contato formal com a física, entretanto, confesso que o mesmo me causou certa estranheza, afinal me parecia apenas uma “matemática disfarçada”.

Essa professora me acompanhou durante o primeiro e segundo ano do Ensino Médio, quando então pediu transferência da escola. Mesmo tendo saído, ela me inspirou a seguir estudando a disciplina. Sempre buscando além daquilo que era abordado em sala de aula. Lembro-me de ir à biblioteca pegar livros didáticos e revistas científicas que estivessem relacionadas com a física. Sempre obtive notas de destaque na área de exatas, pois efetivamente as mesmas foram se tornando meu foco de aprendizado e interesse.

Em cada um dos três anos do Ensino Médio realizei o PEIES (Programa de Ingresso ao Ensino Superior), naquela época era a forma de ingresso nos cursos de ensino superior da UFSM. Sempre tive como meta cursar Licenciatura em Física e tinha estima pela referida universidade. Entretanto, após o término do Ensino Médio e êxito na aprovação do vestibular as condições financeiras foram um impeditivo para que conseguisse o ingresso. Concomitantemente a isso, havia realizado o ENEM e como não iria conseguir ingressar em

minha primeira opção de curso, optei por realizar outra licenciatura, oferecido pela UNIPAMPA- campus Uruguaiana, o de LCN (Licenciatura em Ciências da Natureza).

O referido curso surge com base em uma reivindicação da comunidade local do município de Uruguaiana-RS, onde, a partir de uma consulta pública promovida pela câmara de vereadores da cidade, em 2009, constatou-se a carência de professores nas disciplinas de biologia, química, física e matemática. A partir disso, o curso foi pensado e estruturado levando-se em consideração uma perspectiva diferenciada e que integraria uma formação interdisciplinar dentro da área de Ciências da Natureza. Dessa forma, o profissional formado sairia do curso apto a lecionar aulas de física, química e biologia (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA, 2013).

Em 2012, ao ingressar no curso notei que apesar da proposta interdisciplinar, tínhamos um ensino compartimentado, de forma que era possível distinguirmos as componentes curriculares relacionadas as disciplinas tradicionalmente trabalhadas dentro da área de Ciências da Natureza. Como tinha maior afinidade com a física, foi natural que permeasse os espaços do curso em que a mesma estivesse mais presente. Sendo assim, logo no primeiro semestre do curso, realizei a seleção para o PIBID de forma a ser contemplado com a bolsa. O grupo de pibidianos foi dividido em subgrupos de forma que os licenciandos fossem alocados de acordo com sua disciplina de interesse. Então, fui inserido no subgrupo física, ficando responsável por desenvolver atividades na Escola Estadual de Ensino Médio Marechal Cândido Rondon.

No ano de 2016, obtive o título de Licenciado em Ciências da Natureza. Após esse término, iniciei, no mesmo ano, uma especialização em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela UNINTER. No ano seguinte, finalmente, consegui realizar um sonho. Ingressei, como portador de diploma, no curso de Bacharelado em Física, na UFSM. Dessa vez, já com uma condição financeira mais favorável, consegui vir para Santa Maria e começar essa nova caminhada.

Por volta da metade de 2017, já com a conclusão da especialização, via-me apenas cursando o Bacharelado em Física. Embora seja um curso que tenha enorme paixão sua estrutura é voltada para a formação de um pesquisador em física. Então, senti a necessidade de me manter ligado a área de ensino, que foi desde o início meu grande interesse. A partir disso, ingressei em um grupo de pesquisa intitulado GPEACIM (Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática), onde fui incentivado pelas professoras responsáveis pelo mesmo a prestar seleção para Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, na UFSM. Então, resolvi me aventurar e embarcar nesse novo desafio que é conciliar o mestrado e o bacharelado.

1.2. TRAJETÓRIA DO PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa começa a ser estruturado, ainda que de forma prematura, a partir de inquietações advindas de minha formação no nível médio. Ao longo dos três anos vários conceitos físicos foram abordados. No entanto, todos pertencentes ao conjunto de conceitos da FC. Sempre fui fascinado pela Física de Partículas, o entendimento da micro constituição da matéria já naquela época era um dos assuntos que mais me afeiçoavam em estudar. Concomitantemente a isso, a teoria da relatividade restrita e geral eram objetos que almejava compreender. Entretanto, conforme ia evoluindo em meus estudos, um sentimento de curiosidade e, em paralelo, de frustração ia tomando conta de mim, pois queria aprender mais sobre os temas e acabava por esbarrar em limitações.

Ao ingressar na Universidade, conforme dito anteriormente, tive a oportunidade de ingressar no PIBID, onde juntamente com os demais colegas bolsistas e supervisora desenvolvemos trabalhos com estudantes dos três níveis de ensino. Cada início de ano letivo fazíamos uma reunião de planejamento de atividades que seriam desenvolvidas durante o ano letivo. Nossa supervisora fornecia a lista de conteúdos que seriam trabalhados por ela e ficávamos encarregados de selecionar atividades para serem desenvolvidas com os estudantes. Nessa lista, a FMC não era sequer mencionada. Em uma conversa particular que tive com a mesma, perguntei o porquê de ela não trabalhar esses conceitos e a mesma me disse que era licenciada em matemática e que em sua formação não havia nada relacionado a FMC. Além disso, a mesma citou que a maioria dos estudantes não consegue efetuar as operações matemáticas básicas e, portanto, não iriam conseguir compreender conceitos “mais avançados”.

Esse episódio foi nostálgico, pois me deparei com a mesma situação que havia vivenciado quando estudante de Ensino Médio. Comecei então a questionar sobre:

- Quais seriam os impeditivos para se trabalhar com a FMC no Ensino Médio?
- Como a formação inicial de professores está relacionada a postura que o ser docente assume em seu exercício profissional?
- De que forma poderíamos auxiliar os professores de física, em exercício da profissão, a sanar essa dificuldade?

Todas essas indagações, aparentemente desconexas, pairavam em meu pensamento. Ao final da graduação em Ciências da Natureza, propus ao meu orientador a realização dessa pesquisa, cujo problema seria: Quais os fatores que levam os docentes a preferirem ministrar aulas que abrangem um determinado conteúdo, em detrimento de outro?

Com o decorrer do semestre meu orientador sugeriu que alterássemos o curso da pesquisa e focássemos na investigação da formação inicial de professores de Ciências. Esse trabalho está disponível, em forma de artigo, na Revista Thema¹. A partir dessa sugestão, abri mão do problema inicial de pesquisa, mas estava decidido a retomá-la em um trabalho futuro.

Quando me propus a ingressar no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física (PPGEMEF), tinha como ideia inicial retomar, com algumas adaptações, o problema que havia deixado durante a graduação. Nesse meio tempo tive maior contato com a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a partir do grupo GPEACIM. Todavia, vale destacar que já havia iniciado algumas leituras sobre a teoria. Ainda enquanto acadêmico de Ciências da Natureza, participei de um grupo de estudos intitulado GETAEF (Grupo de Estudos das Teorias de Aprendizagens e Ensino de Física), o qual me proporcionou o contato inicial com a mesma.

Foi a partir da retomada dessas leituras que comecei a reestruturar a pergunta a ser respondida no final da pesquisa. Sendo assim, o problema de pesquisa proposto seria: Verificar como está sendo trabalhada a Física Moderna e Contemporânea nas Escolas Estaduais de Ensino Médio do Município de Uruguaiana-RS, bem como também propor uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ser trabalhada com estes estudantes.

Após a seleção e primeira orientação, discutimos e modificamos o problema proposto no pré-projeto de pesquisa, chegando assim àquele apresentado na introdução desta dissertação. É importante destacar ainda que embora seja extremamente relevante trabalharmos com os estudantes de nível médio, como inicialmente era o objetivo, entendemos naquele momento que seria pertinente direcionarmos essa pesquisa com os professores, uma vez que meu TCC tinha como foco a formação de professores e também que, por questão de logística, seria mais prático a aplicação dos questionários com os docentes. Além disso, entendemos que uma integração mais efetiva e eficiente dos tópicos de FMC passa pela formação, interesse e atitude dos professores.

1.3. ANÁLISE DO TEMA DE PESQUISA E SUA RELEVÂNCIA PARA A ÁREA

A presente pesquisa vem sendo conduzida no sentido de elucidar e propor alternativas às dificuldades e desafios enfrentados pelos professores de física do Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS. Essa preocupação é justificada a partir da constatação de que embora haja um aumento, ainda que singelo, no número de pesquisas dentro da área de ensino de FMC no

¹ Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/854/780>>

Ensino Médio, as mesmas não convergem para sua utilização em sala de aula (MONTEIRO e NARDI, 2007).

Essa ideia é sustentada a partir de trabalhos como o de Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) que buscaram saber a opinião de professores sobre a introdução de tópicos de FMC, particularmente os raios-X, no currículo do Ensino Médio. A pesquisa foi realizada, tendo por base a aplicação de questionário junto a dez professores da rede estadual e privada de ensino do Rio de Janeiro, onde os mesmos constataram que

Apesar de nunca terem trabalhado formalmente com tópicos de física moderna, a maior parte dos professores se mostrou favorável à sua utilização no ensino médio. Outros, entretanto, apontam problemas como o programa dos exames vestibulares e a carga horária reduzida de física no ensino público como fatores de limitação para a abordagem desses tópicos na atual conjuntura. (Idem, p. 451).

Anteriormente, Machado e Nardi (2003) realizaram pesquisa semelhante ao propor um diagnóstico da situação que se encontrava o ensino de FMC. Com isso, os autores aplicaram questionário, junto a professores de física, em todas as escolas da rede pública estadual de nível médio de Foz do Iguaçu. Os autores constataram que, de um total de vinte e quatro respondentes, 50%, portanto 12 professores, consideram o tema em questão com alto grau de relevância para ser contemplado em sala de aula. Entretanto, apenas 29% citaram que trabalham frequentemente com essa temática em suas aulas. Os resultados, de certa forma, estão em concordância com aqueles apresentados por Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007).

As pesquisas citadas refletem um fato que requer atenção com relação ao ensino física. O que se nota é que há um descompasso entre o discurso dos professores e sua prática em sala de aula. Nesse sentido, se faz necessário investigarmos quais são as dificuldades atribuídas pelos docentes que fazem com que seja cerceado, dos alunos de nível médio, o acesso a um conteúdo que, ao nosso entender, lhe possibilita a “inclusão” participativa e intelectual frente ao desenvolvimento científico e tecnológico da sociedade atual.

A partir disso, acreditamos que se faz necessário não apenas apontar as dificuldades e desafios enfrentados pelos professores em exercício, mas sim tentar criar formas de auxiliá-lo perante a essas dificuldades. É nesse sentido que compreendemos estar associada a asserção de valor de nossa pesquisa que tem como intuito utilizar o mapeamento inicial das possíveis dificuldades encontradas por professores de física da rede estadual de ensino do município de Uruguaiana-RS e propor uma UEPS que venha a contribuir com o ensino de FMC dentro desse contexto. A partir dessa proposição esperamos estar contribuindo de forma efetiva com os sujeitos dessa pesquisa, ao passo que temos o intuito de darmos seguimento a esse trabalho em um possível doutorado.

Como essa pesquisa está alicerçada a partir da proposição de uma UEPS iremos, ao final de toda a etapa de pesquisa, apresentar aos professores o possível material potencialmente significativo desenvolvido. Essa etapa será importante, pois irá possibilitar que os mesmos possam sugerir alterações nesse recurso didático, dando sua contribuição também ao processo de elaboração da UEPS, uma vez que, nosso intuito é estimular que esse recurso venha a ser utilizado por esses professores em uma pesquisa futura e, acreditamos que isso só será possível se esse material for significativo aos sujeitos da pesquisa.

Por fim, acreditamos que nosso trabalho consta de um diferencial com relação a outras pesquisas. Seu ineditismo é composto por elementos que caracterizam o contexto de uma região específica e, também, utiliza-se da aprendizagem significativa como suporte teórico para o ensino de FMC. Além disso, a utilização de UEPS no ensino de FMC é uma alternativa didática pouco explorada dentro da área de ensino de física o que, ao nosso ver, abre precedentes e caminhos para que essa pesquisa adquira um caráter de importância para a área.

1.4. CAMINHOS DA PESQUISA

A pesquisa científica pode ser definida como um “conjunto de procedimentos sistemáticos, baseado no raciocínio lógico, que tem por objetivo encontrar soluções para problemas propostos, mediante a utilização de métodos científicos” (ANDRADE, 2001, p. 121). Nesse sentido, a produção de conhecimento científico está vinculada, impreterivelmente, à resposta do problema de pesquisa proposto (TEIXEIRA, 2015).

Dentro dessa mesma perspectiva Chizzotti (2006) defende que

A pesquisa científica caracteriza-se pelo esforço sistemático de- usando critérios claros, explícitos e estruturados, com teoria, métodos e linguagem adequada – explicar ou compreender os dados encontrados e, eventualmente, orientar a natureza ou as atividades humanas. (idem, p.20)

A partir disso, Chizzotti (2006) aponta que se a pesquisa reconhece a relevância dos objetos materiais e busca encontrar uma frequência e constância para a ocorrência de fenômenos, então estamos lidando com uma pesquisa dita quantitativa. Entretanto, se há um entendimento, por parte do pesquisador, que

“[...] o mundo deriva da compreensão que as pessoas constroem no contato com a realidade nas diferentes interações humanas e sociais, será necessário encontrar fundamentos para uma análise e para a interpretação do fato que revele o significado atribuído a esses fatos pelas pessoas que partilham dele. Tais pesquisas são designadas como *qualitativas*, termo genérico para designar pesquisas que, usando, ou não, quantificações, pretendem interpretar o sentido do evento a partir do significado que as pessoas atribuem ao que falam ou fazem. (idem, p. 27-28)

Nossa pesquisa está centrada dentro da área de ensino. Essa área carrega um cunho diferenciado, justamente por lidar, na maioria das vezes, com um número maior de variáveis que poderão interferir nos resultados da pesquisa. Com base nisso, Gatti (2004, p.13) nos diz que: “Atualmente, na área da pesquisa educacional, excluindo análises de dados de avaliações de rendimento escolar realizadas em alguns sistemas educacionais no Brasil, poucos estudos empregam metodologias quantitativas”.

A partir desse entendimento, nossa pesquisa se enquadra como sendo qualitativa. A fim de expandir essa classificação, utilizaremos Gil (2008) que distingue as pesquisas com base em seus objetivos e procedimentos. Com relação aos objetivos, a pesquisa em questão é classificada como exploratória, uma vez que irá fornecer uma “visão geral, de tipo aproximativo, acerca de um determinado fato” (GIL, p. 27, 2008). Além disso, levando-se em consideração seus procedimentos, a mesma, ao nosso entender, constitui-se como um estudo de caso, ao passo que está restrita ao contexto do município de Uruguaiana-RS.

O delineamento de nossa pesquisa dar-se-á a partir de uma revisão bibliográfica, apresentada no capítulo seguinte, em que iremos mapear o que se tem discutido na literatura científica com relação a utilização de UEPS no ensino de FMC. Esse movimento será um dos pilares importantes dessa pesquisa, tendo em vista que irá auxiliar na compreensão das dificuldades e desafios enfrentados ao se trabalhar com a FMC no nível médio de ensino.

Entretanto, para que possamos fundamentar a estruturação da UEPS é necessário que tenhamos conhecimento do contexto ao qual a mesma será desenvolvida. Acreditamos que os professores de Física das escolas estaduais do município de Uruguaiana-RS, possuem percepções, vivências e propriedade para argumentar acerca das dificuldades existenciais enfrentadas, nesse contexto, ao se trabalhado com esses conceitos. Portanto, esses atributos acabam por justificar sua escolha como sujeitos dessa pesquisa. Para que possamos coletar essas informações será desenvolvido um questionário *online* que será distribuído a esses docentes.

De acordo com Gil (2008, p.121)

“Pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.

O questionário desenvolvido (Apêndice 01) foi constituído a partir de perguntas mistas². Conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010) “é interessante (dependendo da intencionalidade) que o questionário apresente questões diretas e indiretas, fechadas e abertas, objetivas e subjetivas, que permitam respostas por alternativas a escolher e respostas descritivas” (idem, p. 58).

² Perguntas abertas e fechadas (GIL, 2008)

Nesse sentido, optamos por estruturar essas interrogativas levando-se em consideração dois vieses distintos: **(1) Diagnóstico** e **(2) Dilemas** ou situações conflitantes. As perguntas relacionadas ao primeiro foram desenvolvidas no intuito de conhecermos os sujeitos participantes da pesquisa. Já o segundo item é uma adaptação do questionário de dilemas proposto por Pozo et al. (2006) que, de acordo com Garcia e Pozo (2017, p. 101),

[...]consiste na apresentação de dilemas ou situações conflitantes que são comuns em ambientes educacionais, e sobre as quais se apresentam três alternativas, cada uma correspondendo a uma das teorias implícitas descritas anteriormente: direta, interpretativa e construtiva. Os participantes deviam escolher a alternativa com que mais estivesse de acordo.

Cabe aqui destacarmos e justificarmos o porquê de considerarmos o questionário por nós proposto como uma adaptação ao questionário de dilemas de Pozo et al. (2006). Essa diferença está nos objetivos delimitados por cada um dos autores. Embora venhamos a utilizar as situações conflitantes como pilar de estruturação das interrogativas, nosso objetivo central difere daquele proposto por Pozo et al. (2006), tendo em vista que, não temos como meta a verificação das concepções implícitas de ensino e aprendizagem dos docentes, mas sim pretendemos, a partir dessas situações, mapear as dificuldades e desafios enfrentados pelos professores de Física do Ensino Médio de Uruguaiana-RS ao trabalharem com a temática de FMC em sala de aula.

O processo citado anteriormente está ancorado na revisão da literatura, ao passo que é ela que nos possibilita observar se as dificuldades e desafios enfrentados por esses professores conversam, ou não, com o que se verificou durante a revisão feita. Essa etapa é fundamental, uma vez que é ela que irá fornecer subsídios para a estruturação de uma UEPS que vise tentar superar as adversidades mapeadas durante as análises feitas.

Tendo em vista o que foi apresentado, julgamos ser necessário adotarmos um método que dialogue sob a óptica de uma pesquisa qualitativa para que possamos analisar os dados coletados durante a aplicação do questionário desenvolvido. Com isso, acreditamos ser adequado a utilização da Análise de Conteúdo (AC) proposta por Bardin (1977, 1979, 2011).

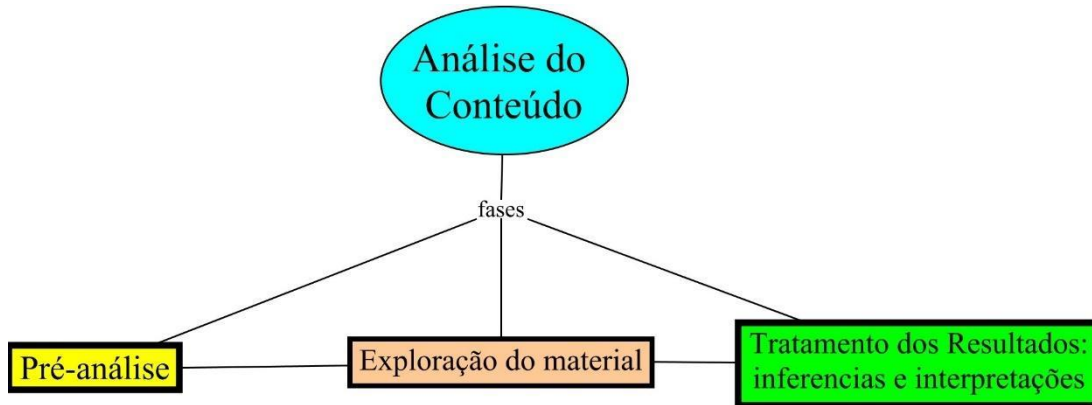
De acordo com Bardin (1979) a Análise de Conteúdo consiste em

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (idem, p.42).

Essa técnica de tratamento de dados qualitativos consiste na busca por significados implícitos em materiais textuais, a partir de sua interpretação teórica, por parte do pesquisador que deverá ter a percepção das possíveis categorias emergentes do material analisado.

O método, segundo Bardin (1977), está organizado em torno de três polos cronológicos/fases. Essas fases estão representadas na figura 1.

Figura 1 – Mapa Conceitual das três fases da Análise de Conteúdo



Fonte: Adaptado de Bardin (1977)

A primeira fase, a pré-análise, pressupõem aquilo que a autora denomina como sendo a organização preliminar da pesquisa. Nesta etapa, segundo Bardin (1977), deve ocorrer: a escolha dos documentos a serem analisados, a formulação de hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação final do pesquisador (idem, p. 95). Com isso, é compreensível dizermos que é nessa etapa que se estabelece um esquema de trabalho preciso e bem definido, porém, cabe ressaltarmos que o mesmo deve apresentar certa maleabilidade.

Silva e Fossá (2015, p. 3) sistematizam essa fase, nos dizendo que a mesma compreende:

- a) Leitura flutuante: é o primeiro contato com os documentos da coleta de dados, momento em que se começa a conhecer os textos, entrevistas e demais fontes a serem analisadas;
- b) Escolha dos documentos: consiste na definição do corpus de análise;
- c) Formulação das hipóteses e objetivos: a partir da leitura inicial dos dados;
- d) Elaboração de indicadores: a fim de interpretar o material coletado;

Entretanto, durante o processo de escolha dos documentos ou transcrição de entrevistas, se esse for o objeto de estudo, se faz necessário que o mesmo esteja dentro de algumas regras definidas por Bardin (2011) como a de **exaustividade** (uma vez definido o corpus³ da pesquisa todos os elementos que o constituem devem ser esgotados pelo pesquisador); **representatividade** (a amostra deve fornecer uma visão fidedigna do universo inicial); **homogeneidade** (os documentos devem seguir critérios de escolha bem definidos e não podem

³ O corpus é o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos (BARDIN, 1977, p.96)

ser singulares); **pertinência** (documentos devem estar adaptados ao conteúdo e objetivo da pesquisa) e, por fim, **exclusividade** (cada elemento deve ser único dentro de uma categoria).

A segunda fase, a exploração do material, é a parte em que começamos o processo de operações de codificação. Nessa etapa, o texto deve ser fragmentado pelo pesquisador, de forma a gerar as chamadas unidades de registro (palavras, frases ou parágrafos). Com base nessas unidades, palavras-chave vão sendo percebidas e, portanto, deve-se organizá-las a partir de indicadores ou temas. A seguir, levando-se em conta as similaridades, ou frequência com que esses temas se repetem, deve ser feito novo agrupamento de forma a originar as categorias iniciais. Essas categorias iniciais, após nova aglutinação por conta de temas similares, darão origem a categorias intermediárias que, ao apresentarem correlações, devem ser sistematizadas em categorias finais que possibilitem ao pesquisador fazer inferências sobre o fenômeno em questão (FOSSÁ, 2003).

A última fase compreende o tratamento e validação dos dados brutos ao qual o pesquisador está de posse. Nesse sentido, o mesmo deverá torná-los significativo a partir de inferências e interpretações que o possibilitem captar não apenas a superficialidade contida no texto, mas sim o seu conteúdo latente, antes implícito no texto original (BARDIN, 2011).

Silva e Fossá (2015, p.4) sintetizam a metodologia da Análise de conteúdo a partir de sete etapas. São elas:

- 1) Leitura geral do material coletado (entrevistas e documentos);
- 2) Codificação para formulação de categorias de análise, utilizando o quadro referencial teórico e as indicações trazidas pela leitura geral;
- 3) Recorte do material, em unidades de registro (palavras, frases, parágrafos) comparáveis e com o mesmo conteúdo semântico;
- 4) Estabelecimento de categorias que se diferenciam, tematicamente, nas unidades de registro (passagem de dados brutos para dados organizados). A formulação dessas categorias segue os princípios da exclusão mútua (entre categorias), da homogeneidade (dentro das categorias), da pertinência na mensagem transmitida (não distorção), da fertilidade (para as inferências) e da objetividade (compreensão e clareza);
- 5) agrupamento das unidades de registro em categorias comuns;
- 6) agrupamento progressivo das categorias (iniciais → intermediárias → finais);
- 7) inferência e interpretação, respaldadas no referencial teórico.

Com base na técnica de análise, esperamos verificar na revisão da literatura e questionário aplicado, os elementos que irão justificar as atividades propostas para a elaboração da UEPS.

1.5. ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

Esse tópico trata da organização geral dessa pesquisa e sobre as formas como obtivemos e analisamos os dados para, enfim, chegarmos aos resultados da mesma. Nesse sentido, foi realizado, em um primeiro momento, a revisão de literatura deste trabalho. A finalidade desse processo é de, além de se certificar que a mesma já não tenha sido desenvolvida, verificar quais as possíveis potencialidades que a utilização da TAS traria ao ensino de FMC no Ensino Médio. Além disso, foi possível mapearmos as principais dificuldades e desafios enfrentados pelos professores ao se ensinar essa temática.

Para desenvolvermos essa etapa da pesquisa, utilizamos os mecanismos de busca presentes nos sites das revistas e eventos, conforme detalhado no capítulo III dessa dissertação. A metodologia de análise que utilizamos para chegar aos resultados dessa etapa da pesquisa está fundamentada na técnica de AC, proposta por Bardin (1977). Os detalhes sobre como foi realizado esse processo encontram-se também no capítulo III deste trabalho.

Com isso, os objetivos dessa revisão da literatura, apresentados no primeiro parágrafo, foram fundamentais para a construção da UEPS, apresentada no capítulo V desse trabalho. Esse processo teve início durante a etapa de revisão, uma vez que foi nele que identificamos as dificuldades e desafios enfrentados para se ensinar FMC no nível médio. A partir disso, utilizamos esse resultado na etapa de construção do questionário de dilemas e diagnóstico

Como já foi informado, o questionário que propomos (Apêndice 01) é composto por questões que visam obter um perfil dos professores pesquisados (diagnóstico) e de questões que envolvam dilemas as quais serão utilizadas como forma de verificar as dificuldades e desafios enfrentados pelos professores. Com relação à parte envolvendo os dilemas, ressaltamos que as questões, por nós desenvolvidas, são adaptações do questionário de dilemas Pozo et. al (2006), mas que, no entanto, não estão relacionadas as teorias implícitas de aprendizagem, mas sim com situações conflitantes verificadas durante a etapa de revisão de literatura que foram transcritas por nós em forma de questionamentos. A justificativa para a utilização desse tipo de questionário está no fato de que esse tipo de instrumento, proposto pelo autor, traz situações conflitantes em forma de questionamentos a fim de evitar respostas que seguem um discurso “oficial” de boas práticas e, é por conta disso, que resolvemos utilizar da ideia de Pozo para elaborar nossa própria ferramenta de coleta de dados. (GARCIA e POZO, 2017). Após o processo de elaboração do instrumento de pesquisa, o mesmo será submetido a um processo de validação, a fim de que venhamos a minimizar as eventuais fragilidades decorrentes do processo de elaboração.

A análise desse questionário foi feita de duas formas. A primeira, deu-se a partir das questões discursivas que foram analisadas sob a ótica da técnica de AC (BARDIN, 1977). Já as questões objetivas, são oriundas do processo de revisão da literatura, onde definimos três categorias *a priori*, com foco no estudo desenvolvido por Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009), e com base na utilização da técnica de Análise de Conteúdo, surgem mais duas categorias, conforme detalhado no Capítulo III, a saber: Dificuldades em operações matemáticas; Empenho e Motivação; Experimentação; Carga horária reduzida da disciplina de Física no Ensino Médio; Deficiência na formação dos professores.

Destaca-se, no entanto, que poucos trabalhos que apresentaram alguma dificuldade e/ou desafios em se ensinar FMC no Ensino Médio. Entretanto, mesmo com esse cenário, foi possível o estabelecimento destas cinco categorias que serão discutidas com maiores detalhes no Capítulo III desta pesquisa.

Estabelecido esse processo, analisamos os dados decorrentes das questões discursivas, comparando as categorias emergentes no processo de revisão da literatura com aquelas categorias oriundas das questões discursivas, respondidas pelos professores. Com isso, foi possível verificarmos que as dificuldades e desafios apresentados na literatura científica são extensivas também ao contexto no qual foi desenvolvida essa pesquisa, além de termos mapeado outras dificuldades e desafios emergentes a partir dos professores participantes da pesquisa.

Nesse sentido, podemos afirmar que é esse confronto ou triangulação de informações (literatura x professores) que nos forneceu os elementos necessários para que consigamos compreender quais são essas dificuldades e desafios enfrentados pelos professores de Física do município de Uruguaiana-RS ao ensinar FMC e, com isso, modelar uma proposta de UEPS que vise auxiliar a superar esses empecilhos.

CAPÍTULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentadas algumas discussões relacionadas às fragilidades no ensino de física brasileiro, bem como também, traremos um panorama histórico sobre o desenvolvimento da FMC como revolução científica e tecnológica no mundo moderno e quando se começa a pensar na inserção desse tema dentro do currículo do Ensino Médio. Além desses aspectos, esse capítulo conta com a abordagem de aspectos mais gerais da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, além de trazermos uma discussão sobre a utilização de UEPS na área de ensino de física.

2.1. O QUE VEM A SER A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (FMC)?

Para respondermos tal indagação é necessário nos reportarmos ao contexto em que essa parte da Física começa a ser implementada. Nesse sentido, traremos um tópico que visa discutir, brevemente, aspectos gerais acerca do estabelecimento da FMC enquanto campo de conhecimento científico.

2.1.1. Um breve panorama histórico sobre o surgimento da “nova Física”

A ciência, até meados do século XIX, vinha crescendo de forma vertiginosa. Cientistas como Isaac Newton (1643-1727), J.L.Lagrange (1736-1813), J.C.Maxwell (1831-1879), N.L.S Carnot (1796-1832), Michael Faraday (1791-1867), Thomas Young (1773-1879), dentre outras personalidades, descreviam e explicavam satisfatoriamente os fenômenos a partir de modelos físicos sólidos e, aparentemente, inquestionáveis (GRUB, 2010). Esses modelos compunham a chamada Física Clássica, que compreende o estudo da mecânica clássica, óptica, termodinâmica e o eletromagnetismo (GRUB, 2010).

De acordo com Leonel (2010), a Física Clássica está sedimentada a partir das contribuições de dois grandes físicos: o inglês Isaac Newton e o escocês James Clerk Maxwell, sem deixar de enfatizar que é muito grande o número de pessoas, que contribuíram com a sua construção, muitas delas tendo seu nome apagado pela história que é contada, sobretudo nos livros didáticos; e sem a intenção de esgotar o assunto que precisa ser contextualizado a partir de estudos acerca da natureza, história e filosofia da ciência (PEDUZZI e RAICIK, 202).

Newton foi uma das grandes mentes da revolução científica do século XVII. Com contribuições tanto na física (óptica e mecânica) quanto na matemática (cálculo diferencial e

integral). Shana e Philips (2004), trazem a ideia de que “Newton gostava de resumir o mundo como definitivo e suas leis sobre movimento foram um tributo à definição da complexidade do Universo em termos absolutos”.

Outro aspecto, levantado por Grub (2010), consiste no fato de que

O desenvolvimento da mecânica clássica já vinha evoluindo desde meados do século XVIII, atingindo um grande grau de precisão no século seguinte, devido o avanço dos estudos matemáticos e a elaboração da Teoria da Gravitação Universal, ambas realizadas por Isaac Newton em 1687 (generalizando e ampliando as constatações de Kepler), foi permitido o cálculo com exatidão dos movimentos dos planetas (idem, p. 11).

Nesse sentido, percebe-se que a mecânica clássica passa a construir raízes fortes dentro da Física Clássica, justamente por possuir, a partir de Newton, leis fundamentais cujo conteúdo permite a descrição do movimento de objetos sob a ação de forças que atuam sobre eles (LEONEL, 2010).

A Primeira Lei de Newton, conhecida como lei da inércia, pode ser enunciada como: “Se nenhuma força resultante atua sobre um corpo ($\vec{F}_R = 0$), sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração (HALLIDAY e RESNICK, 2008, p. 97).

Cabe se destacar que, de acordo com Leonel (2010, p. 44), a definição anterior é “apresentada explicitamente em 1687, nos Principia Mathematica, assim como a Segunda Lei, que declara que a mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e ocorre na mesma direção desta força”.

A relação expressa acima é descrita, matematicamente, por:

$$\vec{F}_R = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que \vec{F}_R é o somatório vetorial das forças atuantes sobre um corpo e o termo $\frac{d\vec{p}}{dt}$ corresponde à derivada total do vetor momento linear num dado instante de tempo.

Por fim, temos a Terceira Lei de Newton, conhecida como Lei da ação e reação, descrita como: “Se dois corpos exercem forças entre si, essas forças serão iguais em magnitude e opostas em termos de direção (THORNTON e MARION, 2016).

Um aspecto interessante consiste no fato de que a Primeira Lei define um conceito fundamental para a mecânica newtoniana, o conceito de referencial inercial. Segundo Palandi et al. (2010, p. 32): “Um referencial em que uma partícula livre está em repouso ou em MRU é chamado de referencial inercial”. Essa definição é importante, pois carrega um limite de validade para as leis de Newton, sendo essas concisas apenas dentro desse regime. Mais tarde,

a partir do desenvolvimento da mecânica relativística, outra situação limite seria conhecida para o modelo proposto por Newton.

Além de toda a base teórica sólida já fornecida pela mecânica newtoniana, com o decorrer dos séculos, o físico-matemático francês J.L. Lagrange (1788) e, posteriormente, o matemático irlandês William Rowan Hamilton (1833), desenvolvem o que conhecemos como mecânica lagrangeana e mecânica hamiltoniana. Ambas, são consistentes com a mecânica newtoniana e se constituem a partir de formulações mais gerais e abstratas desta última. Nesse sentido, vale destacar que tanto o formalismo lagrangeano quanto o hamiltoniano partem de proposições energéticas (energia cinética e potencial de sistemas newtonianos), diferentemente da mecânica newtoniana que estrutura seu modelo a partir das leis de movimento. (THORNTON e MARION, 2016).

Com desenvolvimento da mecânica lagrangeana e hamiltoniana torna-se mais simples a resolução de problemas sofisticados (se analisados segundo a mecânica newtoniana). É dentro dessa perspectiva que os modelos mecânicos começam a ganhar grande prestígio, pois passou-se a acreditar que todos os fenômenos físicos poderiam ser explicados a partir da mecânica e o eletromagnetismo (GRUB, 2010).

A área da física conhecida como eletromagnetismo somente foi consolidada em 1820, quando Hans Cristian Oersted, ao preparar uma aula, “observa que uma corrente elétrica passando por um condutor é capaz de causar uma deflexão na agulha de uma bússola” (OKA, 2000, p. 3). Essa observação foi fundamental para que se chegasse à conclusão de que fenômenos elétricos e magnéticos estavam interligados de alguma forma.

Em 1835, Michael Faraday, a partir das ideias de Oersted., consegue comprovar, de forma experimental, sua teoria de que a variação no fluxo de um campo magnético induz o aparecimento de corrente elétrica sobre um fio condutor (HALLIDAY e RESNICK, 2008). Os estudos experimentais de Faraday, serviram como base para que James Clerk Maxwell, de um formalismo matemático inigualável, desse a forma matemática para o eletromagnetismo a partir de quatro equações, chamadas de equações de Maxwell (OKA, 2000).

O quadro1 apresenta, matematicamente, a forma diferencial e integral das leis de Maxwell, no vácuo.

Quadro 1 – Algumas das possíveis representações das Equações de Maxwell

	Forma Integral	Forma Diferencial

1. Lei de Gauss para a Eletrostática	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
2. Lei de Gauss para a Magnetostática	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$
3. Lei de Ampère-Maxwell	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \frac{\epsilon_0 d\phi_E}{dt} \right)$	$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
4. Lei de Faraday-Lenz	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Fonte: Adaptado de Jackson (1983)

As equações de Maxwell correspondem a um conjunto de leis fundamentais do eletromagnetismo, sendo o conteúdo físico dessas equações o pilar de sustentação para todo o eletromagnetismo clássico.

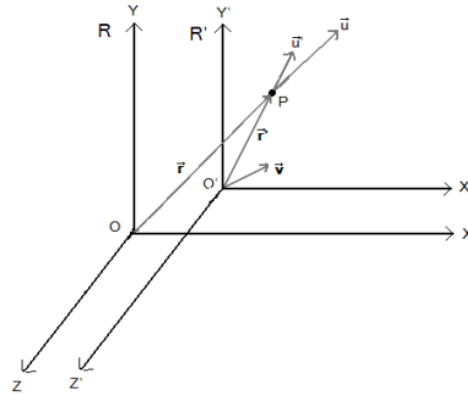
De acordo com Graça (2012, p.2)

O eletromagnetismo pode então ser sintetizado por quatro equações, as chamadas Equações de Maxwell, originalmente conhecidas como as leis de Gauss, Faraday e Ampère. A teoria de Maxwell do Eletromagnetismo é considerada, na Física, uma das teorias mais sucintas e bemacabadas. Elas resumem, em apenas quatro equações, uma quantidade impressionante de conhecimentos, acumulados ao longo da história, sobre os fenômenos elétricos e magnéticos, que resultaram em avanços científicos e tecnológicos que alteraram a forma de viver da humanidade.

Entretanto, segundo Leonel (2010), as ideias de Maxwell não convergiam com a mecânica clássica. A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas foi deduzida por Maxwell a partir de suas equações. O valor encontrado corresponde a um vetor (c), de módulo constante e igual a 3×10^8 m/s. Se pensarmos em termos relativísticos, considerando o viés clássico, as equações de Maxwell não são invariantes para as transformações de Galileu, o que quebra o princípio da relatividade (LEONEL, 2010).

Para entendermos essa ideia, consideremos a figura 2:

Figura 2: Dois referenciais R e R' com origens O e O', respectivamente. R e R' possuem eixos paralelos e R' se movendo um em relação a R com uma velocidade \vec{v} .



Fonte: Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/rogemar/docs/relatividade.pdf>> Acesso em: 14 de Mar. de 2020.

A notação de linha corresponde ao referencial inercial em movimento retilíneo uniforme (R') em relação ao referencial inercial (R). O ponto P , que representa o local onde a partícula se encontra, possui coordenadas x , y e z no referencial R e x' , y' , e z' , no referencial R' (RIFFEL, 2010). Nesse caso, de acordo com a mecânica clássica, são válidas as transformações de Galileu (Eq. 2),

$$\left\{ \begin{array}{l} x' = x - v_x t \\ y' = y - v_y t \\ z' = z - v_z t \\ t' = t \end{array} \right. \quad \text{(Eq. 2)}$$

onde v_x , v_y e v_z são as componentes do vetor velocidade \vec{v} e x' , y' e z' as componentes do vetor posição \vec{r}' , ambos medidos no referencial R' . Nesse sentido, utilizando uma notação vetorial, as transformações de Galileu para as posições pode ser escritas, de forma mais compacta, da seguinte forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}t \\ t' = t \end{array} \right. \quad \text{(Eq. 3)}$$

É importante destacar que, da **Eq. 3**, é possível obtermos a transformação de Galileu para a velocidade, tomando-se a derivada em relação ao tempo da transformação de Galileu para as posições. Matematicamente, essa equação é dada por:

$$\vec{u}' = \vec{u} - \vec{v} \quad \text{(Eq. 4)}$$

Com isso, se imaginarmos que a partícula no ponto P (Figura 2) possui uma velocidade da ordem de \vec{c} (velocidade da luz) com relação ao referencial inercial R e que em relação ao

referencial inercial R' , que se move, da esquerda para a direita, com velocidade constante ($\vec{v} = v$) em relação a R , a velocidade medida corresponda a \vec{c}' .

Aplicando a Eq. 4, temos que: $\vec{c}' = \vec{c} - v$. Para o caso em que o referencial R' se move, da direita para a esquerda, com velocidade constante ($\vec{v} = -v$) em relação ao referencial R , teríamos que $\vec{c}' = \vec{c} + v$. Em ambos os casos se nota que o valor da velocidade da luz não é igual a c em todos os referenciais inerciais.

Com isso, segundo Rocha, Rizzuti e Mota (2013)

Como as equações de Maxwell descreviam muito bem tanto fenômenos eletromagnéticos quanto óticos, sendo sugestivo que elas correspondiam a leis fundamentais da natureza, a física deveria passar por uma reformulação profunda: ou as equações de Maxwell deveriam ser substituídas por um modelo covariante sob ação do grupo de Galileu ou as equações de Maxwell seriam mantidas, trocando o grupo de transformações que garantia o princípio da relatividade. Esta segunda opção foi exatamente a escolha de Einstein. (Idem, p. 4)

É a partir dessa escolha que Albert Einstein, em 1905, apresenta a teoria da relatividade especial ou restrita, baseada em uma nova interpretação das Transformadas de Lorentz. Com isso, é abandonada a ideia de que as Equações de Maxwell eram válidas em um referencial privilegiado, chamado de éter.

De acordo Riffel (2010, p. 11)

O éter era um meio hipotético, elástico, com características tais que não ofereceria nenhuma resistência ao movimento dos planetas – os quais eram muito bem descritos pelas leis de Newton – e interagiria somente com ondas eletromagnéticas, proporcionando meios para estas se locomoverem no espaço.

O abandono a corrida pelo éter se deu, segundo Leonel (2010, p. 47), quando “Einstein enfatizou que toda a ideia do éter, cuja presença, como demonstrou a experiência de Michelson-Morley, não pode ser detectada, era desnecessária, desde que estivéssemos dispostos a abandonar a ideia de tempo absoluto”. O entendimento de que os conceitos de tempo e espaço não seriam absolutos, foram ideias-chave no desenvolvimento da teoria da relatividade restrita, aplicada apenas a referenciais inerciais.

A teoria da relatividade restrita estava sedimentada a partir de dois postulados:

1. **Postulado da covariância:** *as relações matemáticas que governam os fenômenos físicos têm a mesma forma em todos os referenciais inerciais.*
2. **Postulado da constância da velocidade da luz:** *O módulo da velocidade de propagação da luz no vácuo é igual em todas as direções em um dado referencial inercial e o mesmo em qualquer referencial inercial.*

Conforme Leonel (2010, p. 47)

Como consequência desses postulados, as noções de espaço e tempo absolutos defendidas na mecânica Newtoniana tiveram que ser abandonadas, pois dependem do estado de movimento do observador, assim, se um observador se encontra em movimento, com uma velocidade próxima à velocidade da luz, o tempo para ele é dilatado em relação a um observador parado, e o espaço é encolhido na direção do movimento.

Nesse sentido, o que se percebe é que, para velocidades próximas à da luz, a mecânica clássica mostra-se falha. Entretanto, isso não significa que a mesma deva ser abandonada já que, para baixas velocidades, se comparadas à da luz, a mecânica clássica mostra-se extremamente eficaz, uma vez que, para esses casos, os efeitos relativísticos são desprezíveis. Logo, a mecânica clássica mostra-se uma teoria válida dentro de seus limites.

Mesmo com o desenvolvimento da teoria da relatividade restrita ainda existiam incongruências com uma grande lei desenvolvida por Isaac Newton: a Lei da Gravitação Universal.

Segundo Araújo (2013, p.1)

A lei da gravitação universal foi enunciada por Isaac Newton (1643-1727) em 1687 na sua obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Esta lei explicita a forma da força atrativa que existe entre dois corpos devido ao facto de terem massa, mas nada diz sobre a sua origem[...]

Esse problema não conseguiu ser contornado pela relatividade restrita desenvolvida por Albert Einstein. Essa teoria, baseada em dois postulados, se mostrou mais concisa do que a mecânica clássica para explicar o comportamento de partículas a velocidades próximas à da luz; entretanto ela se mostrava insuficiente para explicar fatos como o citado por Araújo (2013). Além de também não explicar a origem dessa força atrativa, a Teoria da Relatividade Restrita apresentava uma inconsistência com a Lei da Gravitação Universal.

De acordo com Leonel (2010)

[...] os corpos são reciprocamente atraídos com uma força que depende da distância entre eles. Se dois corpos se atraem e movemos um deles, independente da distância entre eles, o outro sentirá imediatamente, ou seja, numa velocidade que pode ser maior do que a da luz. Einstein resolveu este problema em 1915 quando finaliza sua teoria da Relatividade geral. Agora não mais restrita a sistemas coordenados inerciais, ela sugere que a força gravitacional não é uma força como as outras, mas uma consequência de o espaço-tempo não ser plano, mas curvado pela distribuição de energia e massa dentro dele.

O desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral foi revolucionário dentro do âmbito científico. Essa teoria permite a explicação do nascimento do universo, a órbita dos planetas e os famosos buracos negros, além de englobar aspectos relacionados a relatividade restrita. Nesse sentido, o desenvolvimento da Relatividade Geral abre espaço para que seja estruturada a chamada Mecânica Relativística.

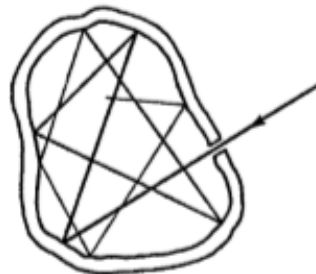
Além desse problema, uma outra situação intrigava os físicos no século XIX. Essa questão consistia na propriedade física que os corpos possuíam, devido a sua temperatura, de emitir radiação para o meio que o cerca ou ainda absorver radiação dele (EISBERG e RESNICK, 1979). A essa propriedade física foi dado o nome de radiação térmica.

De acordo com Grub (2010, p.23) “Já era conhecido que a luz ou radiação eletromagnética podia emitir diferentes tipos de espectros, o que levou os cientistas da época a dizer que “ a matéria em um estado condensado (isto é, sólido ou líquido) emite um espectro contínuo de radiação”. Na medida em que aumentamos a temperatura de um corpo é perceptível que este começa a emitir maior quantidade de radiação eletromagnética, bem como luz visível. Um exemplo desse fenômeno é a cor avermelhada adquirida por um pedaço de ferro ao queimar. Observa-se que a distribuição da radiação em comprimento de onda desloca-se com o aumento da temperatura para valores menores, já que o objeto irá adquirir uma cor branca e por vezes, até azulada.

Esse fato, não é algo surpreendente ao ponto de ser impensável no contexto da Física Clássica. Classicamente, temos que a temperatura de um corpo é a medida da agitação randômica das partículas. Tendo em vista que a matéria possui como propriedade intrínseca a carga elétrica e que cargas elétricas em movimento emitem radiação eletromagnética, qualitativamente, o fenômeno de radiação térmica é suficientemente compreensível. No entanto, para compreender melhor as características da radiação emitida por um corpo, foi idealizado um modelo, no qual se considera um corpo ideal, chamado de corpo negro.

Segundo Eisberg e Resnick (1979, p.20) são chamados de corpo negro aqueles “[...] corpos cujas superfícies absorvem toda a radiação térmica incidente sobre ele”.

Figura 3: Uma cavidade em um corpo ligada ao exterior por um pequeno orifício. A radiação incidente sobre o orifício é completamente absorvida após sucessivas reflexões sobre a superfície interna da cavidade.



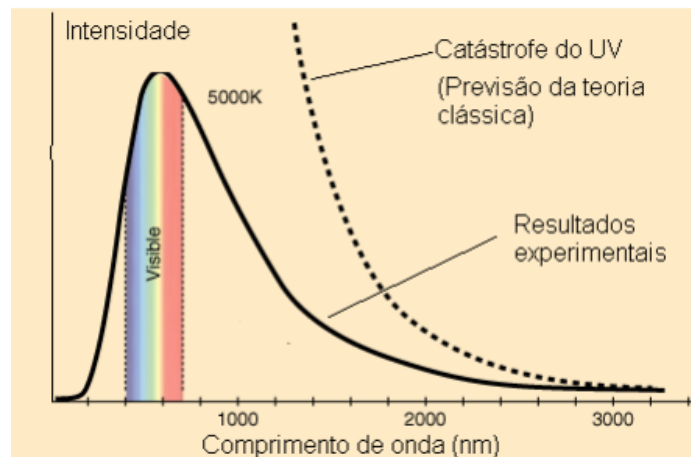
Fonte: EISBERG, R. & RESNICK, R. **Física Quântica**. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, 1979

O grande problema associado à radiação de corpo negro decorre a partir da descoberta feita em 1858 pelo físico e meteorologista Balfour Stewart que verifica que a razão entre o poder de emissão e o poder de absorção de um corpo é uma função do comprimento de onda da

radiação emitida ou absorvida e de sua temperatura. Esse fato foi também verificado, de forma independente, pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff que define esse corpo como um corpo negro (BASSALO, 1996).

Essa constatação, leva a uma busca desenfreada por uma função que se comportasse de maneira a obter uma concordância com os dados experimentais verificados na época. Cabe destacar que, os modelos teóricos desenvolvidos para explicar a curva observada experimentalmente, batizada de catástrofe do ultravioleta (Figura 4), eram imbuídos a partir do “pensamento clássico”, embasado fortemente na termodinâmica e eletromagnetismo. Nesse sentido, todo e qualquer formalismo teórico era desenvolvido sob a óptica da Física Clássica

Figura 4: Curva ilustrativa da diferença entre os resultados teóricos e experimentais sobre o corpo negro



Fonte: Disponível em < https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf > Acesso em 01 de Mai de 2020.

A partir disso, de acordo com Bassalo (1996):

O primeiro passo para obter essa função foi dado pelo físico austríaco Josef Stefan (1835-1893). Com efeito, ao estudar em 1879, a velocidade com que os corpos se esfriam através da medida das áreas sob as curvas do espectro radiante térmico, Stefan chegou empiricamente a seguinte lei: $R \propto T^4$, onde R representa a intensidade total da radiação (energia por unidade de área e por unidade de tempo) emitida por um corpo a uma dada temperatura T, ou seja: $R = \int_0^{\infty} I_{(\lambda,T)} d\lambda$. Mais tarde, em 1884, o físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844- 1906) demonstrou matematicamente a lei de Stefan, ao considerar como um gás a radiação eletromagnética no interior de um corpo negro, e aplicando a esse gás as leis da Termodinâmica. Desse modo, Boltzmann encontrou o coeficientes de proporcionalidade (σ) entre R e T^4 , conhecida desde então como a constante de Stefan Boltzmann: $R \propto T^4$. (Idem, p. 30).

A partir do estudo de Boltzmann, o físico alemão Wilhelm Wien (re)modela o problema partindo da ideia de que a radiação térmica era decorrente da vibração de osciladores moleculares, e que, essa radiação, seria proporcional ao número de osciladores. Com base nessa

nova perspectiva, Wien consegue expressar, matematicamente, a função ($I(\lambda, T)$). Entretanto, mesmo que mais tarde ela tenha sido verificada empiricamente pelo físico Louis Carl Paschen, essa expressão apresentava um grande problema: a inconsistência para altos valores de λ (baixas frequências). (BASSALO, 1996).

O problema associado à função de Wien-Paschen, estimulou o físico inglês John Strutt Rayleigh a se engajar nessa busca. Nesse sentido, a fim de contornar o problema que a função de Wien-Paschen apresentava, ele supôs que a intensidade de radiação era proporcional aos tons normais de vibração dos osciladores moleculares. Entretanto, essa expressão era limitada, e, ao contrário do apresentado por Wien-Paschen, apresentava desajuste para baixos comprimentos de onda (altas frequências). (BASSALO, 1996).

Tendo ciência dos resultados obtidos por Wien-Paschen e Rayleigh, o físico alemão Max Planck faz uma interpolação entre essas duas expressões e chega, heurísticamente, a uma equação que se reduz as expressões de Wien-Paschen ($\lambda T \ll 1$) e Rayleigh ($\lambda T \gg 1$). No entanto, ao tentar deduzir essa expressão utilizando argumentos puramente clássicos, não obteve êxito. Ao revisar os cálculos desenvolvidos por Rayleigh, Planck verifica que não há inconsistências nos mesmos. Já nos desenvolvidos por Wien, o próprio Planck, havia obtido os mesmos resultados, de forma independente. Isso significa que, a matemática envolvida no processo de obtenção dessa função, não era o problema a ser enfrentado.

A partir disso, segundo Bassalo (1996, p.31),

“Planck utilizou então a interpretação probabilística proposta por Boltzmann, em 1877, para o cálculo da entropia dos osciladores moleculares, de frequência ν . Porém para fazer esse cálculo, teve de admitir a hipótese de que a energia dos osciladores variava discretamente, ou seja: $\varepsilon = h\nu$.”

Essa equação está inclusa em um trabalho apresentado em 1900 por Planck. O mesmo foi intitulado como: “*Sobre a teoria da Distribuição de Energia do Espectro Normal*”; sendo considerado o grande precursor da chamada “nova” Física. Nele estava contido a suposição de uma quantidade mínima, *quantum* de energia, dado pela expressão $\varepsilon = h\nu$ (LEONEL, 2010).

A ideia de quantização se baseia na premissa de que a transmissão de energia entre os corpos dá-se a partir da troca de pacotes ou *quanta* energia entre eles, sendo a radiação também constituída desses quanta. Logo, a energia é transferida de maneira descontínua, ou seja, ela é quantizada (EISBERG e RESNICK, 1979). É a partir dessa lógica (suposição) que Planck consegue estabelecer a tão procurada função ($I(\lambda, T)$) que descreve com maestria a curva que contempla os dados experimentais observados.

Cabe destacar que a ideia de Planck causou certa estranheza e descrença dentro da comunidade científica, tanto que, mesmo após a resolução do problema da catástrofe do

ultravioleta, Rayleigh, em 1905, obtém uma “nova” expressão para $I(\lambda, T)$. Entretanto, essa expressão apresentava um erro; verificado e corrigido, mais tarde, pelo físico inglês Sir James Jeans, dando origem à famosa equação de Rayleigh-Jeans. Entretanto, essa expressão ainda apresentava falhas quando confrontada com os dados experimentais, diferentemente daquela defendida por Planck.

Mesmo sendo completamente contra intuitiva e sofrendo duras críticas pela comunidade científica a ideia de quantização foi utilizada na resolução de muitos problemas pendentes da Física do início do século XX, como é o caso do efeito fotoelétrico, explicado por Albert Einstein, em 1905, e condecorado com o prêmio Nobel em 1921.

A explicação desses fenômenos, aliada a detecção da hipótese do quantum de luz, pelo físico americano Arthur Compton, a partir de um experimento conhecido como efeito Compton, traz à tona discussões que pareciam, até então, sacramentadas sobre a natureza da luz.

Além disso, um dos modelos vigentes sobre a teoria atômica, proposto por Bohr, embora fosse satisfatório na explicação de diversos fenômenos, apresentava dois grandes problemas do ponto de vista mecânico. Nesse modelo, baseado em três postulados, os elétrons, com carga negativa, orbitam circularmente um núcleo, denso e positivo, entretanto durante esse movimento há uma instabilidade, decorrente da eletrodinâmica de Maxwell, dos elétrons orbitais e, além disso, a dimensão dessas órbitas era problemática. (BOHR, 1963)

Motivado pelas ideias de Bohr, em específico, sobre o motivo dos elétrons não poderem orbitar senão a determinadas distância do núcleo, o físico francês Louis de Broglie, em 1924, a partir de sua tese de doutorado, propõe que cada partícula estaria associada a uma onda de matéria, ou seja, elas teriam um comprimento de onda caracterizado pela equação:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que, o termo “h” representa a constante de Planck, “m” a massa da partícula, “v” sua velocidade e p o momento linear associado à partícula. Essa equação evidencia a relação entre o comprimento de onda de de Broglie e o momentum associado a partícula, ideia fundamental, utilizada por Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, que estava interessado em descobrir qual grandeza física estaria associada a essa onda de matéria.

