

KAREN MAGNO GONÇALVES

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA
MODERNA POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM
PROBLEMAS

Manaus-AM
2020

KAREN MAGNO GONÇALVES

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA
MODERNA POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM
PROBLEMAS

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas para a obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico, sob a orientação do Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto.

Área de Concentração: Processos e Recursos para o Ensino Tecnológico.

Linha de Pesquisa: Recursos para o Ensino Técnico e Tecnológico.

Manaus – AM
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G635p Gonçalves, Karen Magno.

Uma proposta para o ensino de conceitos da física moderna por meio da aprendizagem baseada em problemas. / Karen Magno Gonçalves. – Manaus, 2020.

130 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2020.

Orientador: Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto.

1. Ensino tecnológico. 2. Ensino de física. 3. Aprendizagem significativa. I. Cabral Neto, João dos Santos. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 371.33

KAREN MAGNO GONÇALVES

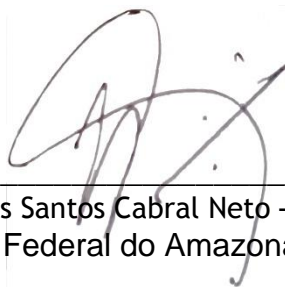
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA POR
MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico.

Linha de Pesquisa: Recurso para o Ensino Técnico e Tecnológico

Aprovada em 1º de junho de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Dr. João dos Santos Cabral Neto – Orientador
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Dr. José Anglada Rivera – Membro Titular Interno
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Dr. Marcel Bruno Pereira Braga – Membro Titular Externo
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Sendo assim, gostaria de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, à Deus por me permitir participar desse programa, por me dar saúde e força para a realização de todas as atividades a mim destinadas.

Ao professor Dr. João dos Santos Cabral Neto, para quem não há agradecimentos que cheguem. As falas de suas orientações foram, não somente, de utilidade para construção dessa pesquisa, mas também para minha construção como professora. Como professor foi o expoente máximo, abriu-me horizontes, ensinou-me principalmente a refletir sobre as minhas ações em sala de aula.

À todos os professores participantes do programa e que fizeram parte da minha formação, com ênfase as professoras Dr. Rosa Marins, por abrir minhas ideias desde a primeira disciplina do mestrado e a Dr. Andreia Pereira por me instigar a usar problemas como norteador de aprendizagem

Ao professor José Guivara Nogueira por abrir as portas de sua turma para que essa pesquisa fosse possível e pela sua disponibilidade irrestrita, crítica e criativa de colaborar com as ideias apresentadas e que facilitaram o alcance dos objetivos propostos nesta dissertação.

Ao meu amigo Edson Carvalho, que carregou comigo a missão de implementar a proposta em uma turma de ensino médio.

Aos funcionários do programa, por auxiliar sempre que necessitei de materiais para implementação e divulgação dessa pesquisa.

Aos meus amigos e familiares que nunca estiveram ausentes, agradeço a amizade e o carinho que sempre me disponibilizaram.

Ao meu pai e à minha mãe, pela sólida formação dada até à minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até à chegada a este mestrado, os meus eternos agradecimentos.

Finalmente ao meu marido Kennedy Batista, agradeço todo o seu amor, carinho, admiração, e pela presença incansável com que me apoiou ao longo do período de elaboração desta dissertação.

A todos obrigada por permitirem que esta dissertação seja uma realidade.

Dedico este trabalho a todos que, assim como eu, buscam proporcionar as melhores experiências aos alunos em sala de aula, a todos que se preocupam com o futuro das crianças.

RESUMO

O ensino da Física Moderna (FM) nas aulas do Ensino Médio tem sido um assunto discutido por muitos professores e pesquisadores nos últimos anos. Trata-se de uma questão acerca de como podemos inserir o ensino de FM nas escolas e também como podemos tornar os alunos mais ativos e interessados na sua aprendizagem. Visando a solução desta problemática propomos a construção e o uso de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) fundamentada em Moreira, que faz uso, em suas etapas, da estratégia de ensino da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), afim de investigar que aspectos uma proposta didática que utiliza essa estratégia de ensino pode contribuir para promover aprendizagem significativa de conceitos da FM para alunos do 3º ano do ensino médio. Desta forma, como metodologia utilizamos o enfoque qualitativo e a base epistemológica da pesquisa-ação do tipo estratégico, a qual realiza apenas um ciclo na aplicação (planejamento → ação → reflexão → pesquisa → ressignificação). Além disso, os instrumentos de coleta de dados foram a observação, a solução do problema, a atividade avaliativa (uso de escores) e os questionários. Inserindo os sete saltos propostos por Schmidt para a ABP, construímos a UEPS que conta com a realização de oito passos, são eles: (1) planejamento e formulação do problema; (2) apresentação do problema e identificação dos conhecimentos prévios; (3) chuva de ideias e preparação para estudos; (4) abordar conhecimentos gerais por meio de temas para estudos individuais; (5) aumento de complexidade e realização de novos estudo individuais; (6) aumento de complexidade e apresentação da solução do problema; (7) realização de atividade avaliativa; (8) avaliação do êxito da UEPS. Realizadas a implementação da proposta e a análise dos resultados obtidos, foi notado que, em termos de engajamento dos alunos nas atividades de aprendizagem, houve uma participação ativa coletiva e um aumento das diferenciações progressivas dos conceitos da FM no decorrer das aulas de orientação. Além disso, esta UEPS, a fim de oportunizar aos alunos um material exigente cognitivamente e comunicacional, e que ao mesmo tempo favorecesse a aprendizagem significativa, serviu de base para a construção de um produto educacional na forma de um guia didático. Por fim, pode-se afirmar que essa UEPS, que fez uso da ABP como estratégia de ensino, tornou possível aos alunos uma participação ativa no seu processo de aprendizagem dos conceitos da FM e apresentou nos resultados indícios de uma aprendizagem mais significativa, como interesse dos alunos pela solução do problema e a escolha de materiais potencialmente significativos.

Palavras-chave: Ensino de Física de Moderna. Aprendizagem Baseada em Problemas. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

The teaching of Modern Physics (MF) in high school classes has been a subject discussed by many teachers and researchers in recent years. It is a question about how we can insert MF teaching in schools and also how we can make students more active and interested in their learning. In order to solve this problem, we propose the construction and use of a Potentially Significant Teaching Unit (PSTU) based on Moreira, which uses, in its stages, the teaching strategy of Problem Based Learning (PBL), in order to investigate that aspects a didactic proposal that uses this teaching strategy can contribute to promote meaningful learning of MF concepts for students of the 3rd year of high school. Thus, as a methodology we use the qualitative approach and the epistemological basis of action research of the strategic type, which performs only one cycle in the application (planning → action → reflection → research → reframing). In addition, the data collection instruments were observation, problem solving, evaluative activity (use of scores) and questionnaires. Inserting the seven jumps proposed by Schmidt for PBL, we built the PSTU, which has eight steps, namely: (1) problem planning and formulation; (2) presentation of the problem and identification of previous knowledge; (3) brainstorming and preparation for studies; (4) addressing general knowledge through themes for individual studies; (5) increasing complexity and conducting new individual studies; (6) increased complexity and presentation of the problem solution; (7) carrying out an evaluative activity; (8) assessing the success of PSTU. After the implementation of the proposal and the analysis of the results obtained, it was noted that, in terms of student engagement in learning activities, there was an active collective participation and an increase in the progressive differentiations of the MF concepts during the orientation classes. In addition, this PSTU, in order to provide students with a cognitively demanding and communicational material, which at the same time favored meaningful learning, served as a basis for the construction of an educational product in the form of a didactic guide. Finally, it can be said that this PSTU, which made use of PBL as a teaching strategy, made it possible for students to actively participate in their process of learning MF concepts and presented in the results evidence of more meaningful learning, such as interest of the students for the solution of the problem and the choice of potentially significant materials.

Keywords: Modern Physics Teaching. Problem Based Learning. Meaningful Learning.