Em 1926, Schrödinger⁴ chega a uma equação que possibilita tal compreensão. Essa equação é representada da seguinte forma:

⁴ Equação de Schrödinger, em uma dimensão, dependente do tempo.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi_{(x,t)}}{\partial x^2} + V_{(x,t)} \psi_{(x,t)} = j\hbar \frac{\partial \psi_{(x,t)}}{\partial t} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde os termos:

- $\hbar = \frac{h}{2\pi}$
- $\psi_{(x,t)}$, é a função de onda associada a uma partícula que se move dentro de um campo de forças descrito por um potencial.
- $V_{(x,t)}$, é o potencial ao qual está sujeita a partícula
- j , Parte complexa de um número imaginário

Ao restringirmos a equação de Schrödinger, a partir de uma independência do tempo, temos que a solução dessa equação conduz a um conjunto de funções de onda e a um conjunto de energias associadas ao estado do elétron permitidos no átomo. Cabe destacar ainda que, a grandeza física função de onda (ψ) não possui interpretação física direta. O que apresenta conteúdo físico é $|\psi|^2$ que define a probabilidade⁵ de encontrarmos uma partícula em uma dada região no espaço (EISBERG e RESNICK, 1979).

Em 1927, um pouco depois de ter sido obtida a equação que rege toda a mecânica quântica (Eq. 6), o físico alemão Werner Heisenberg enuncia o famoso princípio da incerteza, que trata impossibilidade de medirmos com total precisão a posição e o momentum de uma partícula, dada a condição de que quanto mais se conhece um dos valores, maior é a incerteza associada a outra grandeza.

Nesse sentido, de acordo com Leonel (2010) é nesse cenário que se estabelece uma nova física, sedimentada a partir de um novo paradigma, onde deixa-se de lado o viés determinístico imposto pela física clássica e se incorpora a ideia probabilística trazida pela mecânica quântica e os efeitos relativísticos, decorrentes da mecânica relativística de Einstein.

Entretanto, para o autor

A chamada física clássica continua válida dentro de certos limites. Precisamente, quando as massas dos objetos não forem tão pequenas quanto massas atômicas, nem tão grandes quanto massas de galáxias, e sempre que as velocidades envolvidas forem muito menores do que a velocidade da luz, a física clássica possibilitará uma boa descrição fenomenológica. (LEONEL, 2010, p.52)

⁵ Essa forma de pensar a função de onda foi fornecida por Max Bohr e é conhecida como interpretação de Copenhague

Nesse sentido, esse novo corpo teórico de conhecimento vem sendo responsável por contribuir significativamente no desenvolvimento científico-tecnológico da sociedade moderna, fazendo com que todos os achados estabelecidos durante a primeira metade do século XX venham a ser fundamentais ao âmbito humano.

2.2. SOBRE O ENSINO DE FÍSICA E DE FMC

Para tratarmos das problemáticas, no que tange nosso processo de pesquisa, iniciaremos nossa abordagem a partir de questões mais gerais relacionadas ao ensino de Física dentro do contexto brasileiro. Nas subseções, iremos aprofundar discussões relacionadas a importância da instituição de documentos oficiais para o estabelecimento de alterações curriculares significativas na disciplina de Física no Ensino Médio. Além disso, pretendemos fornecer um panorama geral sobre a relevância da pesquisa em ensino de Física no processo de implementação da FMC no Ensino Médio, tendo a pretensão de projetar perspectivas futuras para as pesquisas dentro dessa área. Ressaltamos, no entanto, que não temos a pretensão de apresentar um levantamento histórico sobre as raízes que solidificam o ensino de física e de FMC, mas sim apresentar algumas vertentes teóricas que venham a corroborar com as demandas que se apresentam dentro de nosso problema de pesquisa.

2.2.1. O Ensino de Física no Brasil

Diversos são os desafios vigentes dentro do ensino de física. Alguns pesquisadores como: Machado, Nardi, Basto Filho (2009); Ribeiro (2005); Rosa e Rosa (2012); Fernandes (2016); Barroso, Rubini e Silva (2018), pontuam e discutem acerca das dificuldades evidenciadas dentro do ensino de física. Alguns dos problemas citados pelos autores consistem em: dificuldades com relação à interpretação e resolução de problemas por parte dos estudantes, desarticulação entre os conteúdos vigentes no currículo escolar e a realidade dos alunos, problemas na formação de inicial de professores de física, distanciamento entre as pesquisa em Ensino de Física e a Educação Básica, excessiva ênfase na resolução matemática de problemas em detrimento de conceitos físicos e problemas relacionados a metodologia de ensino utilizada por professores nas aulas de física.

A recorrente utilização de “problemas” com ênfase puramente matemática talvez seja um dos maiores limitadores para o ensino de física. Problemas pouco criativos e que exigem

na maioria das vezes que o estudante realize uma verdadeiro quebra-cabeças, encaixando as equações a partir dos dados fornecidos no problema impossibilita que o estudante reflita sobre o fenômeno físico. É claro que, não se desconhece a importância da Matemática dentro da física, uma vez que a mesma é vista como a linguagem que embasa a construção de modelos físicos. Entretanto, esse tipo de abordagem suscita, na maioria das vezes, um desinteresse por parte dos alunos que não conseguem associar o fenômeno estudado a partir da situação proposta (PIETROCOLA, 2002).

Nesse sentido Bonadiman et al (2004, p. 1) nos diz que:

A imagem que as pessoas têm da Física é geralmente criada na escola, resultado do ensino ali praticado. O que prevalece, na prática pedagógica da maioria dos professores, é o formalismo, enquanto o contato com a fenomenologia, esse lado da Física que as pessoas consideram mais atrativo, é pouco valorizado, e por vezes até mesmo esquecido por completo. Enfatiza-se demasiadamente uma Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, mais experimental e com mais significado para a vida das pessoas

Muitas das atitudes tomadas dentro da sala de aula estão diretamente relacionadas com a formação de quem as está ministrando. Moreira (2000) faz críticas à forma como a física, em especial nas licenciaturas, é ensinada durante a graduação. Há, na maioria das vezes, um uso exagerado do livro didático e excessiva ênfase na resolução de incontáveis “listas de exercícios”, em que, não raras as vezes, o aluno deve replicá-las nas avaliações teóricas. Tal prática poderá ser implementada pelos futuros professores. Com isso, os profissionais que são formados, muitas vezes, irão replicar as mesmas metodologias utilizadas por seus antigos professores, culminando assim em um ciclo vicioso e oneroso à aprendizagem de Física.

Infelizmente, nosso ensino de graduação em Física é muito ruim. A evasão em nossos cursos de Física é enorme. Possivelmente, os estudantes que sobrevivem e acabam saindo bacharéis ou licenciados em Física nem precisassem ter tido o ensino que tiveram. Trata-se muito mais de seleção natural do que de aprender em função do ensino (MOREIRA, 2000, p. 95).

Outro aspecto relevante, e que corrobora para as dificuldades no ensino de física, consiste no distanciamento entre o que está sendo produzido no âmbito científico e as escolas de educação básica. Embora o número de pesquisas em ensino de física tenha sido alavancado nos últimos anos, há de se considerar também que muitos desses trabalhos não retornam à sala de aula para terem um efetivo aproveitamento.

Rosa e Rosa (2012, p. 21) partilha desta reflexão dizendo-nos que

Mesmo perante os avanços das pesquisas e à amplitude de temas na área de ensino de Física, é importante destacar que pouco resultado vem aparecendo na prática pedagógica dos professores. Há um relativo distanciamento entre o que é produzido no âmbito acadêmico e o que, de fato, chega aos professores que atuam no ensino médio. Evidentemente, nem toda pesquisa tem o intuito de ser aplicada diretamente em sala de aula, pois muitas delas são pesquisas básicas, que acabam delineando novos paradigmas no ensino de Física, cujo

reflexo muitas vezes estão nos documentos oficiais A Física desenvolvida no século XX, como as diretrizes e os parâmetros curriculares. Porém, há de se considerar, que o conhecimento produzido por estas pesquisas deve estar próximo da prática docente e precisa ser vinculado aos problemas de sala de aula.

Ao optar por este tipo de abordagem, muitas vezes, acaba-se por atrelar a Física, apenas como uma ciência puramente teórica. Isso se mostra um erro, uma vez que, desconsiderar que esta ciência é advinda da experimentação é renegar a sua aplicabilidade em nosso dia a dia. Nesse sentido, Fernandes (2008, p. 2) compreende que “é preciso entender a Física como uma ciência que nasceu da observação de fenômenos naturais. Assim, ela está diretamente ligada ao cotidiano de cada um”.

Dentro desta perspectiva algumas estratégias podem ser utilizadas a fim de que o processo de ensino e aprendizagem se torne mais acessível ao aluno, uma vez que as formas de aprendizagem são múltiplas e não seguem uma lógica linear. Nesse sentido, a experimentação pode vir a corroborar como uma abordagem que potencialize o processo de ensino e aprendizagem, assim como de certa forma, vêm a complementar o conteúdo teórico visto em sala de aula (GAZOLA et al., 2011).

De acordo com Possobon et al (2003) a realização de atividades em laboratório pode funcionar como um complemento às aulas teóricas, ou seja, como um poderoso catalisador no processo de ensino e aprendizagem, trazendo com isso um ganho significativo em aspectos cognitivos dos educandos, pois a vivência da experiência possibilita a interação com o objeto de conhecimento e, portanto, facilita este processo de construção.

Além disso, Soares, Munchen e Adaime (2013) nos trazem como prerrogativa, o fato de a experimentação despertar um maior afinco dos estudantes com o objeto de conhecimento, fazendo com que haja um maior interesse e participação destes no decorrer das atividades planejadas.

A experimentação tende a despertar nos alunos, um forte interesse devido a ter um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos, pois os alunos são envolvidos através de aspectos visuais como cores, texturas e odores o que faz estreitar o elo entre a motivação e aprendizagem. Espera-se então que o envolvimento dos alunos seja maior e leve a evoluções em termos conceituais (SOARES, MUNCHEN e ADAIME; 2013, p. 3).

Com isso, vê-se que as atividades experimentais podem vir a ser instrumentos que potencializam o processo de ensino e aprendizagem. Dependendo da forma como são abordadas, as aulas práticas podem ser “propulsores” que auxiliam no processo desenvolvimento e interação de conceitos científicos permitindo que os alunos consigam interpretar e solucionar problemas complexos presentes em situações de sua vida cotidiana.

Contudo, a forma como será conduzida estas atividades é preponderante. Pode-se trabalhar com a experimentação a partir de duas ópticas: demonstrativa ou investigativa. As atividades experimentais demonstrativas são aquelas em que o aluno observa o fenômeno estudado a partir de um interlocutor, o professor ao efetuar a atividade experimental ou ainda a partir de um roteiro, previamente distribuído aos alunos.

Segundo Chaves e Hunsche (2014, p. 5) estas são “[...] atividades de laboratório realizadas pelo professor, e o aluno assumindo papel de espectador. Assim, essa atividade tem o objetivo de ilustrar e ajudar na compreensão de conceitos teóricos, tornar o conteúdo mais agradável e interessante”.

Nota-se, portanto, que ao ser utilizada esta abordagem exclui-se do aluno a possibilidade de o mesmo manipular o experimento. Outro tipo de atividade demonstrativa é aquele em que o aluno recebe um roteiro pré-definido, contendo os “passos” a serem seguidos para que o experimento chegue a determinado resultado.

De acordo com Hernandes, Clement e Terrazzan (2002, p.2)

Em geral, as atividades experimentais são realizadas seguindo manuais ou roteiros auto-explicativos, estruturados segundo uma rígida seqüência de passos para a realização da experiência proposta. É como se os alunos estivessem seguindo uma "receita de bolo", ou seja, trata-se de um processo puramente mecânico.

Esse tipo de abordagem é extremamente restrito pois não permite ao aluno explorar outro viés do experimento. Não se abre espaços para discussões, pois seguindo os passos fornecidos pelo “receituário” irá ser comprovado o experimento.

Entretanto, este fator apenas será possível se trabalharmos com base na utilização de uma perspectiva investigativa, que fuja de situações tabeladas e que muitas vezes já apresentam resultados pré-determinados. Essa estratégia didática potencializa que o aluno tente, a partir de seus conhecimentos prévios, resolver um problema posto a ele.

Segundo Ramos, Antunes e Silva (2010, p. 8)

Para favorecer a superação de algumas das visões simplistas predominantes no ensino de física é necessário que as aulas de laboratório contemplem discussões teóricas que se estendam além de definições, fatos, conceitos ou generalizações, pois o ensino de física, a nosso ver, é uma área muito rica para se explorar diversas estratégias metodológicas, no qual a natureza e as transformações nelas ocorridas estão à disposição como recursos didáticos, possibilitando a construção de conhecimentos científicos de modo significativo.

Dentro desta mesma perspectiva, Belotti e Faria (2010) nos dizem que o professor tem de ser capaz de refletir acerca da metodologia e direcioná-la segundo a realidade em que atua voltada aos interesses dos alunos, buscando novos caminhos para tornar o aprendizado significativo a seus alunos. Portanto, não significa que toda a atividade experimental será

significativa ao aluno, ou ainda um instrumento inovador, irá depender e muito da forma como o professor irá conduzir a sua aula.

Esse fato também é salientado por Reginaldo, Sheid e Güllich (2012, p. 2)

É responsabilidade do professor perceber a importância do processo de planejamento e elaboração de registros relativos à atividade experimental proposta, e assim buscar a incorporação de tecnologias, estimulando a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade.

Portanto, temos o professor como instrumento primordial na interlocução deste conhecimento, uma vez que este definirá como serão desenvolvidas e conduzidas suas aulas, podendo estas serem pautadas em um conhecimento mecânico, que por vezes se faz necessário, mas também através de situações problemas, como aqueles propostos pelas atividades práticas que possibilitam o aluno refletir acerca de uma situação problema. Nesse sentido, concorda-se com Perrenonoud (2000) que nos diz que a aprendizagem inclui projetos de situações-problema que fazem com que o aluno se torne um ser prático e reflexivo.

2.2.2. A influência dos documentos oficiais para inserção do Ensino de FMC no nível médio: Algumas considerações.

O estabelecimento da Física Moderna e Contemporânea, dentro do ensino médio, pode ser associado a dois fatores específicos. O primeiro, está relacionado a uma ruptura na forma de se pensar a real contribuição desse nível de ensino no processo formativo do estudante. Já o segundo, é influenciado a partir da verificação, por parte de pesquisadores da área de ensino de Física, sobre a necessidade imediata em se inserir essa temática já no Ensino Médio.

Com base na primeira perspectiva, é necessário o estabelecimento de uma delimitação temporal acerca do processo que define e regulariza o sistema de educação brasileiro, para que então se possa compreender como o mesmo está relacionado ao ensino de FMC. Para isso, é necessária a ressalva, um tanto melancólica, acerca do Ensino Médio brasileiro. Iremos tratar, especificamente, desse nível de ensino, ao qual é caracterizado, historicamente, a partir de suas inconsistências, fazendo com que se busque, ainda hoje, uma identidade que o solidifique dentro da Educação Básica (MOEHLECKE, 2012).

Nesse sentido, adentrando as raízes da educação brasileira, temos que a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), promulgada em 1961, pode ser considerada como um marco histórico e fundamental para a educação nacional, pois passa a garantir o direito

a toda a população em ter acesso a uma educação gratuita e de qualidade (ALBANO et al., 2010).

Complementando esse pensamento, Guimarães (2015) apresenta e destaca as adaptações históricas sofridas por essa lei, de forma que, para o autor, “a primeira LDB brasileira é de 1961, seguida por uma versão em 1971, que vigorou até a promulgação da mais recente em 1996. Essa lei define e regulamenta o sistema educacional brasileiro com base nos princípios presentes na Constituição de 1988” (GUIMARÃES, 2015, p.15).

No cenário mais recente, cabe lembrar que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB n° 9694/96) passa a incorporar o Ensino Médio à Educação Básica e, como consequência, começam a ser pensadas estratégias que fomentem e atendam as demandas apresentadas dentro dessa nova configuração (BRASIL, 1996).

Com isso, de acordo com Cavalcante (2013, p. 20)

A partir de 1996, com a nova Lei, os níveis de ensino passam a ter uma nova estrutura, composta pela educação básica e pela educação superior. A educação básica é formada pela Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Cada nível de ensino tem uma finalidade própria e cada etapa do processo educativo contribui para a formação do homem de forma geral.

Menezes (2000) salienta esse perfil formativo, presente a LDB n° 9694/96, dizendo que a mesma prevê que, no Ensino Médio, seja contemplada ao estudante uma formação que atenda a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, ou seja, que esse construto se de sob uma ótica que relacione o conhecimento teórico visto em sala de aula a respectiva prática vivenciada pelo estudante no ambiente externo a esse contexto. Além disso, é destacado o papel de uma educação que englobe o desenvolvimento de uma autonomia intelectual e do pensamento crítico, de modo que esse estudante possa operar sobre a sua realidade vivencial.

Reforçando essa ideia, nos anos subsequentes, são instituídos pelos órgãos competentes, documentos oficiais que subsidiam a LDB. Sendo assim, considerando o Ensino Médio, é instituído, em 1998, pelo governo Fernando Henrique Cardoso, um conjunto de orientações de como deveria ser pensada e organizada a ação educacional nas escolas e demais sistemas de ensino. Essa peça textual desenvolvida é conhecida como as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) (CIAVATTA e RAMOS, 2012).

De acordo com os autores

Se a reforma de toda a educação básica e superior teve implicações para a educação dos trabalhadores, aquela que incidiu sobre o ensino médio foi a mais significativa. Após a importante luta social por um projeto de educação unitária, tecnológica e politécnica, visando à formação omnilateral dos trabalhadores e tendo o trabalho como princípio educativo, a educação técnico-profissional de nível médio foi separada

mecanicamente do ensino médio e tornada paralela ou subsequente a ele. Propósitos, sentidos e conteúdos de cada uma dessas formações foram construídos, difundidos e implementados como política curricular por meio das DCNEM e DCNEP em relação à qual a área Trabalho e Educação precisou se manifestar. (CIAVATTA e RAMOS, 2012, p. 18-19).

Nesse sentido, percebe-se que a partir da regulamentação de todos os níveis e modalidades educacionais na forma das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) o sistema educacional brasileiro passa a contar um documento que carrega uma concepção orientadora do currículo, capaz de direcionar o planejamento curricular das escolas e dos demais sistemas de ensino (CIAVATTA e RAMOS, 2000)

Em se tratando do currículo, o mesmo deveria ser constituído a partir de seis pressupostos:

- Visão orgânica do conhecimento, afinada com as mudanças surpreendentes que o acesso à informação está causando no modo de abordar, analisar, explicar e prever a realidade, tão bem ilustradas no hipertexto que cada vez mais entremeia o texto dos discursos, das falas e das construções conceituais.
- Disposição para perseguir essa visão organizando e tratando os conteúdos do ensino e as situações de aprendizagem, de modo que destaque as múltiplas interações entre as disciplinas do currículo.
- Abertura e sensibilidade para identificar as relações que existem entre os conteúdos do ensino e das situações de aprendizagem com os muitos contextos de vida social e pessoal, de modo que estabeleça uma relação ativa entre o aluno e o objeto do conhecimento e desenvolva a capacidade de relacionar o aprendido com o observado, a teoria com suas conseqüências e aplicações práticas.
- Reconhecimento das linguagens como formas de constituição dos conhecimentos e das identidades, como elemento chave para constituir os significados, os conceitos, as relações, as condutas e os valores que a escola deseja transmitir.
- Reconhecimento e aceitação de que o conhecimento é uma construção coletiva, forjada sociointerativamente na sala de aula, no trabalho, na família e em todas as demais formas de convivência.
- Reconhecimento de que a aprendizagem mobiliza afetos, emoções e relações com seus pares, além das cognições e das habilidades intelectuais. (BRASIL, 1998a, p.78)

Desses esses pressupostos destaca-se o terceiro ponto que vem em convergência com um dos aspectos destacados na LDB. Com isso, considerando ambos os documentos, é passível a compreensão de que, em se tratando do contexto de ensino de Física no nível médio, a mesma encontra-se em desacordo com os textos em questão, já que apresenta um currículo engessado sob a ótica da Física desenvolvida no século XIX, o que impossibilita a compreensão do estudante acerca do desenvolvimento científico e tecnológico vivenciado pela sociedade moderna (TERRAZAN, 1992).

Além disso, para Ramal (1999), as DCNEM dispõem que os conteúdos de cada uma das áreas do conhecimento sirvam como instrumentos que contemplem a formação de competências, habilidades e disposição de condutas, para que, a partir delas, os estudantes

possam intervir sobre sua própria realidade. Trazendo para o contexto de ensino de Física, esse é um dos problemas evidenciados, já discutido na seção anterior (2.2.1).

A clara evidência acima, somada aos problemas nas demais disciplinas, leva ao estabelecimento de outras orientações curriculares, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs), no ano de 2002, e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002; BRASIL, 2006) (BATISTA, 2015).

De forma complementar a isso, Guimarães (2015) acrescenta que a criação dos PCNs se dá a partir de uma mudança na concepção de educação do país. Durante as décadas de 1960 e 1970, em virtude do grande avanço da industrialização, as escolas de Ensino Médio tinham como prioridade o desenvolvimento de um ensino voltado ao aprimoramento de conhecimentos referentes a maquinarias e sistemas de produção. No entanto, a partir de mudanças nos processos produtivos, onde o avanço tecnológico passa a figurar de forma mais significativa é necessário que se saiba operar sobre essas tecnologias, ou seja, a escola de nível médio deveria se adaptar. Somado esse novo contexto, ao estabelecimento da LBD nº 9694/96, é que surgem os PCNs.

Nesse sentido, de acordo com Moreira (2000), as DCNEM e os PCNs, embora não sejam referentes exclusivamente ao ensino de Física, são marcantes no processo de melhorias ao ensino dessa ciência no país, uma vez que preconizam uma mudança abrupta e, enfatizam a Física Moderna ao longo de todo o Ensino Médio, a fim de que ele seja inserida como um desdobramento de outros conhecimentos, dando-se ênfase, assim, a um ensino de Física proativo, voltado a uma formação social.

Ainda com relação a importância da FMC, os PCNEM trazem que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2002, p.19)

De forma complementar ao pensamento presente nos PCNEM, os PCN+ ressaltam a importância da compreensão dos fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano do estudante, bem como a compreensão do universo distante (BRASIL, 2002). Logo, percebe-se a partir dos documentos, até aqui citados, uma necessidade gritante, no que concerne à disciplina de Física, em direcionar esse ensino de forma a proporcionar ao estudante uma formação crítica que subsidie o entendimento dos equipamentos e procedimentos tecnológicos

presentes em seu cotidiano, de modo que ele consiga ter uma compreensão satisfatória dos conhecimentos vistos em sala de aula e possa aplicá-los em sua vida.

Em virtude disso, é importante destacar que, por esses documentos, a Física desenvolvida no início do século XX aparece como um conhecimento vasto a ser explorado, já que consegue explicar, de forma satisfatória, muitas tecnologias hoje utilizadas (OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

No entanto, um movimento recente, decorrente da instituição da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem apresentado algumas controvérsias com relação a outros documentos, como os próprios PCNs. Com relação a FMC Mozena e Ostermann (2016, p. 331) apontam que “Em nossa concepção, o que poderia ser considerado positivo na primeira versão, foi eliminado na segunda versão, como a ênfase no estudo da Física Moderna e o uso da História da Ciência”.

Embora o documento seja taxativo quanto às habilidades e competências estabelecidas:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2017)

As autoras chamam a atenção para o fato de que, ao romper o elo entre os conteúdos e competências, a BNCC pode estar estimulando a replicação da Física já desenvolvida em sala de aula, baseada na memorização e constituída, basicamente, da Física Clássica. Esse movimento representaria uma involução as conquistas representativas relacionadas ao ensino de Física (MOZENA e OSTERMANN, 2016).

2.2.3. A pesquisa em ensino de FMC no contexto brasileiro: Do estabelecimento às novas perspectivas.

O ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) é um tema de grande relevância dentro da área de pesquisa em Ensino de Física (EF). Considerando o contexto brasileiro, conforme Sanches (2006), essa temática já vinha sendo abordada desde 1970, entretanto, foi a partir 1980 que ela se constitui como uma linha de pesquisa, cujo foco

central consistia em questionar os tradicionais temas de física trabalhados no EM e justificar a inserção da FMC dentro desse nível de ensino.

Dentro dessa mesma perspectiva, segundo Alvetti (1999)

No Brasil, algumas iniciativas pioneiras vem contribuindo para inserir assuntos da FMC no ensino médio. Tomando-se como base os trabalhos apresentados no XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em Belo Horizonte, em janeiro de 1997, pode-se constatar que dos mais de duzentos trabalhos inscritos (entre comunicações orais e painéis), pelo menos 20 se referiam diretamente ao ensino de FMC, seja ao nível de formação de professores ou para utilização no processo de ensino aprendizagem (ALVETTI, 1999, p. 48-49).

Nesse cenário, de trabalhos relacionados a temática de FMC, destacam-se aqueles desenvolvidos por Terrazan (1992-1994) e Ostermann e Moreira (2000) que são considerados pioneiros dentro do processo de introdução da FMC no currículo de física do ensino médio brasileiro (Goulart e Leonel, 2020). Esses trabalhos são utilizados como referencial básico dentro dessa linha de pesquisa, justamente por serem taxativos quanto a necessidade de se inserir a FMC já no nível médio de ensino.

De acordo com Ostermann et al. (1998), são inúmeras as razões para que haja a introdução desses conteúdos no Ensino Médio, como por exemplo, para despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a física como construção humana, proporcionando assim o contato dos alunos com as ideias que revolucionaram a Ciência no século XX, assim como também, atrair esses jovens para a carreira científica.

Indo nesta mesma direção, Terrazan (1992) justifica que sua inserção é fundamental para a compreensão do funcionamento de aparelhos e artefatos eletrônicos, bem como, dos fenômenos do cotidiano. Segundo ele, ainda, a abordagem em sala de aula de alguns desses conceitos que foram estabelecidos a partir do século XX, pode auxiliar o estudante a construir o entendimento do mundo criado pelo homem atual, e perceber que a sua inserção consciente e participativa é modificadora do mundo.

Mesmo em vista a importância que já vinha sendo levantada por diversos pesquisadores da área de ensino de física em se trabalhar com a FMC no contexto do EM, Ricci e Ostermann (2002) associam um crescimento significativo da temática a sugestiva inclusão da mesma junto aos documentos legais (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Parâmetros Curriculares Nacionais e, mais recentemente, Base Nacional Comum Curricular).

Conforme Busatto et al (2018)

A inserção destes conteúdos, mesmo que de modo conciso agrega conhecimento, ideia essa reforçada pelos documentos legais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), os quais indicam a FMC como um dos elementos necessários para que o indivíduo possa se posicionar de forma crítica e atuante. Assim sendo, cabe à escola fornecer subsídios ao estudante para que

o mesmo consiga acompanhar os avanços tecnológicos e ser inserido na sociedade. Desta forma, o indivíduo será capaz de efetuar relações entre a Ciência Natural e a sociedade, e entender a importância dos conteúdos de FMC. (BUSATTO et al, 2018, p.105)

Nesse sentido, reconhece-se a importância e a necessidade de que esses conteúdos sejam incorporados e devidamente abordados já no EM. Logo, torna-se desnecessário fomentar discussões que venham a dialogar dentro dessa mesma perspectiva. Entretanto, outras preocupações começam a ficar latentes e, atualmente, os questionamentos devem estar centrados nas formas como esses conhecimentos “vêm sendo” abordados em sala de aula, ou seja, de que forma podemos nós, enquanto pesquisadores e professores, auxiliar os professores no desenvolvimento efetivo desses conteúdos em sala de aula.

A relevância em se investigar tal problemática, é evidenciada a partir de trabalhos como o de Machado e Nardi (2003), que constatam que muitos professores consideram importante a abordagem da FMC em sala de aula, entretanto, poucos trabalham com essa temática. Com isso, o questionamento a ser feito é o de que: “Se há o entendimento da importância em se trabalhar com esses conteúdos, por que não os trabalha?”

Uma resposta ao questionamento poderia ser a insuficiência de pesquisas que investigam tal situação. Essa afirmação é espelhada a partir da revisão bibliográfica, desenvolvida por Pereira e Ostermann (2009), onde os autores elencam quatro “categorias” nas quais as pesquisas relacionadas ao ensino de FMC no EM estariam centradas. São elas: 1) propostas didáticas testadas em sala, 2) levantamento de concepções, 3) bibliografia de consulta para professores e 4) análise curricular.

Dentre as categorias listadas, verifica-se que poucas pesquisas têm sido conduzidas no sentido de compreender quais as dificuldades que os professores de física do EM podem vir a possuir ao trabalharem com essa temática em sala de aula.

Em convergência a essa constatação, Silva, Arenghi e Lino (2013) nos dizem que:

Ao realizar esta revisão bibliográfica, constatamos que, após cerca de 40 anos de pesquisas nesta vertente, o que mais se encontra na literatura são trabalhos que se dedicam a propor que os conteúdos de FMC sejam transpostos ao ensino numa linguagem acessível a este nível de ensino, como em OSTERMANN (2002), e são encontrados relatos de aplicação de projetos de FMC em amostragens de alunos, visando o estudo de concepções alternativas e identificação de obstáculos para o aprendizado dos novos tópicos. (CABRAL de PAULO, 2006 e LINO, 2010). Em contrapartida, um aspecto essencial em todo o processo de inserção de FMC no EM não tem sido suficientemente investigado, a saber: a preparação – ou formação - dos professores em exercício para a prática desses tópicos em sala de aula. (SILVA, ARENGHI e LINO, 2013, p.70).

Com isso, entende-se que as pesquisas dentro dessa linha devam ser (re)direcionadas aos professores de física, pois são eles os responsáveis por conduzir o processo de ensino junto aos

estudantes. Logo, é necessário que os pesquisadores venham a auxiliar esses docentes a partir dos resultados advindos das pesquisas desenvolvidas.

2.3. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) E O ENSINO DE FÍSICA

Nesse tópico, iremos apresentar alguns pontos preconizados pela TAS que poderiam auxiliar dentro do ensino de física. A partir disso, traremos alguns pontos cruciais que embasam a teoria da aprendizagem significativa, referencial teórico o qual estarão ancoradas as UEPS construídas por nós. Além disso, discutiremos de forma geral as características de uma UEPS, sob a óptica do professor Marco Antônio Moreira, e como esse recurso didático pode ser implementado junto ao ensino de Física.

2.3.1. A TAS: Aspectos Gerais

A aprendizagem é um processo complexo, que se diferencia conforme o tipo de abordagem a ela atribuída. De acordo com Moreira e Masini (1982) a aprendizagem, em linhas gerais, pode ser dividida em três ordens: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora.

A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. A aprendizagem afetiva resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. [...]. A aprendizagem psicomotora envolve respostas musculares adquiridas por meio do treino e prática, mas alguma aprendizagem cognitiva é geralmente importante na aquisição de habilidades psicomotoras. (Idem, p. 151-152)

Na década de sessenta, David Ausubel (1918-2008) propôs uma teoria centrada a partir da aprendizagem cognitiva (FELICETTI e PASTORIZA, 2015). O foco dessa teoria está, de acordo com Moreira (2011), no conceito de aprendizagem significativa, que pode ser entendido como sendo um processo no qual um novo conhecimento se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, à estrutura cognitiva do indivíduo.

O termo não arbitrário advém do fato de que essa relação não se estabelece aleatoriamente, mas sim a partir de um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do aprendiz, denominado de subsunçor. Esse subsunçor servirá como âncora e possibilitará que o conhecimento pré-existente seja reorganizado, em um nível maior de complexidade, e então adquira novos significados, fazendo com que, enfim, o novo conhecimento se torne significativo (MOREIRA e MASINI, 1982).

É justamente a partir da identificação de elementos que suscitam a presença de um conhecimento significativo que partimos para a definição de substantividade, definida por

Moreira (2011). De acordo o autor, uma vez que o conhecimento se torna significativo sua essência passa a ser manipulada e partilhada, não mais reproduzida. Com isso, o conhecimento aprendido significativamente passa a “ser expresso de diferentes maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, equivalentes em termos de significados” (MOREIRA, 2011, p. 26).

Ronca (1994, p. 92) sintetiza a teoria da aprendizagem significativa dizendo que

O ponto de partida da teoria de ensino proposta por Ausubel é o conjunto de conhecimentos que o aluno traz consigo. A este conjunto de conhecimentos, Ausubel dá o nome de estrutura cognitiva e, segundo ele, é a variável mais importante que o professor deve levar em consideração no ato de ensinar. O professor deve estar atento tanto para o conteúdo como para as formas de organização desse conteúdo na estrutura cognitiva. O conteúdo que é assimilado pela estrutura cognitiva assume uma forma hierárquica, onde conceitos mais amplos se superpõem a conceitos com menor poder de extensão.

Dentro desse cenário, compreende-se que a existência de conceitos subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz é um elemento decisivo para que ocorra a aprendizagem significativa. Uma vez que estejam estabelecidos, e sejam estimulados, esses subsunçores vão se tornando mais estáveis e mais elaborados, com uma riqueza maior de significados, podendo suscitar a incidência de novas aprendizagens (MOREIRA, 2012). Entretanto, cabe destacar que por mais rico e elaborado que um subsunçor possa ser o mesmo pode passar por um processo chamado de obliteração (esquecimento). Não é por ter aprendido significativamente determinado conceito que o mesmo jamais será esquecido; muito pelo contrário, esse é um processo natural da aprendizagem significativa, denominado de assimilação obliteradora. É a partir da assimilação obliteradora (dormência) que esses conceitos podem ser resgatados, já que significado do conceito apreendido se mantém na estrutura cognitiva do aprendiz.

A partir disso, Moreira (2012) define que “a clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou melhor, das aprendizagens significativas do sujeito. Trata-se de um conhecimento dinâmico, não estático, que pode evoluir e, inclusive, involuir” (idem, 2012). Com isso, esse conhecimento passa por um processo de ressignificação que irá perdurar durante toda a trajetória de vida do sujeito, sofrendo sucessivas modificações ou fortalecimentos, a partir dos subsunçores já pré-estabelecidos.

Além da existência de conceitos subsunçores, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) citam que a pré-disposição em querer aprender e a utilização de materiais potencialmente significativos também devem ser considerados quando utilizamos a perspectiva de uma aprendizagem significativa.

Felicetti e Pastoriza (2015, p. 4) reitera esse pensamento dizendo-nos que:

A condição para a existência de conceitos subsunçores (requisito 1) é que o indivíduo tenha uma experiência de vida, que tenha aprendido significativa ou mecanicamente alguma coisa, que tenha relacionado e assimilado algum conhecimento que teve acesso na sua estrutura cognitiva. No caso da manifestação explícita de aprender (requisito 2), segundo Moreira e Massini (2001), é preciso considerar que, por mais que haja estímulos, se o aprendiz não manifestar vontade de aprender não aprenderá significativamente. O material ser potencialmente significativo (requisito 3) quer dizer que ele pode se tornar substância de aprendizagem em uma estrutura cognitiva hipotética que possui antecedentes e que se situe dentro da capacidade humana de aprender. Também devem estar disponíveis na estrutura cognitiva do aluno conceitos subsunçores para os materiais potencialmente significativos

A partir disso, é importante destacar que a aprendizagem mecânica não é desconsiderada dentro do contexto da aprendizagem significativa. Segundo Moreira e Masini (1982, p. 154) “[...] Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva”. Conforme essa definição, é possível dizer que “a aprendizagem mecânica é necessária para os estudantes, no caso da apresentação de conceitos novos, transformando-os, posteriormente, em aprendizagem significativa” (SILVA e SCHIRLO, 2014, p.40).

Embora essa seja uma alternativa para a existência de conceitos subsunçores, caso o aprendiz não os possua, Ausubel sugere que sejam utilizados organizadores prévios, a fim de que esses subsunçores sejam desenvolvidos (MOREIRA e MASINI, 1982). De modo geral, Rocha et al (2018, p.3) nos diz que

Um organizador prévio nada mais é que um instrumento introdutório utilizado antes do material de aprendizagem propriamente dito, elaborado considerando um nível de abstração, generalidade e inclusividade maior, que deve funcionar como uma ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber, de forma que este material tivesse um significado potencial, ou também, para evidenciar a relacionabilidade e discriminabilidade entre estes conceitos.

Ainda, cabe destacar que, conforme Moreira (2008), o organizador prévio deve ser capaz de

- 1 – identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 – dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 – promover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, promover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos (idem, p. 3).

Esse organizador prévio possui como função vital fornecer subsunçores ao aprendiz, a fim de que ele consiga compreender o material potencialmente significativo. Nesse sentido, podemos dizer que os organizadores prévios são um elemento importante, embora nem sempre necessários, que trarão a subsistência ao instrumento chave para que ocorra a aprendizagem significativa: o material potencialmente significativo.

A condição de utilizar um material potencialmente significativo é um dos requisitos necessários para que ocorra a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2014). O desenvolvimento desse material é fundamental dentro da TAS, sendo que é a partir desse recurso didático, que reúne as estratégias didáticas previamente definidas, que o professor irá colocar em prática sua atividade de ensino.

Com base nessa perspectiva, Moreira e Masini (1982) explicitam dois conceitos importantes que irão auxiliar a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva pressupõe a ideia de que o conteúdo a ser ensinado deva ser organizado de maneira que os conceitos mais gerais e inclusivos sejam apresentados, ao aprendiz, em um primeiro momento, de modo que, progressivamente, ele estabeleça distinções por meio de conceitos específicos que serão apresentados em um outro momento (MOREIRA e MASINI, 1982). Já a reconciliação integrativa, deve ser estabelecida a partir das relações entre os conteúdos já estudados e aqueles que serão trabalhados a partir do material potencialmente significativo (SILVA e SCHIRLO 2014).

2.3.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

As UEPS, desenvolvidas pelo professor Dr. Marco Antônio Moreira, são sequências de ensino fundamentadas na TAS de David Ausubel (MACIEL, 2016). Essas sequências de ensino têm por objetivo facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental (MOREIRA, 2011).

Além disso, Maciel (2016) destaca que

[...] as UEPS seguem uma série de princípios fundamentais para a sua construção, que foram extraídos de vários teóricos da educação. Estes princípios norteiam a prática pedagógica levando em consideração vários aspectos pertinentes a esta como, por exemplo, as relações sociais, os sentimentos humanos e aspectos de teorias cognitivistas construtivistas (idem, p.33).

Cabe destacar ainda, um aspecto característico das UEPS e que as atribui um caráter de univocidade. Essas sequências de ensino são estruturadas a partir de oito passos, descritos por Moreira (2011), que trazem em seu bojo uma estrutura organizada e sistematizada, em um nível crescente de complexidade, de estratégias de ensino interdependentes que vêm a auxiliar o aprendiz na apropriação de conceitos sob uma ótica crítica e participativa dentro do processo de ensino e aprendizagem.

A seguir trazemos, de forma resumida, os oito passos descritos por Moreira (2011) para a elaboração de uma UEPS:

1. Definir os conceitos que serão abordados pela UEPS;
2. Propor situações em que o aprendiz possa externalizar seu conhecimento prévio relevante ao tópico de estudo definido anteriormente;
3. Propor situações-problemas em nível introdutório;
4. Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando-se em conta a diferenciação progressiva, ou seja, partindo de aspectos gerais para os mais inclusivos;
5. Retomar os aspectos estruturantes do conteúdo, em nível maior de complexidade, enfatizando suas semelhanças e diferenças;
6. De forma a concluir a unidade, deve-se retomar os aspectos mais relevantes e gerais trabalhados nas etapas anteriores, buscando a reconciliação integrativa e, após esse processo apresentar novas situações problemas em um nível maior de complexidade;
7. Realizar a avaliação da aprendizagem ao longo do processo de implementação da UEPS, registrando tudo que possa dar indícios de uma eventual aprendizagem significativa.
8. Se, a partir dos registros, houver indícios de aprendizagem significativa a UEPS será considerada exitosa.

Do primeiro ao terceiro passo, estão postas orientações que se referem ao processo de organização do conhecimento em que o professor irá identificar o que os estudantes conhecem sobre a temática a ser trabalhada e, a partir disso, estabelecer, através de organizadores prévios, “âncoras” (subsunçores) que possibilitem o estudante compreender as situações de ensino menos complexas, apresentados durante essas etapas, e relacioná-las com as etapas futuras (SOUZA e PINHEIRO, 2019).

Os dois passos seguintes estão relacionados a questões mais gerais que serão abordadas na UEPS, de forma que, progressivamente, sejam detalhadas situações mais específicas. Portanto, durante essas etapas deve ocorrer o que o autor denomina de diferenciação progressiva de conceitos, em que os conceitos mais gerais devem ser percebidos pelos estudantes ao serem confrontados com situações mais específicas. É nesse aspecto, que são estruturados subsunçores mais estáveis e ricos em significados (MOREIRA, 2012).

No sexto passo devem ser propostas novas situações de aprendizagem, aumentando a complexidade de abordagem por meio de atividades diversificadas metodologicamente (SOUZA e PINHEIRO, 2019). E, por fim, os dois últimos passos se referem à conclusão do processo de aprendizagem significativa.

Nesse sentido, no sétimo passo o professor deve realizar uma revisão dos principais aspectos abordados durante a UEPS e procurar cobrir as possíveis defasagens apresentadas

pelos estudantes (reconciliação integrativa). Já o último passo, denota a ideia de avaliar a própria UEPS implementada, em que se deve observar a trajetória dos estudantes ao longo do andamento da UEPS.

A partir desses passos, percebe-se que essas sequências de ensino funcionam como um auxílio ao planejamento do professor, pois reúnem elementos tanto organizacionais, como procedimentais e avaliativos; todos estruturados dentro da TAS. Nesse sentido, Maciel (2016) costura esse pensamento dizendo-nos que esse recurso é um instrumento didático brilhante, criado de professor para professor, que, se utilizado nesses moldes, pode favorecer a aprendizagem significativa por parte dos estudantes e, com isso, auxiliar os professores em sua tarefa diária: o processo de ensino.

2.3.3 Utilização de UEPS no ensino de FMC

Uma das máximas relacionadas ao se pensar o processo de ensino é a de que o mesmo deva ser direcionado para o estudante e não ao estudante. Embora possam parecer equivalentes essas expressões, o conteúdo implícito em cada uma das frases é completamente diferente. Um ensino voltado para o estudante é aquele em que tomamos o sujeito como referência dentro do processo de ensino e aprendizagem; um ensino construído a partir dele, com ele e para ele. Um ensino propositivo, que considere as individualidades dos sujeitos e se molde a partir delas. Que seja significativo ao aluno de forma que ele perceba o porquê de ele estar aprendendo aquele conteúdo.

A lógica contrária à apresentada anteriormente constitui o ensino direcionado ao aluno; um ensino padronizado e catedrático, ministrado como se todos estivessem dentro de um mesmo espectro de conhecimento e aprendessem de igual forma. Nessa lógica, quem deve se encaixar ao ensino é o aluno, pois o mesmo já é estruturado para ele. Em termos gerais, essa inflexão gerada a partir dessa estrutura rígida traz consigo uma dificuldade dentro do processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, de suscitar um processo de ensino-aprendizagem conforme o descrito no primeiro parágrafo dessa seção, é que são pensadas e desenvolvidas as UEPS. Esses materiais de ensino foram elaborados, por Moreira (2011), como sequências didáticas que serviriam como uma alternativa a construção de materiais potencialmente significativos, cuja finalidade é o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Por ser um recurso didático as UEPS são aplicáveis nas mais diversas áreas de conhecimento. Em seu artigo, no qual Moreira apresenta essa alternativa didática, são ilustradas diferentes UEPS que relacionam áreas como: Física, Biologia e Química (MOREIRA, 2011).

Se tratando do ensino de Física, mais especificamente, a parte da FMC, percebe-se uma grande utilização desse tipo de material didático, como nos trabalhos: de Jesus e de Amorim (2019), Schittler e Moreira (2016), Merlim et al (2019), Riboldi (2015), dentre outros autores. Além disso, dentro de seu próprio artigo, em que apresenta e define o que seriam UEPS, Moreira exemplifica uma UEPS sobre tópicos de Mecânica Quântica desenvolvida por uma estudante do mestrado profissionalizante da UFRGS (MOREIRA 2011).

A FMC, muitas vezes, exige alteração fundamental das noções e leis clássicas fundamentais para que possamos compreender seus fenômenos. Isso é equivalente a dizer que muitos destes não são intuitivos e exigem uma adaptabilidade de pensamento. Somado há de se considerar a dificuldade na aprendizagem que a maioria dos estudantes, em qualquer nível de ensino, apresenta em disciplinas que compõem as áreas de Ciências Naturais e Exatas (BERBETA e YAMAMOTO, 2002).

Muitas das dificuldades relacionadas ao ensino de Física⁶ são decorrentes de problemas diretos em sala de aula. Conforme já discutido, não é raro ser visto aulas de Física conduzidas a partir da aplicação direta de fórmulas e baseadas em uma aprendizagem mecânica. Esse tipo de prática, embora possa ser útil para determinado objetivo, limita o processo de aprendizagem do estudante, pois reduz o ensino de física a simples aplicação de fórmulas que, muitas vezes, não tem significado aos alunos.

De quebra, temos um outro problema associado a essa prática. Ao traçarmos a aprendizagem de Física baseada em uma aprendizagem mecânica, muitas vezes, acaba por ser negligenciada uma abordagem mais fenomenológica dos conceitos que estão sendo trabalhados. Conforme Berbeta e Yamamoto (2002) esse é um dos principais fatores que leva os estudantes a apresentarem dificuldades básicas em conceitos fundamentais de Física Básica.

Se contextualizarmos esse problema aos tópicos de FMC teremos um efeito cíclico no tocante às dificuldades desses estudantes, pois para que se compreenda esses tópicos é necessário que o estudante tenha uma clara interpretação dos conceitos elementares. Se o estudante, por exemplo, não possui em sua estrutura cognitiva uma ideia acerca do conceito de momento, e sua conservação, sua aprendizagem será dificultada ao se deparar com alguns dos tópicos abordados em Mecânica Quântica.

⁶ Não iremos apresentar essas dificuldades, pois as mesmas já foram discutidas na seção 2.2.1.

Assim, ao ser utilizada uma UEPS o professor está, obrigatoriamente, implementado um material que estabelece uma lógica completamente contrária à aprendizagem mecânica, citada anteriormente. O referencial que subsidia essa sequência didática é o da aprendizagem significativa, que preconiza um ensino significativo ao aluno. Nesse sentido, espera-se que o material desenvolvido apresente todas as características, já discutidas em 2.3.2.

Assim, as UEPS por ser estruturada a partir de uma lógica organizacional, no sentido crescente de complexidade conceitual, e que seja significativa ao aluno pode ser um recurso interessante de ser implementado ao se abordar conceitos mais complexos uma vez que irá buscar um conhecimento mais rico em significados, em que sejam estabelecidas relações explícitas e implícitas a cada um dos conceitos trabalhados. Por conta dessa sistematização entre os conceitos e profundidade conceitual, algumas dificuldades de assunto mais complexos, como é o caso da FMC, podem ser minimizadas.

Por exemplo, o trabalho desenvolvido por Siqueira (2017) a autora desenvolve duas UEPS, uma sobre Cosmologia e outra sobre Radioatividade, aplicando-as em turmas do 1º e 2º ano do Ensino Médio. Ao analisar os resultados desta aplicação, a autora destaca que

Para finalizar pode-se dizer que os resultados são encorajadores e reforçam a hipótese de que a utilização de UEPS no estudo da FMC em nível médio facilita o ensino do professor, bem como contribui para que o aluno sinta-se parte integrante do processo de aquisição do conhecimento, pois a diversidade de estratégias contribui para que a busca pelo conhecimento seja mais atrativa para o aluno. (Idem, p.126).

Outro resultado positivo com relação a aplicação de UEPS no aprendizado de tópicos de FMC é evidenciado no trabalho desenvolvido por Merlim et al. (2019) que elabora uma UEPS para trabalhar com o efeito fotoelétrico com uma turma do 2º ano do Ensino Médio e verifica a existência de indícios de aprendizagem significativa dos alunos com relação ao conceito de efeito fotoelétrico e suas aplicações no dia-a-dia.

Esses dois resultados também convergem para o mesmo obtido por de Lima (2018) que elabora uma UEPS estruturada a partir de um aplicativo, desenvolvido pelo autor, para trabalhar aspectos teóricos da Teoria da Relatividade Especial (TRE). Além disso, os autores acrescentam que é perceptível “os estudantes se mostram mais receptivos às novas metodologias de ensino, principalmente aquelas que têm em sua concepção o uso das mídias educacionais”. (DE LIMA, 2018, p.78).

Embora os trabalhos apresentados constituam um espectro pequeno para que se possa fazer qualquer inferência, é sugestivo, e praticamente impossível, não se considerar as potencialidades associadas à utilização de UEPS no ensino de FMC. No entanto, é preciso ressaltar que todo e qualquer material didático possui limitações que estão a ele associadas.

Portanto, não é o recurso em si que será o diferencial no que se refere ao ensino, mas sim, a forma como o professor irá conduzir sua aula.

De nada adianta a elaboração de um recurso didático que possua o “melhor” embasamento teórico e uma diversificação de abordagens conceituais se o mesmo for desconexo à realidade da escola ao qual o professor está lotado. Assim, cabe ao educador avaliar criticamente o material desenvolvido e perceber as possibilidades e a melhor maneira de usufruir, quando isso for possível, do recurso desenvolvido (DA SILVA e VICTER, 2016).

CAPÍTULO III

3. REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo será apresentada a revisão de literatura realizada, ao longo do processo de pesquisa, em periódicos e eventos da área de Ensino de Física/Ensino de Ciências. Essa revisão tem por objetivo verificar o que se tem discutido nos principais veículos de produção científica da área citada com relação às formas de abordagem que vêm sendo empregadas para se trabalhar com a FMC, dentro do nível médio de ensino, a partir do referencial da TAS. Nesse sentido, apresentaremos também um subtópico em que são salientadas algumas dificuldades e desafios evidenciados nos trabalhos que integram o corpus de análise desse levantamento bibliográfico.

3.1. OBJETIVO DA REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura realizada, em alguns periódicos nacionais e eventos da área de ensino, tem por objetivo identificar quais as potencialidades associadas à utilização do referencial teórico da Aprendizagem Significativa para o ensino de FMC no contexto do ensino médio e quais as dificuldades e desafios vêm sendo enfrentados ao se trabalhar com essa temática no ensino médio.

3.2. METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico desta revisão da literatura pode ser dividido em duas etapas: a pesquisa realizada nas revistas (3.4) e em trabalhos de eventos (3.5); e o processo de análise dos artigos considerados (3.4.1) e, também, dos trabalhos de eventos (3.5.1). A etapa de análise está ancorada na utilização da técnica de Análise de conteúdo (AC), desenvolvida por Bardin (1977). De acordo Ferreira e Loguecio (2014, p. 33) essa técnica consiste em um “instrumento de exploração interpretativa de documentos de diversas naturezas, procedida por técnicas que visam à organização e à sistematização de unidades textuais para a evidenciação de núcleos de sentido, a exemplo de temas, conceitos e significados”.

Cabe ressaltar que algumas pequenas adaptações ao método foram realizadas. A adaptação a que nos referimos, está no fato de que ao realizarmos a leitura flutuante dos artigos (3.4) e dos trabalhos (3.5) que compõe o corpus de análise, realizamos pequenos resumos que serão os considerados no processo de categorização. Portanto, as categorias não emergem dos

textos “originais”, mas sim os resumos desenvolvidos por estes autores. Todavia, destacamos que em nenhum momento essas alterações influenciaram a etapa de análise dos dados, propriamente dita.

A seguir, iremos detalhar as etapas que correspondem ao processo desenvolvido

3.3. DEFININDO OS ARTIGOS QUE IRÃO COMPOR O PROCESSO DE ANÁLISE

O conjunto de artigos que compõem essa etapa da pesquisa estão contidos em revistas nacionais, relacionados ao Ensino de Física/Ensino de Ciências que contivessem qualis A1 ou A2 dentro da área de ensino. É importante destacar que essa seleção se deu a partir da classificação de periódicos da CAPES (Quadriênio 2013-2016) disponível na plataforma Sucupira⁷. A partir desses critérios chegamos aos periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) e Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia (RBECT).

A RBEF de acordo com a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, apresenta qualis A1 na área de Ensino, tendo, portanto, conceito máximo em relação aos critérios de avaliação instituídos pelo órgão.

De acordo com Bortoletto et al. (2007)

A Revista Brasileira de Ensino de Física, anteriormente, denominada Revista de Ensino de Física (REF), foi lançada em 1979, durante o Simpósio de Ensino de Física pelo Prof. João Zanetic, sendo este o primeiro editor. A partir de 1989, o Prof. Marco Antônio Moreira assume a posição de editor chefe, e, em 1992, o periódico adota a denominação Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF).

Essa revista é mantida pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e está voltada a melhoria do Ensino de Física em todos os níveis de escolarização. Possui publicações trimestrais, sendo dirigida a pesquisadores, alunos de pós-graduação e professores de Física de nível médio e superior (REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 2019). Tendo em vista sua abrangência e qualidade de publicações, refletida na classificação do periódico, é imprescindível, ao nosso ver, que a mesma contemple o escopo dessa pesquisa.

O CBEF, de acordo com a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, apresenta qualis A2 na área de Ensino, sendo, portanto, um veículo de produção científica com grande relevância para a área de Ensino de Física. Além disso, segundo Bortoletto et al. (2007), essa revista

[...] procura contemplar um público formado por professores de Física da escola secundária e cursos de formação de professores. É “um periódico quadrimestral, arbitrado, indexado, de circulação nacional [...] voltado prioritariamente para o

⁷ Disponível em: < <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/index.xhtml> > Acesso em: 03 de Mai. de 2019.

professor de Física da escola secundária e para os cursos de formação de professores. (idem, p.8)

A partir disso, vemos que esse periódico está ancorado e direcionado a publicação de docentes de Física da educação básica e cursos de formação de professores. Logo, esperamos que o número de trabalhos significativos para essa pesquisa seja maior, tendo em vista que nosso objetivo dialoga diretamente com o foco de publicações da revista em questão.

A IENCI é uma revista internacional de publicação quadrimestral, indexada, e voltada exclusivamente para a pesquisa na área de ensino/aprendizagem de ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais, quando enfocadas de maneira integrada) (INVESTIGAÇÕES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2019). Embora não seja um periódico específico da área de ensino de Física, o mesmo além de possuir, de acordo com a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, qualis A2 foi fundada pelo professor Dr. Marco Antônio Moreira (NARDI, 2005), um dos referenciais teóricos deste trabalho. Acreditamos que a partir dessa relação de proximidade do professor Moreira para com a revista possa haver um contingente maior de artigos que se enquadram dentro dos objetivos dessa pesquisa, justamente pelo fato de ele ser um dos precursores da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e o propositor da UEPS (MOREIRA, 2011). Com isso, consideramos ser de extrema valia incluirmos essa revista para compor o corpus a ser analisado nessa revisão de literatura.

Por fim, a RBECT apresenta conforme a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, qualis A2 e tem como finalidade divulgar pesquisas que tenham como foco a Educação, em especial o processo de ensino-aprendizagem, resultante de uma ação reflexiva, crítica e inovadora para a atuação profissional do docente, auxiliando na produção de conhecimentos e de novas estratégias pedagógicas, abrangendo as seguintes áreas: Ensino de Ciências, Ensino de Biologia, Ensino de Química, Ensino de Física, Ensino de Matemática, Ensino nas Engenharias e Tecnologias no Ensino (REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2019). Conforme os objetivos da revista vemos que a mesma tem como foco publicações que relacionam o processo de ensino-aprendizagem a partir de novas estratégias de ensino. Essa concepção vai ao encontro do objetivo desta pesquisa, ao passo que entendemos a utilização de UEPS como uma estratégia de ensino recente, tendo em vista que ela foi proposta por Moreira apenas no ano de 2011. Como visamos estabelecer uma relação entre a utilização de UEPS no ensino de FMC, torna-se justificável a escolha da revista em questão.

Além da pesquisa em periódicos, entendemos que se fez necessário abrirmos mais o campo de busca para a revisão da literatura. Esse entendimento advém com base na hipótese de

que as revistas poderiam ser instrumentos de um acesso mais restrito que abrange, na maioria das vezes, pesquisadores do meio acadêmico, deixando de lado professores da educação básica. Além disso, esses periódicos supracitados não contemplam a socialização de relatos de experiências. Como o objetivo desta pesquisa leva em consideração esses sujeitos, acreditamos que a inclusão de eventos poderia, de certa forma, cobrir essa eventual lacuna.

Assim como Lacerda et al. (2008) entendemos que os eventos propiciam um maior dinamismo e aproximação entre os pesquisadores, além de possibilitarem, ao nosso entender, um escopo mais robusto de trabalhos. Com base nessas percepções optou-se por incluir a revisão da literatura nos dois principais eventos da área de Ensino de Física: o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF).

O SNEF

“[...] é um evento promovido pela Sociedade Brasileira de Física – SBF, e que acontece a cada dois anos, mudando a cidade-sede a cada Simpósio. O I SNEF ocorreu no Instituto de Física da Universidade de São Paulo em 1970, quatro anos após a criação da Sociedade Brasileira de Física. Essa iniciativa foi repetida com periodicidade de 3 anos até 1985, quando a Assembléia Geral do VI SNEF, realizado na Universidade Federal Fluminense, aprovou a periodicidade de 2 anos para os próximos SNEFs e que permanece até os dias de hoje”. (SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2011)

Esse é considerado o evento pioneiro na constituição da área de Ensino de Física. Em trabalho publicado por Nardi (2005) é reiterado pelo autor que, após a segunda guerra mundial, as perspectivas relacionadas a formação docente estava voltada a ideia de que “era necessário preparar um contingente de professores e pesquisadores que acelerasse o processo de industrialização, dirigido para uma tecnologia forte capaz de armar e defender a nação [...]” (NARDI, 2005, p.79-80). Com isso, segundo o autor, a educação básica, em especial o ensino médio, abraça um viés comportamentalista, onde o Ensino de Física denota a utilização de aulas puramente expositivas e baseadas na memorização de conceitos.

Tendo em vista essa problemática, pesquisadores da área de ensino tomam essa preocupação e veem a necessidade de que discussões sejam implantadas a fim de que se busque alternativas para reverter a situação que estava sendo posta. A partir desse entendimento, conforme Nardi (2005), no dia 26 de janeiro de 1970 pesquisadores das mais diversas regiões do país, incomodados com essa situação, somam esforços e desenvolvem o I SNEF como forma de repensar o Ensino de Física vigente.

O desenvolvimento do SNEF abriu espaço para que outro grande evento da área fosse desenvolvido: o EPEF. Segundo Nardi (2005, p. 28)

O caráter amplo que caracterizou os primeiros SNEF, tornando-se tradicional a apresentação num só evento de trabalhos de pesquisa, relatos de experiências didáticas, descrição de produção e uso de equipamentos didáticos, dentre outros, levou

os físicos que já estavam se dedicando apenas à pesquisa em ensino de Física como atividade principal de pesquisa a se preocupar em encontrar espaço para discussão de seus projetos de pesquisa no sentido mais stricto: surge daí, 15 anos após, o primeiro EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.

O EPEF

O Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) também é promovido pela SBF e acontece a cada dois anos. Seu objetivo é proporcionar um ambiente de discussões e debates sobre a pesquisa em ensino de Física e a disseminação dos resultados de investigações. O evento congrega pesquisadores e estudantes de pós-graduação que desenvolvem pesquisas na área de ensino de Física. (ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2010)

Nesse sentido, a partir da relevância que esses eventos possuem dentro da área de pesquisa em Ensino de Física seria desproposital que os mesmos não contemplassem o escopo de nossa pesquisa. Desta forma, levando em consideração o contingente numeroso de trabalhos publicados, optou-se por considerar aqueles trabalhos publicados a partir do ano 2005, justamente por trazer consigo a simbologia relacionada ao aniversário de 100 anos do famoso ano miraculoso de Einstein. Logo, o período de busca considerado está contido desde o ano de 2005 até 2018. É importante destacar ao leitor que tanto o SNEF quanto o EPEF ocorrem de forma bianual, entretanto o primeiro tem sua recorrência em anos ímpares, enquanto o outro tem sua incidência em anos pares. Esse caráter faz com que tenhamos um espaçamento entre as edições de cada evento. É por esse motivo que os dados apresentados, relacionados aos eventos, ao longo desse texto, estarão dispostos seguindo essa perspectiva.

3.4. PESQUISA REALIZADA NAS REVISTAS

As revistas citadas possuem um mecanismo de busca próprio que possibilita ao pesquisador navegar pelo conteúdo das mesmas e selecionar os artigos de seu interesse com base na utilização de um motor de busca apropriado e definido de acordo com os objetivos de sua pesquisa.

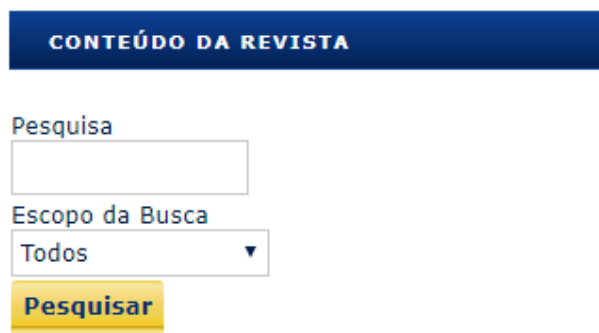
Nesse sentido, é possível dizer que, segundo Buchinger, Cavalcanti e Hounsell (2014)

[...] entende-se que “motor de busca” é um algoritmo eficiente para vasculhar bases de dados e que “mecanismo de busca” é a composição de site, motor de busca, recursos de interface e conjunto de bases de dados que cobrem uma determinada área do conhecimento, visando a facilitar a identificação de materiais específicos e relevantes. (idem, p.109)

A partir desse entendimento, exemplificamos, com base na figura abaixo, o mecanismo de busca utilizados pela revista CBEF⁸.

⁸ A revista IENCI e a RBECT possuem um mecanismo de busca constituído com os mesmos elementos que são ilustrados na figura 2 e, portanto, achamos redundante ilustrá-los.

Figura 5 - Mecanismo de busca CBEF



Fonte - Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>

Um aspecto que merece destaque está no fato de que antes de colocarmos o motor de busca no campo de “pesquisa” disponível no mecanismo de busca da revista, manteve-se o campo “Escopo da Busca” em “Todos”. Ao efetuar esse processo é garantido que a busca no banco de dados da revista irá considerar a palavra pesquisada no âmbito do resumo, autor, título, termos indexados e texto completo dos artigos.

Entretanto ao ser realizada a investigação na RBEF foi observado que a mesma faz uma distinção entre dois períodos específicos que estão disponíveis na plataforma da revista.

Quando o pesquisador seleciona a opção “Arquivo - 1979 até 2001” é direcionado a uma página, dentro do site da revista, que contém um mecanismo de busca próprio. Entretanto, periódicos publicados a partir de 2001, encontram-se alojados no SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) em uma área específica para a revista.

Como essa revisão da literatura está estruturada a partir de 2004 tivemos de utilizar o segundo mecanismo de busca citado.

Para se realizar a investigação dos artigos utilizamos o campo “*Subject*” que nos leva até uma seção em que aparece um mecanismo de busca ao qual deve ser inserido cada um dos três motores de busca para que a ferramenta possa encontrar esses trabalhos dentro da coleção de biblioteca da revista.

A figura abaixo ilustra como essa ferramenta é apresentada aos pesquisadores.

Figura 6 – Mecanismo de busca da RBEF com periódicos publicados a partir de 2001

The image shows the search interface of the SciELO database for the journal 'Revista Brasileira de Ensino de Física'. At the top left is the SciELO logo. To its right are two search categories: 'issues' and 'articles search'. Below these are navigation buttons: 'all', 'previous', 'current', 'next', 'author', 'subject', 'form', and 'home'. The journal title 'Revista Brasileira de Ensino de Física' and its ISSN '1806-1117' are displayed. Below this is a search bar with the text 'Banco de dados: artigo' and 'Assunto do índice'. The search bar contains the prompt 'Digite palavra ou início da palavra:' and a 'show index' button. Below the search bar is the prompt 'ou seleccione a letra inicial' followed by an alphabetical index grid with letters A through Z, and a '012 ...' button.

Fonte- Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issues&pid=1806-1117&lng=em & nrm=iso

Como forma de favorecer a fidedignidade da pesquisa optou-se por utilizar três diferentes motores de busca. São eles: *Física Moderna*, *Física Moderna e Contemporânea* e, por fim, *Física Moderna no Ensino Médio*. Cada motor de busca gerou um contingente de artigos proveniente da revista ao qual o mesmo foi pesquisado. Com base nisso, criamos três pastas, cada uma com o nome específico de um motor de busca e, assim, alocamos os artigos dentro da pasta que corresponde à palavra de busca que possibilitou o seu encontro. Após esse processo, foram criadas, no interior dessas pastas, quatro subpastas independentes, sendo que cada uma dessas será chamada por nós de pasta fonte e irá portar um marcador⁹ que deverá ser característico de todos os artigos que a integram. Nesse sentido, os artigos são distribuídos dentro de cada subpasta de acordo com a revista que lhe deu origem.

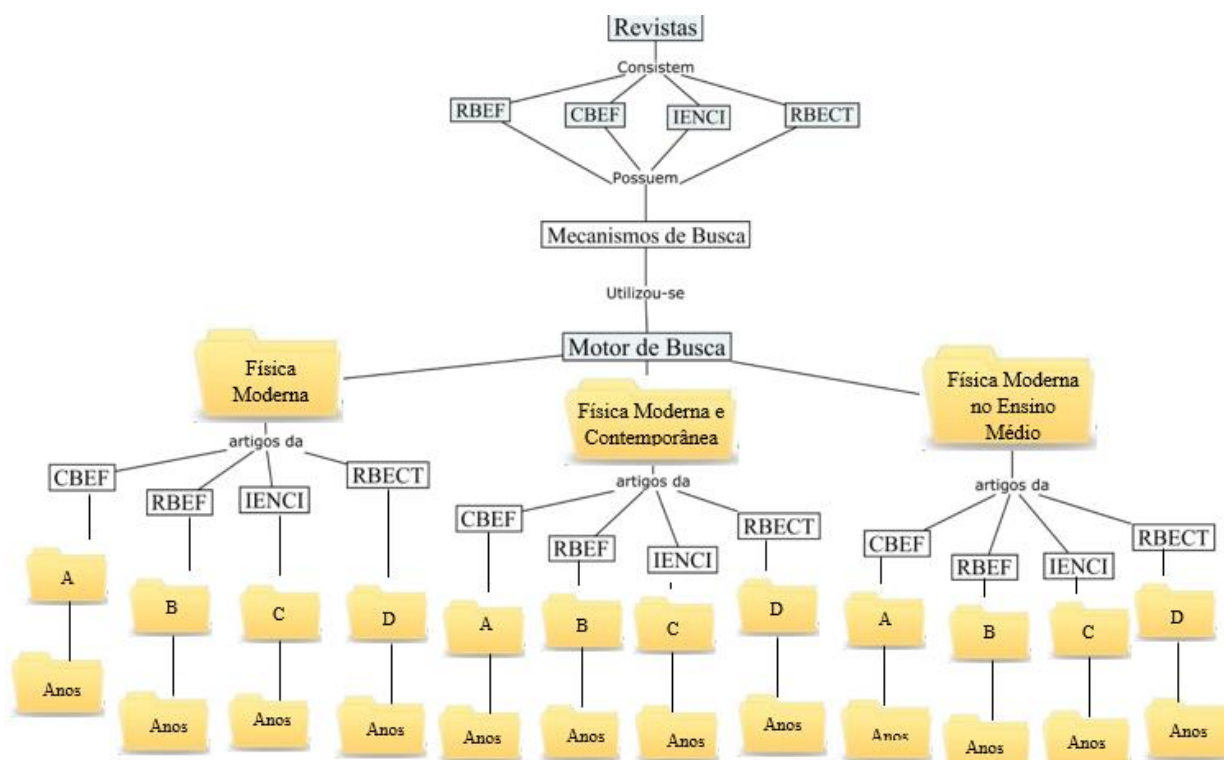
Por fim, é realizada uma nova reorganização desses periódicos, sendo que dentro de cada uma das subpastas são criadas pastas internas, denominadas de receptáculo¹⁰. Sendo assim, cada ano, desde 2005 até 2018, corresponde a um receptáculo e irá abrigar, exclusivamente, artigos provenientes de uma mesma fonte/revista que serão representados pela seguinte simbologia: **Marcador + Número**. Esse processo será feito para que possamos identificá-los dentro de cada um dos receptáculos.

A seguir, como forma de facilitar o entendimento por parte do leitor, iremos ilustrar o processo desenvolvido com base na figura abaixo:

⁹ Os marcadores utilizados foram as letras: A, B, C e D que correspondem, respectivamente, as revistas/pastas CBEF, RBEF, IENCI e RBECT.

¹⁰ Cada pasta interna é considerada um receptáculo e deverá abrigar um ou mais artigos de uma mesma pasta fonte.

Figura 7 – Diagrama resumindo o processo desenvolvido



Dentro da pasta “Anos” estão os receptáculos - novas pastas nominadas desde 2005 até 2018. Cada um desses anos irá abrigar um contingente de artigos, organizados em ordem crescente, a partir da disposição MARCADOR+NÚMERO. Exemplo: A1, A2, A3 ... ou B1, B2, B3 ou C1, C2, C3... ou D1, D2, D3...

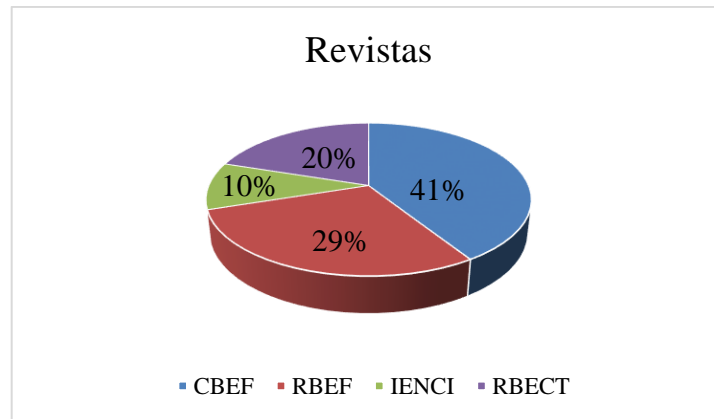
Fonte: Os autores, 2019.

Ao final dessa etapa tem-se um contingente robusto de artigos. Entretanto, muitos desses periódicos se repetem dentro dos receptáculos, ao passo que utilizamos três motores de busca que, embora diferentes, compartilham certa similaridade. Esse processo é importante, pois permite ao pesquisador se certificar que nenhum dos trabalhos “fugiu” de seu campo de busca. Entretanto, ao ser efetuado, são gerados resíduos¹¹ que podem ser contornados a partir da etapa de cruzamento. Essa etapa consiste em realizarmos uma comparação entre os artigos, que possuem o mesmo marcador, contidos em cada pasta fonte. Com isso, os resíduos podem ser descartados e o pesquisador consegue identificar o material final a ser analisado.

O total de artigos mapeados, após o processo anterior, corresponde à 93. Destes, 38 estão contidos no CBEF, 27 na RBECT, 19 na RBEF e 9 na IENCI. O percentual correspondente a essas publicações é dado a partir do gráfico abaixo:

¹¹ Artigos repetidos decorrentes de diferentes motores de busca.

Figura 8 – Gráfico representando a distribuição dos artigos de acordo com as revistas pesquisadas



Fonte: Os autores, 2019.

A fim de iniciarmos o processo de filtragem e chegarmos aos artigos de nosso interesse, ou seja, aqueles que dialogam com os objetivos da pesquisa, estabeleceu-se alguns critérios para que fosse possível incluir, ou excluir, esses artigos. Os critérios estabelecidos são descritos a seguir:

- i) Os artigos devem, obrigatoriamente, ser destinados ao Ensino de FMC no nível médio.
- ii) Durante a leitura do resumo, de cada um dos artigos, deve-se ter, no mínimo, um dos três novos motores de busca (*Aprendizagem Significativa*, *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa* e *Ausubel*) já pré-estabelecidos.

A partir destes dois critérios de inclusão chegou-se ao total de sete trabalhos, os quais serão apresentados no quadro abaixo e analisados no próximo tópico.

Quadro 2 - Relação dos artigos selecionados por periódico

Revista	Título e ano do periódico	Autores	Sigla utilizada
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Código A)	Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: Uma ferramenta para a aprendizagem do efeito fotoelétrico (2012)	Stenio Octávio de Oliveira Cardoso e Adriana Gomes Dickman	T1
Revista Brasileira de Ensino de Física (Código B)	Construção de conceitos de Física Moderna sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia (2006)	Daniel Iria Machado e Roberto Nardi	T2

Revista Brasileira de Ensino de Física (Código B)	A produção de raios x contextualizada por meio do enfoque CTS*: Um caminho para introduzir tópicos de FMC** no ensino médio (2010)	Adão José de Souza e Mauro Sérgio Teixeira de Araújo	T3
Investigações em Ensino de Ciências (Código C)	Proposta de inserção de tópicos de Física de partículas integrada ao conceito de carga elétrica por meio de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (2014)	Lisiane Barcellos Calheiro e Isabel Krey Garcia	T4
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Código D)	Estudo de representações sociais sobre Física Quântica (2009)	Thaís Rafaela Hilger, Marco Antonio Moreira e Fernando Lang da Silveira	T5
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Código D)	A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: Um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa (2011)	Alex Lino e Polônia Altoé Fusinato	T6
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Código D)	Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (2016)	Daniela Schittler e Marco Antônio Moreira	T7

Fonte: Os autores, 2019.

3.4.1 Análise dos artigos considerados

Os trabalhos encontrados, expostos no quadro 1, foram então submetidos a técnica de AC (BARDIN, 1977). De acordo com esse referencial, esse método de análise compreende três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados.

A primeira fase, a pré-análise, pressupõem aquilo que a autora denomina como sendo a organização preliminar da pesquisa. Nesta etapa, segundo Bardin (1977), deve ocorrer: a leitura fluente, a escolha dos documentos a serem analisados, a formulação de hipóteses e objetivos,

bem como também a elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação final do pesquisador (idem, p. 95). Com isso, é compreensível dizermos que é nessa etapa que se estabelece um esquema de trabalho preciso e bem definido, porém, cabe ressaltarmos que o mesmo deve apresentar certa maleabilidade.

A partir da escolha dos documentos a serem analisados, já apresentada anteriormente, realizamos a leitura flutuante dos trabalhos encontrados, sendo que, após esse processo, o artigo T5 foi descartado por apresentar um objetivo diferente daquele proposto nessa revisão de literatura. Esse artigo se propõe a identificar as representações que estudantes de ensino médio possuem acerca da Física Quântica, o que diverge de nosso objetivo que é identificar quais as potencialidades associadas à utilização do referencial teórico da Aprendizagem Significativa para o ensino de FMC no contexto do ensino médio. Com isso, chegamos ao *corpus* de análise que é composto, agora, pelos seis artigos restantes (T1, T2, T3, T4, T6 e T7).

A segunda fase da AC, é a parte em que começamos o processo de operações de codificação. Nessa etapa, o texto deve ser fragmentado pelo pesquisador, de forma a gerar as chamadas unidades de registro (palavras, frases ou parágrafos). Com base nessas unidades, palavras-chave vão sendo percebidas e, portanto, deve-se organizá-las a partir de indicadores ou temas. A seguir, levando-se em conta as similaridades, ou frequência com que esses temas se repetem, deve ser feito novo agrupamento de forma a originar as categorias iniciais. Essas categorias iniciais, após nova aglutinação por conta de temas similares, darão origem a categorias intermediárias que, ao apresentarem correlações, devem ser sistematizadas em categorias finais que possibilitem ao pesquisador fazer inferências sobre o fenômeno em questão (FOSSÁ, 2003).

Para dar início a fase de exploração do material, buscamos identificar, a partir das hipóteses preliminares decorrentes da leitura flutuante realizada, possíveis categorias emergentes. Como forma de facilitar esse processo categorização, ao passo que foram lidos os artigos, foi feito um pequeno resumo, de cada um dos trabalhos que compõem o *corpus de análise*, sendo que eles devem apresentar: o objetivo do artigo, a metodologia de ensino utilizada no trabalho, os resultados e considerações inferidas pelos autores e, um item, denominado de “dificuldades evidenciadas a partir da leitura dos artigos”. Esse último item, chamamos a atenção, é subjetivo a nossa interpretação, não retratando, portanto, em um elemento do texto originalmente escrito pelos autores.

A seguir, trazemos um exemplar de um dos resumos realizados:

Quadro 3 – Resumo realizado pelos autores

Título: Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: Uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico
Ano de publicação: 2012
Autores: Stenio Octávio de Oliveira Cardoso e Adriana Gomes Dickman
Objetivo: Busca-se, neste trabalho, dar um embasamento teórico à utilização das simulações computacionais mediadas pelo computador, e através de um roteiro de aula inserir a simulação como ferramenta de ensino de física, na tentativa de proporcionar uma aprendizagem efetiva.
Resultados e considerações: O trabalho evidencia que, a partir da atividade desenvolvida, foi possível verificar uma nítida motivação por parte dos estudantes ao manipularem o simulador. Além disso, é destacado que, com base na análise do teste final, é perceptível o ganho no grau de inclusividade dos conceitos trabalhados com os estudantes.
Metodologia de Ensino: Foi utilizada uma sequência de atividades (instruções) que possibilita aos estudantes manipularem o simulador computacional disponível no PhET.
Dificuldades evidenciadas a partir da leitura: O trabalho foi desenvolvido a partir de um curso ministrado com dez estudantes do terceiro ano do ensino médio. Destes, três acabaram desistindo. As estratégias didáticas desenvolvidas foram direcionadas apenas ao conceito de efeito fotoelétrico. Além disso, os autores trazem algumas sugestões de modificação das atividades propostas como, por exemplo: inserção de uma pequena revisão sobre notação científica e uma questão no questionário final que relacione o efeito fotoelétrico ao funcionamento dos postes de iluminação noturna.

Fonte: Os autores, 2019.

Com base nas similaridades apresentadas pelos trabalhos quanto aos objetivos e metodologia de ensino foram definidas, *a posteriori*, duas categorias:

- i) *Utilização de estratégias de ensino adaptadas ou construídas para ensinar FMC*
- ii) *Utilização de UEPS no ensino de FMC.*

Os artigos que trazem como elemento principal a implementação de uma, ou mais, sequência(s) de ensino que não esteja(am) estruturada(s) a partir dos oito passos descritos por Moreira (2011), são enquadrados dentro da primeira categoria. Consequentemente, aqueles trabalhos que seguem as etapas descritas por Moreira (2011) encontram-se dentro da segunda categoria.

Cabe destacar ainda que, conforme previsto na AC, cada um dos artigos está contido em apenas uma das categorias citadas, não sendo possível, portanto, que ele integre mais de uma categoria. Desse modo, destacamos que os artigos foram aglutinados dentro da categoria que se aproximava mais de acordo com seus objetivos e metodologia.

Por fim, adentramos na última fase da AC que consiste no tratamento e validação dos dados brutos ao qual o pesquisador está de posse. Nesse sentido, o mesmo deverá torná-los significativos a partir de inferências e interpretações que o possibilitem captar não apenas a

superficialidade contida no texto, mas sim o seu conteúdo latente, antes implícito no texto original (BARDIN, 1977). Essa etapa, irá constituir os principais resultados contidos em cada uma das categorias emergentes. Nesse sentido, trazemos, no subtítulo a seguir, uma discussão mais aprofundada acerca de cada categoria.

3.4.2. Resultados e Discussões

Conforme exposto anteriormente, os artigos foram dispostos em duas categorias distintas. Os trabalhos que integram cada uma das categorias são:

Quadro 4 – Artigos contidos em cada categoria

Categorias	Artigos integrantes
Utilização de estratégias de ensino adaptadas ou construídas para ensinar FMC	T1, T2, T3 e T6
Utilização de UEPS no ensino de FMC	T4 e T7

Fonte: Os autores, 2019.

A) Utilização de estratégias de ensino adaptadas ou construídas para ensinar FMC

Os artigos classificados dentro dessa categoria apresentam similaridades quanto a utilização da TAS. Em, T1, T2 e T3 a teoria é utilizada como forma de embasar teoricamente o produto educacional desenvolvido pelos autores dos respectivos trabalhos.

No artigo T1, por exemplo, os autores desenvolvem uma sequência didática estruturada a partir de um simulador computacional desenvolvido pelo grupo PhET, para verificar se a mesma apresenta potencial para contribuir no ensino do fenômeno do Efeito Fotoelétrico. Essa sequência foi aplicada em turno inverso, com dez estudantes do 3º do Ensino Médio. As etapas que constituíram esse produto didático são: (1) Pré-teste; (2) Organizadores prévios; (3) Aplicação da simulação com roteiro de estudo; (4) Organizador explicativo; (5) Teste final.

No trabalho T2, os autores desenvolvem um software educacional, que emprega hipermídia, para trabalhar o conceito de relatividade e fenômenos nucleares, atrelado a aspectos históricos, filosóficos, tecnológicos, sociais e ambientais da Ciência. Com relação ao recurso, o mesmo é organizado a partir dos seguintes módulos: (a) Visão Inicial; (b) Teoria da Relatividade; (c) Tecnologia & Sociedade; (d) História da Ciência; (e) Ciência & Filosofia; (f) Fronteiras da Ciência (NARDI e MACHADO, 2006). Como forma de avaliar o produto

educacional, também é proposta uma sequência didática, desenvolvida em turno inverso com dez estudantes do terceiro ano do ensino médio.

No trabalho denominado de T3, os autores utilizam algumas estratégias didáticas, desenvolvidas para introduzir a temática de produção de raios X e radioproteção junto a trinta estudantes do 2º ano do Ensino Médio, da rede particular de ensino. Embora não se constituam como um produto educacional, essas atividades são estruturadas com base na TAS.

Na pesquisa desenvolvida em T6 os autores trabalham na perspectiva de introduzir a FMC a partir dos limites da Física Clássica (FC). As atividades são desenvolvidas com estudantes do 2º ano do Ensino Médio, no entanto não são aprofundadas questões relacionadas às atividades de ensino utilizadas durante o processo de investigação o que dificulta maiores inferências sobre esse trabalho. Entretanto, em alguns pontos do texto os autores trazem elementos que suscitam a utilização que as atividades propostas derivam de concepções fundamentadas na TAS, o que justifica sua inserção nessa categoria. Como exemplo, trazemos o seguinte trecho:

Para a aprendizagem significativa foi levado em consideração, inicialmente, a premissa de que o material que deveria ser apresentado para os alunos fosse potencialmente significativo, ou seja, que este material permitisse que os alunos estabelecessem as relações existentes entre os conceitos prévios e os novos conceitos a serem aprendidos. Outro ponto importante da preparação, que levou-se em consideração, foi o de que pode-se perceber os significados dos conceitos mais facilmente quando o material é apresentado partindo de conceitos mais gerais e progressivamente especificando-os. (LINO e FUSINATO, 2011, p. 81)

Outro aspecto constante em todos os artigos que compõem essa categoria está no fato de que eles trabalham na perspectiva de inserção da FMC tendo por base a utilização de recursos tecnológicos, como por exemplo, o uso de simulador computacional (CARDOSO e DICKMAN, 2012; LINO e FUSINATO, 2012) ou a construção de um software educacional (MACHADO e NARDI, 2006). Esse é salientado a partir da importância atribuída por T1 e T2 que ao apresentarem seus resultados destacam de forma sistemática o quanto as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são instrumentos que auxiliam tanto no processo de aprendizagem quanto na motivação dos alunos frente às atividades.

A potencialização advinda da utilização das TIC, também é apresentada por T4. Nesse sentido, trazemos um extrato das considerações feitas acerca de uma das atividades implementadas em que os alunos deveriam elaborar e apresentar seminários sobre temas pré-definidos pelos autores. Sendo assim eles concluem que:

Pela habilidade demonstrada pelos alunos com as NTIC e o uso de softwares de produção de raios X, acreditamos que as ferramentas computacionais podem ser empregadas na abordagem de outros tópicos da FMC, ampliando o leque de

possibilidades na abordagem desses temas nas aulas de Física. (Souza e Araújo, 2010, p. 205)

Outro ponto relevante que está presente nos artigos, consiste no fato de que as estratégias didáticas desenvolvidas em todos eles se dão no formato do que os autores denominam como cursos. Esses cursos se caracterizam, ao nosso ver, como atividades pontuais, já que são desenvolvidas com os alunos em um período complementar ao seu turno de aula ou no contra turno. Nesse sentido, é interessante salientar que, não há uma garantia de que as atividades desenvolvidas tenham uma continuidade.

Por fim, cabe destacar que em todos os trabalhos os autores consideram que, a partir da análise dos instrumentos utilizados, há indícios de aprendizagem significativa por parte dos estudantes que participaram das atividades. Mesmo assim, verifica-se em T1 algumas sugestões de modificações que, na ótica dos autores, poderia vir a aprimorar ainda mais o trabalho desenvolvido.

A seguir, trazemos um extrato em que é possível ser verificadas essas sugestões:

Como sugestão de melhoria da estrutura dessa investigação, pode-se adicionar ao material uma pequena revisão sobre notação científica que, agregada ao organizador prévio, poderá contribuir para um melhor desempenho dos alunos frente à utilização das equações circundantes ao efeito fotoelétrico. Sugere-se, também, a inclusão de uma nova questão explorando o enunciado da última questão da avaliação final, de modo que o aluno identifique o efeito fotoelétrico no funcionamento dos postes de iluminação. (CARDOSO e DICKMAN, 2012, p.926)

Além disso, os autores acenam para a possibilidade, pensando em trabalhos futuros, de um aprofundamento maior na teoria de Ausubel para que seja possível mensurar a retenção de conhecimento por um período de tempo maior, quando se utiliza a tecnologia como mediadora do conhecimento (CARDOSO e DICKMAN, 2012).

B) Utilização de UEPS no ensino de FMC

Os dois artigos que compõem essa categoria, T4 e T7, apresentam algumas similaridades. Em ambos os casos, as UEPS desenvolvidas foram implementadas. Entretanto, em T4 a mesma foi desenvolvida com uma turma do 2º ano do ensino médio. Já em T7 os autores utilizam uma turma de 1º ano do nível médio. Além disso, percebe-se que em ambas as UEPS há uma preocupação dos autores(as) em deixar claro o caráter de complementaridade entre a FC e a FMC, para que não haja a concepção equivocada dos alunos de que a FMC exclui a FC.

Outro aspecto a ser destacado é o de que em T4, uma das pesquisadoras era regente da turma ao qual foi implementada a UEPS, algo que, de certa forma, pode ajudar a contornar a dificuldade levantada no tópico (3.2).

O trabalho foi implementado durante o segundo trimestre de 2013, numa turma da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública, na disciplina de Física, com carga horária de três horas-aula semanais. A primeira autora é a professora regente, e a pesquisa se deu em condições reais de sala de aula, num total de dezoito horas-aula (CALHEIROS e GARCIA, 2014, p.181)

Com relação aos conceitos trabalhados nas UEPS, percebe-se em T7 que a UEPS desenvolvida visa trabalhar com os seguintes conteúdos: Princípio da Conservação do Momento Angular, Modelo do Átomo de Bohr, Quantização da Energia, Diagrama de Níveis de Energia para o átomo de hidrogênio, Inversão de População, efeito Laser e Laser de Rubi. Essa seleção de conteúdos mostra-se diferente da apresentada em T4, onde as autoras se propõem a desenvolver um trabalho integrado entre tópicos de Eletricidade e Física de partículas.

As duas UEPS seguiram os oito passos conforme proposto por Moreira (2011). Como forma de sistematizar as atividades propostas pelos autores(as) é apresentado o quadro abaixo:

Quadro 5 – Descrição dos Passos das UEPS

Passos das UEPS	T4	T7
Primeiro	<p>Estruturação da UEPS</p> <p>Verificação dos conceitos serem trabalhados, bem como o objetivo das atividades</p>	Não é apresentada
Segundo	<p>Aplicação de questionário inicial</p> <p>Correção e análise do questionário aplicado</p> <p>Durante a correção a professora retira alguns conceitos constantes das respostas dos alunos</p> <p>Alunos elaboram, em duplas, mapas conceituais em duplas a partir desses conceitos.</p> <p>Mapas são discutidos em grande grupo</p>	<p>Autores fornecem palavras a serem utilizadas pelos alunos.</p> <p>Em grupos, os alunos devem elaborar um mapa livre, ligando as palavras fornecidas</p>

Terceiro	<p>Utilização de duas situações-problema (questão-chave) sobre eletrização e estrutura da matéria.</p> <p>Proposta de uma atividade de experimental investigativa sobre processos de eletrização</p>	<p>Os alunos respondem em seus grupos um questionário</p> <p>Discussão do questionário com o grande grupo.</p> <p>Leitura do texto “Os Fundamentos da Luz Laser.</p> <p>Os grupos destacam as palavras do texto não compreendidas.</p>
Quarto	<p>Professora realiza de uma apresentação em data show e textos.</p> <p>Os alunos receberam questões que devem ser respondidas em duplas e entregues a professora</p>	<p>Conceitos são trabalhados, de forma ordenada, a partir de filmes, slides, material disponível na internet, texto de apoio do Grupo de Ensino da Física – GEF da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e aulas expositivas e dialogadas.</p> <p>Após esse movimento, os grupos retomam ao texto “Os Fundamentos da Luz Laser” e, constroem um esquema ou um resumo.</p>
Quinto	<p>Proposta uma nova questão-chave e são feitas discussões.</p> <p>Estudantes assistam o filme “O discreto Charme das partículas elementares” (ABDALLA, 2006)</p> <p>Leitura do artigo “Sobre o discreto Charme das partículas elementares” (ABDALLA, 2005).</p> <p>Alunos devem construir uma linha do tempo sobre as diferentes partículas elementares</p>	<p>Os alunos, em grupos, pesquisam uma aplicação do Laser e apresentam aos colegas.</p> <p>Os grupos constroem um mapa conceitual com os conceitos envolvidos na UEPS.</p>
Sexto	<p>Realização de uma aula expositiva dialogada, onde foram retomados os conceitos trabalhados anteriormente na UEPS</p>	<p>Dão propostas questões abertas para que os alunos possam responder</p>
Sétimo	<p>Os alunos elaboraram, em dupla, um mapa conceitual. Após, individualmente, respondem um questionário final.</p>	<p>A professora, junto com os alunos, retoma os conceitos através de um mapa conceitual.</p>
Oitavo	<p>Nesta atividade os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento</p>	<p>A avaliação é baseada nas atividades realizadas: na comparação entre o mapa livre e o mapa conceitual, na apresentação</p>

		de uma aplicação do Laser, no material confeccionado para a apresentação e na avaliação somativa individual.
--	--	--

Fonte: Os autores, 2019.

A partir do quadro 3 verifica-se a utilização de recursos didáticos semelhantes, como: a elaboração de mapas conceituais, utilização de textos de divulgação científica, aulas expositivas e dialogadas, dentre outros. Além disso, destaca-se que, em ambas as UEPS, é proposto que os estudantes desenvolvam as atividades em conjunto.

Chamamos a atenção pelo fato de que, em T7 não é proposta nenhuma atividade experimental, diferentemente de T4. Entretanto, a atividade proposta em T4 está relacionada puramente a parte de Eletricidade (processos de eletrização). Esse fato, faz alusão a diversas pesquisas que destacam esse distanciamento da experimentação no ensino de física em uma forma geral. Entretanto, esse problema torna-se mais evidente quando tratamos do ensino de FMC (CLARO, 2017). Essa fragilidade não pode ser desprezada, ao passo que, segundo Silva e Assis (2012, p. 321), “[...]a utilização dessas atividades pode tornar conceitos abstratos, como os da Física Moderna, mais acessíveis aos alunos”.

Com isso, pensando na relevância da experimentação para o desenvolvimento da Física, consideramos importante que atividades experimentais sejam inseridas nas atividades de ensino. Dentro dessa mesma perspectiva, Fernandes (2008, p.2) complementa essa ideia dizendo-nos que “é preciso entender a Física como uma ciência que nasceu da observação de fenômenos naturais. Assim, ela está diretamente ligada ao cotidiano de cada um”.

Os resultados apontados pelos(as) autores(as), a partir da análise dos instrumentos definidos e descritos nas UEPS (quadro 3), apontam que há indícios que revelam a existência de uma possível aprendizagem significativa por parte dos alunos. Entretanto, chamamos a atenção para uma das dificuldades enfrentadas pelos autores de T7 que relatam a um menor empenho por parte das turmas se comparadas a uma turma anterior, denominada de estudo-piloto, cuja UEPS havia sido implementada e é descrita em maiores detalhes em um outro trabalho dos autores que foge do escopo da presente investigação

3.5. PESQUISA REALIZADA NOS EVENTOS

O desenvolvimento dessa etapa da revisão de literatura deu-se de forma semelhante ao realizado nas revistas. De forma inicial, foram acessados os *sites* dos eventos SNEF e EPEF,

entre os anos de 2005 e 2018. Conforme salientado na seção 3.1 desse capítulo, ambos os eventos ocorrem bienalmente, sendo o SNEF em anos ímpares e o EPEF em anos pares. Entretanto, cabe destacarmos que o EPEF contou com uma edição extra no ano de 2011, sendo produzido em conjunto com o Encontro de Física, realizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). Em 2016 essa sistemática voltou a se repetir. Eventos oficiais da SBF, de distintas áreas de atuação, foram agrupados e o EPEF, novamente, foi o evento escolhido para representar a área de ensino de física.

Após termos feito um compilado dos *sites* correspondentes aos eventos (Apêndice 03) começamos o processo de coleta de dados utilizando o mecanismo de busca presente nesses *web-sites*. Inicialmente, o motor de busca utilizado foi a palavra “*Física Moderna*”. Aqui, cabe justificarmos a escolha por apenas esse motor de busca, já que, durante a pesquisa realizada nas revistas (seção 3.3), foi utilizado, além desse, duas outras variações (*Física Moderna e Contemporânea; Física Moderna no Ensino Médio*).

Conforme pôde ser observado (seção 3.3), a coleta de dados feita nas revistas deu-se, integralmente, a partir do mecanismo de busca próprio da revista. Passos e Caregnato (2018) salientam que esse instrumento possibilita uma padronização na procura de dados, o que facilita o processo de pesquisa. Além disso, as autoras descrevem como funciona esse instrumento, dizendo-nos que “[...] as solicitações dos usuários são cruzadas com um índice, formado por todos os termos encontrados nos documentos ou por uma lista com títulos, autores, categorias e informação relacionada” (PASSOS e CAREGNATO, 2018, p. 295). O mecanismo de busca dos eventos, diferentemente das revistas, não possui a opção de “Escopo da busca”¹² e, portanto, irá verificar o motor de busca em todo o trabalho.

Entretanto, cabe destacar que em algumas edições, de ambos os eventos, não foi possível a utilização desse instrumento, conforme se pode observar no quadro abaixo.

Quadro 6 – Presença ou ausência do mecanismo de busca no *site* do evento

Evento	Ano	Mecanismo de Busca	
		Presente	Ausente
SNEF	2005	Sim	-
	2007	Sim	-
	2009	Sim	-
	2011	-	Sim
	2013	Sim	-
	2015	Sim	-
	2017	Sim	-

¹² O escopo da busca irá delimitar a busca apenas por autor, título, resumo, termos indexados ou texto completo.

EPEF	2006	Sim	-
	2008	Sim	-
	2010	-	Sim
	2011	-	Sim
	2012	-	Sim
	2014	-	Sim
	2016	-	Sim
	2018	-	Sim

Fonte: Os autores, 2019.

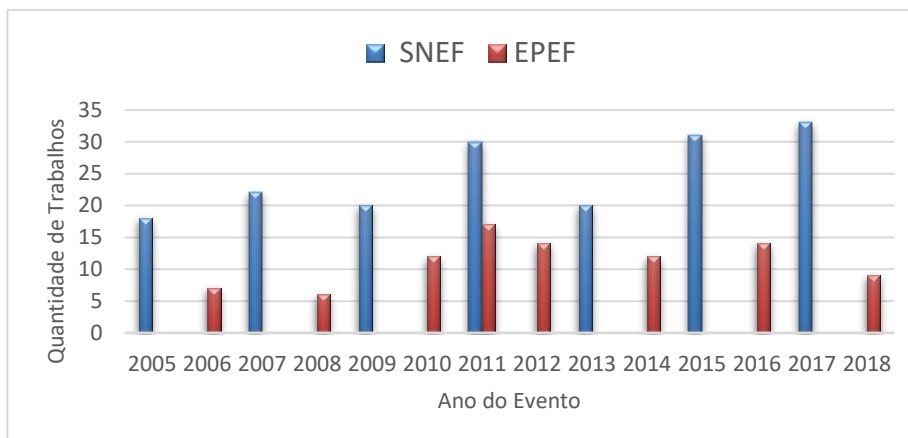
Nesse sentido, como optamos por utilizar o mecanismo de busca daquelas edições que o possuem (Quadro 4), foi necessário pensarmos em uma estratégia que pudesse contornar a dificuldade de ausência desse mecanismo em outras edições. Nesse sentido, pensamos em uma estratégia que mantivesse características similares ao mecanismo de busca presente no site dos eventos. Sendo assim, foi realizado o seguinte procedimento:

- i) Procuramos a opção “Programa/Programação” no site dos eventos.
- ii) Ao selecionarmos essa opção, nos direcionamos ao campo “Comunicação Oral” e “Painéis”.
- iii) Cada um dos trabalhos, correspondentes ao campo de busca, é “aberto” sendo utilizado o seguinte comando: **(Ctrl + F + motor de busca)**.
- iv) Todos os artigos que apresentarem, ao longo do texto, a palavra descrita pelo motor de busca serão selecionados.

A partir dessa estratégia, julgamos desnecessário utilizarmos os outros dois motores de busca (*Física Moderna e Contemporânea; Física Moderna no Ensino Médio*), uma vez que ambos começam com a palavra Física Moderna e, portanto, serão incluídos, naturalmente, no contingente de trabalhos a serem lidos.

Com isso, após todo esse processo inicial, chegamos a um total de 265 trabalhos, sendo desses 91 trabalhos publicados no EPEF e 174 trabalhos no SNEF. O gráfico abaixo demonstra o número de trabalhos publicados em cada uma das edições de ocorrência do evento.

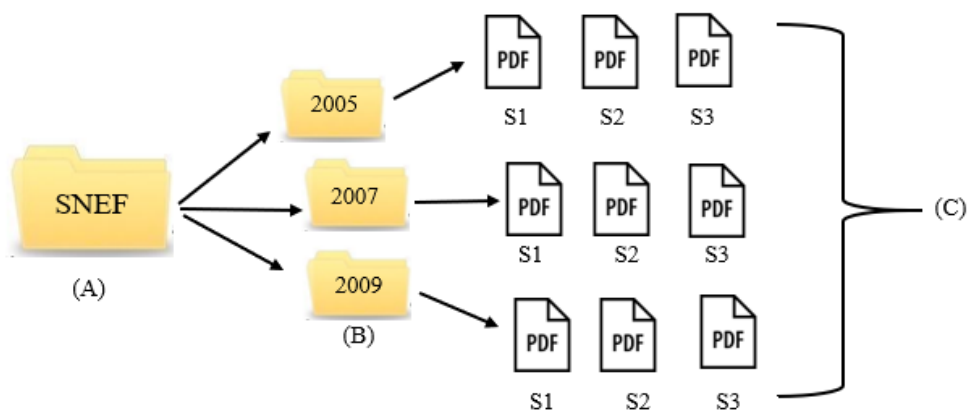
Figura 9 – Gráfico representando a distribuição dos trabalhos de acordo com o evento pesquisado

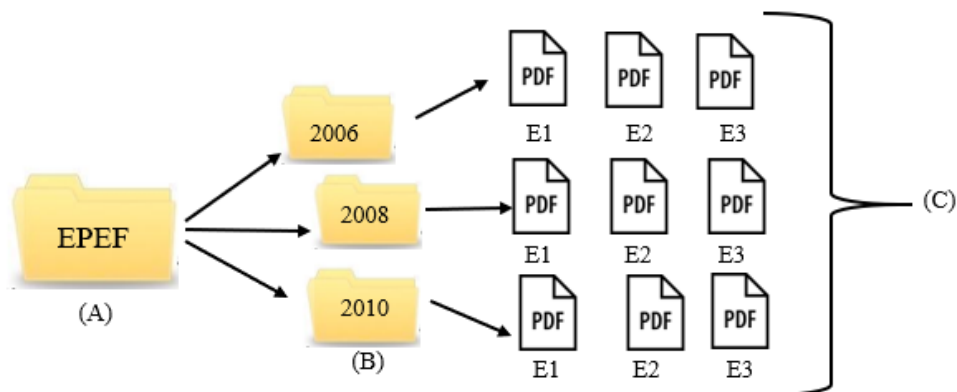


Fonte: Os autores, 2019.

Os trabalhos selecionados foram distribuídos em duas pastas distintas, denominadas de acordo com o evento correspondente (A). Dentro de cada uma das pastas foram criadas subpastas, denotadas, respectivamente, a partir de um ano específico (B). No interior dessas subpastas estão armazenados os trabalhos, caracterizados a partir de um código (**Marcador + Número**) que permite identificá-lo no interior da pasta criada (C).

Figura 10 – Fluxograma sobre a distribuição dos trabalhos dentro das pastas (Recorte)





Fonte: Os autores, 2019.

Após ser feita essa distribuição, partimos para a última etapa da filtragem. Nesse sentido, adotamos como estratégia verificar no título, resumo e palavras-chave, dos trabalhos coletados, se ao menos uma das palavras (*Aprendizagem Significativa, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e Ausubel*), definidas a priori, estava(m) presente(s). Caso essa correspondência fosse estabelecida, o trabalho era selecionado. Entretanto, destaca-se que, em alguns trabalhos, verificamos a ausência de resumo e/ou palavras-chave, o que fez com que estruturássemos o seguinte processo de filtragem:

- i) Os arquivos, no formato PDF, foram abertos.
- ii) Como forma de estabelecer a pesquisa no arquivo, utilizou-se o seguinte comando: (**Ctrl + F + motor de busca**).
- iii) Os motores de busca foram utilizados, exatamente, nesta ordem: *Aprendizagem Significativa, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e Ausubel*.
- iv) Se o trabalho apresentasse ao menos um desses motores de busca seria selecionado.

Ao término dessa etapa, chegamos a um conjunto de onze trabalhos, conforme pode ser visto no quadro¹³ abaixo:

Quadro 7 – Conjunto final de trabalhos dos eventos (SNEF e EPEF)

Evento	Título do trabalho	Autores	Ano	Sigla Utilizada
--------	--------------------	---------	-----	-----------------

¹³ Os trabalhos que apresentam o símbolo (*) não possuem resumo e/ou palavras-chave.

Simpósio Nacional de Ensino de Física (Código S)	Para o ensino de radiação de corpo negro no nível médio	Alisson Daniel de Macedo Vitor e Joao Antônio Corrêa Filho	2007	E1
Simpósio Nacional de Ensino de Física (Código S)	Elaboração de um pôster como material didático para abordar conceitos de produção de raios-x e radioproteção em aulas de Física	Adão José de Souza e Mauro Sérgio Teixeira de Araújo	2009	E2
Simpósio Nacional de Ensino de Física (Código S)	Dualidade partícula-onda e difração de elétrons: Uma possibilidade para a inserção de conceitos de Física Moderna e Contemporânea no segundo ano do Ensino Médio	Jefferson Adriano Neves, Luiz da Silva e Iraziet da Cunha Charret	2017	E3
Simpósio Nacional de Ensino de Física (Código S)	Uma proposta de sequência didática para o ensino de Física Nuclear no Ensino Médio	Renan Schetino de Souza e José Luiz Matheus Valle	2017	E4
Simpósio Nacional de Ensino de Física (Código S)	Proposta de uma UEPS para o ensino de semicondutores e funcionamento do LED	Sebastião Carlos do Espírito Santo e Marcelo Oliveira da Costa Pires	2017	E5
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (Código E)	Modelos mentais de alunos do PROEJA sobre fenômenos clássicos e modernos e a dualidade da luz	Renata Lacerda Caldas Martins e	2010	E6

		Marília Paixão Linhares		
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (Código E)	(*) Estudos sobre superposição linear e estado de sistemas quânticos em cursos introdutórios de mecânica quântica	Carlos Raphael Rocha, Victoria Elnecave Herscovitz e Marco Antonio Moreira	2011	E7
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (Código E)	(*) Aprendizagem autônoma como ferramenta indispensável no processo de ensino- aprendizagem de física óptica e moderna na educação superior a distância	Fernando Andrés Londoño Badillo, Hamilton Viana da Silveira	2011	E8
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (Código E)	(*) Princípio de Equivalência no Ensino ,Médio	Adevailton Bernardo dos Santos	2011	E9
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (Código E)	(*) Física Moderna no Ensino Médio: As principais dificuldades segundo alunos e professores	Bruna C. Costa, Denise F. de Mello, Gustavo F. Prado, Pablo Venegas	2011	E10
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (Código E)	Ensino investigativo sobre Radiação de Corpo Negro	Tairine L. D. Machado e Hamilton P. S. Corrêa	2018	E11

Fonte: Os autores, 2019.

3.5.1. Análise dos trabalhos considerados que foram publicados nos eventos

Os trabalhos encontrados, após o processo de coleta, estão dispostos no quadro 5 e é a partir deles que nos debruçamos no processo de análise. A metodologia utilizada nessa etapa será, a exemplo da seção 3.4.1, a AC (BARDIN, 1977). Dentro desse contexto, a partir da leitura flutuante realizada, os trabalhos E6, E7, E8, E9 e E10 foram descartados. Esse movimento se deu com base na constatação de que os trabalhos E6 e E10 não se enquadram dentro do objetivo dessa revisão de literatura.

Em E6, por exemplo, a pesquisa realizada visa investigar os modelos mentais elaborados pelos alunos do PROEJA sobre os fenômenos clássicos e modernos (MATINS e LINHARES, 2010). Já o trabalho E10, traz um levantamento realizado com alunos do Ensino Médio sobre as principais dificuldades encontradas por estes na aprendizagem de conteúdos de Física e em particular sobre os conteúdos de Física Moderna (COSTA et. Al, 2011). Com relação aos trabalhos E7, E8 e E9 verificamos que os mesmos não são atividades voltadas para o ensino de FM para o nível médio de ensino e, por isso, foram descartados.

Com isso, chegamos ao *corpus* de análise que é composto, agora, por seis trabalhos (E1, E2, E3, E4, E5 e E11). Definida essa etapa, partimos para a segunda fase da AC: a exploração do material. Nesse sentido, utilizamos exatamente o mesmo procedimento detalhado na seção 3.4.1, ou seja, foram realizados resumos de cada trabalho que compõem nosso *corpus* de análise. Sendo assim, a partir das similaridades apresentadas pelos trabalhos quanto aos objetivos e metodologia de ensino foram definidas *a posteriori* duas categorias:

i) Propostas didáticas para o ensino de FMC

ii) Estratégias didáticas para o ensino de FMC

Destacamos que aqueles trabalhos que apresentam propostas didáticas para o ensino de FMC a serem aplicadas no ensino médio encontram-se dentro da primeira categoria (i). No entanto, aqueles trabalhos que trazem estratégias didáticas já implementadas em turmas do ensino médio enquadram-se na segunda categoria (ii).

Cabe destacar ainda que, conforme previsto na AC, cada um dos artigos está contido em apenas uma das categorias citadas, não sendo possível, portanto, que ele integre mais de uma categoria. Desse modo, destacamos que os artigos foram aglutinados dentro da categoria que se aproximava mais de acordo com seus objetivos e metodologia.

A última etapa da AC, caracterizada pelo tratamento dos resultados, irá conter os principais resultados intrínsecos em cada uma das categorias de classificação. A seguir, iremos

apresentar e discutir com maior profundidade as duas categorias emergentes do processo de análise.

3.5.2. Resultados e Discussões

Conforme exposto anteriormente, os artigos foram dispostos em duas categorias distintas. Os trabalhos que integram cada uma das categorias são:

Quadro 8 – Artigos contidos em cada categoria

Categorias	Trabalhos integrantes
Propostas didáticas para o ensino de FMC	E4 e E5
Estratégias didáticas para o ensino de FMC	E1, E2, E3 e E11

Fonte: Os autores, 2019.

C) Propostas didáticas para o ensino de FMC

Os dois trabalhos que compõem essa categoria trazem propostas didáticas que se diferenciam em alguns aspectos, mas que convergem em outros. No trabalho E4 é desenvolvido um protótipo de sequência didática, fundamentada teoricamente no referencial Vygotskyano e Ausubeliano, para trabalhar com a temática de Física Nuclear no ensino médio. Essa sequência didática é inconclusa, pois não detalhada as estratégias didáticas a serem utilizadas ao longo das oito aulas previstas.

Esse aspecto é salientado pelos autores a partir do seguinte extrato:

A distribuição que propomos abaixo é uma versão inicial dos temas e atividades a serem cumpridas em cada aula. A metodologia de ensino-aprendizagem variará de acordo com o número de complexidade e adaptabilidade dos temas e ainda está em processo de construção. Entretanto, para procurar motivar o máximo possível os estudantes, pretendemos utilizar estratégias distintas em cada aula. (SOUZA e VALLE, p. 5, 2017)

Entretanto, mesmo com a ausência desses elementos, percebe-se que as aulas foram pensadas a partir de questões norteadoras, uma vez que em cada uma delas há a presença de, pelo menos, uma dessas questões. Uma característica marcante das mesmas é a de que elas são formuladas no sentido de instigar discussões sobre o tema específico da aula, o que converge com os referenciais teóricos utilizados.

Na perspectiva da aprendizagem significativa, os autores salientam a necessidade de que alguns conceitos base sejam trabalhados de forma anterior a sequência didática estruturada, de forma a servirem como subsunçores para a aprendizagem da Física Nuclear.

Nesse sentido, de acordo com Souza e Valle (2017) a

[...] sequência didática pressupõe que os conteúdos típicos de Física Moderna sejam abordados anteriormente a ela. Assim, dentro do que se espera, as primeiras cinco aulas serão ocupadas com os temas: Ondas Eletromagnéticas; Radiação do Corpo Negro e Quantização da Energia; Efeito Fotoelétrico; Modelo Atômico de Bohr; Dualidade Onda-Partícula e Princípio da Incerteza. Outras duas aulas tratarão do tema Relatividade Restrita, podendo ser dadas tanto antes quanto depois do assunto Física Nuclear ser abordado, conforme a conveniência e/ou disponibilidade de tempo do professor (Idem, p.5)

Mesmo que não sejam fornecidos subsídios sobre as formas como serão estruturadas as aulas a fim de que esses conceitos se tornem significativos ao aprendiz, a presença dessa preocupação é um elemento importante, pois reflete a preocupação dos mesmos com um dos aspectos fundamentais para que ocorra a aprendizagem significativa: a presença de conceitos subsunçores (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980). Uma alternativa para o desenvolvimento desses conceitos seria a elaboração de organizadores prévios, entretanto, essa não é uma hipótese apontada pelos autores.