LISTA DE ABREVIACOES

Aprendizagem Baseada em Problemas - (ABP)

Aprendizagem Significativa – (APS)

Base Nacional Comum Curricular – (BNCC)

Exame Nacional do Ensino Médio – (ENEM)

Física Moderna – (FM)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – (IFAM)

Mecânica Quântica – (MQ)

Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico – (MPET)

Parâmetros Curriculares Nacionais – (PCN)

Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – (PCN +)

Plano Nacional do Livro Didático – (PNLD)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do aparato para observação do efeito fotoelétrico.....	21
Figura 2: Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica, sugerindo que na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária desse contínuo	49
Figura 3: Relação da estratégia de ensino da ABP com a teoria da APS	52
Figura 4: Problema norteador utilizado na primeira experiência com ABP.....	60
Figura 5: Problema final utilizado na primeira experiência com ABP.....	62
Figura 6: Questão problema para o ensino de FM.....	67
Figura 7: Cadernos de anotação dos alunos.....	72
Figura 8: Algumas anotações a respeito da “teoria” pessoal.....	75
Figura 9: Comparação das diferenciações progressivas realizadas pelos alunos	81
Figura 10: Apresentação grupo 1.....	87
Figura 11: Apresentação grupo 2.....	88
Figura 12: Apresentação em slide construída pelo grupo 3.....	89
Figura 13: Esquemas desenhados no quadro pelo grupo 5.....	89
Figura 14: Apresentação de experimentos do grupo 7	90
Figura 15: Capa do guia didático.....	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Semelhança dos objetivos formativos dos PCN+ e da BNCC	28
Quadro 2: Exemplos para comparação entre exercício e problema	40
Quadro 3: Tipos de inteligências múltiplas segundo Munhoz (2015).....	43
Quadro 4: Sequência de passos da ABP segundo Munhoz	44
Quadro 5: Os “sete saltos” reformulados.	46
Quadro 6: Implementação da ABP e UEPS	53
Quadro 7: UEPS para o estudo de conteúdos da FM	57
Quadro 8: Implementação dos “sete saltos” da ABP para estudo da colisão	59
Quadro 9: UEPS para o estudo de conteúdos da FM	70
Quadro 10: Cálculo de nota	72
Quadro 11: Desempenho dos alunos na aula 2 de acordo com os critérios da rubrica	74
Quadro 12: Desempenho dos alunos na aula 3 de acordo com os critérios da rubrica	77
Quadro 13: Descrição dos alunos acerca da natureza da luz – aula 4	79
Quadro 14: Descrição dos alunos acerca da quantização da energia – aula 4.....	80
Quadro 15: Descrição dos alunos acerca do salto quântico – aula 4.....	80
Quadro 16: Desempenho dos alunos na aula 4 de acordo com os critérios da rubrica	82
Quadro 17: Descrição dos grupos acerca da natureza da luz– aula 5.....	83
Quadro 18: Descrição dos grupos acerca da quantização da energia– aula 5	84
Quadro 19: Descrição dos grupos acerca do salto quântico – aula 5	85
Quadro 20: Desempenho dos alunos na aula 5 de acordo com os critérios da rubrica	86
Quadro 21: Apresentação dos alunos acerca da natureza da luz – aulas 6 e 7	91
Quadro 22: Apresentação dos alunos acerca da quantização da energia – aulas 6 e 7.....	92
Quadro 23: Apresentação dos alunos acerca do salto quântico– aulas 6 e 7.....	94
Quadro 24: Desempenho dos alunos nas aulas 6 e 7 de acordo com os critérios da rubrica....	96
Quadro 25: Algumas respostas a respeito dos materiais utilizados nos estudos autônomos....	98

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REFLEXÕES ACERCA DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA	16
1.1 O SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA: CONCEITOS E APLICAÇÕES	16
1.1.1 <i>A quantização da energia</i>	17
1.1.2 <i>Efeito Fotoelétrico</i>	20
1.1.3 <i>O modelo atômico de Bohr</i>	24
1.2 DIRETRIZES PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA: PCN E BNCC.....	26
1.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA FM.....	30
1.3.1 <i>O livro didático.....</i>	30
1.3.2 <i>Recurso para o ensino de FM: simuladores e laboratórios.....</i>	31
1.4 DIFILDADES DE APRENDIZAGEM DA FM NA VISÃO DOS PROFESSORES	33
2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO.....	36
2.1 O ALUNO E O “APRENDER A APRENDER”	36
2.2 O PROBLEMA! OU EXERCÍCIO?	38
2.3 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E SEUS PRESSUPOSTOS	41
2.3.1 <i>Os sete saltos</i>	44
2.4 O PAPEL DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NA ABP	48
2.4.1 <i>Aprendizagem Significativa.....</i>	48
2.4.2 <i>Teoria de Aprendizagem e Estratégia de Ensino</i>	50
2.4.3 <i>Unidades de Ensino Potencialmente Significativa.....</i>	52
3 METODOLOGIA.....	54
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA	56
3.2 A UEPS	56
3.3 PRODUTO EDUCACIONAL	58
4 RESULTADOS DA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA COM ABP.....	59

4.1 PLANEJAMENTO.....	59
4.2 IMPLEMENTAÇÃO	60
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO: UEPS PARA O ENSINO DE FM	66
5.1 PLANEJAMENTO: CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA PARA ENSINO DE FM	66
5.1.1 Primeiro passo (UEPS)	66
5.2 IMPLEMENTAÇÃO: COMO O VAGALUME EMITE LUZ.....	68
5.2.1 Aula 1.....	68
5.2.2 Aula 2.....	71
5.2.3 Aula 3.....	74
5.2.4 Aula 4.....	78
5.2.5 Aula 5.....	82
5.2.6 Aulas 6 e 7	86
5.2.7 Aula 8.....	96
5.2.8 Avaliação da proposta.....	98
5.3 AVALIAÇÃO: A APRENDIZAGEM FOI SIGNITIVATIVA?.....	99
5.4 GUIA DIDÁTICO: ABP NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA	100
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES	109
APÊNDICE A – COMO OS ALUNOS APRENDEM	110
APÊNDICE B – PLANO DE ATIVIDADES	112
APÊNDICE C – RUBRICA	117
APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)...	123
APÊNDICE E – PRÉ-TESTE	125
APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA	126
APÊNDICE G - AVALIAÇÃO FINAL DA PROPOSTA	127
APÊNDICE H – ESCORE DO PROBLEMA.....	128

INTRODUÇÃO

A ciência tem ajudado o ser humano a melhorar a qualidade de vida há tempos. A medicina, o gênero alimentício e a economia são, todos os dias, afetados diretamente pelo avanço dessa ciência, seja este positivo ou negativo.

A Física Moderna (FM) é um tema que proporcionou aos seres humanos modificações nesses aspectos nos últimos 100 anos. Com a descoberta da FM o ser humano foi capaz de construir tomógrafos para identificar doenças, melhorar o processo de produção de alimentos mais saudáveis, produzir a melhora em diversos equipamentos eletrônicos, entre outras aplicações. De certo modo, essa tema chega no âmbito da sala de aula a fim de proporcionar aos alunos explicações, por exemplo, de como é o funcionamento de uma máquina de ressonância magnética ou até mesmo no sentido de introduzir os alunos no processo de construção da ciência.

Todavia, quando se trata do ensino deste tema, surgem alguns questionamentos. O primeiro deles aparece ainda na formação de professores de física, pois, por mais que a FM responda a inúmeras situações que antes não conseguimos compreender e apresente soluções gerais dos casos específicos estudados no Ensino Médio e que tornamos verdade absoluta ao longo dos anos, ela ainda é um tema que tem sido abordado predominantemente na graduação, tornando poucas as experiências dos próprios professores. Mas o que queremos dizer com isso é que a FM, quando estudada pela primeira vez, é um cenário novo, coberto de conceitos abstratos e diferentes do que já conhecemos, tornando assim um tema interessante e ao mesmo tempo desafiador para os alunos.

É notável que a FM apresenta aplicações e explicações de fenômenos novos no âmbito de sala de aula, os quais são conhecidos da realidade cotidiana, como por exemplo, o experimento do efeito fotoelétrico que é capaz de explicar o funcionamento das portas automáticas. Foi por meio desse tipo de aplicação, mais comum aos alunos, que surgiu a motivação para o estudo do tema.

Além disso, muitos autores trazem a discussão que as propostas curriculares das escolas não abordam o tema da FM, pois se encontram desatualizadas e descontextualizadas, e que a carga horária destinada à disciplina de Física é insuficiente para inserir os conteúdos da FM no 3º ano do ensino médio (MORAIS; GUERRA, 2013; PARENTE; SANTOS; TORT, 2014; SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015; BATISTA; SIQUEIRA, 2017; FERNANDES et al, 2017; CAVALCANTI; RODRIGUES; BUENO, 2013). De certo modo, estes apontamentos merecem uma reflexão mais aprofundada, pois esta desatualização e

descontextualização das propostas curriculares das escolas podem acarretar em um prejuízo intelectual ao aluno, tendo em vista que a FM é um tema sugerido a ser abordado em sala de aula, de acordo com as orientações trazidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+) e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Para melhor entendimento do tema apresentado, dedicamos o capítulo 1 deste trabalho ao ensino da FM no Ensino Médio, atentando para as seguintes questões: um breve histórico do surgimento da FM com seus conceitos e aplicações na atualidade, as diretrizes para o Ensino Médio, as dificuldades encontradas pelos professores e, mais especificamente, a visão que os professores de uma instituição local têm a respeito do tema em questão. E nesse momento surge uma questão de pesquisa: de que forma podem-se ensinar conteúdos da Física Moderna para alunos do 3º ano do ensino médio a fim de promover aprendizagens significativas?

Sendo assim, no capítulo 2, apresentamos a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como estratégia para o ensino de FM no Ensino Médio. Nessa apresentação falaremos a respeito da forma como os alunos aprendem, do uso de problemas para aprendizagem, o que a ABP, a sequência de passos dos “sete saltos” e os cuidados no uso da estratégia. Além disso, fazemos uma relação da ABP com a teoria da Aprendizagem Significativa (APS), finalizando com os passos para a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Já no capítulo 3 propomos a metodologia do trabalho, mostrando as características da base epistemológica da pesquisa-ação, os instrumentos de coleta de dados, a UEPS elaborada para o ensino de FM e algumas características do produto educacional que foi desenvolvido.

A fim de expor os resultados de uma experiência primeira da ABP em sala de aula, apresentamos o capítulo 4. Tendo realizado e analisado essa experiência do uso da ABP, a fim de aperfeiçoar o uso da estratégia encaminhamos para o capítulo 5. Esse aborda os resultados e discussões da UEPS construída para o estudo da FM, em que será discutido o passo a passo de cada aula da unidade. Com a finalidade de tornar as discussões mais límpidas, essas ocorrerão em seções: planejamento, implementação e avaliação. Ao fim, discutimos ainda acerca do guia didático construído.

1 REFLEXÕES ACERCA DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

1.1 O SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA: CONCEITOS E APLICAÇÕES¹

Um grande marco na Física acontece no final do século XIX e início do século XX: o nascimento da Física Moderna (FM). Mas, para que este acontecimento fosse possível, foi necessária a superação de obstáculos epistemológicos² por aqueles cientistas que compunham a comunidade científica da época.

Um desses trata-se da Física Clássica que era compreendida, por muitos físicos deste período, como uma ciência que teria chegado praticamente ao seu fim, seria uma ciência pronta, acabada e com teorias confiáveis, em que não havia mais problemas a serem resolvidos, apenas aplicações e melhorias das leis e teorias já existentes (OLIVEIRA, 2010; DIONÍSIO, 2005). Essa se encontrava, então, preenchida por problemas compreendidos a partir da Mecânica, do Eletromagnetismo e da Termodinâmica.

Mesmo com tamanha convicção de que a Física Clássica era a base fixa para toda a ciência Física, Lorde Kelvin, considerado como “o mais famoso físico do fim do século XIX” (COSTA, 2005 apud SCHULZ, 2007, p.510), foi capaz de demonstrar que haviam duas “nuvens” sobre a Teoria dinâmica do calor e da luz, onde escreveu:

I. A primeira apareceu com a teoria ondulatória da luz, desenvolvida por Fresnel e o Dr. Thomas Young; envolvendo a questão de como pode a Terra mover-se através de um sólido elástico, como o é essencialmente o éter luminífero? II. A segunda é a doutrina de Maxwell-Boltzmann sobre a equipartição de energia. (KELVIN, 1901 apud SCHULZ, 2007, p. 510)

Essas nuvens são também denominadas por alguns autores como problemas de fronteira da Física Clássica. O problema da radiação do corpo negro em equilíbrio era um problema desta natureza, o qual se encontrava na fronteira entre a teoria do calor e a teoria da radiação do eletromagnetismo (RENN, 2004).

Provavelmente, nenhum cientista daquela época poderia imaginar que a solução destes dois problemas resultaria na construção de uma nova área da Física, a então chamada FM, que é composta pela Teoria da Relatividade e pela Mecânica Quântica. Essa construção foi fundamental para o avanço desta ciência, não por ter dado continuidade as teorias passadas, mas por ter descoberto um novo caminho cheio de mistérios e incertezas.

¹ Parte das discussões apresentadas nesta seção compõe o artigo intitulado “O surgimento da Física Moderna na perspectiva de Bachelard” que foi apresentado no IV Simpósio em Ensino Tecnológico no Amazonas (SETA).

² Obstáculos epistemológicos são uma espécie de resistência do próprio pensamento ao pensamento, ou seja, se trata de considerar que o pensamento não progride senão por suas próprias reorganizações.

Por mais que a FM seja toda de grande importância para compreendermos o meio em que vivemos e o funcionamento de muitas das tecnologias que utilizamos no cotidiano, devemos ter consciência que trata-se de uma área muito extensa. Sendo assim, delimitamos o estudo de conceitos da Mecânica Quântica, visto que esta foi responsável por modificar o conceito que o homem tinha de realidade (HEISENBERG, 1999; ROVELLI, 2017).

A fim de identificar quais os conteúdos abordados nos livros didáticos do Ensino Médio em relação ao tema, pesquisamos duas bibliografias: Bonjorno et al (2016) e Barreto Filho e Silva (2016). A partir desta pesquisa notamos que os livros apresentam conteúdos em comum, sendo estes os escolhidos como foco desta pesquisa, são eles: radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, efeito Compton e modelo de átomo de Bohr.

1.1.1 A quantização da energia

É a partir do estudo da radiação do corpo negro que podemos explicar o surgimento da FM, pois foi por meio do estudo da interação da radiação com a matéria que se pode perceber novas evidências para a discussão acerca da quantização da energia e da natureza da luz, a qual fora uma problemática discutida por diversos cientistas durante anos, dentre eles se destacaram Planck, Einstein, Compton e Bohr.

O fenômeno que deu origem a tantos desdobramentos dentro da Física parece, a priori, simples e comum para todos. Trata-se do aquecimento de um pedaço de matéria (um metal, por exemplo). Por meio de uma experiência prática desse fenômeno, podemos perceber que o pedaço de matéria quando aquecido se torna incandescente em um tom avermelhado, porém, quanto mais aquecemos (aumentamos a temperatura) desse material, este vai se tornando cada vez mais esbranquiçado.

Se formos mais afundo e realizarmos a experiência com materiais diferentes, notaremos que a diferença entre os tons a uma determinada temperatura será quase imperceptível, mas existe. Já com o corpo negro, uma classe de corpos que emite um espectro de caráter universal, independe do material e do formato do corpo, depende apenas da temperatura.

Esse termo, “corpo negro”, se refere, como determinado por Gustav Kirchhoff (1824-1887), “a qualquer cavidade com paredes totalmente refletoras no interior de um sólido que tenha uma pequena abertura” (CARUSO; OGURI, 2016, p. 299). O fato da tonalidade deste corpo depender apenas da temperatura é devido a cavidade permitir a entrada de radiação no corpo de forma que esta seja refletida seguidamente pelas paredes internas da cavidade, e

difícilmente conseguirá sair pelo orifício, absorvendo assim toda a radiação. Além disso, quando este corpo é suficientemente aquecido, passa a emitir radiação eletromagnética, tornando-o a energia emitida igual à absorvida.

Muitos grupos, como o do Instituto Nacional de Meteorologia *Physicalish-Techniche Reichsanstalt*, realizaram experiências para estudar este fenômeno gerando assim um número significativo de dados experimentais acerca da emissão de radiação de um corpo negro e um dos primeiros cientistas a apresentar resultados teóricos foi o alemão Wihelm Wien (1864-1928) em 1896.

Wien propôs uma fórmula que se ajustava perfeitamente às curvas experimentais da intensidade de radiação para comprimentos de onda relativamente curtos (altas frequências). Esses resultados pareciam satisfatórios até, em 1900, dois grupos de pesquisadores avançarem nas observações experimentais para comprimentos de onda cada vez maiores (baixas frequências).

Diante desta situação tomaram a equação de Lord Rayleigh (1842-1919) e James Jeans (1877-1946) como a mais adequada aos dados apresentados, porém esta apresentava discordância em relação aos dados experimentais para curtos comprimentos de onda. Este momento ficou então conhecido como a “catástrofe do ultravioleta”. De acordo com Heisenberg (1999), foi diante desta situação que começaram a perceber que a solução para o problema da radiação de corpo negro não seria tão simples quanto parecia.

Corroborando com Dionísio (2005), podemos dizer que esta catástrofe foi consequência da tentativa de utilizar à eletrodinâmica e a mecânica clássicos na busca de solucionar o problema. Esta visão de que a Física Clássica poderia resolver os problemas desta ciência, nos mostra que essa foi uma enorme barreira que por muito tempo impediu que a Física pudesse caminhar em suas descobertas.

Antes disso, em 1895, o cientista Max Planck (1858-1947) já tinha iniciado suas pesquisas no assunto³, concentrando-se no átomo em si e não na radiação como feito por Rayleigh.