A proposta didática desenvolvida no trabalho E5 se dá de forma semelhante a desenvolvida no trabalho E4. Entretanto, os autores propõem o desenvolvimento de uma UEPS para trabalhar com a FMC na perspectiva de explicar o funcionamento de materiais semicondutores, como o LED. Nesse sentido, a UEPS é estruturada a partir dos oito passos descritos por Moreira (2016) e, de forma concomitante, dentro de alguns desses passos será utilizada a metodologia da Sala de aula invertida que, resumidamente, pressupõem o professor como um facilitador no processo de ensino-aprendizagem que irá guiar e instigar a curiosidade e a autonomia intelectual do aluno (SANTO e PIRES, 2017).

A UEPS proposta pelos autores pode ser sintetizada a partir do quadro aba

Quadro 9 – UEPS proposta pelos autores do trabalho E5

1. Situação inicial	De maneira inicial, os pesquisadores propõem que todas as informações expostas pelos alunos sobre o LED, sendo selecionadas aquelas que possuem informações mais relevantes para a construção de um diagrama hierárquico.
2.Situação problema inicial	1) Nesse momento é proposta uma atividade, em grupo, onde os estudantes devem responder algumas questões diretas ¹⁴ propostas pelos pesquisadores.

¹⁴ Esse termo é utilizado por nós para se referir a questões que não se configuram como problemas.

	<p>2) Haverá um momento aberto para que, em um grande grupo, os estudantes discutam as questões.</p> <p>3) O professor deverá mediar as discussões e analisar as respostas de forma a verificar os conhecimentos prévios dos alunos.</p>
3. Aprofundamento dos conhecimentos	<p>1) A partir do conhecimento prévio dos alunos, o professor irá organizar uma aula sobre transporte eletrônico em materiais condutores isolantes, semicondutores, bem como, junções e dispositivos semicondutores e o LED.</p> <p>2) Retomada dos conhecimentos prévios sobre transporte eletrônico com definições mais específicas e formais (diferenciação progressiva).</p> <p>3) Conhecimentos formais são relacionados com os conhecimentos prévios dos alunos (reconciliação integrativa).</p> <p>4) Professor deverá utilizar o princípio facilitador de organização sequencial (apresentação em multimídia, simulações, apostilas ...)</p> <p>5) Tarefa extraclasse: Alunos deverão mexer no simulador computacional “Semicondutores” (PHET, 2016) tendo como base um questionário disponibilizado pelos autores.</p>
4. Nova situação problema, em nível mais alto de complexidade:	<p>1) Aula deverá iniciar a partir da atividade extraclasse, onde as questões devem ser debatidas em um grande grupo.</p> <p>2) Mais um questionário é entregue aos alunos e deve ser respondido primeiramente em classe e posteriormente extraclasse.</p> <p>3) Na aula de entrega da atividade será aberto um momento para discussão sobre as questões.</p>
5. Avaliação somativa individual	De forma individual, os alunos devem responder questões abertas relacionadas aos assuntos anteriormente trabalhados.
6. Aula final e avaliação da aprendizagem na UEPS em sala de aula	<p>1) Neste momento há uma revisão do tópico por duas abordagens. A primeira abordagem é baseada nos aspectos procedimentais do conteúdo destacando dedução de fórmulas, estratégias de compreensão e de resolução de exercícios. A segunda abordagem está na utilização dos dispositivos no cotidiano do aluno.</p> <p>2) Caso seja necessário, poderá ser realizada uma avaliação oral, ou escrita, para aqueles alunos que não se perceberam evoluídos no processo de aprendizagem.</p>
7. Avaliação da UEPS	A avaliação deve ser feita pelo professor através de uma análise qualitativa partindo dos resultados obtidos durante a aprendizagem.

A partir do quadro 7 é perceptível uma diferença entre os trabalhos que compõem essa categoria. Em E5 os autores assumem que os estudantes já devem possuir subsunçores que os possibilitam compreender o funcionamento de materiais semicondutores.

Nesse sentido, conforme Santos e Pires (2017, p.1) “[..] Esse produto educacional pode ser aplicado com alunos do 2º ou 3º EM (segundo ou terceiro ano do ensino médio), desde que já tenham conhecimentos básicos em eletricidade como corrente e resistência elétrica, tensão e circuitos [...]”.

Esse aspecto pode vir a dificultar a aprendizagem significativa, uma vez que esses estudantes podem não possuir subsunçores relevantes ao tópico que se pretende trabalhar na UEPS. Se fosse o caso, essa constatação somente seria mapeada no segundo passo da UEPS proposta e faria com que a estratégia fosse repensada. A fragilidade apontada poderia ser minimizada, tanto em E5 como em E4, se fossem pensados organizadores prévios. Esse pensamento advém do fato de que, por se tratar de propostas didáticas, não há garantias de que os estudantes possuíam conhecimentos prévios relevantes para compreender o tópico abordado na UEPS.

Contudo, destacamos um aspecto positivo em ambas as sequências didáticas: o caráter dialógico. Em E4, em cada aula há uma questão que suscita discussões e, por consequência, carrega uma maior probabilidade de participação dos estudantes. Já em E5, justamente por conta da metodologia adotada (sala de aula invertida) os alunos são instigados a participarem, uma vez que desenvolveram um processo de “pesquisa” para responder as questões propostas nos questionários.

Outro aspecto importante, trazido no trabalho E5 está no fato de a UEPS proposta contar com uma atividade de simulação computacional, algo já destacado por nós durante o processo de revisão de literatura dos periódicos científicos (seção 3.4.2). Da mesma forma, não há menção alguma sobre a inserção de atividades experimentais, sejam elas em laboratórios didáticos ou a partir do desenvolvimento com materiais de baixo custo. Esse fato, também foi verificado durante a revisão de literatura feita com os periódicos. Com relação ao desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de FMC, não podemos afirmar nada com relação ao trabalho E4, uma vez que os autores ainda estão em processo de estruturação da sequência didática.

D) Estratégias didáticas para o ensino de FMC

Os trabalhos que compõem essa categoria (E1, E2, E3 e E11) possuem algumas aproximações no que se refere aos recursos e estratégias didáticas empregadas para o ensino de FMC no nível médio. Essas similaridades são verificadas com maior afinco entre os trabalhos E1, E2 e E3, uma vez que o único ponto comum que E11 apresenta com os demais é o fato de que todos eles reúnem atividades voltadas apenas para um dos conteúdos tradicionalmente abordados na FMC.

No trabalho E1 os autores, a partir de um curso desenvolvido com alunos voluntários, se propõem a investigar de que forma a utilização dois *applets*, sobre radiação térmica e espectro eletromagnético, e a construção de mapas conceituais, no contexto da TAS, podem vir a favorecer a aprendizagem significativa desses estudantes sobre o tema de radiação de corpo negro. (VITOR e CORRÊA FILHO, 2007).

O planejamento inicial do curso dá-se a partir de três textos que tratam sobre a radiação de corpo negro. Após o estudo desses textos, as principais informações neles contidas foram aglutinadas em um mapa conceitual que serviu de referência para o andamento das atividades. Dois conceitos (superfícies de corpos e ondas eletromagnéticas), presentes nesse mapa conceitual, foram escolhidos para serem apresentados na forma de seminários e, a partir disso, serviram como organizadores prévios. Após esse movimento, os autores propõem a leitura e discussão de outro texto, intitulado de “O Início da Física Quântica”, dando-se ênfase a dicotomia entre as leis clássicas da radiação (Lei de Wien e de Rayleigh-Jeans) e a correção feita por Planck, ao propor que a energia deveria ser quantizada, para corrigir o chamado problema da Catástrofe do Ultravioleta.

Como forma de verificar indícios de aprendizagem significativa sobre a Lei de Wien os autores estruturam um exercício de cinco etapas interligadas e, para verificar a compreensão dos cursistas sobre a Lei de quantização de energia proposta por Planck foi solicitado que os estudantes construíssem mapas conceituais; um após a apresentação dos conceitos sobre as leis de radiação (Lei de Wien, Lei de Rayleigh-Jeans e Lei de Planck) e outro após a realização do exercício proposto com os *applets*.

É interessante notar que os trabalhos E2 e E3 também trabalham com a utilização de simulações computacionais como estratégia de ensino. Essa ferramenta é utilizada em E2 como forma complementar à sequência didática desenvolvida pelos autores para trabalhar com produção de raios-x e radioproteção. A seguir trazemos um fragmento que ilustra a forma na qual esse recurso foi utilizado: “Buscando complementar esta etapa, utilizamos o laboratório de informática para fazer simulações e animações com a luz nos sites RIVED, portal do governo, e no portal utilizado pela própria instituição de ensino”. (SOUZA e ARAÚJO, p.8,

2009). Percebe-se nesse fragmento que o simulador computacional foi utilizado com a finalidade de verificar o fenômeno.

Já em E3 os autores organizam uma UEPS para trabalhar com os conceitos de dualidade partícula-onda e da difração de elétrons. Essa sequência de ensino é estruturada de forma que seu cerne seja a utilização das simulações computacionais. A forma com que essa ferramenta será utilizada no decorrer da UEPS é ilustra a partir do seguinte extrato:

Os simuladores serão explorados por meio de dois roteiros estruturados, um para cada simulador. Os roteiros foram desenvolvidos com o objetivo de orientar os alunos durante a exploração e investigação dos simuladores. As orientações serão dadas com objetivo de otimizar o processo de observação e análise dos fenômenos e não como uma receita a ser seguida. (NEVES, SILVA e CHARRET, p.6, 2017).

Nesse sentido, é interessante notar que a forma de abordagem dessa ferramenta se diferencia do trabalho E2 para E1 e E3, já que, nos dois últimos, o recurso é utilizado de forma mais rica possibilitando que os estudantes possam usufruir da ferramenta com maior propriedade, já que o objetivo traçado não é o de apenas verificar o fenômeno.

Com relação a utilização de mapas conceituais, seja de modo geral ou ainda como forma de verificação de elementos que suscitam indícios de uma aprendizagem significativa, percebe-se que os demais trabalhos estabelecem uma dinâmica diferente em seu processo de pesquisa. Em E2 os autores utilizam de questionários para fazer tal verificação e em nenhuma outra atividade é veiculada a possibilidade da construção de mapas conceituais. Da mesma forma em E3, os autores analisam os indícios de aprendizagem significativa dos estudantes a partir da análise da participação dos mesmos nas discussões e da produção de um texto dissertativo-argumentativo.

Outro aspecto comum entre os trabalhos está no fato de que ambos utilizam de forma recorrente a leitura de textos como forma de iniciar o processo de discussão sobre a temática proposta. Como exemplo, trazemos um fragmento do trabalho E1: “Inicialmente, para o planejamento do curso, três textos sobre radiação de corpo Negro foram estudados (STUDART, 2000), (GUIMARÃES, 1999) e (GÁRCIA, 2002) e os conceitos principais do tema foram condensados num mapa conceitual [...]” (VITOR e CORRÊA FILHO, 2007). Nessa perspectiva é interessante pensar que dentre os vários recursos disponíveis (experimentos, vídeos, filmes, jogos...) os autores optam pela utilização dessa estratégia didática.

Do conjunto de trabalhos que compõem essa categoria, o que mais se diferencia é o trabalho E11, desenvolvido por Machado e Corrêa (2018). Os autores trabalham na perspectiva de minimizar uma das grandes carências para o ensino de FMC: a utilização de atividades experimentais. Para isso, os autores, desenvolvem um experimento de baixo custo, para

trabalhar com a temática de radiação de corpo negro com um grupo de estudantes de um projeto de extensão da UFMS.

De acordo com Machado e Corrêa (p. 2, 2018)

[...] a proposta explora o conceito de Radiação de Corpo Negro (RCN), por meio de um simulador experimental de produção própria, construído a partir de materiais de fácil acesso e de custo baixo. A sequência aborda sobre a construção do experimento, a escolha dos materiais e, mais a frente, as estratégias pedagógicas para o desenvolvimento da atividade experimental com base na contextualização em um tema astronômico

O desenvolvimento dessa atividade de ensino deu-se a partir de uma sequência didática estruturada com base em três aspectos: “a construção do experimento que simula a escolha dos materiais e, mais a frente, as estratégias pedagógicas para o desenvolvimento da atividade experimental com base na contextualização em um tema astronômico”. (MACHADO e CORREA, p.2, 2018).

Com relação às estratégias pedagógicas utilizadas pelos autores, destacamos que eles optam pela abordagem da experimentação por investigação e descoberta. Nesse sentido, as atividades propostas centraram-se a partir de três etapas: “interação e manipulação do simulador de CNE; leitura e discussão do texto "Radiação do Corpo Negro"; e experimentação com o simulador de CNE”. (MACHADO E CORREA, p.4, 2018).

Conforme dito, as etapas descritas pelos autores estão calcadas sob uma ótica que fornece maior liberdade aos estudantes em explorar e manipular o simulador, fazendo com que eles possam refletir sobre o experimento, assim como também tecer hipóteses sobre seu funcionamento e o porquê da ocorrência do fenômeno. Esse tipo de abordagem não é corriqueiramente visto em sala de aula.

De acordo com Assai e Freire (2017, p.154)

A atividade experimental é amplamente debatida como metodologia desde os anos 60. Entretanto o que se observa na realidade escolar ainda é a ausência quase total de experimentos que, quando realizados, limita-se a demonstrações que não envolvem a participação ativa do aluno, ou apenas os convidam a seguir um roteiro, sem levar em consideração o caráter investigativo e a relação entre o experimento e os conceitos.

A partir disso, concordamos com os autores quanto à importância desse tipo de abordagem, embora não se possa desconsiderar as outras formas de se trabalhar didaticamente com a experimentação em sala de aula.

Dentro do campo de análise das estratégias didáticas apresentadas nos trabalhos que compõem essa categoria, destacamos que em todos os casos há a existência de resultados positivos e significativos quanto a utilização da TAS como referencial teórico para se ensinar FMC no ensino médio. Além de um relato, de forma geral, quanto ao aumento do aspecto

motivacional por parte dos estudantes/cursistas, os autores também conseguiram identificar indícios de aprendizagem significativa na maioria dos casos.

No trabalho E1, por exemplo, os autores destacam esse entendimento dizendo que

A partir dos resultados de nosso estudo, podemos constatar que é possível aos alunos aprenderem significativamente conceitos de física moderna. Apesar de trabalharmos com o conceito de quantização de energia, um dos primeiros que deram origem a esta área, os resultados obtidos deixam margem para constatar que outros temas, como teoria atômica, partículas elementares e novos estados da matéria podem ser aprendidos de maneira significativa (VITOR e CORRÊA FILHO, 2007, p.8).

Já no trabalho E2, além de destacarem a eficiência da sequência didática desenvolvida, os autores entendem que “[...] a metodologia e as estratégias de ensino empregadas nesta pesquisa podem ser utilizadas para abordar outros temas da FMC, possibilitando ainda contemplar abordagens interdisciplinares, pois não obstrui o conteúdo programático da disciplina. (SOUZA e ARAÚJO, p. 9, 2009). Além disso, os autores destacam a importância da utilização das TIC no ensino de FMC, algo que também é complementado por Neves, Silva e Charret (2017) do trabalho E3.

Por fim, os autores do trabalho E11 destacam que

Em resumo, torna-se possível afirmar que as metas estabelecidas no que se refere à construção de um ambiente favorável ao desenvolvimento da Aprendizagem Significativa, tendo como estratégia uma sequência de ensino investigativo por meio de um tema astronômico e centrada em experimentação, foram alcançadas. Não podemos afirmar em um nível pleno, contudo, em um nível positivo. (MACHADO e CORRÊA, 2018, p. 9)

3.6. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A partir da análise realizada percebe-se, com relação às revistas, que a primeira categoria (A) retrata metodologias de ensino diversificadas que constituem uma sequência didática, já que estão interligadas. Essa categoria se aproxima da constituída durante o processo de pesquisa realizada nos eventos (categoria D). Entretanto, percebe-se, na categoria A, que mesmo utilizando a TAS como fundamentação teórica, durante as atividades de ensino realizadas, a mesma não está presente como estruturante dessas aulas. Em T2, por exemplo, os autores deixam claro que apenas o recurso didático desenvolvido é baseado na TAS. Já nos trabalhos que constituem a categoria D é possível verificar que todas as estratégias didáticas definidas e seguidas seguem o referencial teórico adotado.

Com relação a categoria D destacamos que a mesma apresenta um diferencial em relação aos demais. Nessa categoria, verificamos a presença de um trabalho que traz o desenvolvimento de uma atividade experimental sobre radiação de corpo negro. Vale destacar

que, nas categorias A e B, não foi possível a verificação de artigos que trouxessem a abordagem de atividades experimentais relacionadas a FMC. Mesmo considerando importante a existência desse trabalho na categoria D, chamamos a atenção para a carência relacionada a abordagem desse tipo de estratégia didática relacionada a temática de FMC no nível médio de ensino. Esse fato também, segundo Claro (2017) também é verificado dentro dos próprios livros didáticos fornecidos pelo Ministério da Educação o que pode vir a auxiliar na compreensão dessa negligência.

Tratando-se de forma específica, a categoria B, definida a partir do referencial de Moreira (2011), apresenta resultados de implementação de UEPS. A partir disso é verificado que em ambos os trabalhos, que a compõem, são abordados diversos conceitos relacionados a FMC, sendo feita, em T4, uma abordagem integrada entre tópicos de FMC e Eletricidade. Esse tipo de abordagem mostra-se rica a medida em que os alunos conseguem perceber que os conceitos trabalhados estão interligados e que, portanto, há uma complementariedade entre os mesmos. Além disso, em ambos os trabalhos se percebe o caráter variado de recursos didáticos utilizados, o que, ao nosso entender, vem a enriquecer e potencializar a sequência didática desenvolvida. Ainda, cabe destacar o fato de que em nenhuma das UEPS desenvolvidas há atividades relacionadas a utilização de simuladores computacionais, algo recorrente na outra categoria A e D.

A categoria C é aquela que mais se aproxima de nossa pesquisa, é composta por propostas didáticas. Entretanto, os dois trabalhos trazidos dentro dessa categoria possuem objetivos totalmente diferentes daquele trazido em nossa pesquisa. Com relação aos trabalhos que integram essa categoria damos destaque aquele que versa sobre a UEPS desenvolvida pelos autores para trabalhar com materiais semicondutores (E5). Embora a mesma conte com alguns elementos interessantes, como o fato de ser desenvolvida a partir de um viés dialógico, entendemos que a mesma poderia contar com maior diversidade de estratégias didáticas.

No que se refere às quatro categorias podemos dizer que todas, de certa forma, apresentam a preocupação, perceptível a partir das atividades desenvolvidas, de deixar claro aos alunos o quanto a FMC está presente em seu cotidiano. Esse destaque é fundamental, pois fortalece ainda mais as discussões acerca da importância de serem trabalhados esses conceitos.

Outro aspecto relevante é o de que, nas categorias A, B e D, as metodologias de ensino desenvolvidas apresentam resultados satisfatórios quanto ao processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, a maioria delas aborda atividades que abrangem apenas um único conteúdo de FMC. Nesse sentido, acreditamos que esse aspecto denota uma certa fragilidade relacionada a esse tipo de abordagem, ao passo que, não possuem um potencial integrador. Além disso, é possível

se verificar que alguns trabalhos, tanto das categorias relacionadas aos periódicos quanto aos eventos, trazem uma concepção equivocada de que a utilização da tecnologia por si só será um fator determinante para o processo de aprendizagem. Acreditamos que essa se constitui em uma visão simplista, ao passo que a tecnologia é apenas mais uma, das tantas ferramentas que o professor possui a disposição.

Por fim, considerando a pesquisa realizada nos eventos e revistas, podemos afirmar que a utilização da TAS dentro da área de FMC mostra-se um tanto limitada, tendo em vista a pouca quantidade de trabalhos que estabelecem essa relação. No entanto, é perceptível, a partir dos trabalhos que compõem as categorias A, B e D, que existem benefícios atrelados a utilização da TAS para o ensino de FMC. Dentre esses, destacamos: aproximação de temáticas atuais, como é o caso das TIC, pelos alunos; sequências de ensino voltadas a situações-problemas possibilitam aos estudantes compreenderem conceitos subjacentes a situação explorada; a motivação dos estudantes a partir das sequências didáticas desenvolvidas; aluno como sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem; utilização de instrumentos (organizadores prévios e mapas conceituais) que facilitam o processo de aprendizagem; aulas desenvolvidas sem a utilização excessiva da aprendizagem mecânica, como é de praxe no ensino de física.

Dentro das perspectivas deste estudo destacamos que o mesmo pode vir a auxiliar outros trabalhos que tenham por objetivo estruturar propostas/implementações de UEPS ou sequências didáticas relacionadas à temática de FMC no ensino médio. Destacamos ainda que essa pesquisa pode ser aprofundada, ao passo que existem outros periódicos e eventos que podem vir a ter publicações dentro dessa mesma perspectiva. Esse fato poderia resultar em um contingente maior no *corpus* de análise, sendo, portanto, possível o acréscimo de outras categorias, o que, com certeza, viria a enriquecer ainda mais a pesquisa desenvolvida.

3.7. DIFICULDADES E DESAFIOS ENFRENTADOS AO SE TRABALHAR COM FMC NO ENSINO MÉDIO

Para darmos início a compreensão acerca das dificuldades e desafios enfrentados por professores de Física para trabalhar com FMC no Ensino Médio, utilizamos o estudo desenvolvido por Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009). Nesse estudo, os autores realizam uma investigação com cinco professores de Física para compreender quais as dificuldades destes em introduzir essa temática nesse nível de ensino. A pesquisa é desenvolvida a partir de entrevistas, onde são verificadas pelos autores os principais motivos para tais dificuldades: reduzido tempo disponibilizado às aulas de Física; impossibilidade de trazer um formalismo

matemático da Física Moderna para o Ensino Médio; deficiência na formação de professores

Durante o desenvolvimento da revisão da literatura conseguimos identificar poucos trabalhos que apresentavam alguma dificuldade e/ou desafio relacionado ao ensino de FMC no Ensino Médio. Entretanto, a partir da metodologia de Análise de Conteúdo, conseguimos além das três categorias já definidas *a priori*, estabelecer mais duas categorias que emergiram após os procedimentos adotados durante as etapas da AC.

A seguir, apresentamos, no quadro abaixo, as categorias finais contendo as principais dificuldades mapeadas durante a etapa de revisão da literatura.

Quadro 10- Categorias finais sobre as dificuldades relacionadas ao ensino de FMC no Ensino Médio

Categorias	Artigos e/ou trabalhos integrantes
Dificuldades em operações matemáticas	E1, T7
Empenho e Motivação	T2
Experimentação	E11
Carga horária reduzida da disciplina de Física no Ensino Médio	T3 e E2
Deficiência na formação dos professores	T7, T3 e E2

Fonte: Os autores, 2019.

Conforme pode ser percebido, as categorias “Empenho e Motivação” e “Experimentação” foram definidas *a posteriori*.

Dentro da categoria “Dificuldades em operações matemáticas” encontramos dois trabalhos que mencionam essa dificuldade. Em E1, essa limitação foi pontuada diversas vezes pelos autores, sendo retomada durante as considerações finais do trabalho.

Para ilustrar essa dificuldade, trazemos um extrato do trabalho E1:

Verificamos ainda que as dificuldades nas operações matemáticas, apresentadas pelos alunos, não representaram uma barreira considerável para a aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados, o que não significa que essas dificuldades não devam ser trabalhadas pelo professor de física em conjunto com outros professores, como os de matemática, por exemplo. (VITOR e CORRÊA FILHO, p.8, 2007)

Entretanto, conforme se pode observar, os autores fazem questão de salientar que mesmo que os estudantes apresentem essa lacuna, a compreensão do conceito que envolve o fenômeno não é, e nem pode ser sucumbida por conta desse problema. A matemática traduz o fenômeno a partir de uma linguagem própria e a física fornece a interpretação do mesmo.

No trabalho T7, essa dificuldade também pode ser verificada, conforme observa-se: “Assim, pode-se verificar como já era esperado, que a maior dificuldade do aluno está no uso da ferramenta matemática, e mais, que o aluno cria uma barreira, um pré-conceito que muitas vezes, nem tenta resolver a questão”. (SCHITTLER e MOREIRA, p.16, 2016).

A categoria “Empenho e motivação” também é composta por apenas um trabalho (T2). Embora outros trabalhos citam esse elemento apenas em T2 ele aparece e é discutido nos resultados do trabalho.

O fragmento a seguir exemplifica essa visão:

Além desses aspectos conceituais, foram analisados a interação dos estudantes com o sistema hipermídia e sua opinião quanto ao curso e em relação ao software. Na avaliação dos resultados, embora os conteúdos conceituais tenham sido considerados mais pormenorizadamente, procurou-se dar atenção também à influência do curso e do software sobre a motivação dos estudantes e, ainda, a indícios de aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais. (MACHADO e NARDI, p. 478, 2006)

A categoria “Experimentação”, composta apenas por “E11”, foi o único entre todos os trabalhos analisados a discutir a importância do desenvolvimento de atividades experimentais que abordam a temática de FMC no ensino médio. Os autores reconhecem que esse é um dos grandes desafios associados ao ensino, não apenas de FMC, mas de Física. Essa constatação fica clara, a partir do seguinte extrato: “Contudo, um dos desafios no ensino de Física, em especial de Física Moderna e Contemporânea em nível médio, ainda é a construção de experimentos de custo acessível que possam ser replicados com certa facilidade.” (MACHADO e CORRÊA, p.1, 2018).

A categoria “Carga horária reduzida da disciplina de Física no Ensino Médio” é composta por dois trabalhos. Entretanto, ressaltamos que ambos possuem a mesma autoria e retratam a mesma pesquisa. Por conta disso, apresentaremos apenas o extrato de um dos trabalhos para exemplificar a dificuldade evidenciada nessa categoria

Entretanto, apesar de muitos livros didáticos trazerem esses tópicos, devido ao número reduzido de aulas de Física esse tema geralmente acaba não sendo abordado e quando isso ocorre a abordagem se dá em um momento emocional desfavorável ao aluno, por ocorrer em final de ano, o que torna o material pouco útil para a abordagem necessária desses importantes tópicos. (SOUZA e ARAÚJO, p. 206, 2010).

Por fim, com relação a categoria “Deficiência presente na formação de professores de Física”, o trabalho T3 é enfático ao dizer que “[...] pode-se afirmar que problemas relacionados

à má formação dos professores também dificultam ou mesmo impedem que temas relacionados com a FMC sejam abordados no Ensino Médio (SOUZA e ARAÚJO, p. 206, 2010).

O trabalho T7 vai além, sendo que, de acordo com Schittler e Moreira (2016)

A proposta de inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio (EM) ocupa, de maneira expressiva, as pesquisas na área de Ensino de Física nos últimos trinta anos. No entanto, esta proposta apresenta três problemas principais: (1) a maioria dos professores de Física do Ensino Médio não está preparada para discutir os conceitos básicos de FMC; (2) os programas a serem cumpridos são extensos e passam a ser não compatíveis com a carga horária oferecida nas escolas públicas de Ensino Médio; e (3) a maioria dos livros didáticos quando apresenta o tema FMC, o faz de forma superficial.

Nesse sentido, percebe-se que grande parte desses problemas decorre de uma ordem estrutural que fomenta um conjunto de dificuldades associadas desde um processo formativo deficiente, tanto do discente quanto o docente, até questões mais gerais como a distribuição da carga horária curricular. Portanto, mesmo compreendendo os desafios implícitos nesse processo é necessário que se (re)pense, a partir dos recursos disponíveis, estratégias que possam contornar tais dificuldades.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISE DOS DADOS: ETAPAS QUE COMPÕEM ESSE PROCESSO

Nesse capítulo faremos uma discussão acerca da etapa de validação do instrumento de pesquisa, bem como também a apresentação dos dados emergentes da aplicação do questionário junto aos professores. Salientamos que cada uma das etapas que concernem esse processo será devidamente justificada e discutida, a partir da revisão de literatura realizada, de forma a subsidiar a elaboração da UEPS.

4.1. DA ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA: ETAPA INICIAL

Conforme discutido na seção anterior, a partir da revisão de literatura desenvolvida chegamos à estruturação de cinco categorias finais (Quadro 8). Essas categorias compõem a gênese das questões apresentadas, no segundo bloco, do questionário inicial (Apêndice 1). Essas interrogativas foram divididas em dois grandes blocos:

- Primeiro: Questões para fins de diagnóstico
- Segundo: Questões envolvendo situações conflitantes.

As questões referentes ao diagnóstico versavam sobre aspectos mais gerais, que visam compreender quem são os sujeitos da pesquisa e de que forma podemos auxiliá-los a partir do desenvolvimento de uma UEPS. Nesse sentido, as primeiras dezesseis questões foram pensadas com essa finalidade. Chamamos a atenção que além de procurar mapear a área de formação desses professores, também procuramos verificar quais metodologias de ensino são costumeiramente implementadas por eles (Apêndice 1). No entanto, salientamos que essa verificação não é precedida de qualquer julgamento por parte do pesquisador uma vez que não existe uma metodologia de ensino adequada.

A segunda parte do questionário (Apêndice 1) está relacionada a situações conflitantes, onde são postas três situações/alternativas, sem que haja uma correta, e o respondente deve assinalar aquela que julga ser a que melhor lhe representa dentro da situação proposta (POZZO, 2006). A seguir, como forma ilustrativa, trazemos um quadro que confere a associação entre a questão e sua correspondente categoria.

Quadro 11- Relação entre as categorias e as questões do questionário de dilemas

Categorias	Questão(ões)
Dificuldades em operações matemáticas	18
Empenho e Motivação	19
Experimentação	21 e 23
Carga horária reduzida da disciplina de Física no Ensino Médio	20
Deficiência na formação dos professores	22

Fonte: Autores

A questão 18 traz um dos problemas que deram origem a Mecânica Quântica. Entretanto, a questão não se refere a um conhecimento específico, mas sim a uma situação em que um aluno questiona o professor sobre um conteúdo já visto por ele e que estaria associado ao problema abordado em aula. Com base nisso, o respondente deve analisar as alternativas em questão e assinalar aquela que se aproxima da postura que ele, respondente, tomaria mediante aquela situação. As alternativas que compõem essa questão estão estruturadas, da seguinte forma.

- I. A alternativa “a” carrega uma concepção de que a compreensão desse problema só é possível a partir de um viés matemático.
- II. A alternativa “b” carrega a ideia de que a explicação conceitual é suficiente para responder ao questionamento do aluno, sendo desnecessária uma ênfase matemática.
- III. A alternativa “c” se caracteriza, novamente, pela utilização da matemática como estruturante da compreensão do problema. Entretanto, essa alternativa carrega a ideia da impossibilidade de se abordar esse tipo de problema dentro do ensino médio.

É importante destacar que não há uma alternativa adequada, já que as três situações postas são plausíveis de serem empregadas mediante a interrogativa feita. Entretanto, dependendo da alternativa assinalada pelo respondente, podemos compreender o quanto ele considera, ou não, fundamental a abordagem de problemas utilizando a linguagem matemática como elemento fundamental na compreensão dos fenômenos associados a FMC. A alternativa “a” e “c”, por exemplo, refletem a crença de que a matemática é soberana frente a explicação do fenômeno físico; enquanto que a alternativa “b” traz a ideia contrária.

Dentro dessa mesma perspectiva, a questão 19 traz uma preocupação de um professor quanto a motivação dos estudantes em querer aprender, ou não, sobre o fenômeno do Efeito

Fotoelétrico, explicado por Albert Einstein. Para isso, é disponibilizado um questionário aos estudantes no intuito de verificar essa informação, sendo que, após analisá-lo, é constatado que não há interesse por parte dos estudantes. Nesse sentido, apresentamos três alternativas ao respondente, sendo que:

- I. A alternativa “a” traz a ideia de que o professor deve considerar a opinião dos alunos e suprimir esse conteúdo ao longo do ano letivo.
- II. A alternativa “b” apresenta a possibilidade de o professor abordar o conteúdo, mesmo contra a vontade dos alunos, tentando motivá-los a querer aprendê-lo.
- III. A alternativa “c” carrega a ideia do “aprendizado de vestibular”, ou seja, esse é um conteúdo necessário, pois poderá integrar alguma avaliação externa que eles venham a realizar.

Nesse sentido, percebe-se que, dependendo da alternativa assinalada, pode ser feita uma associação entre a resposta fornecida e a concepção do respondente acerca da visão que o mesmo possui com relação à relevância atribuída ao conteúdo ensinado. Com isso, por exemplo, um sujeito que opta pela alternativa “c”, na nossa visão, sinaliza claramente que não está preocupado se aquele conhecimento será significativo ao estudante, mas sim em prepará-lo para que se desempenhe de forma satisfatória no vestibular. Já, um sujeito que opte pela alternativa “a”, mesmo indo de acordo com a vontade dos estudantes, irá evidenciar, mesmo que de forma indireta, que desconhece a importância desse conhecimento na compreensão de fenômenos do dia-a-dia.

As questões 21 e 23 estão relacionadas à perspectiva de se abordar o ensino de FMC a partir de uma ótica experimental. Na questão 21, por exemplo, é levantada a situação em que três professores discutem essa possibilidade, sendo que:

- I. A alternativa “a” expressa a possibilidade de se utilizar esse tipo de atividade como forma de comprovar a parte teórica vista em aula.
- II. A alternativa “b” apresenta a ideia de que a atividade experimental não tem qualquer ação sobre o processo de ensino-aprendizagem, servindo apenas para motivar os estudantes.
- III. A alternativa “c” traz a ideia de que as atividades experimentais, dependendo da forma como são conduzidas, podem facilitar a compreensão do objeto de estudo.

Com isso, compreende-se que cada uma das alternativas traz uma concepção diferente com relação a utilização de atividades experimentais. Logo, a partir da alternativa assinalada é possível traçarmos um perfil com relação a utilização ou não desse tipo de metodologia por

parte do respondente, bem como também verificar como a mesma é abordada, quando implementada.

Dentro dessa mesma categoria, a questão 23 traz a abordagem da experimentação através da utilização de simuladores computacionais, defendidos por muitos autores como laboratórios virtuais para ensinar relatividade especial/restrita. Nessa perspectiva, as questões propõem um debate entre três professores acerca da utilização dessa ferramenta em sala de aula. As assertivas que seguem trazem a seguinte ideia:

- I. A alternativa “a” expõem que a atividade de simulação computacional tem influência na motivação dos alunos em querer aprender, não sendo necessariamente significativas para a aprendizagem.
- II. A alternativa “b” apresenta a inabilidade da professora em manipular o ferramental necessário para o desenvolvimento da atividade e, também, sua crença de que os alunos irão aprender melhor a partir de listas de exercícios por repetição.
- III. A alternativa “c” traz a perspectiva de um professor que crê na utilização da ferramenta como um recurso que pode vir a facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

É interessante destacar que ao ser assinalada a alternativa “a” há uma sinalização, por parte do respondente, com relação a sua descrença nesse tipo de abordagem metodológica. Já a alternativa “b” apresenta um problema relacionado a inabilidade da professora em manipular o simulador computacional, além de sua concepção de que a aprendizagem se dá de forma mecânica. Por fim, a alternativa “c” sinaliza um perfil de um indivíduo que crê na utilização desse tipo de atividade como apenas mais uma ferramenta que venha a auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

A questão 20 traz a aflição vivida por uma professora ao se deparar com a possibilidade de não conseguir cumprir toda a grade curricular da disciplina de física no ensino médio. A partir dessa situação são postas as seguintes alternativas:

- I. A alternativa “a” relata que a professora não deve se preocupar, pois a FMC não é um conteúdo recorrente nos vestibulares.
- II. A alternativa “b” apresenta a ideia de um replanejamento da professora, já que os conteúdos de FMC auxiliam o aluno na compreensão das tecnologias atuais.
- III. A alternativa “c” traz a ideia da impossibilidade de se trabalhar a FMC dentro do ensino médio, tendo em vista o seu grau de complexidade. Logo a professora não deveria se preocupar.

Com base na alternativa escolhida verifica-se três perfis distintos que podem ser associados. Por exemplo, ao ser escolhida a alternativa “a” fica claro que a importância atribuída ao ensino para “passar no vestibular”, sem a necessidade de que o conteúdo seja significativo ao aluno. Contudo, a alternativa “b” traz uma perspectiva contrária à apresentada anteriormente. Por fim, a alternativa “c” reflete a lógica de que os alunos deste nível de ensino são limitados e, portanto, “incapazes” de aprender esse tipo de conteúdo.

A penúltima questão (22) é a única que possui uma característica distinta em relação às demais. Como a categoria que provem essa questão está relacionada às “Deficiências na formação de professores”, nosso intuito foi elaborar uma interrogativa, sobre a temática do laser de rubi, que pudesse nos fornecer algum subsídio relacionado ao conhecimento específico desses professores. Obviamente, por se tratar apenas de uma questão pontual, não podemos tirar conclusões sobre a compreensão, ou não, do respondente sobre os conteúdos de FMC, mas podemos, por exemplo, ter uma noção sobre o quão satisfatório é seu conhecimento para explicar esse fenômeno. Salientamos, no entanto, que o objetivo dessa questão não é de realizar um julgamento sobre a formação desses professores, mas sim de tentar compreender se ele consegue explicar, de forma satisfatória, o funcionamento de um instrumento tecnológico a partir dos conhecimentos oriundos da FMC.

4.2. DA VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA

A pesquisa qualitativa busca verificar e compreender os aspectos não quantificáveis de uma realidade, buscando, a partir disso, tecer explicações, decorrentes da busca de sentido e interpretação do pesquisador, acerca do objeto de estudo de seu interesse (GODOY, 1995).

Por ser um tipo de pesquisa abrangente, as pesquisas qualitativas envolvem uma série de variáveis que devem ser contornadas de forma a manter a fidedignidade da análise dos dados coletados. Nesse sentido, entendendo a pesquisa como um processo constituído por etapas, temos que um dos processos fundamentais dentro das pesquisas qualitativas vem a ver ser a validação do instrumento de pesquisa. Hermida e Araújo (2006), reiteram essa importância considerando o contexto geral da pesquisa e, nessa perspectiva, os autores trazem três tipos principais de validação, sendo eles: a validade de conteúdo, de constructo e a relacionada a um critério.

Em nossa pesquisa, o instrumento de coleta de dados escolhido foi o questionário, conforme discutido na seção anterior; presente no Apêndice 1 deste trabalho. Após o processo

de qualificação, definiu-se a necessidade de validar o questionário pré-desenvolvido, sendo que para esse processo optamos por utilizar a validade de conteúdo.

Segundo Hermida e Araújo (2006)

A validade de conteúdo refere-se à análise minuciosa do conteúdo do instrumento, com objetivo de verificar se os itens propostos constituem-se numa amostra representativa do assunto que se deseja medir. Nesse tipo de validação, os instrumentos são submetidos à apreciação de peritos no assunto, os quais podem sugerir a retirada, acréscimo ou modificação dos itens. (Idem, p.316)

Para desenvolver esse tipo de validação, criou-se um documento online, em formato de questionário, disponível no Google Drive¹⁵. Ressaltamos, no entanto, que, iremos apresentar, nos Apêndices desta pesquisa, uma versão contendo as questões presentes tanto do questionário inicial quanto do final, no intuito de que o leitor possa ter acesso às questões disponíveis no questionário online aplicado.

O público definido para o preenchimento das questões foram alunos ingressantes do PPGEMF no ano de 2019 e alunos egressos deste mesmo programa. Nesse sentido, nossa amostra inicial consistiu em oito pessoas, sendo que desses apenas quatro indivíduos nos forneceram uma devolutiva para o processo de validação. Consideramos que os quatro indivíduos são suficientes para estabelecermos a validação do questionário desenvolvido, uma vez que constituem metade dos sujeitos participantes dessa etapa da pesquisa, assim como também o fato de que o referencial que utilizamos para o processo de validação (HERMIDA e ARAÚJO 2006), também trabalha com apenas quatro sujeitos para a validação do instrumento de pesquisa por eles desenvolvidos.

É interessante destacar que no questionário online disponibilizado ao grupo de indivíduos participantes foram acrescentadas as seguintes questões:

1. Com relação a extensão do questionário. Você considera que o número de questões pode comprometer o resultado da pesquisa? Se sim, quais questões você considera que poderiam ser suprimidas?
2. A questão de número 18, em sua opinião, por se tratar de um conhecimento específico, pode ser vista como intimidadora para os professores da educação básica? Teria alguma sugestão de mudança nessa questão?
3. Você ficou com dúvida em alguma das questões? Qual delas?
4. Neste campo você pode apresentar sugestões de melhorias para as questões, que na sua opinião, precisam melhorar o enunciado.

¹⁵ Disponível em: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc-gB2yGf_2VVjicIdINM1K-6FFtCfAylAR514jx1fg3ZSGjw/viewform

Essas questões tiveram o intuito de verificar a opinião dos participantes e, conseqüentemente, melhorar o instrumento de pesquisa a ser utilizado. Nesse sentido, destacamos que é a partir dessas quatro questões que foram feitas as alterações sugeridas no questionário inicial (Apêndice 1) para o questionário final (Apêndice 2). Assim, destacamos que, embora os participantes tenham respondido o questionário na íntegra, iremos apresentar a análise espelhada somente nessas quatro interrogativas, uma vez que elas sistematizam toda e qualquer correção do questionário inicial.

De forma a mantermos o anonimato dos respondentes, fornecemos quatro nomes fictícios a eles: Bernardo, Gabriel, Priscila e Paula. A seguir serão detalhadas as sugestões de melhoria apresentadas por cada respondente.

Questão 1

- Para Bernardo, é necessário que haja a redução no número de questões do instrumento de coleta de dados, entretanto, o participante não especifica, nesse questionamento, qual(is) questão(ões) poderia(m) ser suprimida(s) do mesmo.
- Gabriel, Priscila e Paula acreditam que o número de questões presentes no questionário não apresenta um potencial risco no comprometimento dos resultados da pesquisa.

Conforme pode ser visto no Apêndice (1 e 2), o número de questões manteve-se, praticamente, inalterado. Apenas uma das questões foi excluída. A justificativa para tal exclusão é apresentada a seguir.

Questão 2

- É unânime entre os participantes que essa questão não confere um grau de intimidação ao respondente.

Durante a etapa de qualificação dessa pesquisa, um dos receios apresentados é o de que a questão 18, por trazer um conhecimento específico, poderia ser encarada com certo receio pelos professores. Entretanto, percebe-se que não houve esse entendimento por parte dos participantes.

Questão 3

- Ao serem confrontados se tiveram alguma dúvida ao responderem as questões, todos os participantes relataram a ausência da mesma.

Questão 4

- Para Bernardo, a questão 12 deveria ter sido estruturada no formato de múltipla escolha, pois facilita o preenchimento do instrumento de pesquisa. Além disso, esse participante chamou a atenção para o fato de que, na questão 14, a sigla FMC aparece sem que se tenha apresentado anteriormente o seu significado. Por fim, Bernardo considera ser inviável a manutenção da questão 16, pois seria complicado pedir que os professores estruturassem um plano de aula dentro de um questionário.
- Gabriel apresenta que a questão 12 poderia ser de múltipla escolha e que, a questão 18, além das assertivas, poderia ser acrescida a possibilidade de comentário.
- Priscila não apresentou nenhuma sugestão.
- Paula sugere que sejam inseridas alternativas, nas questões relacionadas ao aspecto formativo, para quem não atua na modalidade de ensino médio, ou seja, acadêmicos formados na área.

Nesse sentido, salientamos que a maioria das questões pontuadas pelos participantes foram contempladas, conforme pode ser visto no questionário final (Apêndice 2). A questão 16, por exemplo, no qual Bernardo relata sua inviabilidade, foi analisada e por nós excluída. Entendemos, assim como o respondente, que a mesma poderia ser exaustiva aos professores e que, como sua exclusão não iria interferir significativamente nos resultados da pesquisa, a mesma poderia ser realizada.

No entanto, destacamos que em alguns casos não foi possível efetuarmos as mudanças solicitadas pelo grupo participante do processo de validação. Quando Gabriel sugere a inserção de comentários na questão 18, verifica-se uma incongruência com o modelo de questionário por nós adotado (Questionário de dilemas) sendo, portanto, vedado esse tipo de alteração. Além disso, a sugestão de Paula também não pode ser contemplada, uma vez que o questionário será aplicado apenas para os professores atuantes nas escolas de ensino médio do município de Uruguaiana-RS.

Além das considerações decorrentes do processo de validação desenvolvido a partir dos estudantes do PPG de Educação Matemática e Ensino de Física, realizamos uma reflexão profunda acerca do instrumento de pesquisa, principalmente, após ter sido deflagrada a pandemia da COVID-19 em solo brasileiro. Assim, após um amadurecimento de ideias percebemos que as questões não davam conta dos objetivos da pesquisa, ou seja, faltavam informações que implicaram diretamente no processo de estabelecimento da UEPS.

Assim, acrescentamos no questionário três questões enumeradas como 14, 16 e 17 (Apêndice 02) e reestruturamos a questão¹⁶ número 08 de forma a torná-la mais coerente aos nossos objetivos. Mesmo entendendo que o questionário final¹⁷ apresenta um contingente considerável de perguntas, não muito diferente, é verdade, do questionário inicial, acreditamos que todas elas são cruciais para o andamento da pesquisa e, portanto, é impossível abrir mão dessas interrogativas.

4.3. O PÚBLICO QUE INTEGRA ESSA PESQUISA

Para compreender o processo que envolve a delimitação do público que compõem nossa pesquisa é inevitável pontuarmos algumas modificações no qual, infelizmente, se fizeram necessárias para pudéssemos dar andamento a esta pesquisa.

No final de 2019, o mundo via estarecido, na cidade de Wuhan, localizada na província de Hubei, na China, um surto de pneumonia de causa até então desconhecida. Em janeiro do ano seguinte, pesquisadores chineses identificam um novo vírus, batizado de SARS-CoV-2, pertencente à família *Coronaviridae*, como o agente etiológico responsável pela chamada síndrome respiratória aguda, popularmente conhecida como COVID-19 (CAVALCANTE et al., 2020).

No Brasil, os primeiros casos ligados à pandemia de COVID-19 surgiram após a repatriação dos brasileiros que viviam em Wuhan, o epicentro da pandemia. Quinze dias após esse movimento, surge o primeiro caso registrado da doença em solo brasileiro. De forma assustadora, a COVID-19, que já vitimizava milhares de pessoas em diferentes partes do mundo, passa a ser fonte de preocupação de todos os brasileiros (CAVALCANTE et al., 2020).

Todo o cenário da pandemia gerou uma nova configuração social e, alguns hábitos, tiveram de ser abandonados. Com o crescente número de casos em solo brasileiro, foi decretado estado de emergência em diversos estados e municípios brasileiros o que, por óbvio, comprometeu o andamento de diversas atividades em todos os setores da sociedade.

Anteriormente a esta situação, em novembro de 2019, havíamos visitado a 10ª Coordenadoria Regional de Educação (10ª CRE), situada na cidade de Uruguaiana-RS, para estabelecermos uma parceria com a mantenedora de forma a viabilizarmos a pesquisa junto aos professores de Física do município. Na oportunidade, fomos orientados a entrar em contato com as escolas para vermos a melhor forma de contatar os professores de física das escolas estaduais.

¹⁶ Corresponde à questão número 11 do questionário final (Apêndice 02)

¹⁷ Disponível em: https://docs.google.com/forms/d/114bATA68hwdL8AYNJ_tUiZ1HTF4Y6vDcMKN9ZynaT8A/edit

Nossa ideia era de que, após feito esse contato inicial com os professores, fizéssemos uma consulta com os mesmos para verificar sua disponibilidade em participar da pesquisa e se preferiam responder o questionário (Apêndice 02) de forma *online* ou presencial.

Obviamente, a segunda possibilidade caiu por terra em virtude do cenário vivenciado. Todas as aulas da rede estadual de ensino foram suspensas já no mês de março na cidade de Uruguaiana-RS. Assim, entramos em contato com a 10ª CRE solicitando os e-mails das doze escolas de ensino médio do município e, então, encaminhamos em anexo o documento, presente no Apêndice 04, as direções das respectivas escolas. Infelizmente, apenas uma das escolas retornou nosso e-mail e enviou o contato de quatro de seus professores.

Em virtude dessa problemática, tivemos que contatar novamente a 10ª CRE para que eles intermediassem nosso contato com os professores. Assim, solicitamos que a coordenadoria encaminhasse o link contendo o questionário online aos professores. Após todo esse movimento chegamos a um total de 13 respostas ao questionário de pesquisa (Apêndice 02).

É importante destacar que, nossa ideia inicial, era possuir um *corpus* de análise composto, exclusivamente, por professores que lecionam a disciplina de Física. Entretanto, dentre as 13 respostas que obtivemos uma se refere a um(a) professor(a) que trabalha com a disciplina no IFF- Campus Uruguaiana e outro(a) que atua em um nível diferente de ensino (Ensino Fundamental). No entanto, destacamos que ambos(as) já atuaram com a disciplina em escolas estaduais de ensino médio do município.

Assim, optamos por manter as respostas desses professores em virtude de eles já terem trabalhado com o ensino de física no nível médio, ou seja, consideramos que eles reúnem experiência com a disciplina e, portanto, podem contribuir para o processo de estruturação da UEPS. Somado a isso, levamos em consideração o fato de obtermos poucas respostas ao questionário e, obviamente, a ideia de que esse ajuste não afeta em nada o objetivo geral desta pesquisa.

Para facilitar o processo de análise de dados, atribuímos a cada participante da pesquisa nomes fictícios, de forma a preservarmos o anonimato de cada respondente. Cada um dos nomes citados foi inspirado em alunos que, em algum período, estiveram presentes na etapa de formação do autor deste trabalho. Os nomes atribuídos são: Lucas, Joana, Julio, Barbara, Francelly, Wagner, Vitória, Fabrício, Camila, Jéssica, Maurício, Cristiane e Sheila.

4.4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO

Conforme salientamos, o questionário apresentado é composto de questões de diagnóstico e de dilemas, que apresentaremos em seções diferentes. Para facilitar a leitura deste trabalho iremos apresentar as questões (negrito) e os respectivos resultados obtidos.

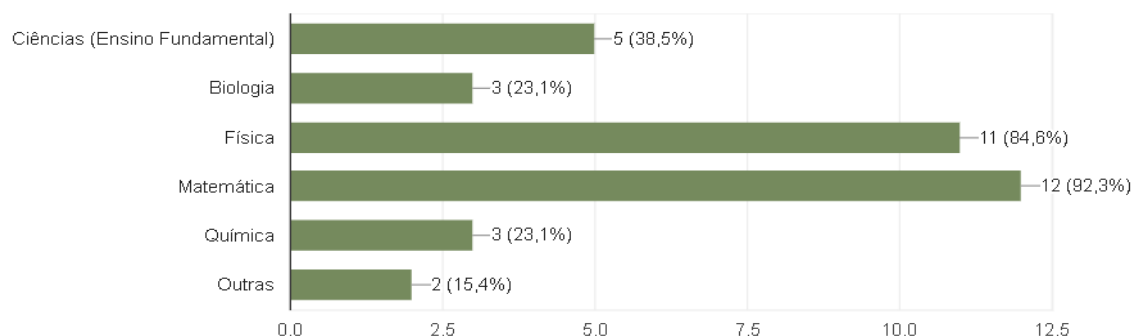
4.4.1. Questões de diagnóstico¹⁸

São compostas por **perguntas de múltipla escolha (a)** e **perguntas dissertativas (b)**. Faremos essa divisão, na apresentação dos dados, como forma de facilitar, ao leitor, a compreensão dos dados levantados.

(a) Perguntas de múltipla escolha

01. Tem experiência docente em quais disciplinas?

Figura 11 – Gráfico representando a experiência dos professores em cada disciplina



Fonte: Autores, 2020.

Cada participante poderia assinalar mais de uma alternativa. É interessante notar que a maioria dos professores teve experiência com o ensino de Matemática. Acreditamos que há um erro de dois participantes da pesquisa, pois os 13 respondentes deveriam ter assinalado o item “**Física**”, já que para responder esse instrumento de pesquisa é necessário estar atuando ou ter atuado no ensino médio da rede pública.

Esse equívoco pode ter se dado pela desatenção durante a leitura da pergunta. Inferimos isso, a partir da constatação de que, nas questões discursivas é possível notar que os mesmos já trabalharam com a disciplina de Física no Ensino Médio. Além disso, destacamos também o item “**Outras**”, em que, possivelmente, esses mesmos professores ministraram alguma disciplina que integra uma área distante das Ciências Naturais e/ou Exatas.

¹⁸ Apresentamos um panorama geral dos resultados obtidos.

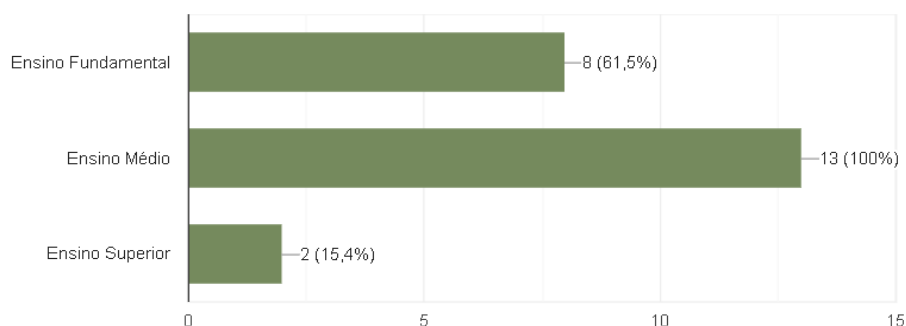
A última constatação, vai ao encontro com os estudos de Leonel (2015), onde muitos professores da área das Ciências Naturais, para manter a carga horária integral em uma mesma escola, acabam assumindo aulas de outras disciplinas, uma vez que não conseguem completar a carga horária com as disciplinas as quais possuem habilitação.

Além desse aspecto, podemos compreender essa questão se pensarmos na gradativa desvalorização que os profissionais em educação vêm sendo submetidos. Com o desprestígio da profissão, os cursos de licenciatura estão sendo preteridos por aqueles que optam por realizar uma formação em nível superior. Conforme há uma menor demanda, temos uma carência de profissionais na área e, inevitavelmente, os setores públicos têm de realizar um remanejamento entre os profissionais efetivos para “tapar eventuais furos”. Obviamente, essa prática acarreta em um ciclo vicioso, em que professores ministram disciplinas que são totalmente distantes de sua formação inicial, ou seja, há um comprometimento na qualidade do ensino (GOULART, GUIDOTTI e SPOHR, 2018).

Mesmo considerando os aspectos negativos no que diz respeito à utilização indevida de um profissional que não está habilitado para exercer tal função, talvez esse aspecto possa ser frutífero no que diz respeito à estruturação da UEPS. Dizemos isso, com base na ideia de que, a partir do gráfico, nossa amostra consta com um grupo de professores que já atuou com diferentes disciplinas e, portanto, poderão fornecer olhares de diferentes áreas para os fenômenos que venhamos a trabalhar na UEPS desenvolvida.

02. Em qual nível de escolaridade você já atuou?

Figura 12 – Gráfico representando em qual nível de ensino os professores já atuaram



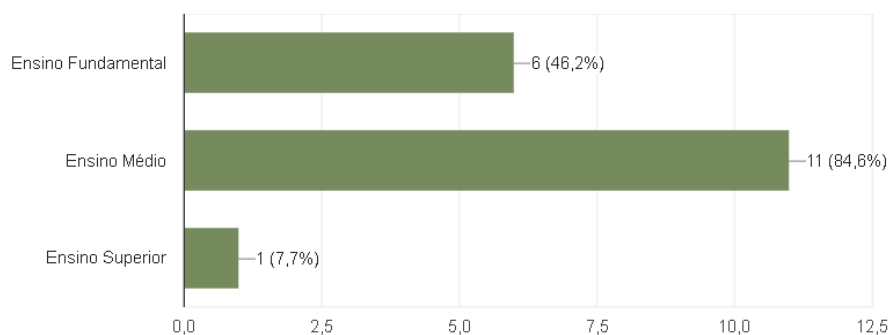
Fonte: Autores, 2020.

Os resultados espelham que, dentro do nosso público amostral, há um baixo índice de docentes que já atuaram no nível superior. Além disso, chamamos a atenção para o percentual significativo de professores(as) que lecionaram no ensino fundamental.

Chamamos a atenção, mais uma vez, a justificativa feita na questão anterior. Conforme pode ser visto, todos os professores(as) já atuaram no ensino médio.

03. Em qual nível de escolaridade você atua no momento?

Figura 13 – Gráfico representando em qual nível de escolaridade os professores atuam no momento



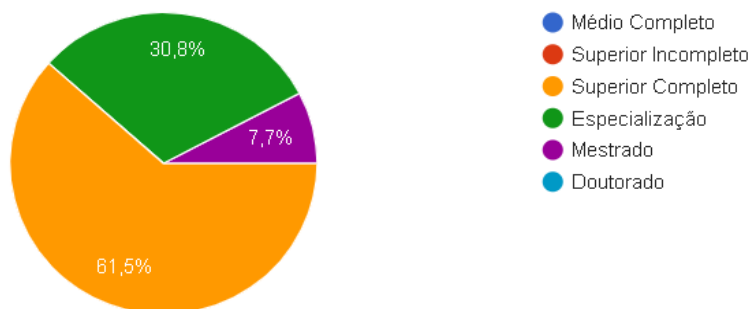
Fonte: Autores, 2020.

Primeiramente, é necessário destacarmos que questão permitia mais de uma resposta, justamente por termos de considerar a possibilidade de um mesmo professor atuar em mais de um nível de ensino. Feita essa ressalva, destacamos o fato de que dois professores não atuam mais no Ensino Médio; esse aspecto já foi apresentado e discutido na seção (4.3).

Ao entrarmos em contato com a 10^a Coordenadoria Regional de Educação (10^a CRE) nos foi informado pela professora Mara Elaine da Costa Cardoso, integrante da equipe pedagógica da 10^a CRE como Articuladora da Educação Básica, que o total de professores atuantes na disciplina de Física nas Escolas Estaduais de Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS é de doze profissionais. Assim, percebe-se que conseguimos atingir quase que a totalidade desses professores (11) o que representa um percentual de 91,7% de participantes.

Com isso, pensando na UEPS a ser desenvolvida, podemos afirmar que a mesma representa, quantitativamente, os professores do município tendo em vista que apenas um deles não respondeu ao questionário.

04. Qual seu nível de escolaridade?

Figura 14 – Gráfico representando o nível de formação dos professores

Fonte: Autores, 2020.

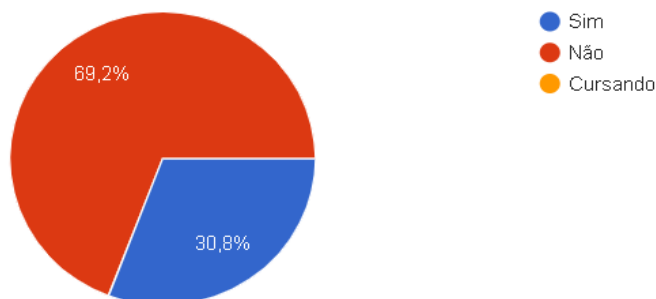
A partir do gráfico acima, nota-se que mais da metade (8 respostas) dos participantes possui apenas ensino superior. Os outros dois itens assinalados referem-se a “**Especialização**” (4 respostas) e “**Mestrado**” (1 resposta). Esse baixo percentual pode estar relacionado com o plano de carreira do estado que pouco incentiva a permanência da formação docente (GOULART, GUIDOTTI e SPOHR, 2018).

De acordo com Dejours (2014) o reconhecimento é condição fundamental para que se tenha sentido ao trabalho executado. Quando pensamos na profissão docente essa falta de incentivo ocorre não só no âmbito salarial, mas também do prestígio destes profissionais dentro da própria sociedade. Isso começa já na etapa de formação inicial, onde os cursos de licenciatura são tidos como inferiores as outras graduações (GOULART, GUIDOTTI e SPOHR, 2018).

Somado a isso, temos a dificuldade, e trabalho, associados aos cursos de pós-graduação. Na maioria das vezes, há de se dispor um tempo, que muitos professores da educação básica não possuem, para a realização das atividades acadêmicas. Logo, mesmo que cursar uma pós-graduação signifique um acréscimo na qualificação profissional, já que, conforme Corrêa e Ribeiro (2013) irá desenvolver o que os autores denominam de *habitus científico* e *habitus pedagógico*, há de se considerar a situação delicada que se encontra o magistério gaúcho (GOULART, GUIDOTTI e SPOHR, 2018).

05. Possui licenciatura em Física?

Figura 15 – Gráfico relativo a formação em licenciatura em Física



Fonte: Autores, 2020.

Antes de realizarmos qualquer tipo de análise é preciso considerar o contexto no qual foi desenvolvida a pesquisa. A cidade de Uruguaiana-RS é, reconhecidamente, uma região carente de professores da área de Ciências da Natureza. Isso fica explícito a partir do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Licenciatura em Ciências da Natureza (LCN) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

O Curso de Ciências da Natureza - Licenciatura foi criado a partir da reivindicação da comunidade regional, em consulta pública promovida pela Câmara de vereadores da cidade de Uruguaiana, no ano de 2009. Na oportunidade, a demanda apresentada à UNIPAMPA foi de cursos de formação de professores, cuja carência premente foi por docentes para o ensino de química, física, biologia e matemática. (BRASIL, 2009)

O curso em questão é estruturado a partir de uma ótica interdisciplinar, onde o licenciado é habilitado para trabalhar com as três disciplinas, no ensino médio e, com a disciplina de Ciências no ensino fundamental. Logo, era de se esperar, de certa forma, esse tipo de resultado. No entanto, de uns anos para cá, há um crescimento de pólos de ensino EaD e, alguns deles, contam com cursos de Licenciatura em Física. Assim, é interessante notar que, nenhum dos respondentes assinalou o item “**Cursando**”. Esse fato pode ter se dado a falta de interesse destes profissionais em obter o título de licenciado em Física, ou ainda, a falta de recursos financeiros, já que a cidade conta apenas com faculdades privadas.

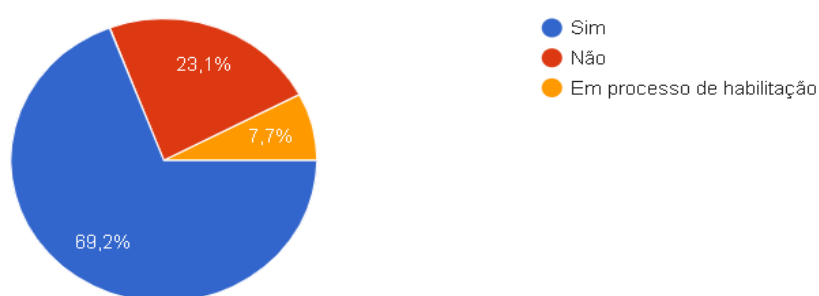
Dentre a maioria dos respondentes, temos um percentual massivo de pessoas que assinalaram o item “**Não**”. Embora tenhamos que considerar os aspectos levantados anteriormente é interessante notar que esse resultado está em consonância com estudos como o de Leonel (2015), que chama atenção para o déficit de professores de Física, elencando documentos que deflagram o problema.

Em 2007 o Conselho Nacional de Educação (CNE/MEC) elaborou um documento alertando para o —apagão do Ensino Médio. Os números foram alarmantes; em algumas disciplinas, o número de professores formados, em dez anos, representa apenas a metade do número necessário para cobrir a demanda nacional. O maior déficit, de acordo com o estudo, está nas áreas de Física, Química, Biologia e Matemática (idem, p.28)

Dados como este, embora chocantes, mostram-se latentes e reforçam alguns dos argumentos que utilizamos anteriormente. Conforme Uibson, Araújo e Vianna (2014), no ano de 2012, 82,3% dos professores de Física do Brasil não tinham licenciatura em Física. De forma complementar a isso, de acordo com Lorenzoni (2008), nos últimos 15 anos, as instituições formaram 13 mil profissionais na área, mas apenas 6.106 atuam no magistério. Esses dados reforçam o resultado que obtemos.

06. Está habilitado para o ensino de Física?

Figura 16 – Gráfico relativo a habilitação dos professores ao ensino de Física

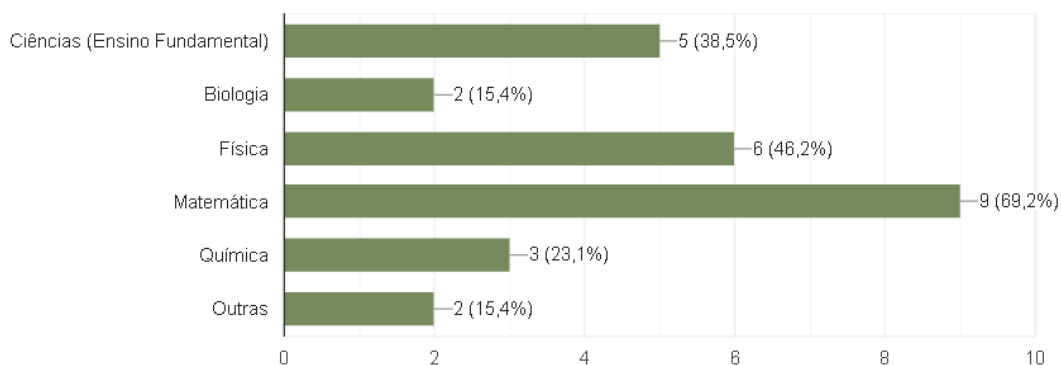


Fonte: Autores, 2020.

Conforme havíamos salientado, ser habilitado ao ensino de física e ser licenciado em Física não são sinônimos. O gráfico acima apresenta que 69,2% (9 docentes) dos professores possuem habilitação para lecionar Física. Além disso, 7,7% (1 docente) está em processo de habilitação, enquanto que 23,1% (3 docentes) não possuem habilitação para trabalhar com a disciplina no ensino médio.

07. Possui habilitação para lecionar quais disciplinas?

Figura 17 – Gráfico representativo da habilitação dos professores por disciplina



Fonte: Autores, 2020.

Chamamos a atenção para o fato de que essa questão possibilita que o respondente assinale mais de um item. Assim, conforme mostra a figura 17, a maioria dos respondentes apontam que estão habilitados a lecionar a disciplina de Matemática. Um fato estranho acontece ao compararmos essa questão com a questão 7. Em 7, é apontado que um quantitativo de 9 professores habilitados para lecionar a disciplina de Física. No entanto, na questão 8 apenas 6 respondentes assinalaram esse item.

Diferentemente do que fizemos na questão 1, onde foi possível inferirmos um erro no preenchimento do questionário, neste caso, não podemos fazer o mesmo. Assim, iremos atribuir essa discrepância de dados a alguma(s) desvantagem(ns) em aplicar um questionário no formato online.

Conforme Vasconcelos-Guedes e Guedes (2007, p. 11), algumas dessas desvantagens consistem em:

- * Respondentes limitados às pessoas com acesso à Internet, que podem não constituir uma amostra representativa da população;
- * Impessoalidade e problemas de privacidade;
- * Dificuldade de incluir incentivos para envio da resposta;
- * Formulários menos atrativos, resultado da falta de formatação e de flexibilidade no layout;
- * Respondentes podem considerar o recebimento da mensagem de e-mail não desejada como uma invasão de privacidade ou “lixo eletrônico”, maior do que no caso do envio pelo correio;
- * Baixo índice de resposta, menores que todos os outros métodos de aplicação de questionário;
- * Baixa confiabilidade nos dados, uma vez que muitos respondentes podem falsificar informações demográficas, que não são passíveis de verificação.

Conforme justificamos (seção 4.3), essa foi a única forma possível de darmos andamento a essa pesquisa.

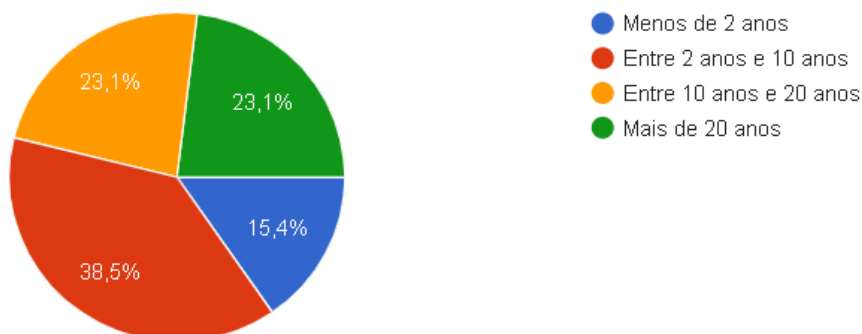
08. A conclusão de seu curso de licenciatura foi:

Figura 18 – Gráfico relativo ao ano de conclusão do curso de licenciatura

Fonte: Autores, 2020

A partir do gráfico acima é perceptível que a maioria dos professores possui uma formação “recente” (**Depois do ano 2000**). Se considerarmos a soma dos outros dois itens assinalados, temos um quantitativo de 46,2%, o que representa 6 professores.

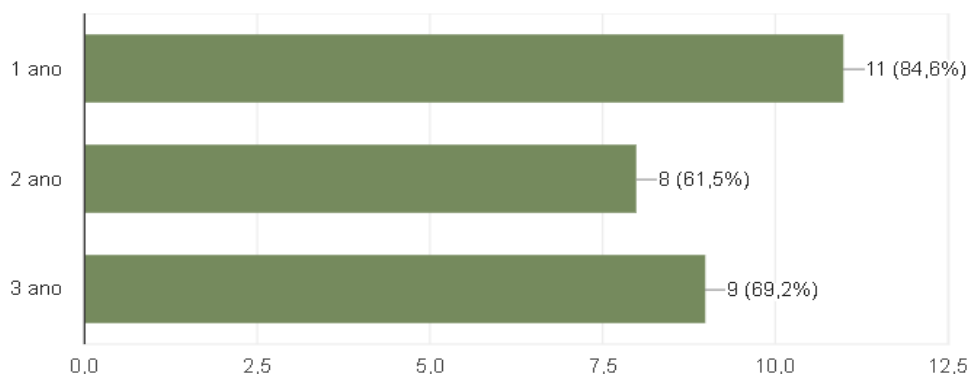
09. A quanto tempo leciona a disciplina de Física no ensino médio?

Figura 19 – Gráfico relativo ao tempo em que os professores lecionam Física

Fonte: Autores

Conforme apresentado no gráfico acima, percebe-se que contamos com uma amostra bem heterogênea quanto ao tempo de atuação na disciplina na rede estadual de ensino. Além disso, se considerarmos a questão 8, temos que uma heterogeneidade também no que se refere ao aspecto formativo. Esse tipo de diversificação amostral é interessante, principalmente, em nossa pesquisa, já que almejamos estruturar uma UEPS.

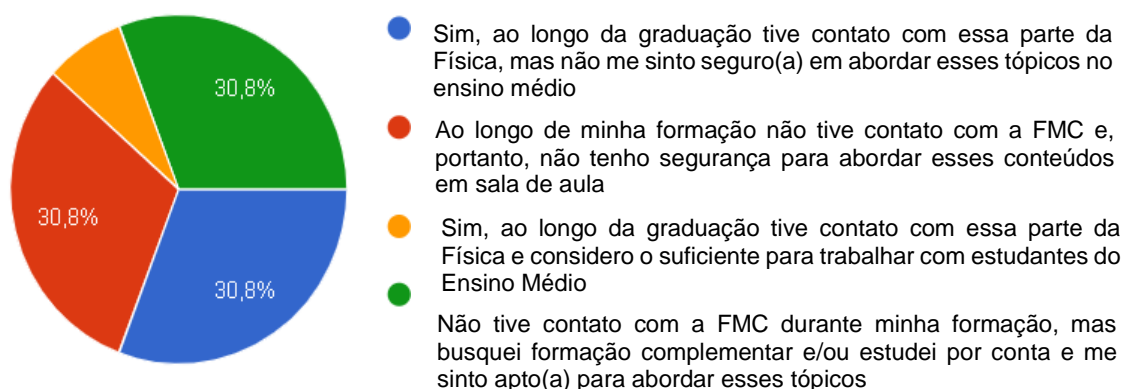
10. Em qual(is) ano(s) você ministra as aulas de Física para o Ensino Médio? (Você pode assinalar mais de uma resposta)

Figura 20 – Gráfico relativo ao ano em que o professor atua

Fonte: Autores, 2020

É possível verificar que os professores, em sua maioria, trabalham com a disciplina em mais de um nível de ensino. Predominantemente, temos que nosso público amostral ministra aulas para os primeiros anos, algo que pode ser um desafio pensando no processo de estruturação da UEPS. No entanto, verificamos que esse percentual é muito próximo ao de professores que atuam com os terceiros anos, onde os conteúdos de FMC são, normalmente, trabalhados.

11. Durante a sua formação você teve algum contato com a parte de Física Moderna e Contemporânea (FMC)? Sente-se seguro para abordar tópicos de FMC no ensino médio?

Figura 21 – Gráfico representando a FMC durante a formação dos professores

Fonte: Autores, 2020

Verificamos uma mesma distribuição de resposta a três dos itens propostos (30,8%). Esse percentual corresponde a 4 docentes, sendo que, a parte amarela, corresponde a 7,6% (1 docente).

A seguir iremos analisar o conteúdo implícito em cada um dos itens propostos, nessa questão, aos participantes da pesquisa.

O item em azul retrata a situação em que o indivíduo durante a sua formação teve contato com tópicos de FMC, mas, mesmo assim, não se sente seguro para abordar esse tipo de conteúdo em sala de aula.

O item em vermelho aponta para o fato de que esse professor não teve acesso a esses conteúdos, possivelmente, por não possuir formação na área, já que estando habilitado para lecionar Física, obrigatoriamente esses conteúdos devem integrar a matriz curricular do curso.

O item em amarelo contempla aqueles sujeitos que tiveram a oportunidade de ver esses conteúdos e julgam sua formação suficiente para trabalhar com eles no ensino médio.

Por fim, o item em verde representa os docentes que não tiveram contato com esses tópicos ao longo de sua formação, mas que, a partir de uma formação complementar¹⁹, buscaram esse tipo de aperfeiçoamento.

Essa questão vem de encontro a possíveis deficiências atreladas a formação inicial dos sujeitos dessa pesquisa. De fato, conforme pode ser visto, apenas 1 dos 13 participantes julgam sua formação suficiente para a abordagem de tópicos de FMC com estudantes de ensino médio.

Costa e Barros (2015), apontam que os problemas relacionados à formação inicial de professores de Física devem ser contextualizados com a formação básica desses sujeitos.

Quer dizer, no ensino médio, a física é ensinada da primeira à terceira série, cobrindo um conjunto extenso de conteúdos desde a mecânica ao eletromagnetismo e, raramente, até a física moderna e contemporânea. Entretanto, a avaliação dos resultados de aprendizagem alcançados ao término desses 3 anos de estudos tem revelado carências crônicas nessa preparação pré-universitária. (COSTA e BARROS, 2015, p. 10985).

Assim, para os autores, a Universidade tem atuado de forma a tentar minimizar as deficiências que os estudantes apresentam, o que, obviamente, vem a comprometer a estrutura dos cursos de formação inicial.

Esse resultado, também é compartilhado por Antonowiski, Alencar e Rocha (2017, p. 51) que nos dizem que

No ensino superior as disciplinas são mais aprofundadas e requer um conhecimento básico que supostamente o acadêmico adquiriu no ensino médio. Sem essa base, a aprendizagem de matérias relacionadas à Física no ensino superior forma uma barreira para a vida acadêmica do aluno, dificuldade essa que é provada a cada semestre com os altos índices de reprovação.

Um dos exemplos trazidos pelos autores para salientar essa dificuldade dos estudantes que rumam ao ensino superior é a dificuldade associada s disciplinas de física básica e as disciplinas de Cálculo. Por conta das lacunas, no ensino médio, em Matemática básica e

¹⁹ Estamos utilizando o termo “Formação complementar” para qualquer tipo de atividade e/ou recurso pedagógico(a) que possibilite a aprendizagem desses tópicos de FMC.

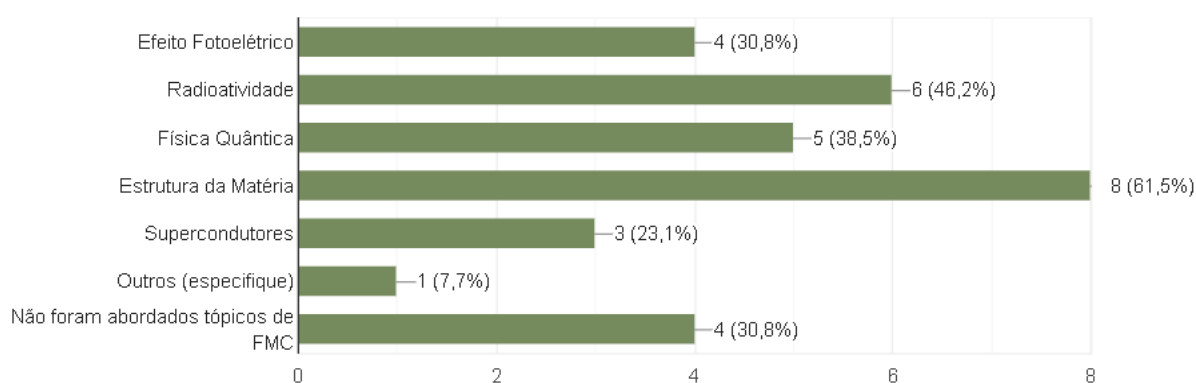
conceitos elementares de Física, há uma dificuldade associada na compreensão dessas disciplinas, já que as mesmas requerem uma maturidade cognitiva mais desenvolvida. Por óbvio, disciplinas mais elaboradas, como a própria Física Moderna, ficam à mercê de que os estudantes tenham bem consolidado vários dos conceitos anteriormente estudados nas disciplinas iniciais da graduação.

Além disso, outro fator trazido por Goulart, Guidotti e Spohr (2018), pode estar relacionado aos formadores desses professores. Ao ser analisado os desafios e expectativas que recaem sobre a formação inicial de professores, os autores apontam que, muitas vezes, os formadores desses professores são bacharéis, ou seja, não possuem formação pedagógica para atuar como docentes nos cursos de licenciatura. Assim, se contextualizarmos isso dentro dos cursos de licenciatura em Física, esse pode ser um dos problemas associados a deficiência na formação inicial.

Outro aspecto, também discutido pelos mesmos autores, está na forma que os cursos, principalmente, aqueles da área de ciências naturais e exatas estão estruturados. Muitas vezes os conteúdos trabalhados são feitos de forma totalmente abstrata e mecanicista, em que ao estudante não cabe raciocinar sobre os problemas, mas sim “decorar” como resolvê-los (GOULART, GUIDOTTI e SPOHR, 2018).

12. Dentre os conteúdos/tópicos abaixo quais foram abordados ao longo de sua formação?

Figura 22 – Gráfico representando os conteúdos vistos pelos professores durante a graduação



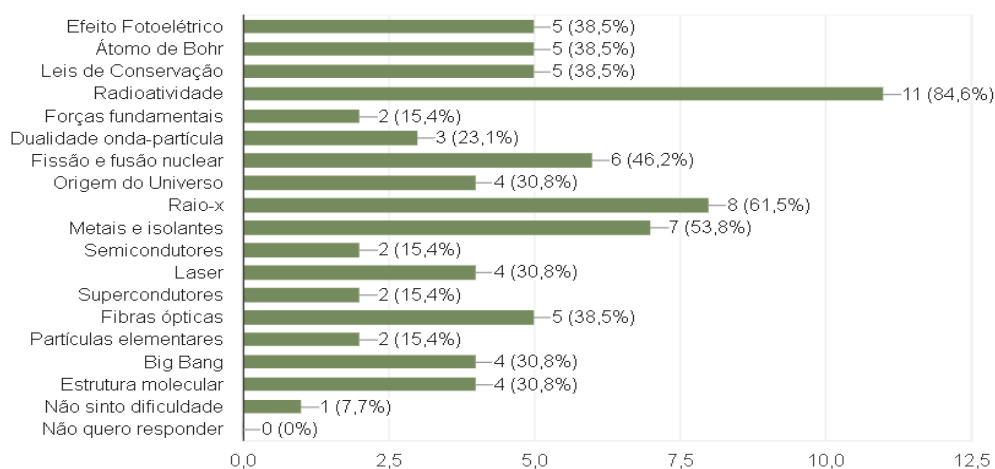
Fonte: Autores, 2020.

Destaca-se o alto percentual relacionado ao conteúdo de estrutura da Matéria e Radioatividade. Ainda, chamamos a atenção para o fato de poucos professores terem assinalado os item “**Supercondutores**” e a única pessoa que assinalou o item “**Outros**” não citou qualquer conteúdo. Era de se esperar que os respondentes citaram, por exemplo, o conteúdo de

Relatividade restrita, conteúdo bem conhecido e, fortemente associado a FMC. Talvez, esse dado possa ter se dado devido a muitos dos respondentes não possuírem formação inicial em licenciatura em Física.

13. Em uma pesquisa desenvolvida por Ostermann e Moreira (2000) os autores listam uma série de conteúdos de FMC que seriam importantes de serem trabalhados no ensino médio. Assinale aquele(s) que você considera mais relevante e que gostaria de abordar em suas aulas.

Figura 23 – Gráfico representando os conteúdos de maior interesse dos professores.



Fonte: Autores, 2020.

Essa questão é fundamental para o desenvolvimento da UEPS. A ideia implícita nela é a de verificar qual dos temas em questão despertaria maior interesse nos professores ao ser abordado.

Os dados mostram que há maior interesse em abordar a temática de Radioatividade (84,6%). Assim, nossa UEPS será estruturada a partir dessa temática. Salientamos que os outros conteúdos assinalados abrem a possibilidade para o desenvolvimento de trabalhos futuros, mas neste trabalho, em virtude do tempo reduzido, nosso foco será direcionado ao item que obteve a maior escolha.

(b) Perguntas Dissertativas

Conforme destacado na seção (4.3) atribuímos a cada participante da pesquisa um nome fictício. A seguir, iremos apresentar um quadro contendo todo o processo de categorização, conforme o referencial da Análise de Conteúdo (AC) (BARDIN, 1977).

Diferentemente do que fizemos no item (a) (Perguntas de múltipla escolha), não iremos apresentar as respostas de cada questão. No entanto, as mesmas podem ser consultadas (Apêndice 02) no final deste trabalho.

Quadro 12- Processo de categorização

Nome fictício	Questão 14	Questão 15	Questão 16	Questão 17
Lucas	Subcategoria: Compreender e relacionar fenômenos do dia a dia.	Categoria: Resposta parcialmente correta	Subcategoria: Foram abordados Subcategoria dificuldades: Dificuldades em conduzir o processo de pesquisa dos estudantes sobre o funcionamento de eletrônicos	Resposta em desacordo com o que foi perguntado
Joana	Subcategoria: Presença dos conteúdos dentro da área médica	Categoria: Resposta parcialmente correta	Subcategoria: Não foram abordados. Subcategoria dificuldades: Laboratório bem carentes e falta de materiais didáticos	Subcategoria: Falta de habilitação e não importância da disciplina no currículo escolar pelos governantes.
Julio	Resposta em desacordo com o que foi perguntado	Categoria: Falta de conhecimento para responder à questão	Subcategoria: Não foram abordados.	Resposta em desacordo com o que foi perguntado
Barbara	Subcategoria: Temas presentes no dia a dia	Categoria: Resposta parcialmente correta	Subcategoria: Indeterminado	Subcategoria: Falta de conhecimento sobre o assunto
Francelly	Resposta em desacordo com o que foi perguntado	Categoria: Resposta parcialmente correta	Subcategoria: Foram abordados Conteúdo: Modelos atômicos Foi mencionado que o trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa levando em conta aspectos históricos	Subcategoria: Falta de laboratório adequado e materiais específicos
Wagner	Subcategoria:	Subcategoria: Não compreendeu a pergunta.	Subcategoria: Indeterminado	Subcategoria:

	Conteúdos que despertam curiosidade.		Subcategoria dificuldades: Falta de laboratório	Falta de recursos na escola.
Vitória	Subcategoria: Fenômenos relacionados ao momento atual	Categoria: Resposta parcialmente correta	Subcategoria: Foram abordados Conteúdos: Raio-x, radioatividade e estrutura molecular. Outros conceitos são citados, no entanto, são conceitos clássicos. Subcategoria dificuldade: Não ser formada na área	Subcategoria: Falta de formação na área e experiência.
Fabício	Resposta em desacordo com o que foi perguntado	Não compreendeu a pergunta.	Subcategoria: Indeterminado	Subcategoria: Falta de laboratório.
Camila	Resposta em desacordo com o que foi perguntado	Categoria: Resposta parcialmente correta	Subcategoria: Indeterminado	Subcategoria: Realidade dos estudantes
Jéssica	Subcategoria: Curiosidade	Não compreendeu a pergunta.	Subcategoria: Indeterminado	Resposta sem sentido
Maurício	Subcategoria: Presença desses temas no cotidiano	Categoria: Resposta correta	Subcategoria: Indeterminado Subcategoria dificuldade: Falta de tempo	Subcategoria: Falta de tempo, falta de laboratório e falta de qualificação profissional
Cristiane	Subcategoria: 1) Curiosidade e motivação dos alunos. 2) Tecnologias atuais 3) Gosto pela Ciência	Categoria: Resposta correta	Subcategoria: Não foram abordados	Subcategoria: 1) Falta de habilidade matemática dos alunos 2) Falta de tempo
Sheila	Subcategoria: Temas instigantes e presentes em nosso cotidiano (também	Não compreendeu a pergunta	Subcategoria: Não foram abordados.	Subcategoria: Falta de tempo

	se encaixa no vermelho)			
--	----------------------------	--	--	--

Fonte: Os autores, 2020.

A partir do quadro 10, iremos apresentar as categorias finais para cada uma das questões. Destacamos que utilizamos a legenda de cores como forma diferenciar as unidades de significado. Assim, ao longo de cada coluna as unidades de significados destacadas podem ser agrupadas entre si, de acordo com suas similaridades, dando origem às categorias finais.

Além disso, é importante salientar que a maioria das categorias que apresentaremos a seguir são oriundas do processo de categorização realizado. Assim, muitas delas foram definidas categorias *a posteriori*, com exceção da questão 15, onde as categorias foram definidas *a priori*.

Para a **questão 14**, temos as seguintes categorias emergentes:

- a) Investigando a curiosidade e motivação dos estudantes do ensino médio a partir de tópicos de FMC.
- b) A compreensão de fenômenos cotidianos e sua relação com a FMC.
- c) A FMC e sua relação com a área médica

Pensando no processo de estruturação UEPS, temos que esse recurso didático deverá reunir os elementos trazidos a partir das três categorias, ou seja, ela deverá ser instigante, de forma que o aprendiz sinta vontade de desenvolver as atividades, deverá ser permeada por problemas/situações cotidianas e estar relacionada a área da saúde.

Com relação à **questão 15**, temos as seguintes categorias emergentes:

- i) Resposta correta
- ii) Resposta parcialmente correta
- iii) Falta de conhecimento para responder à questão
- iv) Não compreensão do que foi questionado

O questionamento feito tinha o intuito de perceber se os professores conseguiam verificar, ou não, qual o erro conceitual associado a afirmação feita. Conforme destacado, foram estruturadas quatro categorias, no qual as respostas fornecidas pelos professores foram enquadradas na categoria que melhor lhes representa.

O quadro abaixo exemplifica alguns dos extratos que compõem cada categoria:

Categorias	Exemplos de extratos que compõe cada categoria
Resposta correta	<i>“Considero equivocado, pois depende da frequência da radiação emitida”.</i>
Resposta parcialmente correta	<i>“O efeito ocorre quando há emissões de elétron em um determinado material”.</i>
Falta de conhecimento para responder à questão	<i>“Não entendo nada disso”.</i>
Não compreensão do que foi questionado	<i>“Acho importante”</i>

Fonte: Os autores, 2020.

Outros extratos que integram cada uma dessas categorias apresentam um perfil semelhante aos exemplos citados no quadro 13.

A partir do quadro 12, temos que apenas dois participantes conseguiram responder satisfatoriamente o que foi perguntado (**Categoria i**). Além disso, um dos participantes cita que não possui conhecimento suficiente para responder à questão (**Categoria iii**); no entanto quatro participantes apresentam respostas sem qualquer sentido com o que foi questionado (**Categoria iv**). Destacamos que não consideramos essas respostas como correspondentes a uma falta de conhecimento com relação à questão, pois deve-se considerar a possibilidade de que esses professores podem, realmente, não ter compreendido o conteúdo da questão.

Outro aspecto que merece destaque é o de que a maioria dos respondentes compreende superficialmente o fenômeno do efeito fotoelétrico (**Categoria ii**). Afirmamos isso, com base na ideia de que a ocorrência do fenômeno do efeito fotoelétrico está ligada a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, mas essa emissão dá-se apenas quando o mesmo é exposto a uma radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta, que depende do material. Conforme pode ser visto no quadro 11, os professores conseguem identificar o fenômeno, mas não explicar o motivo pelo qual ele ocorre.

O desenvolvimento dessa questão se deu a partir da revisão da literatura desenvolvida, onde uma das categorias que chegamos consistia na deficiência na formação de professores (Quadro 08). Obviamente, não se pode afirmar que os docentes possuem ou não dificuldades conceituais sobre os conteúdos de FMC, baseando-se, de forma única e exclusiva, em uma questão que aborda um dos tópicos de FMC. Entretanto, é perceptível a dificuldade conceitual que a maioria dos respondentes possui acerca desse tema. Desconsiderando a **Categoria iv**,

temos um total de duas respostas que estão dentro do esperado (**Categoria i**) e sete respostas que apresentam erro conceitual (**Categoria ii e iii**).

A UEPS a ser desenvolvida tratará sobre a temática de Radioatividade. Embora seja uma temática divergente conceitualmente do efeito fotoelétrico devemos considerar a possibilidade desses professores apresentarem também alguma dificuldade conceitual ao trabalhar com essa temática.

A **questão 16**, apresenta uma particularidade. Na estruturação dessa questão apresentamos três questionamentos aos respondentes. Por conta disso, teremos as categorias associadas a cada uma das perguntas feitas. O quadro abaixo sintetiza os três fragmentos²⁰ da questão e as respectivas categorias “encontradas”.

Quadro 14- Exemplificação do processo de categorização (parte 2)

Fragmentação da questão 16	Categorias a posteriori	Categorias a priori
F1: “Você já abordou tópicos de Física Moderna em suas aulas?”	–	1) Foram abordados 2) Não foram abordados 3) Indeterminado
F2: “Se sim, conte como foi essa experiência, apontando em qual(s) da(s) série(s) a atividade foi desenvolvida, quais conceitos foram abordados, desafios enfrentados, metodologia e recursos utilizados”	–	–
F3: “Além disso, cite alguns desafios que você tem enfrentado para trabalhar essa parte da Física no ensino médio?”	4) Falta de tempo 5) Não possuir formação na área de física 6) Inexistência de um laboratório didático	–

Fonte: Os autores, 2020.

Em F1, por ser uma pergunta direta, definimos previamente, três categorias. Conforme a leitura das respostas não surgiu a necessidade de desenvolver outra categoria. Cabe destacar que os extratos que compõe a **Categoria 3** não possibilitam a compreensão se foram ou não abordados algum tópico de FMC no ensino médio. Como exemplo, trazemos o seguinte extrato: “*Sim e importante...onde despertam a curiosidade dos alunos*”. Essa frase justifica o porquê desse extrato ser enquadrado dentro dessa categoria.

²⁰ Simbolizados por F1, F2 e F3.

Chamamos a atenção para o alto índice de extratos categorizados em “**Indeterminado**”. Nesse ponto, acreditamos que possa ter havido certa inibição dos professores em admitirem que não costumam trabalhar com esses conteúdos, pois tivemos respostas, conforme pode ser visto no exemplo, muito em desacordo com a pergunta feita. Não iremos, nesse caso, atribuir à estruturação da pergunta, pois a mesma é bem clara e pressupõe uma resposta direta.

Com relação ao fragmento F2, infelizmente, nenhum dos respondentes, enquadrados na **Categoria 1**, citou qualquer tipo de metodologia e recursos utilizados em sala de aula. Poucos professores citaram os conteúdos que haviam trabalhado. Entre os poucos conteúdos citados estão: modelos atômicos, raio-x, radioatividade e estrutura molecular. Assim, não foi possível estabelecer qualquer categoria que esteja relacionada ao fragmento em questão.

Uma compreensão possível e que talvez possa justificar essa dificuldade associada a resposta desse fragmento é a não interpretação dos professores a pergunta feita. Outra justificativa possível consiste no fato deles não quererem responder à questão em virtude de sua complexidade.

Como não foi possível verificar, com nosso público amostral, as metodologias e recursos utilizados em sala de aula iremos considerar, no processo de proposição da UEPS, aqueles compreendidos durante o processo de revisão da literatura ao qual desenvolvemos.

Por fim, o fragmento F3 questiona sobre algumas dificuldades enfrentadas pelos professores ao trabalharem com a temática de FMC em sala de aula. Destacamos que surgem categorias muito próximas aquelas que havíamos verificado na revisão de literatura, resumidas a partir do quadro 8.

A questão relacionada a falta de tempo (**Categoria 4**), é algo verificado e discutido na revisão da literatura feita (**Carga horária reduzida da disciplina no ensino médio**)²¹. A disciplina, no ensino médio, é estruturada de forma a contemplar os conteúdos da chamada Física Clássica (FC), o que dificulta que os professores implementam tópicos de FMC em suas aulas.

Outro aspecto verificado é não possuir formação na área. Na revisão da literatura feita, encontramos uma categoria semelhante. No entanto, essa categoria se referia a professores formados na área, mas que, mesmo assim, tinham dificuldades em ministrar os conteúdos de FMC. Já a **Categoria 5** se refere, especificamente, aos professores que ministram a disciplina

²¹ Categoria emergente do processo de revisão da literatura desenvolvido

de Física, mas não possuem habilitação para isso. Assim, ao desenvolvermos a UEPS devemos levar em consideração esse aspecto.

Além disso, outro ponto que requer destaque consiste no fato de que muitos professores justificam a dificuldade em trabalhar com tópicos de FMC devido ao fato de as escolas não possuírem laboratórios didáticos. Embora não tenhamos chegado a esse resultado, uma categoria semelhante pode ser verificada no quadro 08 (**Experimentação**)²². Isso reforça uma ideia limitada e ingênua associada à Ciência (CHALMERS, 1993).

O laboratório didático deve ser visto como um meio e não como uma finalidade. Ao nosso ver, esse tipo de associação pode ser pontuado como uma das dificuldades das escolas públicas brasileiras, e pode, com certeza, interferir no planejamento dos professores que costumam utilizar esse tipo de abordagem em suas aulas. No entanto, esse tipo de justificativa, ao nosso ver, é infundada.

A última questão dissertativa, **questão 17**, apresenta uma conotação muito parecida ao fragmento F3. É perceptível, durante o processo de categorização, a angústia desses professores ao relatarem as dificuldades que os impedem de incluir mais esses tópicos de FMC. As categorias que compõem esses empecilhos, são:

- I) Inaptidão para lecionar física.
- II) Falta de recursos materiais para o desenvolvimento de tópicos de FMC.
- III) Carga horária reduzida da disciplina no currículo do ensino médio.
- IV) Divergência dos conhecimentos de FMC com a realidade dos estudantes.
- V) Dificuldades de matemática elementar por estudantes do ensino médio como limitante para o ensino de FMC.

Essas categorias serão discutidas com maiores detalhes na seção 4.5

4.4.2. Questões de dilemas

Conforme apresentado ao final da seção 4.1, as questões que compõem essa parte do questionário foram obtidas a partir do processo de revisão da literatura desenvolvido, em que geramos categorias (quadro 08) e, a partir delas, estruturamos questionamentos baseados em situações problema. Cada uma das situações elencadas apresenta três possíveis “soluções” (alternativas), em que o respondente deve assinalar aquela que melhor se aproxima da atitude que ele, se estivesse vivenciando aquela situação, tomaria.

²² Categoria emergente do processo de revisão da literatura desenvolvido

Na seção 4.1, traçamos um perfil para cada uma das alternativas que os participantes poderiam selecionar. Iremos utilizar esses perfis de forma a tentar compreender como nosso público amostral se relaciona com as dificuldades e desafios que encontramos durante o processo de revisão da literatura desenvolvido. Todavia, destacamos que, por serem questões fechadas, devemos considerar algumas desvantagens, conforme destaca Chagas [2000?, p.8]

- Exigem muito cuidado e tempo de preparação para garantir que todas as opções de respostas sejam oferecidas ;
- Se alguma das alternativas importantes não foi previamente incluída, fortes vieses podem ocorrer, mesmo quando esteja sendo oferecida a alternativa “Outros . Quais?”;
- O respondente pode ser influenciado pelas alternativas apresentadas.

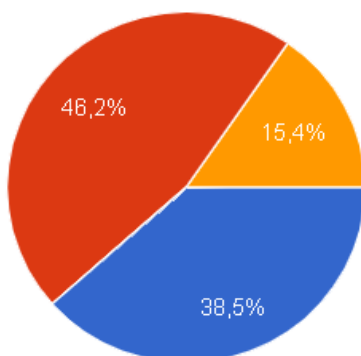
Assim, estamos cientes dessas desvantagens. No entanto, destacamos que, como nos baseamos em uma adaptação realizada a partir do referencial de Pozo et al (2006), algumas dessas desvantagens foram contornadas.

(a) Análise das questões de dilemas

Devido a extensão das questões e suas alternativas, não iremos incluí-las no corpo do texto. Todavia, as mesmas podem ser consultadas no Apêndice 02 deste trabalho. Assim, para facilitar o processo de análise, iremos apresentar o quantitativo que corresponde ao percentual de escolhas de cada uma das alternativas.

A **questão 18** está relacionada à categoria: Dificuldades em operações matemáticas. A figura 24 apresenta o percentual de votos para cada uma das alternativas:

Figura 24 – Gráfico sobre a categoria Dificuldade em operações matemáticas



a) Percentual de 38,5% corresponde a 5 votos

b) Percentual de 46,2% corresponde a 6 votos

c) Percentual de 15,4% corresponde a 2 votos

Fonte: Autores

Chamamos a atenção ao fato de a matemática ser considerada fundamental na compreensão dos fenômenos físicos. Tanto o item **a**, quanto o item **c**, traziam essa conotação. Se levarmos em consideração os votos presentes nos dois itens, temos um total superior ao item

c, que considera ser possível a resposta do questionamento feito pelo aluno a partir de um viés qualitativo.

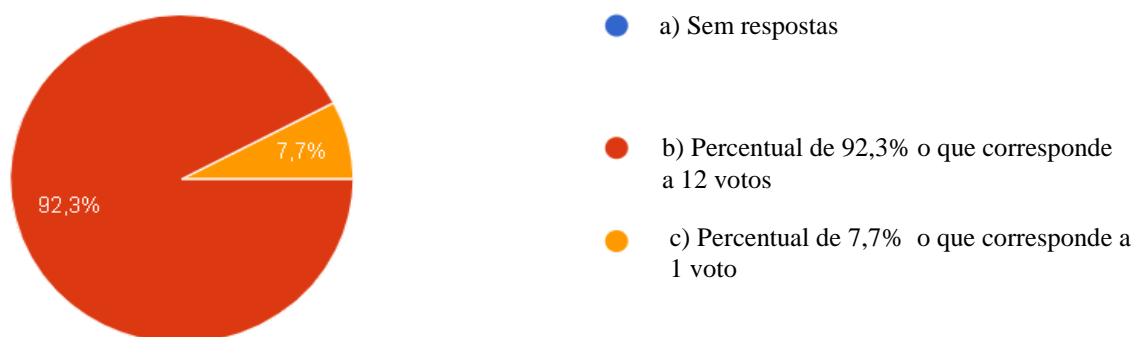
Esse resultado está de acordo com a **questão 17**, mais precisamente, está relacionado a Categoria V. Somado a isso, nosso público amostral possui vasta experiência no ensino de matemática (**questão 01**), assim como também é composto, em sua maioria, por professores habilitados para lecionar matemática (**questão 07**). Com base nisso, esse tipo de pensamento é justificável.

Todavia, mesmo reconhecendo o perfil de nossa amostra e reconhecendo que a inabilidade matemática dos estudantes de ensino médio tem sido um ponto bastante discutido entre os pesquisadores da área de ensino de física é apontada como um dos aspectos que dificultam o ensino de Física (DA SILVA et al., 2018; BODIÃO e ARAÚJO, 2011; FERNANDES, 2016; COSTA e BARROS, 2015) consideramos possível trabalharmos a UEPS sobre Radioatividade em uma perspectiva mais fenomenológica, reduzindo a ênfase matemática e explorando um pouco mais o fenômeno.

Obviamente, como esse é um dos aspectos levantados pelos professores, devemos considerá-lo ao estruturar a UEPS, onde será proposta uma revisão do ferramental matemático necessário para que os estudantes consigam compreender os fenômenos trabalhados no recurso didático desenvolvido e, portanto, seja possível darmos andamento às atividades propostas na UEPS.

A **questão 19** está relacionada a categoria: Empenho e Motivação. O gráfico abaixo traz o percentual de votos para cada uma das alternativas:

Figura 25 – Gráfico sobre a categoria Empenho e motivação.



Fonte: Autores

Destacamos que a maioria dos professores consideram ser necessário motivar os estudantes em querer apreender o conteúdo em questão. É inegável que a motivação apresenta

uma relação idiossincrática com a motivação. Trabalhar um conteúdo em que os estudantes não sintam vontade de aprendê-lo gera um bloqueio no processo de aprendizagem (LOURENÇO e ALMEIDA, 2010). Todavia, se confrontarmos esse resultado com a categoria obtida na **questão 14 (Investigando a curiosidade e motivação dos estudantes do ensino médio a partir de tópicos de FMC)** e as categorias obtidas na **questão 16**, percebemos uma contradição.

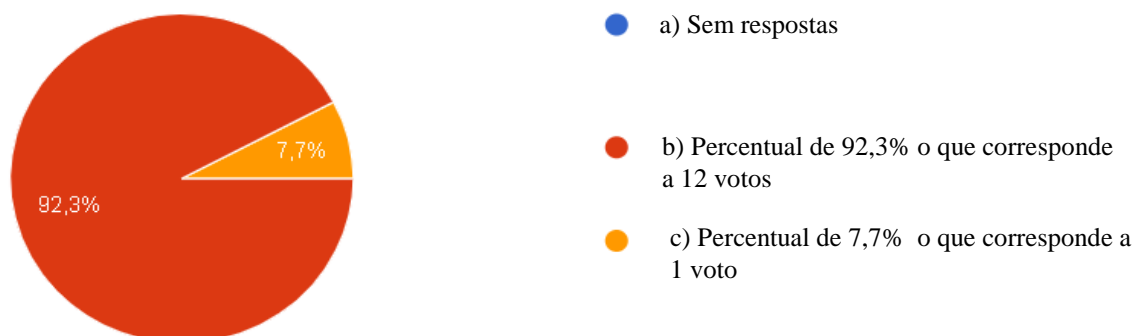
De acordo com a **questão 16** (Fragmento F1) obtemos 3 categorias e, analisando o quadro 11, temos quatro extratos categorizados como “**Não foram abordados**”, seis categorizados como “**Indeterminado**” e apenas três como “**Foram abordados**”. Considerando a hipótese que fizemos com relação a categoria “**Indeterminado**”, temos um total de 10 professores que não abordaram tópicos de FMC no ensino médio. Se excluirmos a categoria “**Indeterminado**”, ainda assim, teremos um total maior de docentes que não abordaram os tópicos de FMC em sala de aula.

Assim, o resultado obtido nessa questão e a categoria obtida na **questão 14** mostram que esses professores reconhecem a importância da abordagem desses tópicos em sala de aula, no entanto, não os implementam em sala de aula. Esse resultado é coerente ao que obtivemos durante a revisão da literatura que desenvolvemos.

Por fim, cabe reiterar que um dos participantes opta por assinalar o item **c**. Esse item, conforme discutimos na seção 4.1, procura “motivar” os estudantes a partir do argumento de que é necessário que eles aprendam esses conteúdos, pois os mesmos integram a lista de potenciais conteúdos que serão cobrados nos principais vestibulares brasileiros. Infelizmente, um dos professores da nossa amostra compartilha com esse tipo de pensamento. Acreditamos que por desconhecimento de documentos oficiais (PCNs e DCNEM) e de pesquisas relacionadas ao ensino de física, sobre a temática em questão, é que se dá esse tipo de concepção.

A **questão 20** está relacionada a categoria: Carga horária reduzida da disciplina. A figura 26 traz o percentual de votos para cada uma das alternativas:

Figura 26 – Gráfico sobre a categoria Carga horária reduzida da disciplina.



Fonte: Autores

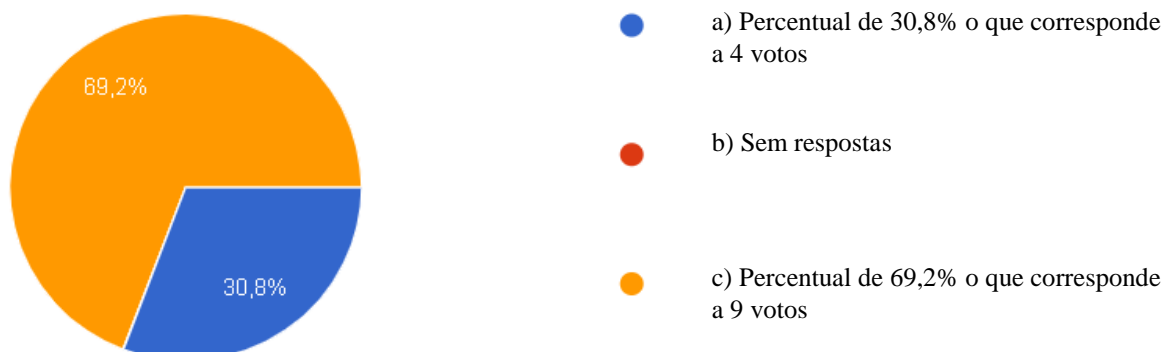
Observe que quase a totalidade dos professores opta pelo item **b**, o que reflete que consideram importante trabalhar tópicos de FMC. Essa constatação recai, novamente, nas reflexões e considerações que fizemos na questão anterior, ou seja, mostra-se contraditório pensamento dos professores se compararmos os dados dessas duas questões com as questões do questionário diagnóstico.

Possivelmente, a mesma pessoa que assinalou o item **c**, na questão anterior, manteve sua convicção ao assinalar essa opção. Logo, destacamos que as duas questões estruturadas foram pensadas de forma simbiótica. A categoria empenho e motivação refere-se ao aluno, mas ressaltamos que o professor possui papel fundamental no processo de instigar esses aspectos no estudante. Assim, embora tenhamos conteúdos programáticos distribuídos ao longo dos três anos do ensino médio, não há um documento que impeça o professor de abordar um conteúdo em específico. Com isso, queremos dizer que, embora a carga horária da disciplina seja realmente pequena, variando de 2 a três períodos semanais, a seleção desses conteúdos pelo professor, na maioria das vezes, tem como parâmetro aquilo que ele considera ser importante para seus alunos.

Para exemplificar esse ponto de vista, trazemos um extrato da resposta fornecida por Cristiane, ao responder à **questão 16**: “*Única disciplina que abordei tópicos de FM foi no superior. No ensino médio, tenho uma dificuldade imensa em conseguir abordar os principais assuntos da física clássica, imagina Física Moderna*”. Para essa professora, fica claro que os conteúdos da Física Clássica devem ser trabalhados prioritariamente, mesmo que muitos deles não possuam qualquer significado aos estudantes (MOREIRA, 2017).

A **questão 21** está relacionada a categoria: Experimentação. A figura 27 apresenta o percentual de votos para cada uma das alternativas:

Figura 27 – Gráfico sobre a categoria Experimentação (I).



Fonte: Autores

A maioria dos professores assinalou o item **c**, o que reflete que eles consideram importante trabalhar com atividades experimentais. Além disso, essa alternativa contempla um perfil de que a experimentação não seja utilizada de forma condecorativa, ou seja, ser desenvolvida apenas para demonstrar que a teoria está “correta”. Já o item **a** assinalado pelo restante dos participantes também acredita na importância das atividades experimentais no ensino de física, no entanto o caráter dessas atividades experimentais deve ser demonstrativo, ou seja, para comprovar a prática.

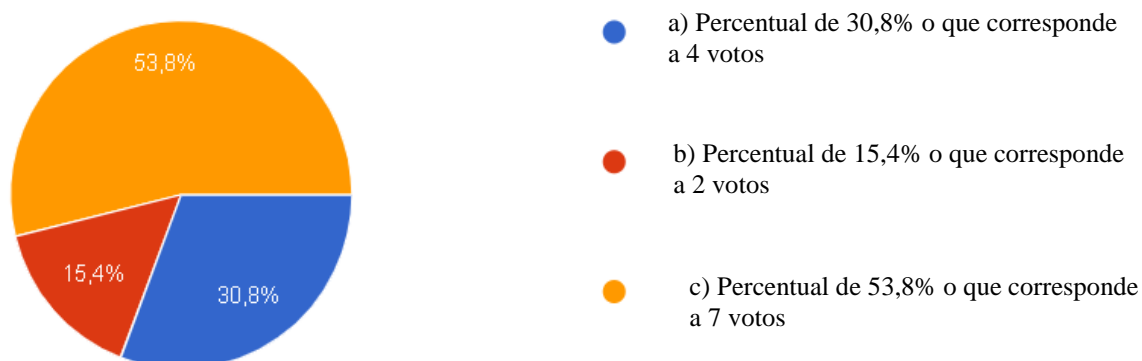
Assim, podemos dizer que nosso grupo amostral acredita que as atividades experimentais são recursos didáticos interessantes a serem desenvolvidos com os estudantes. Esse resultado está de acordo com a revisão da literatura desenvolvida. No entanto, verificamos durante esse processo um espectro reduzido de atividades experimentais relacionadas a abordagem de tópicos de FMC.

Quando perguntamos sobre os fatores que impedem esses professores de abordar mais tópicos de FMC em sala de aula, um aspecto amplamente citado foi a ausência de laboratórios didáticos inadequados para a utilização (**Questão 16**). Infelizmente, esses problemas relacionados a infraestrutura das escolas públicas é um fator que limita o trabalho dos professores, no entanto, recursos didáticos podem ser modificados e adaptados. É nesse sentido que a UEPS desenvolvida será pensada. Levando em consideração a relevância que os professores atribuem às atividades experimentais e, principalmente, buscando atividades acessíveis e possíveis de serem realizadas com os estudantes, como por exemplo simulações

computacionais que podem ser utilizadas de formas síncronas ou assíncronas, durante a aula, na escola, ou em casa.