Inicialmente, Planck considerou que os osciladores das paredes da cavidade estavam em equilíbrio térmico com a radiação eletromagnética estabelecida em seu interior, de modo que a perda de energia de cada oscilador seria compensada pela absorção de energia da radiação (CARUSO; OGURI, 2016, p. 305).

³ Os estudos de Planck foram apresentados por meio de um artigo em 14 de dezembro de 1900, o qual posteriormente resultou no Nobel da Física de 1918.

Sendo assim, depois de anos aplicados a solucionar o problema em questão, Planck fez uso, em 1900, dos dados experimentais obtidos por Curbaum e Rubens do mesmo grupo *Physicalish-Techniche Reichsanstalt* e, ainda utilizando argumentos termodinâmicos, propôs uma equação para a densidade espectral de energia irradiada por um corpo negro. Foi então que Planck se viu em busca de uma explicação na Física para sua equação e como resposta obteve: uso de argumentos probabilísticos.

Heisenberg (1999)⁴ descreve que Planck se sentia contrariado com tal solução para o problema e que passou tempos relutando na publicação de suas ideias, mas ao fim percebeu que não havia outra saída senão aceitá-la. Esse relutar do cientista se deu, pois a explicação por meio de argumentos probabilísticos implica dizer que a energia não se comporta como um contínuo, indo completamente contra a teoria clássica que afirma que a troca de energia, entre radiação e os osciladores nas paredes, se dá continuamente, aceitando quaisquer valores de energia.

Mesmo assim, a hipótese de Planck para explicar a radiação de corpo negro era que a emissão e a absorção de energia eletromagnética se dão não de forma contínua como requer o eletromagnetismo clássico, mas em unidades discretas de uma quantidade mínima de energia (ΔE , $2\Delta E$, $3\Delta E$,...). Mostrou assim, que essa quantidade mínima (quantum de energia) era proporcional a frequência da radiação, como podemos observar na equação 1 (h é a constante de proporcionalidade, também conhecida como constante de Planck) (PLANCK, 1901; NUSSENZVEIG, 2014; OLIVEIRA, 2010; EISBERG; RESNICK, 1979).

$$E = hf \quad (1)$$

Sendo assim, para uma onda eletromagnética de frequência f , a energia total será igual a um determinado número de vezes a esta quantidade mínima. Portanto temos a equação 2:

$$E = nhf \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Mesmo publicando a solução para o problema da radiação de corpo negro, Planck chegou a dizer anos depois que “tratou-se de uma hipótese puramente formal, e não refleti muito sobre o fato de que, sob quaisquer circunstâncias, custasse o que custasse, um resultado positivo tinha de ser obtido” (FLEMING apud DIONÍSIO, 2005, p. 153). Planck conseguiu apresentar dados teóricos que correspondiam com os dados experimentais, mas podemos perceber que este ainda se sentia preso às teorias clássicas, o que impossibilitou uma explicação teórica de sua

⁴ Quarta edição do texto original, traduzido por Jorge Leal Ferreira.

solução para o problema. Planck podia observar o quanto a física poderia sofrer mudanças a partir dali, mas não ousou fazê-lo.

Neste caso, a primeira questão a ser superada trata-se da compreensão de que no campo da pesquisa científica o conhecimento se constrói por meio de problemas em acontecimentos anteriores, ou seja, erros encontrados nas teorias clássicas, mas nem sempre os cientistas, como o exemplo do Planck, são capazes de aceitar esses erros.

A ideia da quantização da energia gerou também para a ciência a explicação de fenômenos físicos e novas investigações, tais como: efeito fotoelétrico, efeito Compton e a natureza da luz.

É de grande importância destacar que todas as evidências do quantum de energia, apresentadas após a publicação do trabalho de Planck, foram fundamentais para o surgimento e desenvolvimento da FM, pois esta ideia contrariava fortemente a teoria ondulatória da luz⁵, a qual era firmemente estabelecida pela Física Clássica.

1.1.2 Efeito Fotoelétrico

Em 1905, o cientista alemão Albert Einstein (1879-1955), por meio da discussão teórica da experiência do efeito fotoelétrico, conseguiu demonstrar uma das primeiras evidências da quantização da energia dada por Planck. O cientista utilizou em seu trabalho (EINSTEIN, 1905) intitulado em português “Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz”⁶ a ideia de quanta de energia para explicar a propagação de um raio de luz, levando a uma nova compreensão para a natureza da luz.

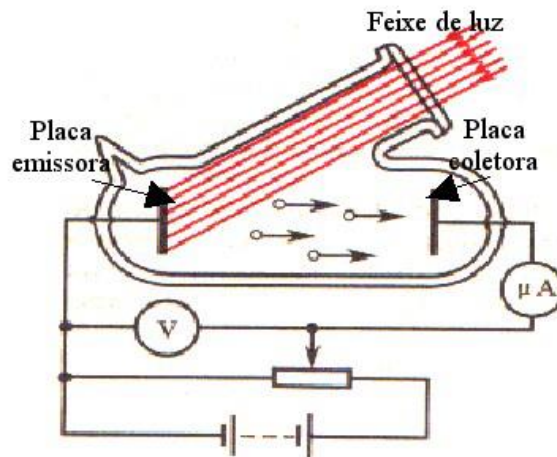
No experimento utilizado para a visualização do fenômeno, os eletrodos encontram-se dentro de uma ampola de quartzo (transparente à luz ultravioleta) no vácuo, e entre eles se estabelece uma diferença de potencial V (fig. 1). Ao iluminar o catodo com luz de frequência f e intensidade I_0 é possível medir (por meio de um amperímetro) a intensidade da corrente elétrica i gerada (NUSSENZVEIG, 2014; CARUSO; OGURI, 2016; EBERHARDT et al, 2017), ou seja, a absorção da energia luminosa faz com que ocorra a liberação de elétrons da

⁵ James Clerk Maxwell (1831-1879), por volta de 1860, havia demonstrado que a velocidade de uma onda eletromagnética propagando-se no vácuo era 3×10^8 m/s, exatamente o mesmo valor determinado experimentalmente para a velocidade da luz. Além disso, esta explicação ocorreu por meio do mesmo experimento em que Hertz produziu e detectou ondas eletromagnéticas, tornando assim a teoria ondulatória da luz de Maxwell validada pela comunidade científica (TIPLER, 2014).

⁶ Traduzido do alemão “Über einem die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt”.

superfície do metal, de forma que a energia da radiação é transformada em energia cinética dos elétrons.

Figura 1: Ilustração do aparato para observação do efeito fotoelétrico



Fonte: Carvalho (2005).

Anos antes de Einstein fazer suas observações, as experiências realizadas por Philipp Lenard (1862-1947) acerca do experimento haviam demonstrado que a energia dos elétrons emitidos sob a influência da incidência de luz, não dependia da intensidade (forte ou fraca) desta luz mas sim da sua cor (frequência). Porém, Lenard ainda não tinha explicações a respeito dessa questão na teoria tradicional da radiação.

Como resultado da observação deste mesmo fenômeno, Einstein pode perceber características da luz que entravam em choque com a teoria ondulatória da luz descrita por Maxwell, as quais faziam parte da Física Clássica. Sendo assim, demonstrou em seu trabalho três aspectos fundamentais, os quais causaram o retorno da ideia da natureza corpuscular da luz, mas sem eliminar a ideia da luz como uma onda eletromagnética. Esses aspectos foram⁷:

1. A luz de frequência f é formada por números inteiros de fótons, cada um com energia hf (h é a constante de Planck), que incidem na placa emissora;
2. Os fótons colidem com elétrons da placa e transferem energia para estes;
3. Os elétrons usam uma parte da energia recebida pelos fótons para escapar da placa emissora (Φ), se sobra energia, esta é transformada em energia cinética que o elétron adquire para deslocar-se da placa emissora para a placa coletora, constituindo assim, a corrente elétrica característica deste fenômeno. (CARVALHO, 2005, p.13-14)

Este fenômeno estudado por Einstein resultou no prêmio Nobel de Física de 1921. Foi por meio das observações mencionadas no parágrafo anterior, que o cientista postulou que: a

⁷ Na citação veremos que a autora menciona o nome “fótons”. O “Fóton”, trata-se do nome dado por G. N. Lewis em 1926 para denominar um “quantum de luz” (NUSSENZVEIG, 2014).

energia cinética, Φ , do elétron ejetado do metal era igual a diferença entre a energia do fóton, hf e a profundidade do poço de potencial (função trabalho do metal), W :

$$\Phi = hf - W \quad (3)$$

Para finalizarmos esta etapa, podemos acrescentar a discussão da tradução de Caruso e Oguri (2005) acerca do trabalho de Bose. Seu trabalho buscou efetivar a saída da Física Clássica para explicar os fenômenos aqui discutidos. Bose foi capaz de explicar a fórmula da radiação de corpo negro desenvolvida por Planck sem utilizar das leis e teorias empregadas pelos antigos.