A **questão 22** está relacionada a categoria: Deficiência na formação dos professores. A figura 28 traz o percentual de votos para cada uma das alternativas:

Figura 28 – Gráfico sobre a categoria Deficiência na formação dos professores.



Fonte: Autores

A pergunta em questão trata-se de um conhecimento específico em que os participantes deveriam assinalar a resposta que julgassem correta. Entre as opções, aquela que responde satisfatoriamente o que foi perguntado é o item **c**. Assim, se compararmos com a **questão 15**, que também está relacionada a um conhecimento específico, temos um percentual maior de respostas corretas.

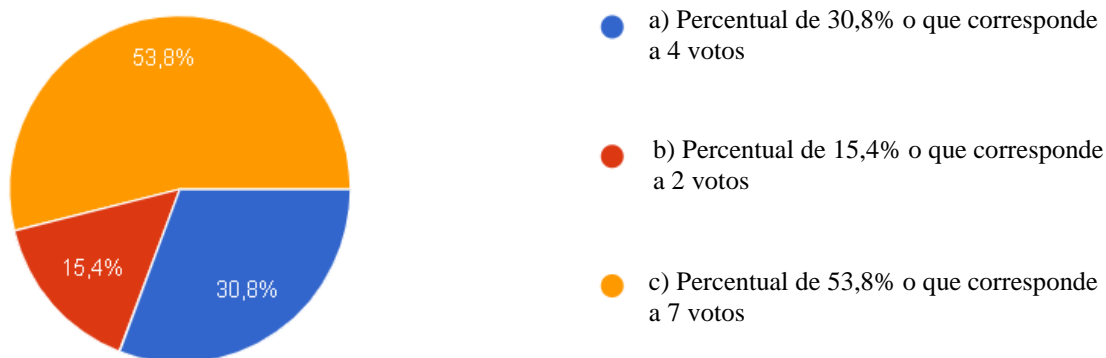
Na **questão 15** chegamos a quatro categorias, sendo que apenas 2 respostas estavam associadas a categoria “Resposta Correta”. Nessa questão, temos 7 respostas corretas. Obviamente, deve-se considerar que a **questão 15**, por ser discursiva, não possibilita ao respondente analisar alternativas, mas sim elaborar uma resposta ao problema dado. Isso vem a dificultar uma possível resposta correta.

Embora tenhamos um percentual maior de respostas corretas para a **questão 22**, se somarmos as respostas dos itens **a** e **b** teremos um percentual 46,2%, ou seja, um valor muito próximo do percentual de acertos. Se compararmos esse resultado com o obtido na **questão 15** é possível inferirmos uma dificuldade, pelo menos em relação a explicação do efeito fotoelétrico e o funcionamento do laser de rubi, por nosso público amostral.

Esse dado reforça nossa hipótese sobre a necessidade de, ao propor a UEPS, estruturar um material de apoio que possibilite aos professores uma base prévia acerca dos conteúdos que serão implementados no decorrer da UEPS.

A **questão 23** está relacionada a categoria: Experimentação. A figura 29 traz o percentual de votos para cada uma das alternativas:

Figura 29 – Gráfico sobre a categoria Experimentação (II).



Fonte: Autores

Nesse sentido, o item **a** traz uma ideia da utilização das simulações como uma forma de motivação aos estudantes. Tivemos um percentual significativo de votos para esse item. Já o item **b**, apresenta uma visão contrária e expõe um descrédito a utilização desse tipo de tecnologia em sala de aula. Tivemos alguns professores que optaram por essa alternativa. Por fim, o item **c**, escolhido pela maioria dos participantes, traz a ideia de que a simulação é apenas mais um recurso disponível ao professor e pode, assim como os demais, ser utilizada como forma de auxílio no processo de aprendizagem.

Tomadas essas perspectivas, verificamos que os professores reconhecem as simulações computacionais como alternativas possíveis de serem desenvolvidas mediante a impossibilidade de realizar atividades experimentais de forma presencial. Esse tipo de recurso tem sido amplamente utilizado, devido a sua praticidade e a possibilidade de alterar variáveis que, muitas vezes, são complicadas de serem feitas em laboratórios didáticos. Além disso, os recursos necessários para que se desenvolva esse tipo de atividade são reduzidos, basta que se tenha um computador e/ou um aparelho celular, materiais que a maioria dos estudantes e/ou escolas possuem.

De acordo com Goulart et al. (2015)

A Física, que lida com partículas subatômicas, corpos em alta velocidade e outros tantos conceitos complexos, a estratégia de simulações computacionais tem sido muito utilizada, por conta de sua facilidade em mostrar os processos envolvidos em cada sistemática. Com isso, ainda são aliados diversos recursos que possibilitam os estudantes realizarem cálculos matemáticos juntos aos fenômenos vistos, o que, estabelece uma interatividade e facilidade maior na compreensão do que está ocorrendo. (Idem, p.4)

No entanto, cuidados devem ser tomados, pois, de acordo com Medeiros e Medeiros (2002, p. 79): “Seria primordial notar-se que um sistema real é muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm simplificações e aproximações da realidade”. Logo, ao adotar esse tipo de atividade, assim como em qualquer recurso didático, cabe ao professor ressaltar as limitações implícitas ao material.

4.5. POSSÍVEL UEPS SOBRE RADIOATIVIDADE

Após desenvolvido todo o processo de análise chegamos ao tema da UEPS: Radioatividade. Podemos compreender os resultados obtidos pela FMC a partir de três grandes esferas: a teoria da Mecânica quântica, a teoria da Relatividade e a teoria da Física nuclear. Nossa temática está alocada na chamada Física nuclear.

De acordo com Avancini e Marinelli (2009, p.29) “A radioatividade consiste em um fenômeno no qual o núcleo emite partículas provenientes de sua estrutura original ou que são criadas por algum tipo de transformação ocorrida nesta estrutura”. Com relação a importância do estudo desse fenômeno, os autores destacam que o mesmo possui uma série de aplicações industriais, médicas, geração de energia, dentre outras (AVANCINI e MARINELLI, 2009).

Conforme destacado pelos autores este é um tema muito rico e de ampla possibilidade de abordagem. Dentre os aspectos positivos temos a implicação direta da radioatividade nas áreas de pesquisa, onde em diversos processos físicos e biológicos investigativos é empregado material radioativo (exemplo: ração de animais e pesquisa de plantas). Já no que diz respeito ao meio ambiente, a análise por irradiação com nêutrons é fundamental para que se possa mensurar quantidades ínfimas de poluentes e o uso de traçadores ativos auxilia na detecção da origem de vazões de água e de contaminantes. Além disso, temos a datação por carbono-14 que auxilia o trabalho em áreas como a paleontologia. (SIQUEIRA, 2017)

Na medicina, é frequente a utilização no diagnóstico e tratamento de doenças a partir de radiofármacos, obtidos a partir de radioisótopos. Esse tipo de tecnologia auxilia no diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer.

De acordo com Siqueira (2017, p.81)

Na medicina nuclear, os radiofármacos são injetados no paciente, concentrando-se no local a ser examinado e emitindo radiação, que, por sua vez, é detectada no exterior do corpo por um detector apropriado, que pode transformar essa informação em imagens, permitindo ao médico observar o funcionamento daqueles órgãos.

No entanto, não é incomum, quando mencionada a palavra radioatividade, ocorrer uma associação a alguns desastres nucleares, como: a explosão do reator na usina de Chernobyl²³ (1986), o desastre radioativo ocorrido em Goiânia (1987) e, mais recentemente, a catástrofe ocorrida na usina de Fukushima (2011). Ou seja, esse tipo de temática, embora tenha decorrido de fatos lamentáveis em nossa história, geram curiosidade e interesse e, é a partir dessa perspectiva, da utilização da radioatividade a partir da geração de energia, que iremos estruturar a nossa UEPS.

Isso não quer dizer que os outros aspectos relacionados à radioatividade não possam estar presentes dentro da UEPS desenvolvida. No entanto, o foco principal dessa sequência didática consistirá na comparação, a título de prós e contras, entre o funcionamento de uma usina termoeletrica e uma usina nuclear no desenvolvimento de energia elétrica. Pensamos o processo de estruturação dessa UEPS a partir de uma temática que fosse significativa ao contexto local.

Assim, a temática que julgamos significativa emerge a partir da retomada, em 2015, das atividades da usina termoeletrica de Uruguaiana-RS, que estavam paradas desde 2009, com a capacidade para abastecer mais de dois milhões de residências (G1-RS, 2015). Essa usina termoeletrica opera com gás natural.

A usina termoeletrica de Uruguaiana-RS, inaugurada em 2000, operou poucas vezes. Nos anos de 2013 e 2014, em caráter emergencial para economizar água nos reservatórios das hidroelétricas durante o verão. As justificativas para sua baixa utilização decorrem do alto custo desse tipo de energia e, principalmente, da dependência direta de fornecimento de gás natural, importado da Argentina (G1-RS, 2015).

No dia 2 de setembro de 2020, a usina termoeletrica de Uruguaiana foi vendida para a empresa Argentina Saesa, o que significa que a produção de energia elétrica será toda fornecida para a Argentina. No entanto, o deputado Frederico Antunes, salienta que há a possibilidade de que futuramente a usina volte a enviar energia para o Brasil. (ACONTECE MAIS, 2020).

Com relação a importância da usina termoeletrica para a região de Uruguaiana-RS, é destacável que:

A AES Uruguaiana foi a primeira usina a operar com gás natural no Brasil. A geradora iniciou suas atividades em 2000 e tem capacidade instalada de 639 MW (o que corresponde a cerca de 15% da demanda média de eletricidade do Rio Grande do Sul).

²³ Acidente nuclear que atingiu maiores proporções na história da humanidade.

O deputado cita que a reativação da térmica gaúcha representará uma arrecadação superior a R\$ 25 milhões para Uruguaiana (se a estrutura produzir energia por um ano inteiro). (JORNAL DO COMÉRCIO, 2017)

Assim, pretendemos ao longo da estruturação da UEPS conduzir discussões que estejam ancoradas a partir da seguinte possibilidade: “E se, ao invés de termos uma usina termoeletrica fosse implementada uma usina nuclear?”. Obviamente, esse tipo de situação é irreal e, completamente, improvável. No Brasil, possuímos apenas duas usinas nucleares ativas (Angra 1 e 2) e uma em construção (Angra 3), todas localizadas no Rio de Janeiro.

Acreditamos que esse tipo de situação seria uma alternativa interessante para introduzirmos nossa temática, pois estaríamos utilizando um bem de alta relevância para o contexto local (usina termoeletrica) e comparando, através de uma situação hipotética, com uma usina nuclear. Essa possibilidade se sustenta a partir da lógica, relacionada ao funcionamento, que ambas compartilham, sendo que a única diferença no processo de geração de energia é a matéria prima utilizada.

Com isso, o objetivo central da UEPS desenvolvida é de compreender o funcionamento de uma usina nuclear e das suas implicações em comparação com uma usina termoeletrica. Para que isso seja possível, destacamos que é necessário considerar os aspectos que mapeamos anteriormente durante a análise dos dados, em que alguns elementos devem ser incorporados à UEPS e/ou trabalhados anteriormente a sua aplicação para que a mesma consiga atender a demanda dos professores

Assim, podemos dizer que devem ser considerados os seguintes aspectos

- Revisar o ferramental matemático necessário para que os estudantes possam compreender os conceitos trabalhados.
- Utilizar materiais acessíveis e de fácil acesso aos professores.
- Ser compacta, de forma a apresentar um número considerável de conceitos.
- Ser contextualizada com problemas que sejam perceptíveis aos alunos, como por exemplo, sua aplicação na área da saúde.
- Ter um enfoque sobre o fenômeno físico, mas sem desconsiderar a linguagem matemática associada a ele.
- Ser estruturada de forma a abranger o maior número de recursos didáticos possíveis²⁴.

²⁴ Nota: Esse é um dos resultados retirados da revisão da literatura desenvolvida, já que com o questionário, não foi possível uma conclusão.

Cabe destacar ainda que será desenvolvida uma plataforma digital que contenha alguns materiais, já disponíveis na internet, que possibilite aos professores revisarem, se necessário, os conceitos que serão trabalhados na UEPS sobre Radioatividade.

CAPÍTULO V

5. PROPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DA POSSÍVEL UEPS SOBRE RADIOATIVIDADE

Nesse capítulo iremos apresentar e tecer algumas justificativas aos passos delineados ao propormos a UEPS. Para isso, levaremos em consideração todo o processo de análise feito anteriormente e, a partir disso, apresentaremos uma possibilidade de UEPS a ser trabalhada com essa temática. Além disso, ao final do capítulo, serão feitas algumas sugestões de alterações que poderiam ser feitas na UEPS para trabalhar os mesmos assuntos, a partir de outra perspectiva. Nesse sentido, destacamos que a ideia não é oferecer um modelo pronto, de modo que os professores tenham nele uma estrutura rígida e imutável, mas sim um caminho para que possam reestruturar essa UEPS a partir de outras perspectivas.

5.1. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE

(a) Aspectos gerais da UEPS

1. Tema: Radioatividade

2. Título: Explorando os conceitos de radioatividade a partir de um comparativo entre uma usina nuclear e uma termoeletrica.

3. Justificativa da UEPS:

A partir do processo de análise desenvolvido, apresentado ao longo do Capítulo IV, verificou-se que há um interesse, por parte dos professores, em trabalhar com essa temática. Conforme destacamos ao longo de todo trabalho, quando escolhemos propor uma UEPS, em interação com os professores de Física do município de Uruguaiana-RS, fizemos isso na expectativa de que esses professores trouxessem, a partir de suas experiências em sala de aula, as dificuldades que encontram para trabalhar com tópicos de FMC.

Além disso, a temática definida, se trabalhada a partir da perspectiva que propomos, apresenta uma possibilidade de que os estudantes compreendam as diferenças e similaridades entre uma usina nuclear e termoeletrica, bem como consigam estabelecer as vantagens e desvantagem na utilização de um ou outro tipo de energia. Esse tipo de exercício é fundamental

no processo de aprendizagem, pois tende a levá-los estruturar um cenário hipotético e compreender, a partir da comparação proposta, se é viável a instalação de uma usina que funcione a partir de material radioativo no município.

4. Conteúdos abordados:

A seguir, estão listados os conteúdos que serão abordados no decorrer da UEPS que propomos: o núcleo atômico, descoberta da radioatividade, radioatividade, decaimentos radioativos, tempo de meia-vida, fissão nuclear e geração de energia.

5. Objetivos

5.1. Objetivo Geral: Compreender o funcionamento de uma usina nuclear, utilizando como análogo uma usina termoeletrica, no processo de geração de energia elétrica.

5.2. Objetivos específicos:

- Revisar conceitos relacionados ao modelo atômico.
- Comparar uma usina termoeletrica e uma usina nuclear.
- Apresentar os benefícios e malefícios associados à energia nuclear.
- Definir o conceito de radioatividade
- Distinguir os processos de fissão e fusão nuclear
- Demonstrar o processo de decaimento radioativo
- Compreender o conceito de desintegração radioativa.

6. Sugestão de tempo: sequência de 11 aulas de 50 min

(b) Sequência de ensino

A UEPS que iremos propor está fundamentada a partir das asserções de Moreira (2011), discutidas na seção (2.3.2) deste trabalho.

1° Passo- Definição de conceitos: a partir do objetivo geral apresentado e da delimitação do tema proposto, identificamos os conteúdos necessários para que os estudantes consigam compreender o funcionamento de uma usina nuclear no processo de geração de energia elétrica²⁵

2° Passo-(50 min, equivalente a 1 aula)- Situação inicial: Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Para que os estudantes externalizem seus conhecimentos prévios sobre Física Nuclear, o professor deve orientá-los a construir Mapas Conceituais (MC's). Logo em seguida eles deverão responder um pré-teste (Apêndice 05).

3° Passo-(150 min, equivalente a 3 aulas)- Situações-problema iniciais: Como forma de facilitar a compreensão dessa etapa da UEPS faremos divisão por aulas:

Aula 02 (50 min)- De forma a iniciar as discussões o professor deve solicitar que os estudantes disponham suas classes em formato circular e, em seguida, deve projetar a seguinte imagem:

Figura 30 – Usina termoeétrica de Uruguaiana-RS



Fonte: Disponível em:< https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/economia/2020/09/755237-termeletrica-aes-uruguaiana-e-vendida-para-grupo-argentino.html> Acesso em: 24 de out. de 2020.

Algumas questões norteadoras podem ser feitas aos estudantes de forma a gerar as discussões iniciais:

- Vocês sabem o que essa imagem representa?
- Como vocês acham que essa usina funciona?
- Vocês saberiam citar alguns benefícios e malefícios associados a esse tipo de usina?
- De que forma ela produz energia elétrica?

²⁵ A lista de conteúdos está presente no tópico 4 deste capítulo.

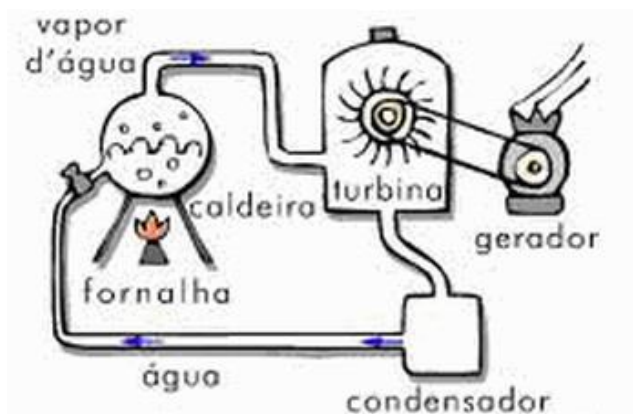
- Você sabia que nossa usina utiliza gás natural como combustível? Você conhece essa substância? Será que poderíamos utilizar alguma outra fonte de combustível?

Como forma de aprofundar as discussões o professor deverá apresentar, através de uma atividade experimental demonstrativa, um protótipo desenvolvido previamente para que os estudantes consigam visualizar como a energia proveniente da combustão é convertida em energia elétrica. O tutorial sobre como montar todo o aparato experimental está disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=iZFsiBg_O0g&vl=pt.

Após a demonstração, o professor deverá propor o seguinte questionamento: **“Quais as transformações de energia observada desde o calor fornecido a partir da combustão do álcool até a geração da energia elétrica nessa demonstração experimental”** (DE FARIA, 2012). O professor deverá aguardar os alunos responderem.

A seguir o professor deverá mostrar aos estudantes o vídeo “Usina termoelétrica”: <https://www.youtube.com/watch?v=TTjEib9IU0c>. Imediatamente, ao término do vídeo, o professor deve projetar o seguinte esquema:

Figura 31 – Esquema de geração de energia elétrica numa usina termoelétrica



Fonte: Disponível em:

<<http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSlYnfgJd0tgZmI6557xgzapwi8oEqotgdgkghOziNY60RPwTwC>>

Acesso em: 24 de out. de 2020.

Após todo esse processo, o professor deve instigar os estudantes a pensarem sobre a importância de cada elemento (Figura 28) e o seu papel no processo de geração de energia elétrica. Essas discussões devem ser feitas de forma que os estudantes consigam compreender, a partir do que foi apresentado, e as discussões feitas, cada um dos elementos que integram uma usina termoelétrica.

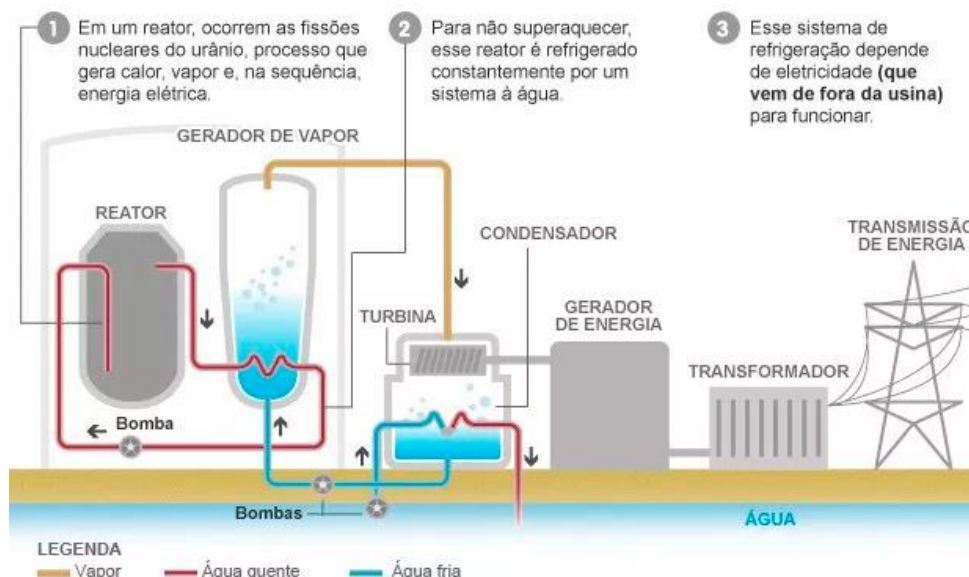
Para finalizar a aula o professor deve solicitar que os estudantes realizem, por escrito, uma associação entre os elementos da Figura 28 e os elementos que compõem o protótipo utilizado na atividade experimental demonstrativa. Essa atividade, juntamente com o questionamento destacado em negrito, devem ser entregues ao professor. Além disso, deve ser solicitado que os estudantes baixem o aplicativo “Física Nuclear” disponível na Play Store para que possam utilizá-lo na próxima aula.

Aula 03 (50 min)- O professor deverá iniciar a aula a partir do seguinte questionamento: “E se, ao invés da usina termoeletrica tivéssemos uma usina nuclear na cidade?”. Algumas questões problema podem ser utilizadas, sempre utilizando a disposição de carteiras adotada na aula anterior:

- Vocês já ouviram falar em usina nuclear?
- O que é necessário para a implementação de uma usina nuclear?
- Vocês saberiam citar alguns benefícios e malefícios associados a esse tipo de usina?
- Como se gera energia elétrica em uma usina nuclear?

Após esse primeiro momento o professor deverá projetar, utilizando um data show, a imagem abaixo:

Figura 32 – Esquema de geração de energia elétrica numa usina nuclear



Fonte: Disponível em: <<https://museuweg.net/blog/como-funcionam-as-usinas-nucleares/>> Acesso em: 24 de out. de 2020.

Imediatamente, após projetar a imagem deve ser proposta a seguinte problemática: **“Existem similaridades entre o funcionamento de uma usina termoeletrica e uma usina**

nuclear?”. Os estudantes devem entregar por escrito a resposta da questão ao professor. Terminada essa atividade deve ser apresentado o seguinte vídeo “Energia nuclear em 2 minutos”: <https://www.youtube.com/watch?v=OzxiQdmTD58>.

Após o vídeo o professor o deve dividir a turma em pequenos grupos (sugerimos 2 grupos por tema) para que, a partir da utilização do aplicativo “Física nuclear”, os estudantes possam realizem uma atividade de pesquisa, tendo por base os seguintes tópicos:

1. Estudos físicos e químicos científicos dos elementos.
2. O desenvolvimento da bomba nuclear durante a Segunda Guerra Mundial.
3. Uso da energia nuclear na esfera civil.

Cabe destacar que, caso a escola disponha de laboratório de informática, os estudantes podem ser conduzidos até ele. Cada grupo deve sistematizar a atividade de pesquisa através de um mapa conceitual e entregar ao professor.

Aula 04 (50 min)- Essa aula deve ser iniciada a partir da socialização dos mapas conceituais construídos por cada um dos grupos. Como teremos para cada temática dois grupos, haverá dois mapas conceituais diferentes para o mesmo tópico, assim caberá ao professor destacar as diferenças apresentadas nos mapas conceituais. Após a finalização das apresentações deve ser distribuído, de forma impressa, a turma o texto²⁶: “A Radioatividade e a história do tempo presente”. O texto deve ser lido de forma conjunta, sempre procurando a interação entre alunos e professor. Nessa aula, o professor deve avaliar a participação dos estudantes durante as duas atividades propostas.

4º Passo-(100 min, equivalente a 2 aulas)- Diferenciação progressiva. Trabalhados conceitos físicos básicos para fins de revisão e posterior aprofundamento dos conceitos envolvidos no funcionamento de uma usina nuclear.

Atendendo a esses requisitos a aula deve ter como início o texto discutido na aula anterior (A Radioatividade e a história do tempo presente). Assim, a discussão pode ser iniciada a partir das seguintes questões:

- O que faz um elemento ser radioativo?
- Todo e qualquer elemento químico é radioativo?

²⁶ MERÇON, F; QUADRAT S. V. A radioatividade e a história do tempo presente. **Química Nova na Escola**, n.19, p.27-30, 2004.

Aula 05 (50 min)- Para responder o primeiro questionamento, o professor pode partir da ideia popular de que toda a substância radioativa é fosforescente. Esse tipo de ideia é reforçada, inclusive, em histórias em quadrinho, como as do personagem Superman²⁷.

Figura 33 – Kryptonita é um mineral radioativo que provém do planeta Krypton



Fonte: Disponível em: < <https://liga-da-justica-fanfiction.fandom.com/pt-br/wiki/Kryptonita> > Acesso em: 26 de out. de 2020.

Assim, o professor deve propor aos estudantes a atividade experimental apresentada no apêndice 6. Sugere-se que essa atividade seja realizada em três grandes grupos, em que cada um deles irá “montar” três das soluções propostas. Ao final da atividade os grupos devem apresentar aos colegas as conclusões obtidas ao responderem as questões propostas.

Dando sequência à aula, o professor deve realizá-la de forma expositiva e dialogada, onde os conceitos abordados devem estar relacionados ao tópico: núcleo atômico. Assim, a sequência dessa aula deve ser feita a partir da utilização do quadro negro (ou slides) e datashow.

Para que os estudantes compreendam as discussões teóricas acerca do núcleo atômico é necessário que eles compreendam o modelo atômico; sendo mais específico, o modelo atômico de Rutherford-Bohr. Assim, recomendamos que o professor utilize o simulador “Monte um átomo²⁸” para demonstrar aos alunos: a visualização desse modelo, as partículas presentes no núcleo atômico (prótons e nêutrons) e orbitais (elétrons), a massa atômica dos elementos, carga elétrica e a estabilidade ou instabilidade dos átomos que forem montados.

Ao ser abordado o conceito de estabilidade ou instabilidade atômica deve ser frisado pelo professor o por que ela ocorre. Nesse momento devem ser inseridas discussões acerca de forças fundamentais como: a força nuclear forte (garante a estabilidade dos núcleos) e força eletrostática (prótons sobre os elétrons). Assim, é necessário que o aluno compreenda a

²⁷ Essa ideia pode ser discutida com os estudantes

²⁸ Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom > Acesso em: 27 de out. de 2020.

importância da força nuclear forte na determinação da dimensão atômica, seu caráter (sempre atrativa), sua atuação (pequenas distâncias), sua intensidade (muito intensa) e a relação²⁹ entre os prótons e nêutrons no estabelecimento desse tipo de força. Ao serem discutidas essas características, o professor deve projetar uma tabela periódica e mostrar que, a partir dos elementos mais instáveis (acima de 82 prótons).

Após serem explorados cada um dos conceitos citados no simulador, com diferentes elementos químicos, sugerimos que o professor vá em direção a lousa, ou a partir dos slides elaborados, e ilustre a representação simbólica que utilizamos para representar os elementos químicos.

Exemplo:



Número atômico (Z): 26, mesmo número de prótons (p)

Número de massa (A): $A = Z + N$, em que N é o número de nêutrons.

Por fim, deve ser discutido o conceito de isótopo e isóbaros. Como, infelizmente, o simulador computacional apresenta apenas dois orbitais, o único isótopo radioativo que pode ser mostrado aos estudantes são os isótopos do hidrogênio (deutério e trítio).

Ao final da aula, o professor deve solicitar que os estudantes respondam a seguinte questão: **“Para você o que é radioatividade?”**. Essa questão deve ser respondida e entregue ao professor.

Aula 06 (50 min)³⁰- Para iniciar essa aula o professor deve ter analisado as questões respondidas pelos alunos sobre a definição dada por eles sobre radioatividade. Assim, utilizando o quadro negro, devem ser destacadas palavras-chave encontradas nas respostas e, a partir disso, deve ser solicitado aos alunos que argumentem o por que escolheram aquelas palavras para a definição solicitada. Após toda a etapa de discussão, o professor deve apresentar a definição formal de radioatividade e a partir dela trabalhar, através de uma aula expositiva e dialogada, os conceitos emergentes dessa definição (Apêndice 07). O material do apêndice 07 deve ser entregue impresso aos estudantes.

²⁹ Não é necessária discussões mais elaboradas sobre a origem desse tipo de força (interação entre quarks e glúons) que é descrita pela cromodinâmica quântica.

³⁰ Sugere-se que essa aula seja desenvolvida no laboratório de informática.

Quando o professor for abordar o tópico 3 (Desintegração nuclear) sugerimos que ele utilize as simulações computacionais: 1) “Decaimento alfa³¹” e 2) “Decaimento beta³²”. O professor deve instruir os alunos de forma que eles manipulem a simulação computacional. A partir dos simuladores o professor pode propor as seguintes questões:

(a) Questões relacionadas ao Decaimento alfa³³

1. Inicialmente um átomo de polônio de número de massa 211 sofre o decaimento liberando uma partícula alfa retornando a um estado estável, transformando-se em outro núcleo, ou seja, outro elemento químico. Isso quer dizer que a partícula alfa altera o átomo transformando-o em um átomo mais ou menos energético?
2. Descreva o decaimento do núcleo de polônio-211.
3. Quando variou energia, percebeu-se que a meia-vida do elemento aumentou ou diminuiu, há alguma relação entre a energia e o tempo de meia-vida?

(b) Questões relacionadas ao Decaimento beta³⁴

1. Acerca do decaimento beta, leva-se em consideração que a característica principal do decaimento está no elétron (pósitron) emitido. Seria a partícula beta um elétron? Explique sua resposta.
2. Seja o decaimento, alfa, beta ou gama, qual a diferença entre essas partículas? Descreva como ocorrem os decaimento alfa e beta.

Essas questões devem ser resolvidas e entregues ao professor.

5º Passo-(100 min, equivalente a 2 aulas)- Diferenciação progressiva. Conteúdos introduzidos inicialmente partindo de ideias mais gerais e inclusivas, progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades.

³¹ Disponível em:< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/alpha-decay> Acesso em: 28 de out. de 2020.

³² Disponível em:< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay> Acesso em: 28 de out. de 2020

³³ DA SILVA, H. M. **O uso de simulações computacionais para o Ensino de Física Nuclear**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física), Universidade Federal Fluminense (UFF), 2019

³⁴ DA SILVA, H. M. **O uso de simulações computacionais para o Ensino de Física Nuclear**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física), Universidade Federal Fluminense (UFF), 2019

Aula 07 (50 min)- Para iniciar essa aula, o professor deve propor que os alunos assistam, em sala de aula, o documentário “Chernobyl: A História Completa³⁵”. Após o término do documentário, o professor deve propor que devem ser lançadas para discussão, as seguintes questões apresentadas no documentário:

- 1- Qual o contexto histórico relacionado a implementação do plano nuclear russo, durante a Guerra Fria, pela antiga União Soviética (URSS)?
- 2- A partir do vídeo, o que você entendeu que seria o fenômeno de fissão nuclear?
- 3- Vocês saberiam explicar por que ocorreu a explosão no reator 4 da Usina Nuclear Vladmir Ilych Lenin, localizada na cidade de Chernobyl?
- 4- No documentário é citado que são utilizadas pastilhas de Urânio-235, um dos isótopos do urânio, como combustível para a usina nuclear. O decaimento realizado no reator nuclear RBMK-1000 é artificial ou natural?

Essas questões devem ser discutidas com os estudantes de forma que se gere um debate. Assim, o professor deve ouvir os estudantes, fazendo as considerações que forem relevantes ao contexto da pergunta, mas deve ter cuidado para não fornecer respostas prontas, pois a ideia é que os alunos consigam relacionar as questões com o documentário. Além disso, ao final dessa aula, deve ser solicitado que os estudantes realizem uma pesquisa, em casa, sobre o seguinte tema: **“No Brasil temos duas usinas nucleares em funcionamento (Angra 1 e Angra 2) e uma com sua construção interrompida devido a operação Lava Jato. Os reatores utilizados nessas usinas são os mesmos utilizados na Usina Nuclear Vladmir Ilych Lenin (RBMK-1000)? Caso sua resposta seja negativa, aponte as principais diferenças”**.

Essa atividade de pesquisa deve ser entregue ao professor na aula seguinte.

Aula 08 (50 min)³⁶- O professor deve começar essa aula retomando dois questionamentos debatidos na aula anterior (2). A partir da retomada dessas discussões deve ser proposto que os estuda que manipulem o simulador computacional “Fissão Nuclear”³⁷. Nesse primeiro momento, deve ser explorada a primeira aba do simulador, denominada de “Fissão: um núcleo”. A partir deste simulador o professor deve questionar os estudantes se a definição dada por eles

³⁵ Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=DiGqjYkRQ6o>> Acesso em: 28 de out. de 2020.

³⁶ Essa aula deve ser ministrada no laboratório de informática da escola

³⁷ Disponível em:< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/nuclear-fission> Acesso em: 28 de out. 2020.

está coerente com o que perceberam a partir da simulação computacional e, após isso, deve ser introduzido o conceito formal de fissão nuclear (Apêndice 07, apresentar todo tópico 4). Após feitas essas discussões, o professor deve solicitar que os alunos retornem ao simulador e manipulem a aba “Reação em cadeia”. A partir disso, deve ser proposto o seguinte problema: **“Em algumas situações o nêutron colide com o núcleo de Urânio–238 formando um Urânio–239, nesse caso não ocorre a reação em cadeia.”** Sobre essa questão deve ser discutida a diferença entre um material fissionável e um material fértil. Após a discussão, é importante que o professor mostre a equação de reação nuclear do urânio-235, bem como a reação em cadeia desse radioisótopo (esses fenômenos são observáveis no simulador). Por fim, o aluno deve manipular a aba “Reator nuclear”, a partir das instruções do professor, de forma que consiga compreender como se dá o processo de superaquecimento em um reator.

Terminado essa simulação, o professor deve levantar a seguinte questão: **“Como sabemos, nos dias de hoje, que alguns locais em Chernobyl ainda apresentam altos índices de radiação?”**. De forma a fomentar discussões a respeito desse assunto, o professor deve entregar de forma impressa o texto “Por que Hiroshima e Nagasaki são habitáveis e Chernobyl não?”³⁸.

Dando sequência à aula, o professor deverá apresentar outro grande acidente radioativo, ocorrido no Brasil, que ficou conhecido como o acidente radiológico de Goiânia (césio-137). O professor deve apresentar a matéria “Césio 137: o mais grave acidente radiológico do Brasil completa 30 anos”³⁹. A partir do documentário devem ser discutidas questões gerais relacionadas a influência da radioatividade em organismos vivos. Além disso, de forma a introduzir o conceito de tempo de meia-vida, o professor deve propor o seguinte problema:

01- (FUVEST-2017) O ano de 2017 marca o trigésimo aniversário de um grave acidente de contaminação radioativa, ocorrido em Goiânia em 1987. Na ocasião, uma fonte radioativa, utilizada em um equipamento de radioterapia, foi retirada do prédio abandonado de um hospital e, posteriormente, aberta no ferro velho para onde fora levada. O brilho azulado do pó de césio 137 fascinou o dono do ferro velho, que compartilhou porções do material altamente radioativo com sua família e amigos, o que teve consequências trágicas. O tempo necessário para que metade da quantidade de césio 137 existente em uma fonte se transforme no elemento não

³⁸ Disponível em:<

https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150808_hiroshima_nagasaki_chernobil_rm> Acesso em:28 de out. de 2020.

³⁹ Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/6123510/>> Acesso em: 29 de out de 2020.

radioativo bário 137 é trinta anos. Em relação a 1987, a fração de césio 137, em %, que existirá na fonte radioativa 120 anos após o acidente, será, aproximadamente,

- a) 3,1. b) 6,3. c) 12,5. d) 25,0. e) 50,0

A partir desse problema, o professor deve questionar o que os estudantes entendem por tempo de meia-vida e, então, dar seguimento à aula utilizando o apêndice 07 (tópico 5). Ao final dessa aula expositiva e dialogada, esse exercício deve ser entregue ao professor.

Sugerimos que para o desenvolvimento dessa aula seja realizado utilizando o quadro negro, pois irá envolver alguns procedimentos algébricos para o cálculo de alguns resultados quantitativos das grandezas envolvidas.

6º Passo-(50 min, equivalente a 1 aula (Aula 09))- Reconciliação Integrativa: Retoma-se as características essenciais dos conteúdos para apresentar novas situações problema em nível de complexidade maior. Para que seja promovida a reconciliação integrativa, o professor deve propor aos estudantes que os mesmos participem do jogo “Zona Radioativa” (Apêndice 08). Como tarefa de casa, deve ser solicitado que os estudantes realizem um Mapa Conceitual partindo do seguinte conceito central: Energia Nuclear. Esse mapa deve ser entregue ao professor.

7º Passo-(100 min, equivalente a 2 aula)- Avaliação somativa individual. Apresenta-se situações problema para que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa.

Aula 10⁴⁰- Para encerrar a UEPS o professor deve propor aos alunos o desenvolvimento de um “Você decide”, baseado em uma situação hipotética. Para começar a atividade o professor deve propor o contexto da situação: **“Por decreto municipal, nossa cidade deverá sofrer uma adaptação. Teremos que abandonar a usina termoeletrica e implantar uma usina nuclear. No entanto, para que essa proposta se concretize ela deverá ser aprovada em um júri”.**

Logo após apresentar o contexto da questão, o professor deve ressaltar que esse júri será composto por:

- Réu (usina termoeletrica);
- Advogado de defesa (estudante que irá defender o réu)

⁴⁰ Aula deve ser desenvolvida no laboratório de informática.

- Testemunha de defesa 1 (irá ajudar o advogado de defesa);
- Testemunha de defesa 2 (irá ajudar o advogado de defesa);
- Testemunha de defesa 3 (irá ajudar o advogado de defesa)
- Advogado de acusação (irá argumentar favorável usina nuclear);
- Testemunha de acusação 1 (irá ajudar o advogado de acusação);
- Testemunha de acusação 2 (irá ajudar o advogado de acusação);
- Testemunha de acusação 3 (irá ajudar o advogado de acusação)
- Restante dos alunos deverão compor o corpo de jurados;
- O professor será o juiz.

Após a divisão dos grupos, nas funções especificadas, os alunos devem realizar pesquisas relacionadas de forma a constituir seus argumentos para o júri. Por exemplo, o grupo que irá defender a manutenção da usina termoeletrica na cidade deverá realizar uma pesquisa reunindo elementos benéficos, além de, obviamente, reforçar aspectos negativos da usina nuclear para tentar convencer o júri ao parecer favorável à manutenção da usina termoeletrica em Uruguiana. Já o grupo de acusação, deverá reunir elementos favoráveis a energia nuclear e que venham a sustentar o por que essa troca seria benéfica cidade.

Caberá ao júri, dividido em subgrupos, pesquisar sobre os dois tipos (usina nuclear e termoeletrica) de forma a ir se inteirando do “caso”. Deve ser destacado que esse processo de pesquisa é importante, pois durante a argumentação de ambas as partes (defesa e acusação) o júri deve tomar nota dos argumentos para embasar a sua decisão.

O professor deverá conduzir todo o processo de pesquisa, no entanto, não deverá auxiliar no processo de construção argumentativa de nenhum dos grupos. A avaliação dessa aula será feita a partir da observação do professor com relação ao comprometimento de cada estudante com a tarefa.

Aula 11⁴¹ (50 min, equivalente a 1 aula): Nessa aula deve ser implementado o júri simulado “Você decide”.

8° Passo- Efetividade da UEPS. Para essa análise devem ser consideradas das avaliações desenvolvidas pelo professor, seja as de registro (mapas, exercícios...) como as de percepções,

⁴¹ Sugerimos que essa atividade seja desenvolvida em um ambiente externo a sala de aula. Um auditório, por exemplo.

durante as atividades propostas. Além disso, propomos uma (re)aplicação do pré-teste aplicado no segundo passo desta UEPS.

5.2. ANÁLISE DA POSSÍVEL UEPS DESENVOLVIDA

Durante o processo de proposição da UEPS dividimos cada passo em aulas de modo que se facilita a compreensão dos professores para uma aplicação futura deste recurso didático. No entanto, nessa etapa de análise, iremos fazer nossas reflexões e justificativas sobre os passos que compõem essa UEPS.

Dentro dessa perspectiva, temos que o primeiro passo está relacionado a etapa preliminar a UEPS: a identificação dos conceitos a serem trabalhados. A partir da definição do tema que seria o estruturante da sequência didática elaborada definimos aqueles os conteúdos que seriam cruciais para que a UEPS atingisse o seu objetivo. Assim, os conteúdos que integram esse recurso didático foram definidos *a priori* pelo autor desta pesquisa.

O segundo passo da UEPS está relacionada a investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes com relação ao tema proposto. Logo, esta é uma etapa fundamental para o andamento das demais fases da UEPS. Os recursos que utilizamos possibilitam que o professor consiga, ao analisá-los, verificar o que os estudantes já conhecem sobre o tema em questão. Utilizamos dois instrumentos: o mapa conceitual e o pré-teste.

Os mapas conceituais (MCs), de acordo com Moreira (2010, p.1): “[...] são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”. Além disso, os MCs possibilitam maior mobilidade a quem está desenvolvendo de forma a fornecer a criatividade e livre arbítrio de seu autor no processo de estabelecimento das relações conceituais atribuídas (CALHEIRO, 2014). Por conta dessas características, acreditamos que os MCs representam aspectos mais gerais e que, portanto, podem ser utilizados como instrumentos de verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

O segundo instrumento que contempla esse passo da UEPS é um pré-teste (Apêndice 05). As questões que contemplam esse instrumento são dissertativas e se caracterizam por possuir uma conotação mais específica; voltada aos conteúdos conceituais propriamente ditos. Em nossa visão esse tipo de abordagem é justificado na medida em que o mapa conceitual, proposto inicialmente, já carrega uma conotação genérica em que, muitas vezes, são apresentadas situações significativas, mas que não são exploradas conceitualmente.

Para exemplificar o que dissemos, considere a seguinte situação: ao ser proposto o desenvolvimento de um mapa conceitual sobre Física Nuclear (FN) um estudante relaciona essa palavra-chave (FN) à bomba atômica. Essa é uma relação válida, mas ela não carrega qualquer informação que permita ao professor identificar se o aluno possui ou não a compreensão dos conceitos envolvidos no conceito bomba atômica. Assim, acreditamos que o pré-teste atua em caráter complementar aos MCs.

Antes de dar sequência ao terceiro passo da UEPS, os dois instrumentos citados devem ter sido analisados pelo professor de forma que ele consiga identificar os conhecimentos prévios e os subsunçores externalizados pelos estudantes. Com isso, todas as demais atividades devem estar ancoradas a essa análise e serem exploradas a partir dela.

O terceiro passo desse material traz uma discussão inicial, em que os estudantes devem dispor suas carteiras em formato circular, sobre uma imagem da usina termelétrica de Uruguaiana. A partir da imagem o professor realiza alguns questionamentos aos alunos. A estrutura dessa atividade se deu de forma que se estabelecesse um ambiente propício ao diálogo entre professor e alunos. De acordo com Cury (2003) pode auxiliar o professor nesse processo, pois evita que os alunos se tornem “invisíveis” em sala de aula. Além disso, todas as questões desenvolvidas abrem espaço para discussões mais gerais acerca do tópico inicialmente proposto. Sequencialmente é proposta uma atividade experimental demonstrativa, que tem por objetivo a compreensão dos alunos com relação ao princípio básico de funcionamento de uma usina termoelétrica.

A partir desse experimento se propõe um questionamento, que deve ser entregue ao professor como um instrumento de registro. Após, é proposto que apresente o vídeo “Usina termoelétrica”. Essa mídia apresenta, de forma sintética, aproximadamente 2 min, o funcionamento de uma usina termoelétrica. O personagem central da animação guia um grupo de estudantes para um tour em uma central termoelétrica. Após a utilização da mídia, é proposto que o professor projete uma imagem dos componentes principais da usina termoelétrica e, como exercício, os estudantes devem, por associação, relacionar qual componente corresponderia a ao experimento proposto pelo professor.

Essa atividade tem por objetivo verificar se os estudantes conseguem perceber qual a função de cada um dos componentes no funcionamento geral da usina. Como a UEPS proposta é baseada num comparativo entre duas usinas que diferem, basicamente, a partir do combustível utilizado pressupõe-se que esse entendimento possa ser, nos demais passos relacionados pelos estudantes.

Para dar sequência a essa etapa da UEPS o professor deve instruir os estudantes a baixar o aplicativo “Física Nuclear”. Esse software é uma plataforma digital equivalente a um glossário, contendo várias informações sobre cada tópico desta temática. É necessário que se peça aos estudantes que ele seja previamente instalado em seus celulares, pois nem todas as escolas dispõem de uma internet eficiente; isso quando a possuem.

Para introduzir o assunto usina nuclear, propomos que o professor articule uma suposição em que se estabelece, hipoteticamente, a troca da usina nuclear na cidade por uma usina termoelétrica. A partir disso, a ideia se baseia no mesmo princípio metodológico traçado para que surjam discussões sobre essa possibilidade, ou seja, propõem-se a inserção de questões norteadoras. Após terem sido feitas essas considerações, o professor deve propor um vídeo, muito semelhante ao implementado na aula anterior, em que é apresentado, agora, o princípio de funcionamento de uma usina nuclear.

Desenvolvida essa atividade, é proposto que os estudantes se dividam em seis grupos, onde cada um dos grupos irá pesquisar um dos temas propostos. Essa atividade de pesquisa será desenvolvida no aplicativo “Física Nuclear” e tem como intuito auxiliar os estudantes na compreensão de cada questão proposta. A ideia da sistematização do conhecimento, a partir do desenvolvimento de MCS construídos pelos grupos, está relacionada ao compartilhamento de conhecimento que os estudantes deverão ter para construir os MCs (MATTOS e CASTANHA, 2008). Espera-se, assim, que os MCs construídos sejam mais elaborados, do ponto de vista conceitual, do que aqueles desenvolvidos no segundo passo da UEPS.

É proposto ainda que os grupos socializem os mapas construídos de forma a gerar interação e debates entre os alunos, além de fornecer ao professor uma compreensão das relações lógicas estabelecidas pelos alunos a cada conceito ali presente. Essa, muitas vezes, é uma dificuldade implícita a atividades envolvendo mapas conceituais, pois, no geral, eles não são materiais intuitivos e, portanto, esse tipo de atividade elucidativa pode se mostrar uma estratégia interessante no que se refere a compreensão do mapa desenvolvido pelo aluno.

Após o processo de apresentação dos mapas pelos grupos, é proposto que o professor entregue e discuta o texto “A Radioatividade e a história do tempo presente”. Nesse texto é abordada a questão histórica relacionada a radioatividade, em que a mesma tem seu “início” na observação feita por Becquerel da emissão, por sais de urânio, de radiação em chapas fotográficas e se estende até os principais acidentes envolvendo esse fenômeno. A ideia dessa atividade é que os estudantes compreendam como se deu todo o processo histórico, relacionado aos fenômenos trabalhados nessa UEPS, a partir das discussões desenvolvidas com o professor e os colegas sobre o conteúdo do material entregue.

A relação entre a história da ciência e o corpo teórico de conhecimento é mais que necessária, pois é a partir dela que o estudante consegue visualizar que esses conhecimentos foram sendo sedimentados por vários atores (cientistas) e não desenvolvidos por uma única pessoa (gênio). (BOAVENTURA e MEDEIROS, 2015).

A História da Ciência, enquanto mediadora da ciência, proporciona o descrito acima uma vez que, contextualizando o evento e o cientista, é possível visualizar todos os avanços e retrocessos que foram vivenciados até se chegar ao grau de desenvolvimento em que se está. Se o aluno compreender que a ciência é feita por seres humanos passíveis de erros e tropeços, que ela não é algo que apenas acontece, mas que faz parte de um processo de estudo e experimentação, ele pode não só compreendê-la melhor, mas se sentir capaz de também ser produtor desse conhecimento. (idem, p.509).

Assim, a ideia é fornecer elementos que ajudem os estudantes a contextualizar todo o corpo de conhecimento que será apresentado no quarto passo dessa sequência didática.

Nesse sentido, o quarto passo começa a ser implementado a partir das questões norteadoras. Para isso, propomos que o professor explore uma ideia intuitiva e que circule no imaginário popular de que toda a substância fosforescente é radioativa. De fato, se formos recorrer a história da radioatividade, o experimento feito por Becquerel começa a ser pensado a partir da hipótese de que materiais fosforescentes emitem raios-x quando são excitados pela luz solar. Obviamente, nesse período não se tinha ideia do fenômeno da radioatividade e, o raio-x, não tem qualquer relação com esse fenômeno. No entanto, o professor pode explorar essa característica de algumas substâncias (fluorescência) para inserir discussões sobre a temática de radioatividade, inclusive explorando o desenvolvimento de todo o conhecimento científico e tecnológico em torno do raio-x, incluindo suas implicações na sociedade, o contexto histórico da época e as pessoas envolvidas com este desenvolvimento, enfatizando a presença da mulher na ciência, a partir da história da brilhante Marie Curie.

A partir das discussões iniciais, feitas através das questões norteadoras, o professor irá propor a atividade experimental aos estudantes. A ideia do experimento (Apêndice 06) é demonstrar aos estudantes que o fenômeno da fluorescência não possui relação com a radioatividade, mas sim é uma propriedade de alguns materiais. Tendo desenvolvido todo o processo experimental os alunos devem, em grupos, discutir as questões propostas e apresentar aos colegas quais as conclusões que o grupo chegou sobre as questões propostas. A importância desse movimento está motivada no processo de construção do conhecimento sob uma perspectiva conjunta (MATTOS e CASTANHA, 2008).

Após esse processo o professor deve resgatar as discussões iniciais sobre o que vem a ser radioatividade (questões norteadoras) e propor uma aula expositiva e dialogada. Segundo Hartmamann, Maronn e Santos (2009, p.1): “A aula expositiva dialogada é uma estratégia que

caracteriza-se pela exposição de conteúdos com a participação ativa dos estudantes, considerando o conhecimento prévio dos mesmos, sendo o professor o mediador para que os alunos questionem, interpretem e discutam o objeto de estudo”. A partir dessa compreensão propomos uma aula em que o professor apresente os conceitos a serem trabalhados sob a ótica de uma aula dita “tradicional”, quanto aos recursos didáticos utilizados (quadro negro, giz, datashow...), no entanto a mesma deve ser conduzida de forma a procurar sempre diálogo com os estudantes. Para favorecer esse processo propomos que o professor utilize o simulador “Monte um átomo”.

Esse simulador computacional apresenta três modos: “Construir o átomo”, “Símbolo” e “Jogo”. Propomos que o professor utilize o primeiro modo, pois a ideia aqui é que ele manipule o simulador.

De acordo com Da Silva (2019, p. 47)

A interatividade “Construir Átomo”, na Figura 19, permite montar um átomo adicionando prótons, nêutrons e elétrons. Para verificar a estabilidade do átomo criado, existe a opção estável/instável. O programa oferece a possibilidade de averiguar a carga do átomo formado, se é neutro, um íon positivo ou negativo, informações que também podem ser obtidas ativando a janela “Carga Resultante”. Outra opção fornecida é a identificação do elemento na tabela periódica e o número de massa do elemento formado, ambas do lado direito da tela. Dois modelos para a eletrosfera estão disponíveis para a visualização, modelo de órbita e de nuvens.

Assim, esse recurso deve ser utilizado pelo professor a partir de duas perspectivas: 1) relembrar os estudantes acerca dos constituintes do átomo (prótons, elétrons e nêutrons) e algumas propriedades (Número atômico, massa atômica, carga elétrica...); 2) explorar os conceitos relacionados a estabilidade e instabilidade atômica. O segundo aspecto deve, obrigatoriamente, ser bem trabalhado pelo professor, de modo que o aluno compreenda o conceito de força nuclear forte e consiga estabelecer uma ideia básica sobre como ela ocorre.

Ao ser finalizada essa atividade o professor deve questionar os estudantes sobre o que eles entendem por radioatividade. As respostas dos estudantes devem ser analisadas pelo professor de modo que ele consiga identificar palavras-chave utilizadas pelos alunos e consiga utilizá-las como mecanismo de debate na aula seguinte. Assim, partindo dessas palavras-chave o professor deve questionar os estudantes o porquê deles considerarem que aquelas palavras são fundamentais na definição deste conceito e, a partir disso, deve problematizá-las. Após todas as discussões terem sido esgotadas é que deve ser apresentado o conceito forma de radioatividade (Apêndice 07).

Salientamos que foi sugerido que o professor entregasse de forma impressa o Apêndice 07, no entanto, fica a critério qual recurso didático ele irá utilizar para trabalhar os conteúdos específicos (slides, quadro negro...). Apenas sugerimos essa forma, pois, em nossa visão, ela

otimiza o tempo em sala de aula e fica como um registro desses conteúdos ao estudante que poderá consultá-los quando achar necessário.

Desenvolvida essa etapa, propomos que o professor utilize duas simulações computacionais (decaimento alfa e decaimento beta). A primeira simulação, sobre o decaimento alfa, apresenta duas opções: o decaimento “com vários átomos” ou com um “único átomo”. As opções oferecidas pelo software possibilitam que o estudante escolha o núcleo de Polônio-211 ou um elemento desconhecido (núcleo customizado). Nesse simulador computacional é possível verificar a energia total e potencial do sistema a partir de gráficos, bem como a sua relação com o tempo de meia-vida.

Conforme Da Silva (2019, p.50) “A simulação de decaimento alfa auxilia os professores a apresentar aos alunos um fenômeno microscópico e que ocorre em um espaço de tempo muito curto ou mesmo em tempos muito longos”. O software sobre o decaimento beta segue a mesma estrutura lógica. Após os estudantes manipularem os simuladores com o auxílio do professor as questões propostas devem ser entregues, de forma a integrar as atividades de registro do professor.

O quinto passo da UEPS, por ainda estar relacionado a etapa de diferenciação progressiva, deve partir de situações mais gerais e migrar para as especificidades dos problemas propostos. Assim, pensando em estruturar uma nova situação problema, propomos que o professor apresente aos alunos o documentário “Chernobyl: História Completa”. Esse documentário relata todo o drama vivido durante a explosão de um reator da usina IV, na cidade de Pripjat. Nesse documentário, são apontadas as falhas que culminaram na tragédia e todos os efeitos do maior acidente nuclear já visto.

Esse documentário será utilizado como forma de gerar debate, mediado a partir de questões norteadoras. Além disso, é proposta uma atividade de pesquisa em que, em casa, os estudantes devem realizar essa atividade buscando verificar se as usinas nucleares brasileiras apresentam o mesmo tipo de reator utilizado em Chernobyl. Essa proposta serve como uma alternativa de despertar curiosidade nos estudantes e, de certa forma, contextualizar com o contexto que nos é mais próximo. Essa atividade de pesquisa deve ser entregue ao professor e irá compor as unidades de registro.

Como forma de fornecer uma sequência às atividades propostas, o professor deve retomar a questão norteadora (2) que trata especificamente do processo de fissão nuclear. A partir dela, o professor deve propor que os alunos manipulem o software “Fissão nuclear”. Esse software apresenta três abas: 1) “Fissão: um núcleo, 2) Reação em cadeia e 3) Reator nuclear.

A primeira aba demonstra o bombardeamento do núcleo de Urânio-235 por nêutrons, ejetados a partir de um revólver. Quando ocorre a interação entre o nêutron e o núcleo de Urânio-235 originam-se dois núcleos de massa menor que a inicial. Além de poder visualizar o fenômeno de fissão nuclear o aplicativo ilustra, na parte inferior do simulador, um gráfico que relaciona a energia como função do deslocamento dos núcleos. (DA SILVA, 2019).

A segunda aba pode apresentar o processo de fissão em cadeia, onde pode ser utilizada a caixa “Câmara de contenção” e ser inseridos núcleos de Urânio-238 e do Urânio-235. Quando forem inseridos esses núcleos na câmara e, posteriormente, bombardeados, o aluno deverá observar que o núcleo de Urânio-238 não é um material fissionável. Por conta dessa percepção é que propomos a questão problema, para que o professor discuta com os estudantes qual a importância do Urânio-238 nesse tipo de reação (em cadeia).

Por fim, a terceira aba, “Reator nuclear”, apresenta um modelo de reator, em que é apresentada as câmaras que o compõem e a passagem de nêutrons de uma câmara para outra (reação controlada). Na parte superior da janela existe uma imagem de um termômetro que informa o aumento ou diminuição da energia cinética dos núcleos, em outras palavras, mostra a temperatura do núcleo do reator. (DA SILVA, 2019). Propomos que o professor, ao guiar os alunos na manipulação dessa etapa do simulador, traga a situação que resultou no superaquecimento do reator IV, em Chernobyl, e vá mostrando, no simulador, qual o processo que deu origem a essa catástrofe.

Após o desenvolvimento dessa etapa, é proposto que uma nova situação problema e a leitura e discussão do texto “Por que Hiroshima e Nagasaki são habitáveis e Chernobyl não?”. Essa atividade é uma forma de sistematizar todas as discussões levantadas, relacionadas a partir do desastre nuclear vivido em Chernobyl, na quinta etapa da UEPS. Para finalizar essa etapa da UEPS, achamos necessário trazer outro grande acidente radioativo ocorrido no Brasil: o acidente envolvendo o Césio-137. Achamos que esse tipo de abordagem seria significativa e fundamental de ser trabalhada nessa UEPS, tendo em vista que é o maior acidente radioativo da história brasileira. Mesmo que esse acidente não esteja relacionado a usinas nucleares, ele apresentou uma grande visibilidade no contexto local, conforme pode ser visto na reportagem que propomos que o professor apresente aos alunos.

É a partir dessa reportagem que o professor deve discutir com os estudantes os efeitos fisiológicos da radiação nos organismos vivos. Assim, propomos que ao ser debatida essa questão o professor trace um paralelo ao texto discutido anteriormente e relacione os dois acidentes ocorridos. Após terem sido feitas as discussões, propomos que o professor introduza

o conceito de tempo de meia-vida a partir de um problema e, a partir dele, desenvolva esses conceitos.

No sexto passo da UEPS proposta por nós a implementação de um jogo. Esse material foi desenvolvido por nós e se baseia em um quiz de perguntas e respostas. As regras e instruções para o desenvolvimento dessa atividade estão disponíveis no apêndice 08. Essa etapa é importante, pois visa contemplar a reconciliação integrativa, ou seja, o aluno deve criar relações conceituais como forma de integrar os significados emergentes nas etapas anteriores. Como o jogo contempla, em um nível crescente de complexidade, cada conteúdo já trabalhado nas etapas anteriores, esperamos que os estudantes consigam relacionar os conceitos trabalhados para resolver os problemas propostos. Destacamos ainda que, ao estruturar o jogo pensamos em todas as estratégias possíveis para que todos os alunos participassem do início ao fim da atividade proposta.

Conforme destacado, os problemas foram separados a partir de níveis de complexidade. O nível 1, contempla questões simples que vão desde conhecimentos específicos (fissão nuclear, radioatividade, tempo de meia-vida ...) até temas relacionados à história da radioatividade. Já as questões do nível 2, foram retiradas de vestibulares e possuem um grau mais elevado de complexidade.

A sétima etapa da UEPS é estruturada a partir de um júri simulado. Todos os aspectos que compõem essa atividade foram pensados de forma que os estudantes consigam identificar aspectos trabalhados nos passos anteriores da UEPS e trazê-los à tona durante as etapas do júri. Assim, nos baseamos na máxima de que para defender um ponto de vista é necessário que se tenha argumentos, ou seja, tanto o grupo que irá defender a implantação de uma usina nuclear em Uruguaiana-RS como aqueles que irão defender a manutenção da usina termelétrica terão que tecer argumentos convincentes ao júri.

Nesse sentido, espera-se ver discussões relacionadas, por exemplo, questões como: fatores que tornam inviável a instalação de uma usina nuclear em Uruguaiana-RS, prós e contras da obtenção de energia elétrica a partir de termelétricas e usinas nucleares, medidas de segurança para a implementação de uma usina nuclear, custo de cada fonte de energia, dentro outros componentes que possam ser inseridos neste contexto. Portanto, essa é uma atividade que irá depender, exclusivamente, do empenho e dedicação dos estudantes. Ao final da atividade propomos que o professor aplique novamente o pré-teste do segundo passo.

Para concluir a UEPS (8º passo) o professor deverá considerar todos os instrumentos avaliativos sugeridos no decorrer da UEPS (questões de registro, mapas conceituais, observações de aula...), bem como também a análise do pré e pós-teste. A partir desses

instrumentos espera-se que sejam verificados indícios de aprendizagem significativa nos estudantes.

Com relação aos MCs, um dos instrumentos avaliativos, deve-se destacar que não há como classificá-los como corretos ou incorretos, no entanto o professor pode, e deve estabelecer critérios, que o possibilitem realizar a análise dessa ferramenta. Como sugestão, para esse processo de avaliação qualitativa, apresentamos o trabalho de Calheiro (2014) que traz um conjunto de critérios utilizados pela autora para verificar indícios de aprendizagem significativa. Assim, o professor pode utilizar esse referencial como parâmetro para avaliar os MCs desenvolvidos pelos alunos.

5.3. SUGESTÕES COMPLEMENTARES A POSSÍVEL UEPS

Esse tópico tem o intuito de sugerir alguns recursos didáticos que os professores de Física podem utilizar em suas aulas ao abordarem a temática de radioatividade. Assim, destacamos que apenas compilamos materiais já disponíveis livremente na internet, fazendo uma curadoria que possa contribuir com a formação dos professores e encorajá-los para a inclusão de tópicos de FMC em suas práticas. Essa ideia, de complemento pedagógico, surge como mais uma alternativa de utilizar outros recursos para complementar a UEPS que propomos. Vale reforçar que todas as instruções elencadas a seguir, serão hospedadas no blog “Física em Rede”⁴² e podem ser consultadas na caixa “Material de apoio” que irá conter um PDF “Sugestões professores de Física de Uruguaiana-RS”.

5.3.1. Instruções aos professores

Conforme identificado durante a análise do questionário uma das dificuldades no ensino de física, relatada pelos professores e também verificada na revisão de literatura feita, está na base matemática deficitária dos estudantes. Em nossa proposta de UEPS, durante a abordagem do tópico “tempo de meia-vida” (5º passo) é necessário um conhecimento matemático relacionado a função exponencial para que o aluno consiga resolver os problemas propostos. Assim, sugerimos que o professor proponha um trabalho interdisciplinar com o professor da disciplina de matemática ou que revise, brevemente, esse assunto antes de implementar esse passo.

⁴² Canal de comunicação desenvolvido e utilizado pelo autor deste trabalho. Disponível em: <<https://guilhermesalgueirog.wixsite.com/fisicaemrede>>

5.3.2. Alguns recursos didáticos

a) Simuladores computacionais

- Em <<https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>> está disponível uma plataforma contendo diversas simulações computacionais de todas as áreas da Física. No entanto, destacamos três simulações que podem ser utilizadas pelo professor em caráter complementar a UEPS que propomos. São elas: dispersão de Rutherford, séries de decaimento radioativo, decaimento radioativo.

- Em <https://phet.colorado.edu/pt_BR/> está disponível uma plataforma bem conhecida na área de ensino de Física. Na UEPS proposta utilizamos três simulações computacionais desta plataforma. No entanto, pode ser utilizado também os seguintes recursos: Espalhamento de Rutherford, Jogo da datação radioativa

b) Simuladores computacionais para celulares

- No aplicativo Play Store está disponível um software gratuito chamado “Física na escola”⁴³. Esse aplicativo que traz um conjunto de 200 animações de vários assuntos da Física. Recomendamos as animações relacionadas a: modelos nucleares, radiação, decaimento radioativo, cadeia de decaimento e reação nuclear.

c) Jogos para smartphones

No aplicativo Play Store está disponível um software gratuito chamado “RadiAção: aprenda sobre a Ciência Nuclear”⁴⁴. O jogo é constituído de uma parte teórica, que apresenta o conteúdo teórico ao aluno, seguido de um quiz com perguntas sobre aquele tópico.

De acordo com os autores:

Este aplicativo é gamificado, proporcionando ao usuário uma experiência lúdica, na qual ele(a) poderá testar os conhecimentos adquiridos respondendo a um quiz durante o conteúdo e ao final receberá um título com o nome de algum cientista importante na

⁴³ FÍSICA na escola. **Google Play Store**. Disponível em:<
https://play.google.com/store/apps/details?id=air.cz.moravia.zlin.vascak.physicsatschool&hl=pt_BR> Acesso em 04 de nov. de 2020.

⁴⁴ RADIACÃO: aprenda sobre a ciência nuclear. **Google Play Store**. Disponível em: <
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.silva.iago.radiacao&hl=pt_BR> Acesso em: 04 de nov. de 2020.

área da radioatividade, de acordo com a pontuação alcançada. (RADIAÇÃO: APRENDA SOBRE A CIÊNCIA NUCLEAR, 2020).

Esse software pode ser utilizado como substituto ao jogo que propomos durante o 6º passo da UEPS (Reconciliação integrativa), pois possui uma finalidade análoga ao jogo que desenvolvemos.

d) Outras UEPS sobre radioatividade.

Apresentamos dois trabalhos que trazem resultados referentes a UEPS aplicadas a estudantes sobre a temática de radioatividade. Esses trabalhos podem ser conferidos pelos professores através das referências abaixo:

1) GATTI DE CASTRO, B.; PIMENTEL, R. P.D; ASSIS, L.M. **Química dos super heróis: a utilização de uma unidade de ensino potencialmente significativa com séries de TV no ensino de radioatividade.** 60º Congresso Brasileiro de Química (ABQ), 2020. Disponível em:< http://www.abq.org.br/cbq/trabalhos_aceitos_detalhes,22442.html> Acesso em: 04 de nov. de 2020.

2) SIQUEIRA, A. B. de O. **Física Moderna e Contemporânea : Intervenção didática por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) no Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro (RJ), 2017.

e) Conteúdo teórico sobre de radioatividade

Caso o professor sinta necessidade de revisar os conteúdos sugerimos a playlist: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLumqXhe-0ESnWXPT39DgFr9Mg3KQqi95e>. Nesse material há um compilado de aulas sobre todos os conteúdos que serão abordados na UEPS que propomos. Além disso, obviamente, recomendamos outros mecanismos de consulta como: livros didáticos e materiais encontrados em meios digitais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de estruturação da UEPS emergiu a partir de duas etapas da pesquisa: a revisão da literatura e a aplicação do questionário. Durante a revisão da literatura identificamos as dificuldades e desafios enfrentados pelos professores ao trabalharem com a temática de FMC em escolas estaduais de Ensino Médio no município de Uruguaiana. Esse resultado permitiu que elaborássemos o instrumento de coleta de dados, o questionário utilizado na investigação.

Em face ao período de pandemia que estamos vivenciando, o questionário foi aplicado de forma remota. No entanto, mesmo nesse cenário, conseguimos abranger um número significativo de professores que ministram a disciplina de Física na rede estadual de ensino do município. Esse fato é importante, pois nos dá subsídios para argumentar que a UEPS que desenvolvemos é, de fato, baseada nas dificuldades e desafios vivenciados por esses professores em sala de aula. Porém, durante a análise dos resultados, verificamos muitas respostas superficiais sobre as quais não se pode fazer qualquer inferência. Esse tipo de fragilidade talvez pudesse ter sido minimizada se fosse possível a aplicação desse instrumento de forma presencial.

Todavia, mesmo diante dessa adversidade, foi possível identificar as dificuldades e desafios apontados pelos professores de Física em escolas estaduais de Ensino Médio do município de Uruguaiana-RS e, juntamente com a revisão da literatura realizada, conseguimos elaborar uma UEPS para trabalhar um dos tópicos principais da FMC. É importante frisarmos que a maioria dessas dificuldades apresentadas por esses professores são próximas aquelas que verificamos durante o processo de revisão da literatura, o que nos leva a refletir sobre a importância de se discutir com maior profundidade questões relacionadas à inserção de tópicos de FMC na Educação Básica.

Destacamos que esse material apresenta características específicas ao contexto local de pesquisa e, portanto, é um instrumento endêmico que, quando retirado dessa localidade perde suas particularidades, mas com as devidas adaptações, a depender do contexto e dos objetivos almejados pelo professor, poderá ser utilizado em outro contexto. Quando estruturamos essa UEPS, a partir da temática solicitada pelos professores (Radioatividade), definimos uma situação que fosse significativa no contexto local. Esse fato se deu ao considerarmos o principal aspecto relacionado à teoria da aprendizagem significativa: a aprendizagem deve ser significativa. Mesmo partindo de uma situação hipotética, muito por conta da abstração embutida na temática Radioatividade, consideramos que a forma como propomos essa

abordagem, estruturada a partir de uma lógica propositiva, pode ser instigante ao aluno que irá vislumbrar a possibilidade de ter uma usina nuclear em sua cidade.

Mesmo que não tenhamos aplicado a sequência didática construída, destacamos que tivemos o cuidado para que todas as considerações feitas pelos professores, mapeadas durante a análise do questionário, fossem contempladas. Assim, todos os itens listados no tópico 4.5 estão diluídos ao longo das etapas da UEPS proposta. Do ponto metodológico, tentamos abranger o maior número de recursos didáticos possíveis, dando ênfase às atividades experimentais, em sua maioria simulações computacionais. Acreditamos que essa fluidez metodológica carrega uma leveza no processo de ensino e aprendizagem, além de ser um dos pontos destacáveis na revisão de literatura realizada. Nesse sentido, tentamos desenvolver uma sequência didática que carregasse uma conotação lúdica, mas que, ao mesmo tempo, fosse um instrumento que propicie um ambiente propício de aprendizagem.

Algumas dificuldades citadas pelos professores, como carga horária reduzida da disciplina de Física no currículo escolar e a falta de estrutura das escolas são problemas complexos e, obviamente, extrapolam a estruturação da UEPS. No entanto, visando contribuir com o enfrentamento desta problemática, elaboramos uma curadoria que reúne um conjunto de recursos que podem ser utilizados tanto pelos professores em seus estudos e planejamento das suas atividades, como pelos estudantes em seus smartphones e em casa no contra turno. Assim na falta de uma estrutura adequada na escola, ou em virtude da escassez de tempo, o professor poderá utilizar esses recursos e pensar em uma sequência para que os alunos possam utilizá-los de forma síncrona ou assíncrona.

Além disso, destacamos que procuramos manter uma fidelidade aos princípios que estruturam o processo de elaboração de UEPS, conforme apresentados em nosso referencial teórico. Por ser um material didático desenvolvido a partir do referencial da Aprendizagem Significativa, é imprescindível que eles sejam os estruturantes desse recurso didático. Como elemento base, destacamos que não propomos nenhum organizador prévio, pois cremos que o mesmo deve ser desenvolvido a partir da análise dos instrumentos utilizados

Cabe destacar, porém, que mesmo reconhecendo o potencial do material didático desenvolvido fizemos questão de apontar algumas sugestões que vêm a complementar a UEPS proposta. Alguns aspectos verificados, tanto na aplicação do questionário quanto na revisão de literatura, não estão inclusos no corpo da UEPS, como: a deficiência na formação inicial de professores e dificuldades em operações matemáticas. Assim, dentro dessas sugestões apontamos outros materiais que possam auxiliar os professores a romper com essas dificuldades.

Nessa perspectiva destacamos que não temos a pretensão, e nem a audácia, de apresentar um recurso didático revolucionário, até por entendermos que qualquer recurso didático é um mero instrumento que irá auxiliar os dois verdadeiros atores do processo de ensino e aprendizagem: professor e aluno. Assim, consideramos que o recurso didático é o meio utilizado pelo professor para atingir os seus objetivos formativos e garantir o seu protagonismo e o dos alunos no processo de ensino e aprendizagem. Logo, esperamos que essa proposta didática venha a contribuir com o ensino de FMC nas escolas estaduais do município de Uruguaiana-RS, bem como também possa ser adaptada a partir de alguma necessidade pontual que os professores venham a perceber.

Pensando em perspectivas futuras para essa pesquisa, vislumbramos fornecer aos professores de Física da rede estadual de ensino de Uruguaiana-RS, talvez em possível trabalho de doutorado, um minicurso em que utilizamos a UEPS proposta. Pensando nessa possibilidade, há de se considerar que pode haver algumas adaptações a essa proposta didática, tendo em vista que temos como pretensão trabalhar diretamente com esses professores. Cabe destacar que nossa ideia de fornecer um minicurso é pensando numa perspectiva de instrumentar esse professor para que ele consiga ver o recurso que desenvolvemos não como um padrão a ser seguido, mas sim como uma sugestão didática passível de adaptações. Assim, esperamos, em um trabalho futuro, estabelecer uma relação mais próxima a esses professores, uma vez que, nessa pesquisa, nosso contato com os professores se deu unicamente a partir do questionário.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, A. A. de S.; BARBOZA, P. B.; CASTRO, P. V. de; ZERO, M. A. A formação de professores para a Educação Básica na LDB e as expectativas para a educação do futuro. **Diálogos Pertinentes – Revista Científica de Letras**. Franca, SP, v.6, n.2, p.11-30, 2010.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- ANTONOWIWSKI, R; ALENCAR, M. V.; ROCHA, L. C. T. Dificuldades encontradas para aprender e ensinar física moderna. **Scientific Electronic Archives**. Rondonópolis, MG, v.10, n.4, p.50-57, 2017.
- ARAÚJO, M. Lei da gravitação universal. **Revista de Ciência Elementar**, v.1, nº1, 2013. Disponível em: < https://www.fc.up.pt/pessoas/jfgomes/pdf/vol_1_num_1_11_art_lei_GravitacaoUniversal.pdf> Acesso em: 17 de Mar. 2020.
- ASSAI, N. D. S; FREIRE, L. I. F. A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química. **Experiências em Ensino de Ciências** v.12, nº.6, 2017.
- ATAÍDE, A. R. P.; PAULINO, A. R. S.; SILVEIRA, A. F. BENTO, E. P. **Física, o “Monstro” do Ensino Médio: A voz do aluno**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), 2005, Rio de Janeiro. Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, UFRJ – Rio de Janeiro, Brasil.
- AUSUBEL, D. P. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- AVANCINI, S. S.; MARINELLI, J.R. **Tópicos de Física Nuclear e Partículas Elementares**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2009.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Persona Edições, Lisboa, 1979.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a óptica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 4, 2018.
- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 324-341, 2002.
- BATISTA, C. A. dos S. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: subsídios teórico-metodológicos para a sobrevivência do tópico radioatividade em ambientes reais**

de sala de aula. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Ilhéus, Bahia, 2015.

BELOTTI, S. H. A.; FARIA, M. A. Relação professor-aluno. **Saberes da Educação**, v.1 ,n. 1, p. 01-12, 2010.

BERNARDO, F. L. **Análise praxeológica de tópicos de Física Moderna em livros didáticos do Programa Nacional do livro Didático.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Santa Catarina, SC, 2015.

BODIÃO, I. S.; ARAÚJO, C. R. C. **Considerações sobre as origens das dificuldades com os conteúdos de Física, a partir de depoimentos de alunos de uma escola pública de Fortaleza.** R. FACED, Salvador, n. 20, p. 65-81, 2011.

BOAVENTURA, K. de J.; MEDEIROS, W. de A. História da Ciência e mediação: a importância da história para o ensino de ciências. **Polyphonia**, v. 26, n.2, 2015.

BONADIMAN, H; AXT, R; BLUMKE, R. A.; VINCENSI, G. Difusão e popularização da ciência. Uma experiência em Física que deu certo. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2005.

BOHR, N. **Sobre a constituição de átomos e moléculas.** In: Textos Fundamentais da Física Moderna: II Volume. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1963

BORTOLETTO, A.; SUTIL, N.; BOSS, S. L. B; IACHEL, G.; NARDI, R. **Pesquisa em Ensino de Física (2000-2007): Áreas temáticas em eventos e revistas nacionais.** In Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis – SC. Atas do VI ENPEC. p.1-12, 2007.

BRASIL, **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder executivo, Brasília, DF, v.134, n.248, p.27833-41, 23 de dezembro de 1996. Seção 1, Lei Darcy Ribeiro.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998a.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Parecer n. 15, de 1 de junho de 1998.** Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, DF, 1998b.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em: 02 de Jan. de 2020.

BRASIL, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: MEC, 1999.

BUCHINGER, D., CAVALCANTI, G. A. D. S., e HOUNSELL, M. D. S. Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. In **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, 2014, p.108-120.

CALHEIRO, L. B. **Inserção de tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: química da vida e saúde, Santa Maria, 2014.

CALHEIRO, L. B.; GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 19(1), p. 177-192, 2014.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 891-934, 2012.

CAVALCANTE, A. **Energia Nuclear no Ensino Médio: uma análise dos livros didáticos dos Programas PNLEM 2007 e PNLD 2012**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática). Curso de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, PUC, Minas Gerais, 2013.

CAVALCANTE et al. COVID-19 no Brasil: evolução da epidemia até a semana epidemiológica 20 de 2020. **Epidemiol. Serv. Saude**, Brasília, 2020.

CHAVES, J. M. F.; HUNSCHE, S. **Atividades experimentais demonstrativas no ensino de Física: panorama a partir de eventos da área**. Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2014.

CHAGAS, A. T. R. **O Questionário na Pesquisa Científica**. FECAP - Administração On Line, v 1, nº 1, [200?]. Disponível em <
<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:syllabvs:lcf510:comoelaborarquestionario2.pdf>> Acesso em 10 de out. de 2020.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Vozes, 2006.

CIAVATTA, M.; RAMOS, M. A “era das diretrizes”: a disputa pelo projeto de educação dos mais pobres. **Revista Brasileira de Educação**, v. 17, n. 49, 2012.

CLARO, L. C. **As atividades experimentais de Física na escola de ensino integral: Uma análise crítica**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2017.

CORREA, G. T.; RIBEIRO, V. M. B. A formação pedagógica no ensino superior e o papel da pós-graduação stricto sensu. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 319-334, 2013.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. **Atualização da pesquisa em resolução de problemas: informações relevantes para o ensino de Física.** In Atas do I Encontro Estadual de Ensino de Física, Porto Alegre, RS, 2006.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. **O ensino da Física no Brasil: problemas e desafios.** XII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE), Paraná: PUCPR, 2015.

CURY, A. **Pais brilhantes, professores fascinantes.** Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

DA SILVA, P. O.; KRAJEWSKI, L. L.; LOPES, H. de S.; DO NASCIMENTO, D. O. Os desafios no ensino e aprendizagem da Física no Ensino Médio. **Revista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA**, Ariquemes, v. 9, n. 2, p. 829-834, jul.-dez. 2018.

DA SILVA, K. C. N. R.; VICTER, E. das F. **O uso de materiais didáticos no processo de ensino-aprendizagem.** Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), São Paulo, 2016.

DE JESUS, R. T.; GOMES DE AMORIM, R. G. A Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para Ensinar Física de Partículas por meio de Jogos de Cartas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 1, p. 47-84, 8 abr. 2019.

DE SOUZA, G. F.; PINHEIRO, N. A. M. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS): identificando tendências e possibilidades de pesquisa. **Revista Dynamis**. FURB, Blumenau, v.25, n.1, p.113-128, 2019.

DE FARIAS, J. A. **Como gerar energia elétrica usando calor de combustão.** Disponível em: < <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=40796> > Acesso em: 25 de out. de 2020.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos.** Colaboração de Antônio Fernando Gouvêa da Silva- 4. Ed.- São Paulo: Cortez, p. 173-298, 2011. (Coleção Docência em Formação/ Coordenação : Antônio Joaquim Severino, Selma Garrido Pimenta).

EISBERG, R. & RESNICK, R. **Física Quântica.** Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, 1979.

FELICETTI, S. A.; PASTORIZA, B. S. Aprendizagem significativa e ensino de ciências naturais: Um levantamento bibliográfico dos anos 2000 a 2013. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review** – v.5, n.2, p 01-12, 2015.

FERNANDES, E. F. As dificuldades de compreender Física dos alunos do ensino médio das escolas públicas de Iguatu-CE. Monografia. Faculdade de Educação Ciências e Letras de Iguatu- CE, Ceará, 2016.

FERNANDES, R. J. Atividades práticas: Possibilidades de modificações no ensino de Física. Perquirêre- Revista Eletrônica da Pesquisa. Edição 5, jun. 2008.

FERREIRA, M.; LOGUERCIO, R. Q. Análise de Competências em Projetos Pedagógicos de Licenciatura em Física a Distância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.16, n. 2, p. 389-419, 2016.

FOSSÁ, M. I. T. **Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias.** Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

GARCIA, I. K.; POZO, J. I. Concepções de professores de Física sobre ensino-aprendizagem e seu processo de formação: um estudo de caso. **Investigações em Ensino de Ciências** – v.22, n. 2, p. 96-119, 2017.

GATTI, B. A. Estudos quantitativos em educação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo , v. 30, n. 1, p. 11-30, 2004.

GATTI DE CASTRO, B.; PIMENTEL, R. P.D; ASSIS, L.M. **Química dos super heróis: a utilização de uma unidade de ensino potencialmente significativa com séries de TV no ensino de radioatividade.** 60º Congresso Brasileiro de Química (ABQ), 2020. Disponível em:< http://www.abq.org.br/cbq/trabalhos_aceitos_detalhes,22442.html> Acesso em: 04 de nov. de 2020.

GAZOLA, R. J. C.; BOCANEGRA, C. H.; MARTINS, D. S.; MELLO, D. F.; ZULIANI, S. R. Q. A. **O experimento investigativo e as representações de alunos de ensino médio como recurso didático para o levantamento e análise de obstáculos epistemológicos.** V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL), Londrina: UEL, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. **Uma Atividade Experimental de Roteiro Aberto Partindo de Situações do Cotidiano.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2002, Águas de Lindóia – São Paulo. ATAS. Águas de Lindóia: EPEF, 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, p. 20-19, Mai./Jun. 1995.

GOULART, G. S.; GUIDOTTI, C. dos S.; SPOHR, C. B. A produção de conhecimento a respeito da formação inicial de professores: desafios e expectativas. **Revista Thema**, v.15, n.2, 2018.

GOULART, G. S. et al. **Uso de Simulações Computacionais no Ensino de Física: Explorando a Temática de Energia Mecânica.** Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, Uberlândia, 2015.

GRUB, A. M. **O nascimento de uma nova física e seus precursores.** Monografia. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Física (INFIS), Uberlândia, 2010.

HARTMANN, A. C.; MARONN, T. G.; SANTOS, E. G. **A importância da aula expositiva dialogada no ensino de ciências e biologia.** Anais do II Encontro de Debates sobre Trabalho, Educação e Currículo Integrado- II EnTECI, Ijuí, 2019. Disponível em: <<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/enteci/issue/view/209>> Acesso em: 31 de out. de 2020.

HERMINDA, P. M. V.; ARAÚJO, I. E. M. Elaboração e validação do instrumento de enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**. Brasília, v.59, n.3, p. 314- 320, 2006.

HILGER, T. R.; MOREIRA, M. A., SILVEIRA, F. L. Estudo de representações sociais sobre Física Quântica, **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, 2009.

INVESTIGAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS. Porto Alegre: UFRGS. Quadrimestral. Descrição. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/index>> Acesos em 05 de Jun. de 2019.

JACKSON, J. D. Eletrodinâmica Clássica. Guanabara Dois, 1983 (2 ed.)

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Bahia: Via Litterarum, 2010.

KIKUCHI, L. A., ORTIZ, A. J., & BATISTA, I. L. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Águas de Lindoia, 2013.

KÖHNLEIN, J. F. K; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: Um exemplo com a Teoria da Relatividade Restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol.22, n. 1, p. 36-70, 2005.

LACERDA, A. L.; WEBER, C.; PORTO, M. P.; SILVA, R. A. A importância dos eventos científicos na formação acadêmica: Estudantes de biblioteconomia. **Revista ACB: Biblioteconomia** em Santa Catarina, Florianópolis, V. 13 n.1 p.130-144, 2008.

LACERDA, M.P.C.; QUEMÉNEUR, J.J.G.; ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R. & VIEIRA, T.G.C. Estudo da relação pedomorfogeológica na distribuição de solos com horizontes B textural e B nítico na paisagem de Lavras. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:771-284, 2008.

LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: **Uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, SC, 2010.

LEONEL A. A. Formação continuada de professores de física em exercício na rede pública estadual de Santa Catarina: lançando um novo olhar sobre a prática. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC. Florianópolis, SC, 2015.

LINO, A. e FUSINATO, P. A. A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v 4, n 3, 2011.

LORENZONI, I. Falta de professores preocupa especialistas. 2008. Disponível em:< <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=9885:sp604135961>> Acesso em 06 de outubro de 2020.

LOURENÇO, A. A.; ALMEIDA DE PAIVA, M. O. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciênc. cogn.**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 132-141, 2010. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000200012&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 17 set. 2019.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. **Avaliação do Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, IV. Atas... Bauru, 25 a 29 de nov. de 2003.

MACHADO, D.I; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 2006.

MACIEL, R. R. **A astronomia nas aulas de Física: Uma proposta de utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2016.

MACIEL, R.R. **A astronomia nas aulas de Física: Uma proposta de Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Santa Catarina, 2016.

MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L.; DOMINGUINI, L. Física Moderna nos livros didáticos: um contraponto entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2012. **Vidya**, v. 33, p. 97-115, 2013.

MERLIM, R. dos S.; SARAIVA, V. dos S. M., MENEGUELLI, D. C. da S., MACHADO, C. H.; CALDAS, R. L. Unidade de ensino potencialmente significativa: análise da aplicação sobre efeito fotoelétrico. **Revista Thema**, v.16, n.2, p.284-300, 2019.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R. **Tendências das pesquisas sobre o ensino da Física Moderna e Contemporânea**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VI. Atas. Florianópolis, 2007.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**. v. 15, n.3, p. 557-580, 2009.

MATTOS, E.; CASTANHA, A. A importância da pesquisa escolar para a construção do conhecimento do aluno no ensino fundamental. Paraná, (2008). Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2525-6.pdf>> Acesso em: 30 de out. de 2020.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectivas e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n.1, 2017. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/25190>. Acesso em: 15 jan. 2019.

MOREIRA, M. A. M.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de Davis Ausubel**. São Paulo: Moraes LTDA, 1982.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, 2008.

MOREIRA, M. A. **Potentially meaningful teaching units-PMTU**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas–Ueps. Aprendizagem Significativa em **Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NARDI, R. Memórias da educação em ciência no Brasil: a pesquisa em ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, 10, 1, p. 63-101, 2005.

NASCIMENTO, T. L. **Repensando o ensino de Física no Ensino Médio** (Monografia). Universidade Estadual do Ceará (UEC), Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Ceará, 2010.

NEVES, A. N.; SILVA, L.; CHARRET, I. C. **Dualidade partícula-onda e difração de elétrons: Uma possibilidade para a inserção de conceitos de Física Moderna e Contemporânea no segundo ano do Ensino Médio**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, Vitória. Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, USP – São Paulo, SP, Brasil.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

OKA, M. M. **"História da eletricidade"** 2000.

PALMA FILHO, J. C. Os Parâmetros Curriculares Nacionais. **Nuances**, Presidente Prudente, v. 3, n. 3, p. 15-19, set. 1997.

PALANDI, J.; FIGUEIREDO, D. B.; DENARDIN, J. C.; MAGNAGO, P. R. **Cinemática e Dinâmica**. Santa Maria-RS, 2010. (Apostila)

PASSOS, P. C. S. J.; CAREGNATO, S. E. Análise dos sistemas de busca de revistas científicas eletrônicas. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**,

Campinas, SP, v. 16, n. 2, mar. 2018. ISSN 1678-765X. Disponível em: < <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/8651090>>. Acesso em: 17 Ago. de 2019.

PASSOS, P. C. S. J.; CAREGNATO, S. E. Análise dos sistemas de busca de revistas científicas eletrônicas. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, SP, v. 16, n. 2, mar. 2018. ISSN 1678-765X.

PEDUZZI, L. O.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, 2009.

PERRENOUD, P. “Construir competências é virar as costas aos saberes?” In: **Revista Pátio**, Porto Alegre: ARTMED, ano 03, nº 11, p.15-19, 2000.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.19, n.1: p.89-109, 2002.

POSSOBOM, C.C.F.; OKADA, F.K.; DINIZ, R.E.S. **As atividades práticas de laboratório no ensino de Biologia e Ciências: relato de uma experiência**. In: Universidade Estadual Paulista – Pró Reitoria de Graduação. (Org.). Núcleos de Ensino. São Paulo: Editora da UNESP, v. 1, p. 113-123, 2003.

POZO, J. I. et al. Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza. In: _____. **Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos**. Barcelona: Graó, p. 95-134, 2006.

RAMOS, L. S.; ANTUNES, F.; SILVA, L. H. A concepção de professores de Ciências sobre o Ensino de Ciências. **Revista da SBEnBio**, n. 3, p. 1.666-1.674, out. 2010.

REGINALDO, C.C.; SHEID, N.J.; GÜLLICH, R.I.C. **O Ensino de Ciências e a Experimentação**. In Anaped Sul: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Giruá, 2012.

RAMAL, A. C. "As mudanças no Ensino Médio a partir das DCNEM". **Revista Pátio**, Ano 2, p. 13-17, 1999.

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Curitiba: UTFPR. Quadrimestral. Descrição. Disponível em:< <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/index>> Acesso em: 06 de Jun. de 2019.

RIBEIRO, M. R. **Análise das dificuldades relacionadas ao ensino de Física no Nível Médio**. Monografia. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2005.

ROCHA, A.N.; RIZZUTI, B.F.; MOTA, D.S.. Transformações de Galileu e de Lorentz: um estudo via teoria de grupos. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 35, n. 4, p. 1-9, 2013.

ROCHA, C. E. S. **A dinâmica do Processo de Ensino e Aprendizagem de Cálculo I: Uma Investigação no Curso de Licenciatura em Física da UFSM** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências; química da vida e saúde, Santa Maria, RS, 2019.

ROCHA, C. E. S.; GOULART, G. S.; SPOHR, C. B.; SANTAROSA, M. C. P. **Proposta de Ensino: Utilizando um Organizador Prévio como Estratégia para a Aprendizagem do Conceito de Corrente Elétrica**. In: Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (ENAS), 2018, Santa Catarina. Anais do 7º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, FURB - Blumenau, Santa Catarina, Brasil.

RODRIGUES, C. M.; SAUERWEIN, I. P. S.; SAUERWEIN, R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-7, 2014.

RONCA, A. C. C. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em Psicologia**, 3, p.91-95, 1994.

ROSA, C. W. da; ROSA, A. B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 4, nº 1, 2005. Disponível em:< http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf> Acesso em 05 de Set. de 2018.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**, v. 58, n. 2, p. 1-24, 2012.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 1-24, 2016.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de Conteúdo: Exemplo de aplicação da técnica para a análise de dados qualitativos. *Qualit@s Revista Eletrônica* ISSN 1677 4280, v.17. nº.1, 2015.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. **Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 2, 2012.

SILVA, M.; SANTOS, A. G.; ARAÚJO, Z. F.; ANDRADE, C. S. **O uso da experimentação no ensino de Física: Relatando uma ação do PIBID**. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, VII Atas. Palmas, 2012.

SILVA, S. C. R.; SCHIRLO, A. C. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões para o Ensino de Física Ante a Nova Realidade Social. **Imagens da Educação**, v. 4, nº 1, p. 36-42, 2014.

SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. Manaus: UFM. 2011. Disponível em:< <http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/>> Acesso em: 04 de Abr. 2019.

SIQUEIRA, A. B. de O. **Física Moderna e Contemporânea : Intervenção didática por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) no Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro (RJ), 2017.

SOARES, A. B.; MUNCHEN, S.; BOHERER ADAIME, M. **Uma Análise da Importância da Experimentação em Química no Primeiro Ano do Ensino Médio.** In: 33º ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA. Ijuí/RS. Movimentos Curriculares da Educação Química: o permanente e o transitório, 2807- 11318-1-PB, 2013.

SOUZA, A. J.; ARAÚJO, M.S.T. A produção de raios x contextualizada por meio do enfoque CTS*: Um caminho para introduzir tópicos de FMC** no ensino médio. *Educar*, Curitiba, n. 37, p. 191-209, maio/ago. 2010.

SOUZA, A. J.; ARAÚJO, M.S.T. **Elaboração de um pôster como material didático para abordar conceitos de produção de raios-x e radioproteção em aulas de Física.** In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, UFES – Vitória, ES, Brasil.

TEIXEIRA, N. F. Metodologias de pesquisa em educação: Possibilidades e Adequações. **Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 12, n. 2, p. 7-17, 2015.

TERRAZZAN, A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média.** Tese de doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 1994.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERMOELÉTRICA de Uruguaiana irá gerar energia para a Argentina. **Jornal do Comércio**, 27 de jul. de 2017. Disponível em: <https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/2017/07/economia/576087-termeletrica-de-uruguaiana-ira-gerar-energia-para-a-argentina.html> Acesso em: 21 de out. de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Projeto político pedagógico do curso de licenciatura em educação especial. São Carlos: UFSCar, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA. **Projeto político pedagógico do curso de licenciatura em ciências da natureza.** Uruguaiana: UNIPAMPA, 2013. Disponível em: <<http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/cienciasdanatureza/files/2011/05/PPC-Ci%C3%A2ncias-Natureza.pdf>> Acesso em: 15 de Mai. de 2019.

USINA de Uruguaiana deve retomar operação a partir de quarta-feira. **G1-RS**, 11 de fev. de 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2015/02/usina-de-uruguaiana-deve-retomar-operacao-partir-desta-quarta-feira.html>> Acesso em: 21 de out. de 2020.

USINA termoeletrica de Uruguaiana é vendida. **ACONTECE MAIS**, 04 de set. de 2020. Disponível em: <<https://acontecemais.com.br/usina-termeletrica-uruguaiana/>> Acesso em: 21 de out. de 2020.

VITOR, A. D. M.; CORRÊA FILHO, J. A. **Para o ensino de radiação de corpo negro no nível médio**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luis. Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, UEM – São Luis, MA, Brasil.

VASCONCELLOS-GUEDES, L.; GUEDES, L. F. A. E-surveys: Vantagens e Limitações dos Questionários Eletrônicos via Internet no Contexto da Pesquisa Científica. In: X SemeAd - Seminário em Administração FEA/USP (São Paulo, Brasil), 2007.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Sears e Zemansky. **Física I: Mecânica**. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese de doutoramento. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - FEUSP. São Paulo, SP. 1989.

APÊNDICES

APÊNDICE 01 – QUESTIONÁRIO INICIAL



QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO E DE DILEMAS



Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em educação Matemática e Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Os resultados obtidos serão utilizados de forma única e exclusiva para fins académicos

Lembramos que o questionário é anónimo, não devendo por isso colocar a sua identificação em nenhuma das folhas, nem assinar o questionário.

Solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões.

Na maioria das questões terá apenas de assinalar com um (x) a sua opção de resposta.

Leve o tempo que achar necessário para realizar essa tarefa, mas a realize após refletir sobre cada situação, sempre que for o caso. Suas contribuições são muito preciosas para nossa pesquisa. MUITO OBRIGADO POR SUA COLABORAÇÃO!!!

01. Há quanto tempo atua como professor(a) na disciplina de Física no ensino médio?

- () Menos de 3 anos
 () Entre 3 anos e 10 anos
 () Entre 10 anos e 20 anos
 () Outro período: _____ (Especifique)

02. Em qual(is) ano(s) você ministra as aulas de Física para o Ensino Médio?

- () 1 ano
 () 2 anos
 () 3 anos

03. Qual seu curso de formação?

- () Licenciatura em Física
 () Licenciatura em Matemática
 () Licenciatura em Química
 () Possui outra formação: _____ (Especifique)

04. Em que ano você concluiu a sua formação?

- () Até 1999

- () Entre 2000 a 2005
- () Entre 2006 e 2011
- () Entre 2012 e 2019
- () Ainda não conclui

05. Em qual instituição você cursou a licenciatura?

06. Durante sua formação você teve algum contato com tópicos de Física Moderna e Contemporânea?

- () Sim () Não

07. Quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea foram abordados ao longo da sua formação inicial?

08. Você acredita ser importante tratar sobre essa área da Física no ensino médio?

- () Sim
() Não

09. Você percebe que a sua formação inicial contribuiu para que fossem contemplados em suas práticas tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Em quais aspectos?

- 10.** Você se sente seguro para abordar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em suas aulas? Por quais motivos?

- 11.** Em uma pesquisa desenvolvida por Ostermann e Moreira (2000) os autores listam uma série de conteúdos de FMC que seriam importantes de serem trabalhados no ensino médio. Assinale aquele(s) que você já abordou em suas aulas:

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Efeito Fotoelétrico | <input type="checkbox"/> Origem do universo | <input type="checkbox"/> Partículas elementares |
| <input type="checkbox"/> Átomo de Bohr | <input type="checkbox"/> Raios-X | <input type="checkbox"/> Big Bang |
| <input type="checkbox"/> Leis de conservação | <input type="checkbox"/> Metais e isolantes | <input type="checkbox"/> Estrutura molecular |
| <input type="checkbox"/> Radioatividade | <input type="checkbox"/> Semicondutores | <input type="checkbox"/> Não sinto dificuldade |
| <input type="checkbox"/> Forças fundamentais | <input type="checkbox"/> Laser | <input type="checkbox"/> Não quero responder |
| <input type="checkbox"/> Dualidade onda-partícula | <input type="checkbox"/> Supercondutores | |
| <input type="checkbox"/> Fissão e fusão nuclear | <input type="checkbox"/> Fibras ópticas | |

Em caso de algum outro conteúdo,

_____ (Especifique)

- 12.** Quais foram as principais dificuldades enfrentadas durante a abordagem dos conteúdos assinalados na questão anterior?

- 13.** Quais aspectos você considera relevante para poder contemplar o ensino de Física Moderna e Contemporânea em suas aulas? O que você julga necessário para esta abordagem?

- 14.** A professora Maria Clara, durante uma aula sobre o Efeito Fotoelétrico, fornece aos alunos a seguinte definição sobre esse fenômeno: “Sempre que um radiações eletromagnéticas incidir sobre placa metálica, elétrons são ejetados dela”. Comente sobre a afirmação feita pela professora

- 15.** De forma geral, dentro do currículo das escolas de Ensino Médio, os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea são vistos no 3º ano, após os alunos terem visto todos os conteúdos da chamada Física Clássica. Você, professor(a), tem o hábito de abordar essa parte da Física em suas aulas? Se sim, justifique sua resposta dizendo de que forma costuma fazer essas abordagens. Se não, diga o porquê não costuma abordar esses conteúdos.

- 16.** Imagine que você tivesse todo o qualquer recurso didático pedagógico possível para desenvolver a aula da sua vida sobre algum dos temas levantados na questão 6. De que forma você procederia? Discorra, brevemente, sobre a questão levantada.

A seguir são apresentadas situações que descrevem fatos que com frequência se apresentam em escolas de Ensino Médio.

Para cada uma destas situações se apresentam três opções (a, b e c).

Assinale a alternativa que melhor representa o SEU PENSAMENTO.

17. Durante uma aula sobre radiação de corpo negro, o professor, ao explicar o modelo de quantização de energia que daria um fim ao chamado problema da “Catástrofe do Ultravioleta” (Figura 1), relata que Planck considerou que, na superfície do corpo negro, existem osciladores harmônicos simples (cargas elétricas oscilantes) com valores determinados pela equação abaixo:

$$E_n = nhf \quad (n = 0,1,2 \dots)$$

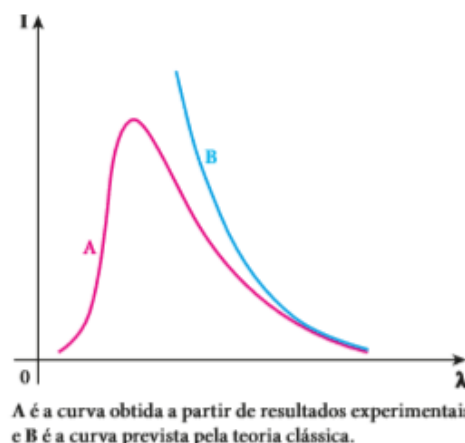


Figura 1

Joãozinho, um dos melhores alunos da classe, lembra de suas aulas do 2º ano do ensino médio quando aprendeu sobre oscilações e afirma que, segundo a Física Clássica, o oscilador harmônico simples (OHS) pode ter qualquer quantidade de energia e que essa energia não depende da frequência. **Analise as opiniões abaixo.**

- A partir do comentário de Joãozinho, o professor deve procurar demonstrar matematicamente as diferenças entre o OHS Clássico e o Quântico.
 - O professor deve reforçar a diferença entre o OHS Quântico e Clássico de forma conceitual, não sendo necessária a utilização da linguagem matemática para tal justificativa.
 - O professor deve explicar que a dúvida de Joãozinho é pertinente, entretanto eles não possuem um formalismo matemático suficiente para compreender o caso envolvendo o OHS Quântico, já que ele é obtido a partir da resolução da equação de Schrödinger vista, apenas, nos cursos de graduação em Física.
18. Ao iniciar o ano letivo o professor de Física decide desenvolver suas aulas tendo como base o referencial da aprendizagem significativa. Nesse referencial um dos fatores básicos, segundo Ausubel (1973) é que o aluno precisa demonstrar vontade de querer aprender. Para verificar se há interesse dos alunos em aprender o Efeito Fotoelétrico, o professor decide aplicar um questionário. Ao analisa-lo, constata que a maioria dos alunos não evidencia esse desejo. **Analise as opiniões abaixo.**

- a) A partir dessa constatação professor deve abandonar a ideia de trabalhar esse conteúdo, e, conseqüentemente, deve partir para outro tópicos do programa curricular a ser cumprido.
- b) O professor deveria trabalhar o conteúdo, buscando formas de motivar os alunos a querer aprender.
- c) O professor deve lembrar os estudantes que esse é um dos conteúdos presentes nos principais vestibulares do país e que, portanto, eles devem aprender.

19. Liane é professora do Ensino Médio e leciona a disciplina de Física em uma escola pública do município de Santa Maria-RS. Ela possui cerca de 2h semanais com cada uma das turmas (3º ano) que trabalha. Ao chegar próximo do final do ano letivo ela verifica que não será possível trabalhar com os alunos os conteúdos referentes a Física Moderna e Contemporânea (FMC). **Análise as opiniões abaixo.**

- a) A professora não deveria se preocupar, pois a grande parte dos vestibulares “cobra” conceitos relacionados a Física Clássica.
- b) A professora deveria repensar seu planejamento para o próximo ano letivo, uma vez que a FMC traz conteúdos que possibilitam ao aluno um entendimento de várias tecnologias hoje presentes em nossa sociedade.
- c) Os assuntos abordados pela FMC são muito complexos para serem trabalhados no ensino médio e, portanto, caso sobre algum tempo, o professor pode introduzir algum dos assuntos dessa temática.

20. Uma das grandes dificuldades no ensino de FMC no nível médio, devido a seu alto grau de abstração, está no fato de ser difícil a obtenção de atividades experimentais que sejam compatíveis com a estrutura da escola pública. Em uma reunião de professores, Claudio e Osmar, e Roberto ambos professores de Física dos 3º anos de uma escola pública de Santa Maria-RS, discutem acerca da possibilidade de se trabalhar o ensino de FMC dentro de uma perspectiva experimental. **Análise as opiniões abaixo.**

- a) Claudio argumenta que mesmo a escola não ofertando muitos recursos para o desenvolvimento desse tipo de atividade, é possível, a partir da utilização de materiais de baixo custo, elaborar algumas atividades experimentais para comprovar a parte teórica vista em sala de aula.
- b) Osmar pontua que apenas as aulas teóricas são suficientes para a aprendizagem dos conceitos de FMC e que, as atividades práticas, servem apenas para entretenimento.
- c) Roberto defende que é necessário trabalhar as atividades experimentais e concorda com o argumento utilizado por Claudio. Entretanto, para ele, as atividades experimentais podem ser trabalhadas não apenas para comprovar a teoria, mas sim como forma de compreender melhor o fenômeno de interesse.

21. A professora Adriane, em uma de suas aulas, para explicar o funcionamento do laser de rubi (Óxido de Alumínio, dopado com átomos de Cromo), faz a seguinte representação no quadro negro:

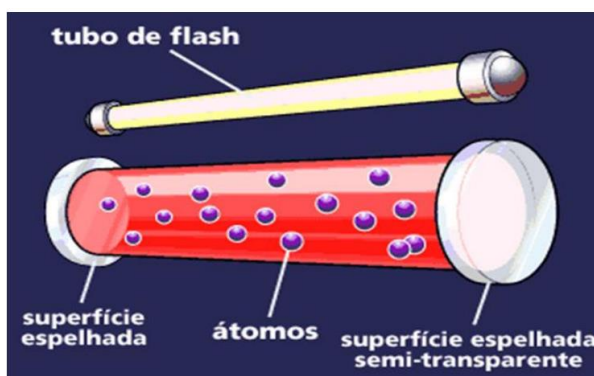


Figura 2: Representação do laser de Rubi

Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/biofisica/Laser.pdf>> Acesso em: 14 de Set.

A partir dessa representação ela pede que os alunos construam uma hipótese para explicar o funcionamento desse instrumento. **Analisar as opiniões abaixo e assinalar aquela que melhor se enquadra na solicitação feita pela professora.**

a) Para Rodrigo, os átomos colidem entre si e é a partir dessas colisões que a energia cinética vai sendo dissipada na forma de radiação eletromagnética, direcionada de forma retilínea por conta da reflexão sobre as superfícies espelhadas.

b) Para Paula, o tubo de flash irá estimular os átomos dentro do material, fazendo com que haja um número maior de elétrons excitados do que no estado fundamental. Quando isso ocorre, os elétrons excitados emitem um fóton que irá interagir com outro elétron que, por sua vez, irá emitir outro fóton. Essa luz é canalizada com a ajuda das superfícies espelhadas para formar um feixe.

c) Para Roberta, o tubo de flash irá fornecer energia aos átomos de cromo que, agora, irão ocupar um estado mais excitado. Os átomos de Cromo, que agora ocupam um estado de maior energia, não permanecem eternamente aí; ao voltarem, de forma espontânea, emitem fótons, em qualquer direção. Essa emissão de fótons irá desencadear a formação do laser. Assim, quando a quantidade de energia chegar a uma determinada magnitude, um raio de luz amplificada atravessa o espelho semitransparente.

22. A utilização de simulações computacionais no ensino de FMC tem sido cada vez mais aprofundada e debatida por pesquisadores da área do ensino de Física. Alguns deles, defendem que essas ferramentas podem ser encaradas como “laboratórios didáticos virtuais” e podem auxiliar de forma significativa no processo de ensino-aprendizagem. Com base nisso, três professores, de uma escola de Santa Maria-RS, debatem acerca da

utilização desse tipo de recurso para ensinar relatividade restrita. **Analise as opiniões abaixo e assinale aquela que melhor se aproxima da sua concepção.**

- a) Edivaldo, acredita que a utilização das simulações computacionais pode motivar os alunos a aprender um conteúdo tão abstrato quanto o de relatividade restrita.
- b) Gertrudes alega falta de habilidade ao manipular qualquer “instrumento tecnológico” e acredita que os alunos aprendem melhor a partir de listas de exercícios que envolvam as expressões matemáticas desse conteúdo.
- c) Antenor acredita que a utilização de simulações computacionais possa ser utilizada como uma forma de facilitar a compreensão dos estudantes acerca do fenômeno estudado.



APÊNDICE 02: QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO E DE DILEMAS



Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em educação Matemática e Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFESM).

Os resultados obtidos serão utilizados de forma única e exclusiva para fins académicos. Lembramos que o questionário é anónimo, não devendo por isso colocar a sua identificação em nenhuma das folhas, nem assinar o questionário.

Solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões.

Na maioria das questões você terá de assinalar uma, ou mais, opção(ões) de resposta(s).

LEVE O TEMPO QUE ACHAR NECESSÁRIO PARA REALIZAR A TAREFA, MAS A REALIZE APÓS REFLETIR SOBRE CADA SITUAÇÃO, SEMPRE QUE FOR O CASO.

MUITO OBRIGADO POR SUA COLABORAÇÃO.

01. Tem experiência docente em quais disciplinas?

- Ciências (Ensino Fundamental)
- Biologia
- Física
- Matemática
- Química
- Outras

02. Em qual nível de escolaridade você já atuou?

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Universitário

03. Em qual nível atua no momento?

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Universitário

04. Qual seu nível de escolaridade?

- Médio Completo
- Superior Incompleto
- Superior Completo
- Especialização
- Mestrado

Doutorado

05. Possui licenciatura em Física?

- Sim
- Não
- Cursando

06. Está habilitado para o ensino de Física?

- Sim
- Não
- Em processo de habilitação

07. Possui habilitação para lecionar qual(is) disciplina(s)?

- Ciências (Ensino Fundamental)
- Biologia
- Física
- Matemática
- Química
- Outras

08. A conclusão do seu curso de licenciatura foi:

- Antes da década de 80
- Na década de 80
- Na década de 90
- Depois do ano 2000
- Ainda estou cursando a licenciatura
- Não tenho nenhuma licenciatura, nem estou cursando

09. Há quanto tempo leciona a disciplina de Física no ensino médio?

- Menos de 2 anos
- Entre 2 anos e 10 anos
- Entre 10 anos e 20 anos
- Mais de 20 anos

10. Em qual(is) ano(s) você ministra as aulas de Física para o Ensino Médio? (Você pode assinalar mais de uma resposta)

- 1 ano
- 2 ano
- 3 ano

11. Durante a sua formação você teve algum contato com a parte de Física Moderna e Contemporânea (FMC⁴⁵)?

- Sim, ao longo da graduação tive contato com essa parte da Física, mas não me sinto seguro(a) em abordar esses tópicos no Ensino Médio.
- Ao longo de minha formação não tive contato com a FMC e, portanto, não tenho segurança para abordar esses conteúdos em sala de aula.
- Sim, ao longo da graduação tive contato com essa parte da Física e considero-o suficiente para trabalhar com estudantes do Ensino Médio
- Não tive contato com a FMC durante minha formação, mas busquei formação complementar e/ou estudei por conta e me sinto apto(a) para abordar esses tópicos.