Como consequências dos estudos acerca do efeito fotoelétrico tem-se hoje várias aplicações em aparelhos tecnológicos, os quais fazem parte do dia a dia de muitos seres humanos e que tem colaborado no esporte, laser e, até mesmo, na medicina. Como exemplo destes aparelhos tem o tubo fotomultiplicador e os sensores.

O tubo fotomultiplicador é um aparelho utilizado para visão noturna. Esse aparelho pode ser utilizado com diversos propósitos, dentre eles o principal trata-se do uso em missões de guerra. De acordo com Young e Freedman (2009, p. 181), o funcionamento de um tubo fotomultiplicador ocorre da seguinte forma:

Os fótons que entram no tubo colidem com a placa, ejetando elétrons que passam através de um disco fino, no qual existem milhões de minúsculos canais. A corrente através de cada canal é ampliada eletronicamente e, a seguir, é direcionada para uma tela de cintila quando atingida por elétrons.

Outra aplicação do efeito fotoelétrico trata-se dos sensores. Os sensores são hoje utilizados em muitos aparelhos como controles de televisão, de games, de portas de elevador e de condicionadores de ar. Esses controles podem ser associados à fonte de luz presente no simulador, pois emite um feixe de luz de determinada frequência que aciona o dispositivo fotossensível presente nos aparelhos.

Apesar hipóteses de Planck e de Einstein se mostrarem sólidas hoje e com essas diversas aplicações, poucos pesquisadores estavam convencidos disso durante a primeira década do século XX. Mesmo que o Einstein fosse considerado como um gênio por muitos cientistas, alguns de seus amigos chegaram a pensar que a sua corroboração da ideia de quanta de luz fosse uma completa tolice, como afirmou Rovelli (2017). Nussenzveig (2014) também

comenta que o físico americano Millikan⁸ não acreditou na explicação de Einstein e passou 10 anos tentando provar que o cientista alemão estava errado, mas não obteve sucesso.

Caruso e Oguri (2016) afirmam que os fótons só foram definitivamente reconhecidos em 1922, quando Arthur Compton (1892-1962),

[...] após cinco anos de ininterruptos experimentos, estabelece, definitivamente, que a radiação de curtíssimo comprimento de onda (na região de raios X) que ele fazia incidir sobre um alvo de grafite era espalhada de modo não explicável pela teoria clássica do Eletromagnetismo. (CARUSO; OGURI, 2016, p. 326)

Ou seja, a onda espalhada possui comprimento de onda diferente do comprimento de onda da luz incidente. Foi então que o fenômeno pôde ser explicado a luz das hipóteses de Planck e de Einstein, em que passamos a imaginar o processo de espalhamento como uma colisão entre duas partículas: o fóton incidente (no caso, raio X) e o elétron em repouso. Esse trabalho⁹ de Compton foi à evidência experimental que faltava para que a comunidade científica pudesse realmente aceitar a existência do fóton como constituinte da luz (HEISENBERG, 1999; CARUSO; OGURI, 2016).

Sua explicação acerca do experimento realizado era que o fóton incidente desaparece após fornecer parte de sua energia e de seu momento linear para o elétron, que passa a se mover por causa do impacto. O restante da energia e do momento linear fica com o novo fóton espalhado, que apresenta uma energia menor, frequência menor e comprimento de onda maior do que o fóton incidente. Desta forma, Compton propôs que a variação entre os comprimentos de onda espalhado (λ') e incidente (λ) é

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \phi) \quad (6)$$

onde ϕ é o ângulo em que os fótons são espalhados.

Visando mostrar que este conhecimento apresenta diversas aplicações realizamos uma pesquisa breve no catálogo de dissertações e teses da CAPES e encontramos trabalhos como “Tomógrafo de espalhamento Compton para estudos da física de solos agrícolas em ambiente de campo”, publicado em 2013, que busca fazer análise de solos e “Espectro seletivo angular de espalhamento em tubo riser flexível”, publicado em 2015, que usa da técnica de espalhamento Compton como Ensaio Não Destrutivo na inspeção de riser flexível em situação de alagamento.

⁸ Robert Andrews Millikan (1868-1953) foi um grande físico experimental que fez pesquisas acerca das cargas elétricas elementares e a respeito do próprio efeito fotoelétrico. Por esses trabalhos recebeu o Nobel de Física de 1923.

⁹ Trabalho que deu o Nobel de Física para Compton em 1927.

Além desses estudos, temos também a aplicação em equipamentos como os aparelhos de tomografia, os quais tratam-se de uma espécie de raio-x em 360°. Uma aplicação atual e importantíssima desse equipamento é a análise dos pulmões de pacientes com COVID-19. A tomografia não determina se o paciente está ou não infectado com o vírus, mas mostra indícios da doença. O uso desse exame evita que pessoas que não tenham indícios da doença não sejam infectadas.

Essas aplicações nos mostram que a explicação deste fenômeno por meio da quantização da energia permitiu não apenas a confirmação de uma teoria, mas o estudo de diversas situações encontradas pelo ser humano no cotidiano. Dessa forma, temos ainda a discussão de outro fenômeno que também resultou em grandes descobertas e aplicações: o modelo atômico.

1.1.3 O modelo atômico de Bohr

Antes de Niels Bohr (1885-1962), físico dinamarquês, propor seu modelo para o átomo haviam duas questões mal compreendidas pela Física Clássica: a estabilidade da matéria e os espectros¹⁰ de linhas emitidas por átomos.

Os modelos até então formulados propunham que o átomo apresentava-se semelhante ao sistema solar, com os elétrons (menor massa) orbitando ao redor do núcleo (maior massa), porém a mecânica newtoniana explica que isso não é possível pois a diferença entre as massas é grande o suficiente para fazer o átomo colapsar, pois depende do momento angular. Além disso, de acordo com a teoria eletromagnética de Maxwell, uma carga acelerada (elétron) emite radiação, conseqüentemente perdendo energia e tendendo a se aproximar do núcleo, da mesma forma o átomo entra em colapso (NUSSENZVEIG, 2014). Todavia isso não acontece de fato, uma vez que o átomo permanece estável apesar de qualquer tipo de interação.

Quanto as linhas de espectro sabia-se, experimentalmente, que cada substância apresentava um determinado espectro, porém era inconcebível explicar o fenômeno através da mecânica newtoniana que afirmava que um elétron pode girar em torno do seu núcleo com qualquer velocidade e portanto pode emitir qualquer frequência (ROVELLI, 2017). Novamente a Física Clássica não era capaz de explicar um fenômeno que hoje compõe a FM.

Como solução para esses problemas

¹⁰ Espectro é uma palavra originada do latim *spectrum* que significa imagem considerada fantasmagórica. O nome espectro eletromagnético foi dado para as primeiras imagens de linhas espectrais obtidas experimentalmente, pois de acordo com a Física Clássica o espectro deveria ser um contínuo e não apenas linhas.

Bohr supôs que os elétrons só podem viver a certas distâncias “especiais” do núcleo, ou seja, apenas em certas órbitas particulares, cuja escala é determinada precisamente pela constante de Planck h , e podem “saltar” entre uma e outra das órbitas atômicas que têm energias certas. (ROVELLI, 2017, p. 116)

Por meio desta explicação, fazendo uso da quantização da energia, Bohr não só foi capaz de explicar a estabilidade do átomo, como também calcular e prever todos os espectros dos átomos conhecidos ou não na época.

Heisenberg (1999, p. 53) afirma que a “teoria de Bohr abriu uma nova linha de pesquisa”, a espectroscopia. Essa linha hoje se tornou objeto de pesquisa também da Química e por meio dela foi possível à elaboração de aparelhos tecnológicos para estudo de doenças cancerígenas até aplicação em processos de escavação.

Após a aceitação da quantização de energia, mediante as várias evidências aqui comentadas, é que se tornou possível uma nova discussão a respeito da natureza da luz.

Para Einstein, as equações de Maxwell estavam de acordo com toda fundamentação teórica e experimental quando demonstrava que a luz apresenta natureza de onda eletromagnética, mas haviam também as experiências dos efeito fotoelétrico e Compton que demonstravam a sua natureza corpuscular (SILVA, 2015; BROWN, 1981). Sendo assim, não havia para Einstein dúvidas de que a luz apresentava as duas naturezas reconciliadamente. Ele não descartou nenhuma destas experiências quando propôs que a luz se apresentava como onda e partícula.

Como vimos este estudo foi estendido a matéria logo mais por Bohr. Tal cientista tinha a mesma visão de Einstein, de que a luz tinha natureza ondulatória e corpuscular tendo como referência as mesmas justificativas. Porém, Bohr não pensava que o problema seria resolvido da maneira como pensou Einstein, para ele ainda haveria de surgir uma nova física, a qual fora denominada, posteriormente, de mecânica quântica, que respondesse as inconsistências das aparições da luz.

A partir deste princípio determinou-se que a Física Clássica não seria capaz de descrever os fenômenos atômicos, seria então a Mecânica Quântica (MQ) a responsável por fazê-lo. Forçado a aceitar e a dar sentido a este dualismo presente nos fenômenos de radiação, Bohr dedicou anos de seu trabalho a fim de compreender as peculiaridades da natureza da luz, a qual proporcionou versões da sua célebre doutrina de "complementaridade", a qual determina que,

(Grifo do autor) Um sistema quântico ou exhibe aspectos corpusculares (seguindo trajetórias bem definidas) ou aspectos ondulatórios (como a formação de um padrão de interferência), dependendo do arranjo experimental, mas nunca ambos ao mesmo tempo. (PESSOA JUNIOR, 2003, p. 18)

Essa visão, que hoje compreendemos, na época era uma completamente nova e fora dos padrões que a Física Clássica havia apresentado nos últimos séculos. Portanto, é notável que o conceito de quantização da energia, o qual possibilitou o surgimento da FM e a explicação de diversos fenômenos físicos, foi fundamental também para a construção de diversos aparelhos tecnológicos hoje utilizados pelo homem.

Desta forma, iremos agora discutir como tais conceitos e fenômenos, a quantização da energia, o modelo atômico de Bohr e a natureza da luz, tão importantes para a formação do cidadão e para sua convivência com as tecnologias, se encontram inseridos nas diretrizes para o Ensino Médio.

1.2 DIRETRIZES PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA: PCN E BNCC

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são as diretrizes elaboradas pelo governo federal com o objetivo de orientar os educadores por meio da normatização de alguns fatores fundamentais concernentes a cada disciplina (BRASIL, 1999). Podemos verificar pela data de publicação das orientações educacionais complementares do PCN+ Ensino Médio (BRASIL, 2006), as quais trazem a FM como componente a ser abordado em sala de aula, que estas orientações não são recentes e por isso não podemos afirmar que não houve tempo de tais orientações serem implementadas as propostas curriculares das escolas.

Ainda acerca dos PCN+, verificamos que existem dois aspectos fundamentais a serem tratados mediante as problemáticas apontadas: o planejamento das propostas curriculares e o ensino de conteúdos da FM no ensino médio.

Autores apontam também que a problemática da não inserção da FM é devido ao excesso de conteúdos presentes no 3º ano do ensino médio, tornando a FM um tema complementar a ser trabalhado em sala de aula apenas no fim do ano letivo (FERNANDES et al, 2017; MORAIS; GUERRA, 2013), mas verificamos que o próprio PCN traz discussões a respeito de como organizar e planejar as atividades a serem desenvolvidas ao longo de um ano letivo, a fim de que conteúdos possam ser abordados dentro de unidades temáticas sem a necessidade de se inserir mais uma unidade, como podemos ver a sugestão a seguir

Para organizar o trabalho dentro de cada tema, as atividades planejadas podem ser sistematizadas em três ou quatro unidades temáticas, cuja delimitação e seqüência favoreçam o objetivo desejado. Essa estruturação pode contribuir para evitar que as limitações de tempo ou outras dificuldades acabem por restringir o âmbito e o sentido, em termos de compreensão de mundo, que se venha a atribuir a cada tema estudado. Assim, as unidades temáticas podem ser elementos importantes para as atividades de planejamento, orientando escolhas e organizando ritmos de trabalho. (BRASIL, 2006, p. 71)

Esta maneira de organizar os conteúdos deveria, de acordo com o PCN, acarretar na inserção da FM de outras formas, como por exemplo, a inserção do assunto da natureza da luz na discussão acerca do “Som, imagem e informação”, tema esse abordado no 2º ano do ensino médio. Outro aspecto fundamental abordado no PCN+ é a respeito da importância do ensino dos conteúdos da FM no ensino médio.

O ensino de FM é um componente apontado como sugestão desde 2006, nossa intenção não é tornar esta uma fala repetitiva, mas queremos com isso enfatizar que a grande discussão a respeito do assunto não deve ser mais acerca da sua inserção, mas sim como devemos ensinar FM e de que forma podemos promover aprendizagens significativas.

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. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo da matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (BRASIL, 2006, p. 70)

Os PCN+ tratam também de quais conteúdos devem ser ensinados no Ensino Médio e quando discorre sobre o assunto, afirma que não é necessário delimitar exatamente quais conteúdos devem ser ensinados, mas quais conteúdos são capazes de responder aos objetivos trazidos nos parâmetros. Dentre os objetivos, destacamos aqueles que tratam do ensino de FM, são eles: (1) a compreensão do desenvolvimento histórico da tecnologia, suas consequências para o cotidiano e nas relações sociais; (2) a percepção do papel desempenhado pelo conhecimento científico no desenvolvimento da tecnologia; (3) a compreensão das formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual; e (4) o acompanhamento do desenvolvimento tecnológico contemporâneo (BRASIL, 2006).

São estes objetivos que tornam possível a escolha de conceitos e fenômenos da FM, visto que os conhecimentos científicos que a compõem tiveram forte influência no desenvolvimento tecnológico e nas consequentes mudanças que estas geraram no nosso dia a dia. Além disso, os PCN+ mostram a relação desses objetivos com os temas estruturadores a serem trabalhados. Dentre eles encontra-se o tema “Matéria e radiação”, que busca organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico.

Ainda tratando das propostas curriculares, temos a discussão acerca da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Trata-se de “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” (BRASIL, 2018, p. 7). Este documento, assim como os PCN+, mostra a importância do ensino da FM no Ensino Médio, classificando-o como parte dos conhecimentos conceituais e da contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia a ser aprendido pelos alunos.

[...] diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde). (BRASIL, 2018, p. 549)

Assim como nos PCN+, a BNCC também delimita um tema estruturador para tratar a FM com suas devidas competências:

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.
 [...] 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, 2018, p. 553)

Para evidenciar melhor a maneira como os dois documentos abordam o tema, apresentamos o quadro 1 com os objetivos formativos requeridos nos PCN+ e das habilidades propostas na BNCC.

Quadro 1: Semelhança dos objetivos formativos dos PCN+ e da BNCC

PCN+	BNCC
Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias.	(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microondas, tomografia etc.).	
Utilizar os modelos atômicos propostos para a constituição da matéria para explicar diferentes	(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as

propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc.).	potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
Compreender a constituição e organização da matéria viva e suas especificidades, relacionando-as aos modelos físicos estudados.	
Identificar as diferentes fontes de energia (lenha e outros combustíveis, energia solar etc.) e processos de transformação presentes na produção de energia para uso social.	

Fonte: autoria própria.

Acerca das informações apresentadas no quadro 1 podemos interpretar que o tópico associado aos objetivos e habilidades trata-se da interação radiação-matéria, modelo atômico e energia. Existem, na FM, vários fenômenos e conceitos que resultaram do estudo desses tópicos, dentre eles podemos listar os fenômenos do efeito fotoelétrico, efeito Compton, os conceitos da quantização da energia e da dualidade da luz.

Além disso, notamos na discussão a respeito do surgimento da FM que vários aparelhos tecnológicos existentes atualmente são resultados do estudo desses fenômenos e conceitos, e conseqüentemente esses aparelhos são utilizados pelo ser humano visando a melhora da sua qualidade de vida. Podemos citar como exemplo o aparelho de radioterapia, que foi construído fundamentado no conhecimento da interação radiação-matéria e que hoje é utilizado no tratamento de doenças oncológicas.

Percebemos também que a maneira como a BNCC sugere que o tópico seja trabalhado em sala de aula requer uma relação direta com os processos produtivos e com a preservação da vida. O documento evidencia que o aluno deve, ao fim do Ensino Médio, ser capaz de aplicar os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos, portanto faz-se necessário o conhecimento dos processos produtivos, como a construção de aparelhos tecnológicos, e da preservação da vida, como o uso desses aparelhos para benefício da vida.

Portanto, percebemos com esses apontamentos que a FM já está inserida no cotidiano do aluno de alguma forma, mas é necessário que esta seja levada para o âmbito da sala de aula, de forma que os conhecimentos científicos a respeito da FM permitam a compreensão dos utensílios tecnológicos presentes no dia-a-dia desses alunos. Por isso torna-se importante discutir a respeito de experiências vivenciadas por professor que realizam a inserção da FM em sua prática docente, de forma que possamos extrair as dificuldades enfrentadas na aprendizagem dos alunos.