12. Entre os conteúdos/tópicos abaixo quais foram abordados ao longo da sua formação? (Você pode assinalar mais de uma resposta)

- Efeito Fotoelétrico
- Radioatividade
- Física Quântica
- Estrutura da Matéria
- Supercondutores
- Não foram abordados tópicos de FMC
- Outro

Caso você tenha assinalado, na questão 12, a opção "Outros (especifique)", cite esses conteúdos

13. Em uma pesquisa desenvolvida por Ostermann e Moreira (2000) os autores listam uma série de conteúdos de FMC que seriam importantes de serem trabalhados no ensino médio. Assinale aquele(s) que você considera mais relevante e que gostaria de abordar em suas aulas.

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Efeito Fotoelétrico | <input type="checkbox"/> Origem do universo | <input type="checkbox"/> Partículas elementares |
| <input type="checkbox"/> Átomo de Bohr | <input type="checkbox"/> Raios-X | <input type="checkbox"/> Big Bang |
| <input type="checkbox"/> Leis de conservação | <input type="checkbox"/> Metais e isolantes | <input type="checkbox"/> Estrutura molecular |
| <input type="checkbox"/> Radioatividade | <input type="checkbox"/> Semicondutores | <input type="checkbox"/> Não sinto dificuldade |
| <input type="checkbox"/> Forças fundamentais | <input type="checkbox"/> Laser | <input type="checkbox"/> Não quero responder |
| <input type="checkbox"/> Dualidade onda-partícula | <input type="checkbox"/> Supercondutores | |
| <input type="checkbox"/> Fissão e fusão nuclear | <input type="checkbox"/> Fibras ópticas | |

14. Diga porque julgas importante trabalhar com o(s) conteúdo(s) que assinalastes na questão 13. Além disso, caso você tenha identificado nessa mesma questão a ausência de algum conteúdo, cite-o abaixo e teça uma breve justificativa.

⁴⁵ Nas questões subsequentes será utilizada essa abreviatura.

15. A professora Maria Clara, durante uma aula sobre o Efeito Fotoelétrico, fornece aos alunos a seguinte definição sobre esse fenômeno: “Sempre que uma radiação eletromagnética incidir sobre placa metálica, elétrons são ejetados dela”. Comente sobre a afirmação feita pela professora
16. Você já abordou tópicos de Física Moderna em suas aulas? Se sim, conte como foi essa experiência, apontando em qual(s) da(s) série(s) a atividade foi desenvolvida, quais conceitos foram abordados, desafios enfrentados, metodologia e recursos utilizados. Além disso, cite alguns desafios você tem enfrentado para trabalhar essa parte da Física no ensino médio?
17. Quais fatores te impedem de incluir mais tópicos de FMC em suas aulas no Ensino Médio?

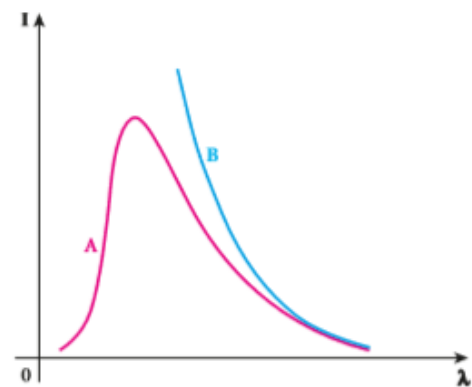
Questões de Dilemas

Nessa seção será fornecida a você uma situação problema e, a partir dela, você deve assinalar a opção que se aproxima do seu pensamento enquanto professor. **NÃO EXISTE RESPOSTA CORRETA OU INCORRETA.** As assertivas representam apenas um pensamento.

Assinale a alternativa que melhor representa o SEU PENSAMENTO.

18. Durante uma aula sobre radiação de corpo negro, o professor, ao explicar o modelo de quantização de energia que daria um fim ao chamado problema da “Catástrofe do Ultravioleta” (Figura 1), relata que Planck considerou que, na superfície do corpo negro, existem osciladores harmônicos simples (cargas elétricas oscilantes) com valores determinados pela equação abaixo:

$$E_n = nhf \quad (n = 0,1,2 \dots)$$



A é a curva obtida a partir de resultados experimentais e B é a curva prevista pela teoria clássica.

Figura 1

Joãozinho, um dos melhores alunos da classe, lembra de suas aulas do 2º ano do ensino médio quando aprendeu sobre oscilações e afirma que, segundo a Física Clássica, o oscilador harmônico simples (OHS) pode ter qualquer quantidade de energia e que essa energia não depende da frequência. **Analise as opiniões abaixo.**

- a) A partir do comentário de Joãozinho, o professor deve procurar demonstrar matematicamente as diferenças entre o OHS Clássico e o Quântico.

- b) O professor deve reforçar a diferença entre o OHS Quântico e Clássico de forma conceitual, não sendo necessária a utilização da linguagem matemática para tal justificativa.
- c) O professor deve explicar que a dúvida de Joãozinho é pertinente, entretanto eles não possuem um formalismo matemático suficiente para compreender o caso envolvendo o OHS Quântico, já que ele é obtido a partir da resolução da equação de Schrödinger vista, apenas, nos cursos de graduação em Física.
- 19.** Ao iniciar o ano letivo o professor de Física decide desenvolver suas aulas tendo como base o referencial da aprendizagem significativa. Nesse referencial um dos fatores básicos, segundo Ausubel (1973) é que o aluno precisa demonstrar vontade de querer aprender. Para verificar se há interesse dos alunos em aprender o Efeito Fotoelétrico, o professor decide aplicar um questionário. Ao analisa-lo, constata que a maioria dos alunos não evidencia esse desejo. **Analise as opiniões abaixo.**
- a) A partir dessa constatação professor deve abandonar a ideia de trabalhar esse conteúdo, e, conseqüentemente, deve partir para outro tópico do programa curricular a ser cumprido.
- b) O professor deveria trabalhar o conteúdo, buscando formas de motivar os alunos a querer aprender.
- c) O professor deve lembrar os estudantes que esse é um dos conteúdos presentes nos principais vestibulares do país e que, portanto, eles devem aprender.
- 20.** Liane é professora do Ensino Médio e leciona a disciplina de Física em uma escola pública do município de Santa Maria-RS. Ela possui cerca de 2h semanais com cada uma das turmas (3º ano) que trabalha. Ao chegar próximo do final do ano letivo ela verifica que não será possível trabalhar com os alunos os conteúdos referentes a FMC. **Analise as opiniões abaixo.**
- a) A professora não deveria se preocupar, pois a grande parte dos vestibulares “cobra” conceitos relacionados a Física Clássica.
- b) A professora deveria repensar seu planejamento para o próximo ano letivo, uma vez que a FMC traz conteúdos que possibilitam ao aluno um entendimento de várias tecnologias hoje presentes em nossa sociedade.
- c) Os assuntos abordados pela FMC são muito complexos para serem trabalhados no ensino médio e, portanto, caso sobre algum tempo, o professor pode introduzir algum dos assuntos dessa temática.
- 21.** Uma das grandes dificuldades no ensino de FMC no nível médio, devido a seu alto grau de abstração, está no fato de ser difícil a obtenção de atividades experimentais que sejam compatíveis com a estrutura da escola pública. Em uma reunião de professores, Claudio

e Osmar, e Roberto ambos professores de Física dos 3º anos de uma escola pública de Santa Maria-RS, discutem acerca da possibilidade de se trabalhar o ensino de FMC dentro de uma perspectiva experimental. **Analise as opiniões abaixo.**

a) Claudio argumenta que mesmo a escola não ofertando muitos recursos para o desenvolvimento desse tipo de atividade, é possível, a partir da utilização de materiais de baixo custo, elaborar algumas atividades experimentais para comprovar a parte teórica vista em sala de aula.

b) Osmar pontua que apenas as aulas teóricas são suficientes para a aprendizagem dos conceitos de FMC e que, as atividades práticas, servem apenas para entretenimento.

c) Roberto defende que é necessário trabalhar as atividades experimentais e concorda com o argumento utilizado por Claudio. Entretanto, para ele, as atividades experimentais podem ser trabalhadas não apenas para comprovar a teoria, mas sim como forma de compreender melhor o fenômeno de interesse.

22. A professora Adriane, em uma de suas aulas, para explicar o funcionamento do laser de rubi (Óxido de Alumínio, dopado com átomos de Cromo), faz a seguinte representação no quadro negro:

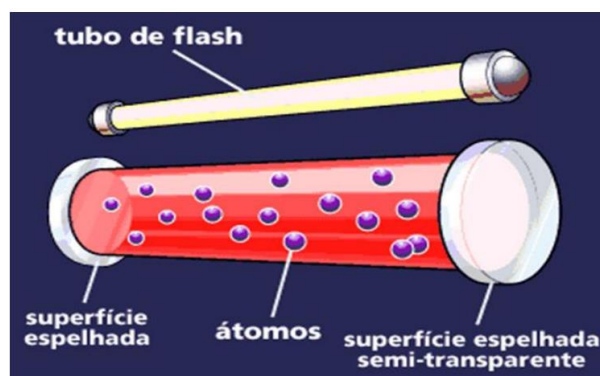


Figura 2: Representação do laser de Rubi

Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/biofisica/Laser.pdf>> Acesso em: 14 de Set.

A partir dessa representação ela pede que os alunos construam uma hipótese para explicar o funcionamento desse instrumento. **Analise as opiniões abaixo e assinale aquela que melhor se enquadra na solicitação feita pela professora.**

a) Para Rodrigo, os átomos colidem entre si e é a partir dessas colisões que a energia cinética vai sendo dissipada na forma de radiação eletromagnética, direcionada de forma retilínea por conta da reflexão sobre as superfícies espelhadas.

b) Para Paula, o tubo de flash irá estimular os átomos dentro do material, fazendo com que haja um número maior elétrons excitados do que no estado fundamental. Quando isso ocorre, os elétrons excitados emitem um fóton que irá interagir com outro elétron que, por sua vez irá emitir outro fóton. Essa luz é canalizada com a ajuda das superfícies espelhadas para formar um feixe.

c) Para Roberta, o tubo de flash irá fornecer energia aos átomos de cromo que, agora, irão ocupar um estado mais excitado. Os átomos de Cromo, que agora ocupam um estado de maior energia, não permanecem eternamente aí; ao voltarem, de forma espontânea, emitem fótons, em qualquer direção. Essa emissão de fótons irá desencadear a formação do laser. Assim, quando a quantidade de energia chegar a uma determinada magnitude, um raio de luz amplificada atravessa o espelho semitransparente.

23. A utilização de simulações computacionais no ensino de FMC tem sido cada vez mais aprofundada e debatidas por pesquisadores da área do ensino de Física. Alguns deles, defendem que essas ferramentas podem ser encaradas como “laboratórios didáticos virtuais” e podem auxiliar de forma significativa no processo de ensino-aprendizagem. Com base nisso, três professores, de uma escola de Santa Maria-RS, debatem acerca da utilização desse tipo de recurso para ensinar relatividade restrita. **Analisar as opiniões abaixo.**

- a) Edivaldo, acredita que a utilização das simulações computacionais pode motivar os alunos a aprender um conteúdo tão abstrato quanto o de relatividade restrita.
- b) Gertrudes alega falta de habilidade ao manipular qualquer “instrumento tecnológico” e acredita que os alunos aprendem melhor a partir de listas de exercícios que envolvam as expressões matemáticas desse conteúdo.
- c) Antenor acredita que a utilização de simulações computacionais possa ser utilizada como uma forma de facilitar a compreensão dos estudantes acerca do fenômeno estudado.

APÊNDICE 03 – Quadro dos *sites* dos eventos pesquisados

Evento	Ano	Link
SNEF	2005	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/
	2007	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/atas/
	2009	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/
	2011	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/
	2013	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xx/
	2015	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxi/
	2017	http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxii/
EPEF	2006	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/atas/
	2008	http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/atas/
	2010	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xii/
	2011	http://www.sbfisica.org.br/~fisica2011/index.html
	2012	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xiv/
	2014	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xv/
	2016	http://sbfisica.org.br/~fisica2016/
	2018	http://www.sbfisica.org.br/~epef/xvii/index.php/pt/

APÊNDICE 04- Carta de solicitação do contato dos professores



Ministério da Educação
 Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Ciências Naturais e Exatas
PPG em Educação Matemática e Ensino de Física



Apresentação e Solicitação

A direção

Prezado(a) diretor(a) viemos por meio desta, pedir a colaboração da instituição e dos docentes que lecionam a disciplina de Física para o desenvolvimento da pesquisa de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Ensino da Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), intitulada: **“Proposição de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC): Uma forma alternativa a desafios enfrentados por professores de Física ao trabalhar com o tema em escolas estaduais de Uruguaiiana-RS.**

A presente pesquisa tem como objetivo principal investigar se e como os professores de Física das Escolas Estaduais de Ensino Médio do município de Uruguaiiana-RS têm trabalhado com o tema Física Moderna e Contemporânea em suas aulas e de que forma a organização de uma possível Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) pode contribuir com o processo de ensino-aprendizagem do tema neste contexto. Nesse sentido, nosso trabalho pode ser compreendido a partir de três dimensões: 1 - o levantamento bibliográfico; 2 - a investigação junto aos professores de física da rede estadual de ensino médio do município de Uruguaiiana-RS; e 3 - a proposição e justificativa de possível(is) UEPS a ser(em) desenvolvida(s) com esses professores.

É na segunda dimensão, a investigação junto aos professores de física da rede estadual de ensino médio do município de Uruguaiiana-RS, que se dará a partir da aplicação de um questionário, que contamos com o apoio desta instituição e dos professores da disciplina de Física. Assim, seria importante que, enquanto pesquisadores, tivéssemos **o contato (e-mail) dos docentes que atuam no Ensino de Física.** Ressaltamos ainda que, conforme as normativas estabelecidas em virtude da pandemia da COVID-19, achamos que essa seja a melhor estratégia para o andamento da pesquisa, optando pela aplicação de um formulário online. Nesse sentido, salientamos que o

mantermos todos os protocolos pré-estabelecidos. Por conta disso, é de fundamental importância o contato desses professores.

No entanto, destacamos que, **em caso de inviabilidade no fornecimento do e-mail dos docentes, pedimos encarecidamente que a escola repasse aos mesmos esse documento**, para que, a partir de uma leitura atenta, eles optem, por participarem, ou não, da pesquisa. Além disso, ressalta-se que será mantido total anonimato dos participantes e que as informações e dados emergentes do processo investigativo poderão vir a ser utilizadas na dissertação sempre com respeito, sigilo e ética, cabível a qualquer pesquisa de cunho científico.

Por fim, destacamos ainda que, essa pesquisa tem **respaldo da mantenedora (10ª CRE)**, ao qual, durante o ano passado, realizamos um contato prévio para vermos a possibilidade de implementação desse trabalho. Durante esse contato, tivemos um *feedback* positivo da professora Sara Elizeth Duzac Cardoso, na perspectiva de que, posteriormente, seja fornecida uma devolutiva dos dados obtidos durante o processo de pesquisa.

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida a qualquer momento durante a investigação, podendo as participantes recusarem ou retirarem o consentimento, por meio dos contatos (guilhermesalgueiro.g@hotmail.com; (55)99685-8282; profandrefsc@yahoo.com.br; (48)99667-1818).

A carta segue assinada por ambos os pesquisadores: Mestrando Guilherme Salgueiro Goulart (Orientando) e Professor Dr. André Ary Leonel (Orientador).


Guilherme Salgueiro Goulart
Mestrando / Pesquisador

 Documento assinado digitalmente
André Ary Leonel
Data: 25/07/2020 18:30:49-0300
CPF: 028.802.779-23

André Ary Leonel
Professor / Orientador

Santa Maria, 23 de Julho de 2020

APÊNDICE 05 – Pré-teste e Pós-teste



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM)



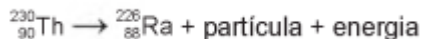
Aluno(a): _____

Ano: ____

Escola: _____ Data: __/__/__

Questionário: Física Nuclear

- 01-** O que você entende por radioatividade?
- 02-** Você saberia citar algum acontecimento que esteja relacionado ao fenômeno da radioatividade?
- 03-** Qualquer elemento químico pode ser considerado radioativo? Explique sua resposta.
- 04-** (ENEM-2018, adaptada) O elemento radioativo tório (Th) pode substituir os combustíveis fósseis e baterias. Pequenas quantidades desse elemento seriam suficientes para gerar grande quantidade de energia. A partícula liberada em seu decaimento poderia ser bloqueada utilizando-se uma caixa de aço inoxidável. A equação nuclear para o decaimento do $^{230}_{90}\text{Th}$



Considerando a equação de decaimento nuclear, qual é a partícula que fica bloqueada na caixa de aço inoxidável?

- 05-** Como você definiria o que é o processo de fissão nuclear?
- 06-** Você sabe o que é uma usina nuclear e qual sua finalidade? Existe diferença no funcionamento dela e uma usina termelétrica?
- 07-** (ENEM-2015, adaptada) Considere o trecho abaixo:

“A bomba
reduz neutros e neutrinos,
e abana-se com o leque da reação em cadeia”

ANDRADE, C. D. Poesia completa e prosa. Rio de Janeiro: Aguilar, 1973 (fragmento).

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Por que essa reação é dita “em cadeia”?

- 08-** Um dos principais problemas decorrentes da utilização de usinas nucleares são os resíduos por elas deixados (lixo nuclear). No entanto, recentemente, pesquisadores da universidade de Bristol, na Inglaterra encontraram um jeito de utilizar resíduos radioativos a partir da criação de baterias feitas com eles. Como na Inglaterra há um enorme estoque de carbono-14, devido ao fato desse lixo nuclear ser compostos, em sua maioria, de grafite, que é

utilizado em blocos nessas usinas para moderar reações nucleares dos reatores, controlando a intensidade da radiação para que uma reação em cadeia não seja iniciada. Assim, eles pretendem incorporar o carbono-14 dentro de diamantes a fim de que nenhuma radiação escape

O diamante tem energia pelo tempo que durar a radiação dentro dele. No caso do carbono-14, uma grama, segundo os cientistas, consegue prover 15 joules ao dia – todos os dias, rigorosamente, por 5.730 anos que é a meia vida dele (SUPER INTERESSANTE, 2016). Considerando que a amostra inicia seja de 1g e uma massa restante seja 0,03125g de carbono-14, determine:

- (a) O tempo de desintegração
- (b) O número decorrido de meias-vidas.

APÊNDICE 06

Atividade experimental: Fluorescência de substâncias⁴⁶

A) Materiais

- 01) Sabão em pó
- 02) Água
- 03) Copo de vidro (requeijão)
- 04) Fita adesiva transparente
- 05) Caneta de marcador permanente preta
- 06) Caneta de Marca texto
- 07) Água Tônica
- 08) Celular que contenha lanterna

B) Procedimentos de preparo para as soluções

- Em um copo de vidro adicione o sabão em pó e a água.
- Reserve a solução.
- Corte uma porção do refil que está contido na caneta de marca texto e, em um copo de vidro contendo água, pressione a porção do refil, de modo que as gotas dela entrem em contato com a água.
- Reserve a solução
- Despeje a Água tônica em um copo de vidro.

C) Procedimentos para a construção da luz negra

- Corte a fita adesiva transparente em 5 pedaços retangulares, de tamanhos aproximado ao flash /lanterna de seu celular.
- Coloque um dos retângulos sobre o flash/lanterna e pinte completamente esse retângulo utilizando a caneta de marcador permanente preta.
- Coloque outro retângulo sobre o primeiro, pinte-o.
- Proceder da mesma forma até que todos os retângulos estejam pintados e colados de forma sequencial.

D) Método: Coloque a luz negra sobre cada uma das soluções.

E) Questões:

- 1) Descreva e explique o fenômeno observado?
- 2) As substâncias que você utilizou são radioativas?

⁴⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=g_q2r7LILbs> Acesso em: 26 de out. de 2020.

- 3) Conforme o texto discutido na última aula - A Radioatividade e a história do tempo presente- Henri Becquerel, motivado pela descoberta de Wilhelm Konrad Röntgen sobre os raios-x, decide investigar a existência de uma possível relação entre as substâncias fosforescentes (sais de urânio) e a emissão de raio-x. Se montássemos um experimento, igual fez Becquerel (sob as mesmas condições), substituindo os sais de urânio por uma das três substâncias você acha que obteríamos o mesmo resultado? Explique.

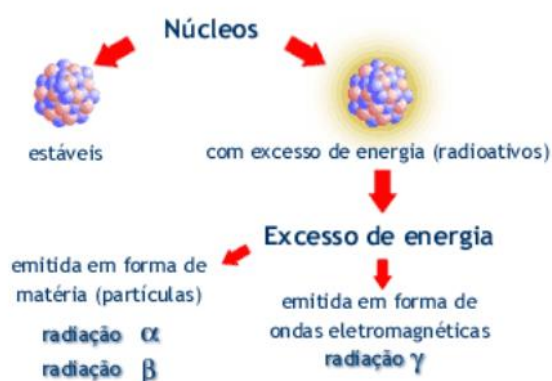
APÊNDICE 07 – Aula Expositiva dialogada

1. Radioatividade⁴⁷

O esquecimento de uma rocha de urânio sobre um filme fotográfico virgem levou à descoberta de um fenômeno interessante: o filme foi velado (marcado) por alguma coisa que saía da rocha, na época denominada raios ou radiações.

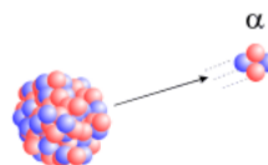
Outros elementos pesados, com massas próximas à do urânio, como o rádio e o polônio, também tinham a mesma propriedade.

O fenômeno foi denominado radioatividade e os elementos que apresentavam essa propriedade foram chamados de elementos radioativos. Comprovou-se que um núcleo muito energético, por ter excesso de partículas ou de carga, tende a estabilizar-se, emitindo algumas partículas.



1.1 Radiação alfa ou Partícula alfa (α)

Um dos processos de estabilização de um núcleo com excesso de energia é o da emissão de um grupo de partículas positivas, constituídas por dois prótons e dois nêutrons, e da energia a elas associada. São as **radiações alfa** ou **partículas alfa**, núcleos de hélio (He), um gás chamado nobre por não reagir quimicamente com os demais elementos.



1.2 Radiação beta ou Partícula beta (β)

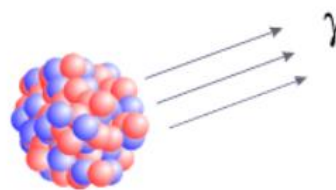
Outra forma de estabilização, quando existe no núcleo um excesso de nêutrons em relação a prótons, é através da emissão de uma partícula negativa, um elétron, resultante da conversão de um nêutron em um próton. É a **partícula beta negativa** ou, simplesmente, **partícula beta**. No caso de existir excesso de cargas positivas (prótons), é emitida uma partícula **beta positiva**, chamada **pósitron**, resultante da conversão de um próton em um nêutron. Portanto, a **radiação beta** é constituída de partículas emitidas por um núcleo, quando da transformação de nêutrons em prótons (**partículas beta**) ou de prótons em nêutrons (**pósitrons**).



1.3 Radiação gama (γ)

⁴⁷ Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce1302/pic.pdf>> Acesso em: 27 de out. de 2020.

Geralmente, após a emissão de uma partícula alfa (α) ou beta (β), o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura estabilizar-se, emitindo esse excesso em forma de onda eletromagnética, da mesma natureza da luz, denominada radiação gama.

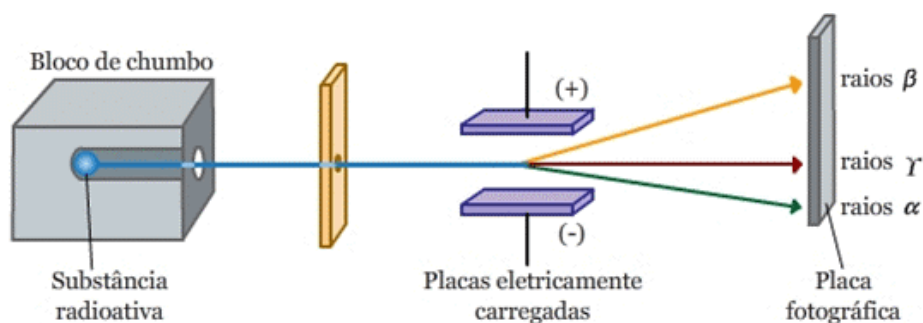


2 PARTÍCULAS E ONDAS

Conforme foi descrito, as radiações nucleares podem ser de dois tipos:

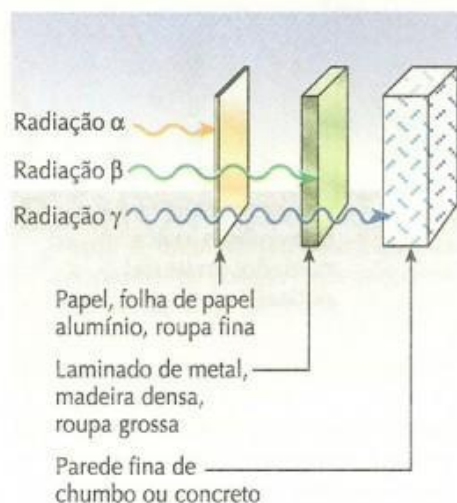
- partículas**, possuindo massa, carga elétrica e velocidade, está dependente do valor de sua energia;
- ondas eletromagnéticas**, que não possuem massa e se propagam com a velocidade de 300.000 km/s, para qualquer valor de sua energia. São da mesma natureza da luz e das ondas de transmissão de rádio e TV.

A identificação desses tipos de radiação foi feita utilizando-se uma porção de material radioativo, com o feixe de radiações passando por entre duas placas polarizadas com um forte campo elétrico.



Fonte: Disponível em: <<https://profatomico.blogspot.com/2015/01/radioatividade.html>> Acesso em: 27 de out. de 2020.

O poder de penetrabilidade dessas radiações:



Fonte: Disponível em: <<http://quimicasegredos.com/radioatividade-tipos-de-radiacao-estudo-das-emissoes-alfa-beta-e-gama/>> Acesso em: 28 de out. de 2020.

3 DESINTEGRAÇÃO NUCLEAR⁴⁸

A desintegração nuclear ou radioatividade é a transformação de um núcleo noutro, com emissão de partículas radioativas.

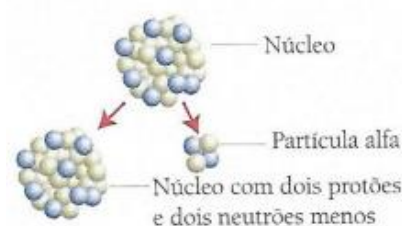
A radioatividade pode ser natural se ocorrer de forma espontânea nos isótopos naturais ou artificial se ocorrer nos isótopos obtidos nos reatores nucleares.

3.1 Tipos de desintegração nuclear

3.1.1 Desintegração alfa (α)

A desintegração alfa é constituída por núcleos de hélio (${}^4_2\text{He}$). Por isso, durante o processo de desintegração alfa deve libertar-se um núcleo de hélio. Por exemplo, quando o urânio-238 (238 é a massa atômica) sofre desintegração alfa deve libertar-se um núcleo de hélio e um de tório.

A equação que representa o processo é:



Em geral, se considerarmos um núcleo ZAY (também chamado núcleo-mãe) a sofrer desintegração alfa, ele deve libertar um núcleo de hélio (${}^4_2\text{He}$) e um núcleo ${}^{A-4}_{Z-2}X$ (chamado núcleo-filho). Desta forma a reação geral de uma desintegração alfa será:



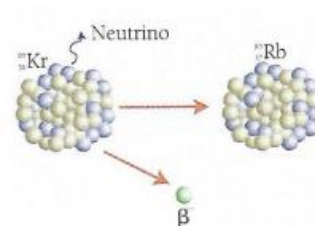
A regra acima é conhecida como a *Regra de deslocamento de Fajans-Soddy*.

Com isso, podemos dizer que durante qualquer desintegração alfa liberta-se um núcleo de hélio; o número atômico do núcleo-mãe é reduzido em duas unidades e a sua massa atômica é reduzida em quatro unidades.

3.1.2 Desintegração beta (β)

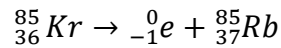
A desintegração beta é constituída por elétrons e prótons. Porém, por motivos históricos, distingue-se dois tipos de desintegração beta:

- **Desintegração β^- (beta menos)**- quando a partícula emitida é um elétron. Por exemplo, quando o krípton-85 sofre desintegração β^- liberta-se um elétron e um núcleo de rubídio. Esse fato se deve a transformação de um nêutron do núcleo num próton e um elétron.

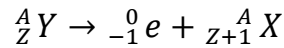


Assim, a equação que representa o processo é:

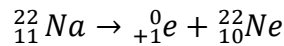
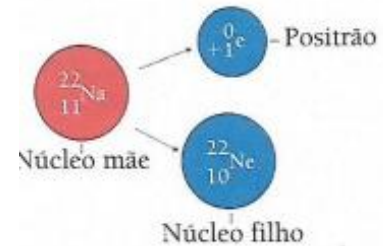
⁴⁸ VILANCULOS, A.; COSSA, R. **Física 12ª Classe**. Textos editores, 2ª edição, Moçambique, 2015.



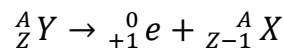
Em geral se considerarmos um núcleo-mãe ${}^A_Z\text{Y}$ ao sofrer desintegração β^- :



- **Desintegração β^+ (beta mais)**- quando a partícula emitida é um pósitron. Por exemplo, quando o sódio-22 sofre desintegração β^+ liberta-se um pósitron e um núcleo de neônio. Esse fato se deve à transformação do próton do núcleo num nêutron e pósitron. A equação que representa o processo é:

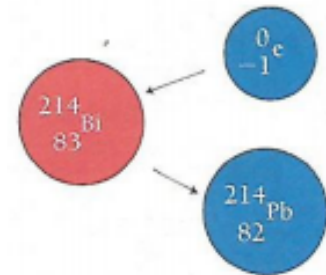
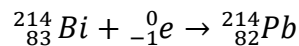


Em geral se considerarmos um núcleo-mãe ${}^A_Z\text{Y}$ ao sofrer desintegração β^+

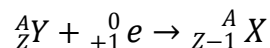


Temos ainda a chamada **captura eletrônica (captura K)** que ocorre quando um núcleo atômico capta um elétron. Por exemplo, quando o bismuto-214 capta um elétron liberta-se um núcleo de chumbo.

A equação que representa a reação é:



A reação geral de uma captura K é:

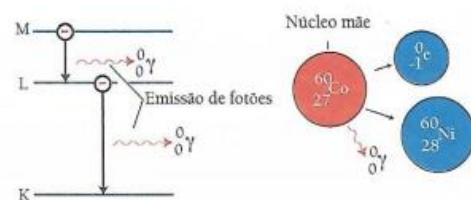


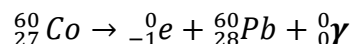
3.1.3 Desintegração gama (γ)

A desintegração gama ocorre quando são emitidos fótons ou simplesmente ondas eletromagnéticas. Este fenômeno ocorre, quando um elétron passa de um nível de maior energia para um nível de menor energia.

É de notar que a desintegração γ não constitui um tipo independente de radioatividade, pois ela acompanha as desintegrações, alfa e beta, mas sem causar alterações na carga e na massa da partículas que participam na reação. Por exemplo, quando o cobalto-60 sofre uma desintegração β^- , liberta-se para além do elétron e do núcleo de níquel, um fóton ou partícula gama.

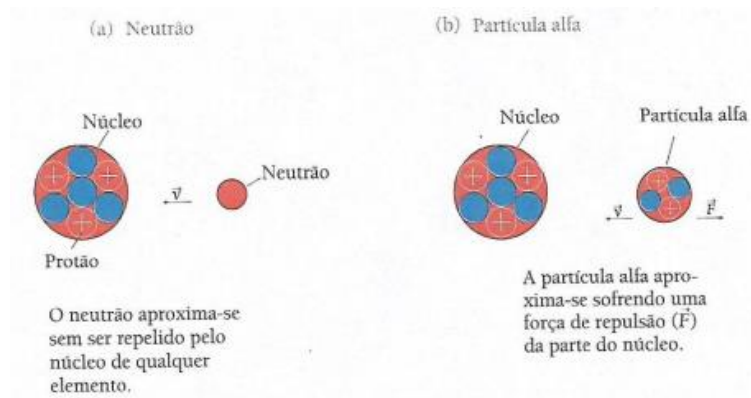
A equação que representa a reação é:





4. FISSÃO NUCLEAR⁴⁹

Com a descoberta do nêutron, achou-se uma nova partícula para desencadear reações nucleares. O nêutron apresenta, comparativamente as outras partículas (alfa, beta, elétron, etc...), a grande vantagem de ser eletricamente neutro. Por isso, o nêutron pode aproximar-se do núcleo de qualquer elemento sem ser repellido pela carga positiva do núcleo.

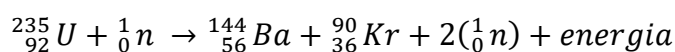


Devido a vantagem anteriormente exposta, o nêutron passou a ser a partícula mais usada no desencadeamento de reações nucleares. Por exemplo, quando se bombardeia um núcleo de urânio-235 (${}_{92}^{235}\text{U}$) com nêutrons, o choque é de tal maneira eficaz que o núcleo quebra-se em dois núcleos mais leves que podem ser bário-144 (${}_{56}^{144}\text{Ba}$) e o krípton-90 (${}_{36}^{90}\text{Kr}$).

A este tipo de reação nuclear dá-se o nome de fissão nuclear.

- Se obtém dois núcleos pesados, mais leves que o nuclídeo-pai.
- Ocorre um defeito de massa.
- São emitidos dois ou mais nêutrons, chamados nêutrons de fissão.
- Se liberta grande quantidade de energia.

A equação que representa este processo é:



Espectroscopicamente pode determinar-se a massa dos nuclídeos intervenientes da reação. Nesse caso as massas são apresentadas abaixo.

⁴⁹ VILANCULOS, A.; COSSA, R. **Física 12ª Classe**. Textos editores, 2ª edição, Moçambique, 2015.

Partículas	Massa (u.m.a.)
Krípton	89,9063
Báριο	143,9054
Neutrão	1,00867
Urânio	235,0439

Assim, a massa total dos reagentes é igual a:

$$M_r = 235,0439 + 1,00867 = 236,05257 \text{ u.m.a}$$

A massa total dos produtos é igual a:

$$M_p = 143,9054 + 89,9063 + 2(1,00867) = 235,82904 \text{ u.m.a}$$

O módulo da diferença de massa entre os produtos e os reagentes, corresponde ao que denominamos como sendo o defeito de massa (Δm). Logo.

$$\Delta m = |M_p - M_r| = |235,82904 - 236,05257| = 0,22353 \text{ u.m.a}$$

Lembrando que a massa de $1 \text{ u.m.a} = 931 \text{ MeV}$, podemos utilizar a equação que relaciona massa e energia descrita por Albert Einstein ($E = \Delta m \cdot c^2$) com a seguinte modificação:

$$E = (931 \text{ MeV}) \cdot (0,22353)$$

$$E \approx 209 \text{ MeV}$$

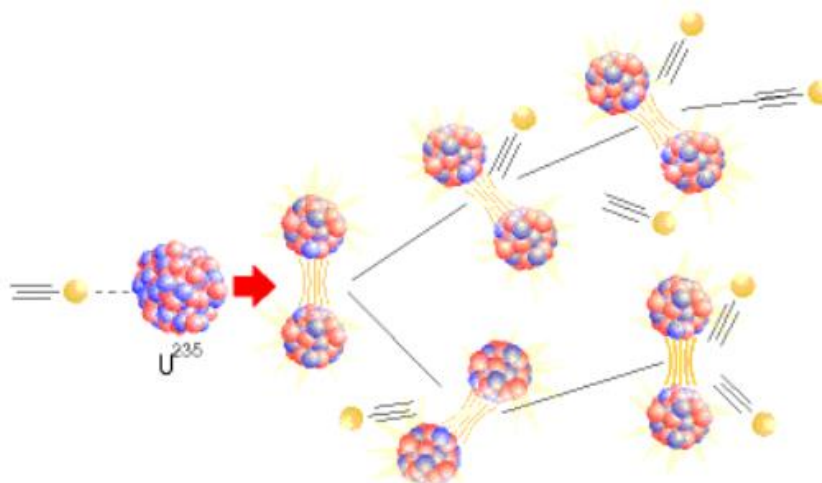
Esse valor corresponde a energia liberada por cada fissão de um núcleo de urânio-235.

Para se ter noção do poder do poder de energia nuclear, 1 libra (450 g) de urânio liberta uma energia superior à que é liberada pela explosão de 8000 toneladas de TNT.

4.1 REAÇÃO EM CADEIA⁵⁰

Na realidade, em cada reação de fissão nuclear resultam, além dos núcleos menores, dois a três nêutrons, como consequência da absorção do nêutron que causou a fissão. Torna-se então, possível que esses nêutrons atinjam outros núcleos de urânio-235, sucessivamente, liberando calor. Tal processo é denominado de reação em cadeia.

⁵⁰ Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce1302/pic.pdf>> Acesso em: 27 de out. de 2020.



5. MEIA-VIDA⁵¹

Cada elemento radioativo, seja natural ou obtido artificialmente, se transmuta (se desintegra ou decai) a uma velocidade que lhe é característica. Para se acompanhar a duração (ou a vida) de um elemento radioativo foi preciso estabelecer uma forma de comparação. Por exemplo, quanto tempo leva para um elemento radioativo ter sua atividade reduzida à metade da atividade inicial? Esse tempo foi denominado meia-vida do elemento.

Meia-vida, portanto, é o tempo necessário para a atividade de um elemento radioativo ser reduzida à metade da atividade inicial.

Isso significa que, para cada meia-vida que passa, a atividade vai sendo reduzida à metade da anterior, até atingir um valor insignificante, que não permite mais distinguir suas radiações das do meio ambiente. Dependendo do valor inicial, em muitas fontes radioativas utilizadas em laboratórios de análise e pesquisa, após 10 (dez) meias-vidas, atinge-se esse nível. Entretanto, não se pode confiar totalmente nessa receita e sim numa medida com um detector apropriado, pois, nas fontes usadas na indústria e na medicina, mesmo após 10 meias-vidas, a atividade da fonte ainda é geralmente muito alta.

5.1 CÁLCULOS DE MEIA-VIDA⁵²

A realização de cálculos sobre meia-vida é muito comum no estudo de amostras radioativas para determinar a porcentagem em massa de material radioativo ou a própria massa do material ainda existente.

5.1.1 Meia-vida em porcentagem

⁵¹ Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/radio.pdf>> Acesso em: 29 de out. de 2020.

⁵² Disponível em: <[https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-meia-vida.htm#:~:text=Meia%2Dvida%20\(P\)%20%3D%205%20minutos,Tempo%20total%20%3D%2020%20minutos](https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-meia-vida.htm#:~:text=Meia%2Dvida%20(P)%20%3D%205%20minutos,Tempo%20total%20%3D%2020%20minutos)> Acesso em: 29 de out. de 2020.

Quando o cálculo da meia-vida envolve percentagem, podemos utilizar a seguinte fórmula para obter a resolução:

$$P_r = \frac{P_0}{2^x}$$

- P_r = percentagem de material radioativo que resta na amostra;
- P_0 = percentagem inicial de material radioativo que havia na amostra (sempre será 100%);
- x = número de meias-vidas que se passaram.

5.1.2 Meia-vida em fração

Podemos determinar o número de átomos que resta após o período de meia-vida a partir da expressão:

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

- N = quantidade de átomos radioativos que ainda restam na amostra;
- N_0 = quantidade de átomos radioativos que haviam na amostra;
- x = número de meias-vidas que se passaram.

5.1.3 Meia-vida em massa

Podemos determinar a massa de material radioativo que resta após o período de meia-vida, a partir da expressão:

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

- m = massa do material radioativo que resta na amostra;
- m_0 = massa do material radioativo que havia na amostra;
- x = número de meias-vidas que se passaram.

5.2 Tempo de desintegração⁵³

O período de meia-vida é representado pela sigla P . Já o tempo que um material sofreu desintegração é representado por t . Assim, se conhecemos a meia-vida e o tempo de desintegração (representado por x), podemos afirmar por quantas meias-vidas um material passou até certo momento. Isso é feito por intermédio da relação abaixo:

$$t = x \cdot P$$

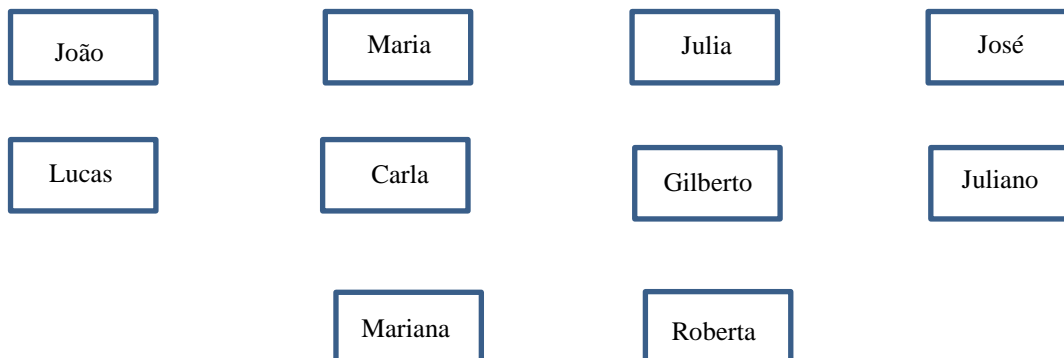
⁵³ Disponível em: < [https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-meia-vida.htm#:~:text=Meia%2Dvida%20\(P\)%20%3D%205%20minutos,Tempo%20total%20%3D%2020%20minutos](https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-meia-vida.htm#:~:text=Meia%2Dvida%20(P)%20%3D%205%20minutos,Tempo%20total%20%3D%2020%20minutos) > Acesso em: 29 de out. de 2020.

A partir dessa aula, resolva o problema inicialmente proposto.

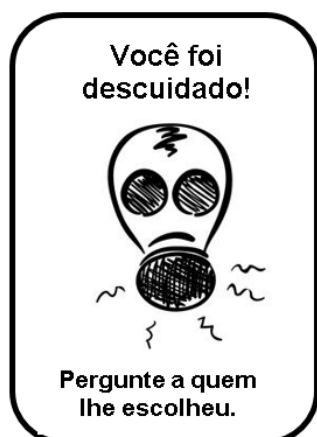
APÊNDICE 08- Jogo Zona Radioativa

INSTRUÇÕES E REGRAS DO JOGO:

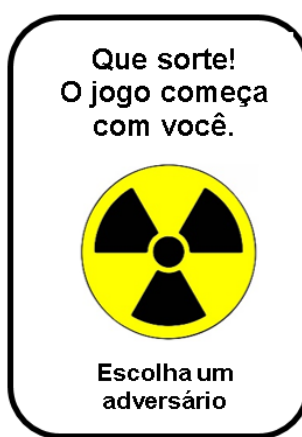
- Os jogadores deverão ser mantidos em suas classes, conforme ilustrado abaixo:



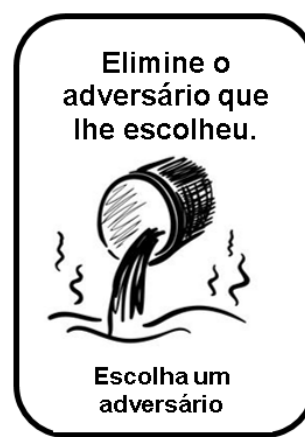
- Cada jogador irá receber uma das seis cartas abaixo:



(1)



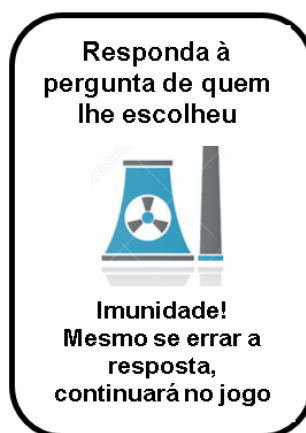
(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

- O professor deverá verificar o número total de alunos para que consiga imprimir um número de cartas correspondente.

- A carta (2) deve ser impressa uma única vez, já que é necessário apenas um jogador para começar o jogo.
- O jogador que tiver a carta (2) será o desafiante e deverá escolher qualquer outro jogador (desafiado). O andamento do jogo irá depender da carta que o outro jogador tiver.
- Se o desafiado tiver a carta (1) ele deverá escolher um número de 1 a 28 (questões do nível 1) que deverão ser projetadas pelo professor.
- O desafiado terá, no máximo, 2 minutos para responder.
- As respostas devem ser verificadas pelo professor que dirá se o desafiado obteve sucesso, ou não, ao responde-la.
- Os números correspondem a uma questão específica que deverá ser projetada pelo professor.
- Se o desafiado tiver a carta (3) o desafiante estará automaticamente eliminado e o jogo deve prosseguir com o desafiado, agora, desafiante.
- Se o desafiado tiver a carta (4) ele rouba a vez do desafiante, que permanece no jogo, e o jogador com a carta (4) deverá fazer uma pergunta a qualquer outro participante do jogo.
- Se o desafiado tiver a carta (5) ele estará imune e mesmo se errar a pergunta não será eliminado do jogo.
- O jogador que receber a carta (6) pode, se assim quiser, perguntar aos jogadores que foram eliminados do jogo, que estarão em uma zona de “Quarentena”.
- Caso o jogador que tiver a carta (2) (desafiante) pergunte ao jogador que tiver a carta (6) (desafiado), **no início do jogo**, o desafiado pode escolher qualquer um dos jogadores.
- Com exceção das cartas (2) e (3), cartas de ação, todas as demais irão induzir os candidatos a responder ou perguntar. Assim, sempre que o desafiado responder corretamente à pergunta o desafiado será eliminado e quando o desafiado responder incorretamente à questão o desafiado será eliminado.
- Após todos os jogadores terem participado, o professor deverá recolher as cartas e dar sequência ao jogo com aqueles remanescentes.
- O jogo irá para o nível 2 (14 questões selecionadas para esse nível) que devem ser projetadas pelo professor, sempre que necessário.
- Os jogadores que ainda restarem serão divididos em desafiante e desafiado, onde o desafiado poderá solicitar ajuda da zona de “Quarentena”.
- O jogo seguirá esse mesmo esquema até que reste apenas um jogador (vencedor).

Questões nível 1

As questões referentes a esse nível são mais simples. Essas questões foram desenvolvidas pelo grupo PIBID (Química) da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS) e podem ser consultadas em:

<https://pibidquimicauems.files.wordpress.com/2015/10/perguntas-sem-respostas-jogo-de-tabuleiro-radioatividade.pdf> .

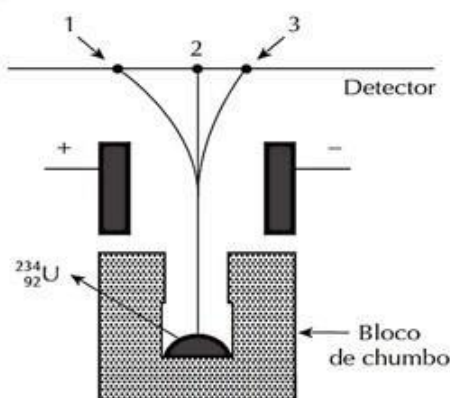
Questões nível 2

As questões referentes a esse nível são mais elaboradas e foram retiradas de vestibulares e são encontradas livremente na internet. OBS: Aquelas questões, por nós adaptadas, estão indicadas no parêntese.

01. (UESB) A radioatividade emitida por determinadas amostras de substâncias provém

- da energia térmica liberada em sua combustão.
- de alterações em núcleos de átomos que as formam.
- de rupturas de ligações químicas entre os átomos que as formam.
- do escape de elétrons das eletrosferas de átomos que as formam.
- da reorganização de átomos que ocorre em sua decomposição.

02. (Vunesp-adaptada) A natureza das radiações emitidas pela desintegração espontânea do $^{234}_{92}\text{U}$ pode ser estudada através do arranjo experimental mostrado na figura. A abertura do bloco de chumbo dirige o feixe de radiação para passar entre duas placas eletricamente carregadas, verificando-se a separação em três novos feixes, que atingem o detector nos pontos 1, 2 e 3.



O tipo de radiação que atinge o detector no ponto 3 é uma partícula de emissão alfa $^4_2\alpha$. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?

03. (ITA) Em relação ao tempo de meia-vida do céσιο-137, livre ou combinado, são feitas as afirmações seguintes.

- Ele decresce com o aumento da temperatura.
- Ele independe da temperatura.
- Ele cresce com o aumento da temperatura.
- Ele decresce com o aumento da pressão.
- Ele independe da pressão.
- Ele cresce com o aumento da pressão.
- Ele é o mesmo tanto no céσιο elementar como em todos os compostos de céσιο.
- Ele varia se são mudados os outros átomos ligados ao átomo de céσιο.

Dessas afirmações, quais são corretas?

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| a) Ib; IIc; IIIa. | c) Ia; IIb; IIIb. | e) Ib; IIb; IIIa. |
| b) Ic; IIa; IIIa. | d) Ic; IIc; IIIb. | |

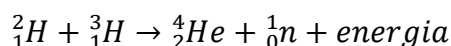
04. (Enem/2017) O avanço científico e tecnológico da física nuclear permitiu conhecer, com maiores detalhes, o decaimento radioativo dos núcleos atômicos instáveis, desenvolvendo-se algumas aplicações para a radiação de grande penetração no corpo humano, utilizada, por exemplo, no tratamento do câncer. A aplicação citada no texto se refere a qual tipo de radiação?

- a) Beta. b) Alfa. c) Gama. d) Raios X. e) Ultravioleta.

05. (FGV) Fissão nuclear e fusão nuclear:

- a) Os termos são sinônimos.
 b) A fusão nuclear é responsável pela produção de luz e calor no Sol e em outras estrelas.
 c) Apenas a fusão nuclear enfrenta o problema de como dispor o lixo radioativo de forma segura.
 d) A fusão nuclear é atualmente utilizada para produzir energia comercialmente em muitos países.
 e) Ambos os métodos ainda estão em fase de pesquisa e não são usados comercialmente.

06. (UFMA) A bomba de hidrogênio funciona de acordo com a seguinte reação nuclear:



Portanto podemos afirmar:

- a) é reação de “fusão”.
 b) é reação de “fissão”.
 c) é reação onde ocorre apenas emissão de partículas alfa (α).
 d) é reação onde ocorre apenas emissão de partículas beta (β).
 e) é reação onde ocorre apenas emissão de raios gama (γ).

07. (ENEM-2016) Pesquisadores recuperaram DNA de ossos de mamute (*Mammuthus primigenius*) encontrados na Sibéria, que tiveram sua idade de cerca de 28 mil anos confirmada pela técnica do CARBONO-14.

FAPESP. *DNA do mamute é revelado*. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br>. Acesso em: 13 ago. 2012 (adaptado).

A técnica de datação apresentada no texto só é possível devido à

- a) proporção conhecida entre carbono-14 e carbono-12 na atmosfera ao longo dos anos.
 b) decomposição de todo o carbono-12 presente no organismo após a morte.
 c) fixação maior do carbono-14 nos tecidos de organismos após a morte.
 d) emissão de carbono-12 pelos tecidos de organismos após a morte.
 e) transformação do carbono-12 em carbono-14 ao longo dos anos.

08. (ENEM-2004) **O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:**

I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como “combustível”, não é queimado, mas sofre fissão.

II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos. A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que:

- a) o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.
- b) o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.
- c) o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.
- d) ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.
- e) ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está-se tornando uma necessidade inquestionável.

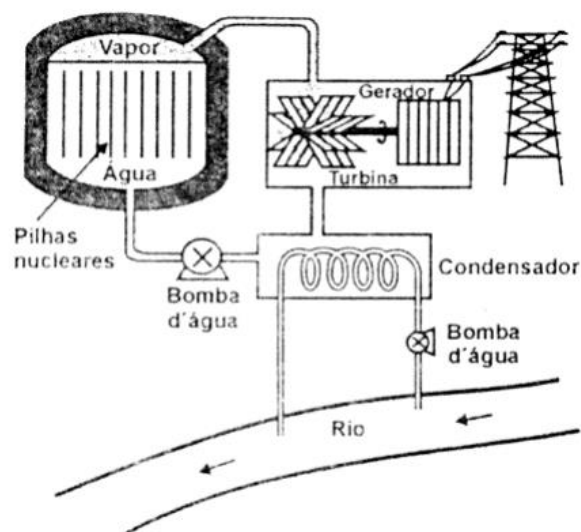
09. Os materiais radioativos emitem diferentes tipos de radiação. A radiação gama, por exemplo, por sua alta energia e penetração, consegue remover elétrons dos átomos dos tecidos internos e romper ligações químicas por ionização, podendo causar mutação no DNA. Já as partículas beta têm o mesmo efeito ionizante, mas atuam sobre as células da pele.

RODRIGUES JR., A. A. O que é radiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer. **Física na Escola**. V. 8, n° 2, 2007. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (adaptado).

Segundo o texto, um indivíduo irradiado por uma fonte radioativa é exposto ao risco de

- a) transformar-se em um corpo radioativo.
- b) absorver a radiação e armazená-la.
- c) emitir radiação e contaminar outras pessoas.
- d) sofrer alterações gênicas e desenvolver câncer.
- e) transportar a radiação e contaminar outros ambientes.

10. A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Abaixo está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear.



Com relação ao impacto ambiental causado pela poluição térmica no processo de refrigeração da usina nuclear, são feitas as seguintes afirmações:

- I. o aumento na temperatura reduz, na água do rio, a quantidade de oxigênio nela dissolvido, que é essencial para a vida aquática e para a decomposição da matéria orgânica.
- II. o aumento da temperatura da água modifica o metabolismo dos peixes.
- III. o aumento na temperatura da água diminui o crescimento de bactérias e de algas, favorecendo o desenvolvimento da vegetação.

Das afirmativas acima, somente está(ão) correta(s):

- a) I. b) II. c) III. d) I e II. e) II e III.

11. (ENEM-2003) Na música "Bye, bye, Brasil", de Chico Buarque de Holanda e Roberto Menescal, os versos

"puseram uma usina no mar
talvez fique ruim pra pescar"

poderiam estar se referindo à usina nuclear de Angra dos Reis, no litoral do Estado do Rio de Janeiro. No caso de tratar-se dessa usina, em funcionamento normal, dificuldades para a pesca nas proximidades poderiam ser causadas

- a) pelo aquecimento das águas, utilizadas para refrigeração da usina, que alteraria a fauna marinha.
- b) pela oxidação de equipamentos pesados e por detonações que espantariam os peixes.
- c) pelos rejeitos radioativos lançados continuamente no mar, que provocariam a morte dos peixes.
- d) pela contaminação por metais pesados dos processos de enriquecimento do urânio.
- e) pelo vazamento de lixo atômico colocado em tonéis e lançado ao mar nas vizinhanças da usina.

12. (ENEM-2006) O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas

atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeleétricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que

- a) a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.
- b) a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeleétricas não causará impacto na oferta mundial de energia.
- c) a existência de usinas nucleoeleétricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- d) a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoeleétricas.
- e) a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoeleétricas impossibilita o desenvolvimento energético.

13. (ENEM-2005) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado “lixo atômico”. Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de

- a) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- b) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- c) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
- d) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.
- e) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

14. (Enem-2014) A elevação da temperatura das águas de rios, lagos e mares diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição.

Que parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares está associada a esse tipo de poluição?

- a) Fissão do material radioativo
- b) Condensação do vapor de água no final do processo.
- c) Conversão de energia das turbinas pelo gerador.
- d) Aquecimento da água líquida para gerar vapor-d'água.
- e) Lançamento do vapor-d'água sobre as pás da turbina