1.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA FM

1.3.1 O livro didático

Muitos professores trazem também a discussão acerca do uso dos livros didáticos nas aulas de Física, mostrando que esses livros são uma barreira para o ensino de FM (SILVEIRA; GIRARDI, 2017; FANARO; ARLEGO; OTERO, 2014; LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2017; ROCHA; RICARDO, 2014; SILVA, 2016; ERTHAL; PIROVANI; CAMPOS, 2014). As afirmativas feitas por esses autores a respeito do livro didático são que o livro é desatualizado e que o tema é pouco abordado nos livros didáticos, mas essas afirmativas podem não apresentar fundamentos suficientes para a problemática do ensino da FM. De acordo com o Plano Nacional dos Livros Didáticos (PNLD) de 2015 e de 2018, a inserção da FM é dada como um critério obrigatório no currículo das escolas, e, portanto, os livros didáticos analisados e aprovados abordam o tema em questão (BRASIL, 2014; BRASIL, 2017; TENFEN; TENFEN, 2017). A fim de evidenciar o retratado podemos analisar o trecho dos critérios do PNLD 2018 (BRASIL, 2017, p. 20):

Trata de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho

É perceptível que os livros didáticos¹¹ não são o motivo da não inserção da FM, ao contrário, eles apresentam o tema com seus diversos conteúdos e muitos deles apresentam ainda a FM e Contemporânea. Se analisarmos a situações por meio destas justificativas apontadas, devemos pensar que os livros didáticos atuais são aliados dos professores na busca pela inserção do tema e na melhoria do ensino.

Ainda existem os autores que acreditam que as aulas tradicionais (aquelas em que o professor utiliza apenas o livro didático) são também motivo de resistência na inserção do tema (BATISTA; SIQUEIRA, 2017), tendo em vista que este livro necessita de recursos auxiliares para observar os fenômenos estudados, como simuladores e experimentos. Devemos ressaltar que a problemática do uso do livro didático para o ensino da FM não está ao todo enviesado, pois não trata-se apenas de utilizar recursos auxiliares na sala de aula, trata-se também de aliar

¹¹ Apresentamos na página 17 dois livros didáticos utilizados para escolha dos conceitos e fenômenos e que foram aprovados pelo PNLD de 2015.

uma teoria de aprendizagem para o processo de ensino e aprendizagem (MUNHOZ, 2015; MOREIRA, 2011a), com o uso do livro didático ou não.

Todavia, o livro didático pode ser considerado um material potencialmente significativo para aprendizagem dos alunos, dependendo dos conhecimentos prévios destes alunos e da maneira como os conteúdos são abordados no livro, por isso destacamos que o uso deste pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem.

1.3.2 Recurso para o ensino de FM: simuladores e laboratórios

Outra preocupação com o material a ser utilizado em sala de aula, é acerca do uso de recursos didáticos para o ensino de FM. Os autores trazem a discussão que os recursos didáticos atuais não são suficientes para a inserção da FM no ensino médio (SILVEIRA; GIRARDI, 2017; SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015; BOFF; BASTOS; MELQUIADES, 2017; SILVA, 2015; EBERHARD et al, 2017). Esta questão encontra-se diretamente relacionada com a falta de laboratórios nas escolas ou dos materiais de laboratório, a falta de materiais didáticos e de simulações computacionais.

É sabido que os laboratórios podem oportunizar inúmeras experiências de aprendizagem para os alunos, mas sabemos também que existe uma barreira de incentivo para a construção destes nas escolas públicas do Brasil. Corroborando com essas ideias temos Silva e Leal (2017), que dizem ainda que a ausência desses ambientes de aprendizagem pode prejudicar os alunos no ingresso as universidades e, posteriormente, na permanência no mundo de trabalho, tendo em vista que estes oportunizam um conhecimento único a respeito da importância do aprendizado de Física e de suas aplicações no dia a dia. Blosser (1988) acrescenta que os laboratórios podem proporcionar aos alunos habilidades de questionamento e investigação; habilidades cognitivas de pensamento crítico e para a solução de problemas; e atitudes como curiosidade e interesse.

Com o intuito de proporcionar essas habilidades e atitudes aos alunos, Silva e Leal (2017) construíram um laboratório que satisfizesse as condições das escolas da rede pública do Brasil. Os autores abordam a problemática dizendo que há uma necessidade de práticas laboratoriais na disciplina de Física e que por isso foram construídos experimentos de baixo custo para compor o laboratório didático de Física, comentam ainda que por meio desses experimentos podem ser abordados conteúdos da FM.

Ainda tratando-se do estudo dos fenômenos físicos, temos também o uso de simulações computacionais que podem colaborar no processo de ensino e aprendizagem da Física.

Simulação, de acordo com Ehrlich (1985 apud GAVIRA, 2003, p. 57), é “um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio da formulação de um modelo matemático, o que deve reproduzir, da maneira mais fiel possível, as características do sistema original”. Levando em conta essas características de uma simulação, muitos autores dizem que este método pode proporcionar a aquisição, organização e construção de conhecimentos de forma mais simples, quando comparado a elaboração de práticas experimentais em laboratórios reais tornando-se assim um forte aliado em sala de aula. Em contraponto, temos a visão de Eberhardt et al (2017) que critica o uso de simulações em aulas de Física, pois defende que estas não permitem que os alunos tenham contato direto com o fenômeno estudado.

Diferentemente do que é defendido por esses autores, pensamos que existem temas na Física que apresentam conceitos abstratos e que alguns fenômenos não possam ser reproduzidos facilmente por meio de experimentos, como por exemplo, a dilatação temporal e a contração do espaço, fenômenos esses encontrados na teoria da relatividade de Einstein. Outra justificativa do porque não concordamos com a crítica ao uso de simulações é que:

Boa parte da ciência de ponta, de fronteira, é baseada, cada vez mais, no paradigma da simulação, mais do que no experimento em si, o que supõe uma importante revolução na forma de fazer ciência e concebê-la. (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 21).

Além disso, existem várias simulações disponíveis na internet para o estudo da FM, como as encontradas nos sites *PhET Interactive Simulations*¹² e no Laboratório Virtual de Física¹³.

Mas essa discussão não acaba com a construção de laboratórios didáticos, elaboração de experimentos de baixo custo ou com o uso de simulações computacionais, existe ainda a problemática da ausência de materiais didáticos. De acordo com Zabala (1998 apud BOTAS; MOREIRA, 2011a, p. 255), materiais didáticos são “todos os meios que auxiliam os professores a responder aos problemas concretos que surgem em qualquer momento da planificação, execução ou avaliação das aprendizagens”. Portanto, não trata-se apenas de proporcionar ambientes para a realização de práticas experimentais, é necessário que haja materiais de apoio a estas práticas, como guias didáticos, sequências didáticas e manuais. Moraes e Guerra (2013)

¹² <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/category/physics/quantum-phenomena>

¹³ <http://laboratoriovirtualdefisica.blogspot.com/p/fisica-moderna.html>

comentam que esta ausência de materiais didáticos ainda é hoje uma das grandes dificuldades encontradas no ensino da FM no Ensino Médio.

1.4 DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DA FM NA VISÃO DOS PROFESSORES

A fim de verificar também as experiências e as dificuldades enfrentadas pelos professores no âmbito do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), dialogamos com três professores dessa instituição sob o tema Ensino de FM no Ensino Médio. Este diálogo foi norteado por meio das seguintes questões: (1) qual a importância e o papel da Física Moderna na formação do aluno do ensino médio?; e (2) do seu ponto de vista, qual ou quais são as dificuldades encontradas no ensino de Física Moderna no ensino médio?

Os professores relataram na questão 1 que a FM contribuiu para a compreensão do aluno acerca das tecnologias que este utiliza e para a percepção do aluno sobre a construção da ciência. Os professores para inferir sobre isso argumentaram que:

- (1) “[...] a possibilidade que ele tem de entender o mundo cientificamente, né, cê tem as revoluções tecnológicas atuais e científicas, especialmente do ponto de vista da física se a gente pensar só na física, é foi basicamente depois da física quântica e da relatividade, mas sobretudo física quântica”;
- (2) “a gente percebe que hoje, o mundo moderno, faz uso direto tanto da quântica quanto da teoria da relatividade, e os estudantes apesar de usarem celular ou GPS eles não têm a mínima noção do que é a FM. Com isso o ensino de Física (a aprendizagem de Física) fica totalmente comprometida, ou seja, o aluno tá aprendendo ainda lançamento oblíquo, enquanto ele não sabe nem como funciona um chip.”;
- (3) “[...] Daí eles vão criando gosto pela tecnologia, pela ciência em si e vão começando a aparecer novas perguntas, em cima dessas novas perguntas, desses questionamentos, eles acabam criando seus próprios conceitos em cima de alguns pontos.”.

Quanto a questão 2, notamos que as problemáticas apontadas pelos professores diferem-se, em parte, das problemáticas trazidas anteriormente pelos autores dos artigos que discutimos os fatores que influenciam no processo de ensino e aprendizagem da FM. Trazendo estas discussões para a realidade local, os professores mostram que ocorre uma desmotivação por parte dos alunos em sala de aula, principalmente por alguns motivos: (1) falta de importância do conteúdo para a vida do aluno; (2) preocupação apenas com provas de vestibular; e, (3) uso de materiais não significativos.

Quando os professores falam que a motivação é um dos grandes problemas no ensino de Física eles não estão equivocados. Pozo e Gómez Crespo (2009) corroboram com essa afirmativa e complementam dizendo que esse é um dos problemas mais graves do aprendizado

em quase todas as áreas. Esses autores propõem que a solução do problema depende da interação de dois fatores: a expectativa de êxito em uma tarefa e o valor concedido a esse êxito.

Temos ainda outro problema trazido pelos professores ainda acerca da falta de motivação, mas que se relaciona com a preocupação com as provas de vestibular. Essa falta de motivação relacionada a preocupação com exames de seleção é apontada por Pozo e Crespo (2009).

Durante a educação obrigatória, coincidindo com a adolescência, é quando os alunos, devido ao seu próprio desenvolvimento pessoal, começam a fixar suas metas, a estabelecer suas preferências e a adotar atitudes que nem sempre favorecem o aprendizado (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 40).

Uma dessas metas é a preferência pelos exames de seleção: provas de vestibular. A preocupação dos alunos no 3º ano do ensino médio é destinada a essas provas de seleção, havendo assim uma diminuição da preocupação com a formação em si.

Os professores relataram também acerca do uso de materiais não significativos no processo de ensino e aprendizagem, em que essa discussão se relaciona com possível falta de motivação dos alunos, pois Ausubel (2003) define que o aluno se sente disposto a aprender quando o material utilizado é potencialmente significativo, ou seja, o material utilizado deve ter significado para o estudante. Desta forma, um dos professores apresenta como sugestão para solucionar esse problema o uso de laboratórios como forma de motivar os alunos, tendo em vista que os laboratórios pode proporcionar inúmeras experiências.

Além disso, relacionando esses argumentos apresentados pelos professores com uma experiência pessoal com a aprendizagem de FM, podemos admitir que as aplicações deste tema em situações cotidianas pode despertar o interesse dos alunos. Meu primeiro contato com o tema, mesmo ocorrendo apenas na graduação, foi coberto de conceitos abstratos e diferentes do que já conhecia, tornando-se assim um tema interessante e ao mesmo tempo desafiador. Foi nesse momento, ao descobrir algumas das diversas aplicações dos conceitos e fenômenos estudados, que pude notar a importância do tema para o avanço tecnológico e para a construção da ciência.

Diante de tais discussões e apontamentos acerca da importância do tema, dos fatores que influenciam na aprendizagem deste, pelos relatos dos professores de uma instituição local e da minha experiência como aluna, identificamos o seguinte problema: de que forma podem-se ensinar conteúdos da Física Moderna para alunos do 3º ano do ensino médio a fim de promover aprendizagens significativas?

Com base no problema exposto definimos como objetivo geral investigar em que aspectos uma proposta didática que utiliza como estratégia de ensino a Aprendizagem Baseada em Problemas pode contribuir para promover aprendizagem significativa de conteúdos da Física Moderna de alunos do 3º ano do ensino médio. Sendo assim, elaboramos questões para nortear a pesquisa, são elas: (a) como criar uma proposta didática para que ocorra aprendizagem a partir de problemáticas advindas dos conhecimentos prévios do aluno, buscando o aprender a aprender? (b) como propor o ensino de conteúdos da Física Moderna a alunos do 3º ano do ensino médio que promova a aprendizagem significativa? (c) como averiguar a aprendizagem?

E para que possamos responder a tais questões norteadoras estabelecemos como objetivos específicos: (a) estudar, por meio de uma aplicação em sala de aula, o uso da ABP, na qual utilizamos problemáticas advindas dos conhecimentos prévios do aluno, buscando o aprender a aprender; (b) elaborar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conteúdos da Física Moderna que utilize como estratégia de ensino a Aprendizagem Baseada em Problemas; (c) avaliar a aplicação da UEPS.

Além disso, como resultado dessa problemática existe a criação de um material didático que faz parte das atividades a serem desenvolvidas por este mestrado profissional.

2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO

2.1 O ALUNO E O “APRENDER A APRENDER”

A realidade de uma sala de aula é que, aparentemente, como trazido por Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 15), “os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem” e está cada vez mais difícil mudar este fato. Encontrar formas de fazer os alunos aprenderem e sentirem interesse por aquilo que aprendem tem se tornado um desafio na prática docente, visto que são inúmeras as estratégias utilizadas por professores para minimizar esses aspectos, e os estudantes parecem cada vez mais imunes a essas estratégias.

Quando Pozo e Gómez Crespo (2009) falam a respeito da crise da educação científica, descrevem que um dos problemas na maneira como os alunos aprendem trata-se da reflexão sobre suas ações, pois, “[...] o problema é que eles sabem fazer as coisas, mas não entendem o que estão fazendo e, portanto, não conseguem explicá-las nem aplicá-las em novas situações” (p. 16). No caso das ciências, por exemplo, a Física, é bastante comum perceber esse aspecto em sala de aula. Os alunos resolvem exercícios por meio de demonstrações de cálculos matemáticos, mas dificilmente sabem explicar o que o cálculo diz a respeito de um determinado fenômeno ou sabem resolver problemas diferentes dos exercícios para se calcular alguma variável determinada.

Percebendo que os alunos sabem fazer o que lhes é pedido mas não entendem o que fazem, nos perguntamos o que isso traz de consequência para a aprendizagem dos alunos? Isso pode ser visto como um indício de uma aprendizagem mecânica, memorização de um procedimento ou técnica, como ter habilidade mas sem competência. Uma possível consequência é o que estamos acostumados a encontrar em sala de aula: ausência de interesse pela aprendizagem e a falta de motivação dos alunos, sendo esta uma questão intrínseca.

Atualmente, existem algumas atitudes por parte dos professores diante de tais apontamentos das dificuldades no ensino de ciências, são estes: a resistência de sair do tradicional ou a tentativa de retornar ao tradicional. Esses, são possivelmente, resultado do processo árduo de mudança, o qual requer tempo e disposição do professor para fazê-la.

Ambas mostram a não aprovação das orientações atuais, as quais muitas são construtivistas, mas não se trata de mudar essas orientações se não houver uma reflexão a respeito da crise da cultura educacional. Pozo e Gómez Crespo (2009) dizem existir um desajuste entre a ciência que é ensinada e os próprios alunos, pois vivemos em um período em

que a informação é de fácil acesso e não estão mais restritas as bibliotecas e aos professores, que eram considerados como detentores do conhecimento. Portanto, o retorno à educação tradicional, aquela em que o conhecimento humano possui um caráter cumulativo, não condiz com a realidade do aluno do século XXI.

Este aluno chega nas escolas repleto de informações obtidas nos filmes, livros, documentários, nas páginas da internet etc. e as quantidades de informações disponíveis a este aluno são tantas que não resta mais ao professor ensinar cada fenômeno existente no mundo, mas sim de levar o seu aluno ao “aprender a aprender” (MUNHOZ, 2015; ARAÚJO; SASTRE, 2016; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009).

Tradicionalmente, o ensino das Ciências se delimitou a transmissão de conceitos, não se preocupando com as atitudes e os procedimentos, ou seja, os professores ainda explicam os conceitos em sala de aula enquanto os alunos, de forma passiva, escutam, copiam e algumas vezes perguntam a respeito de algo que não ficou esclarecido. Porém, o que acontece é que a sociedade sofreu drásticas mudanças com a chegada das novas tecnologias digitais e com isso os alunos também foram alvos de mudanças. Por isso, estas mudanças têm causado uma reflexão por parte de pesquisadores na área do ensino, acerca da sala de aula atual, a qual demonstra ainda as necessidades do século passado, do ensino tecnicista (DURÃES, 2009).

Visando mudar este cenário atual das aulas no padrão do ensino tecnicista, o “aprender a aprender” é um objetivo que se tornou foco nas aulas de muitos professores. Esse objetivo deve levar o aluno a construir seu próprio conhecimento autonomamente, mas, sob orientação do professor devido sua maturidade na ciência. Portanto, gradativamente deve haver uma mudança na maneira deste aluno agir em sala de aula, em que este passa a ser ativo no processo aprendizagem. Em sala de aula, tanto o aluno quanto o professor passam por esse processo, sendo que o professor passa do papel de detentor do conhecimento para mediador e orientador.

A função do professor durante essa fase é muito diferente da anterior e de seu tradicional papel de “explicar”: trata-se aqui de supervisionar o exercício da prática, corrigindo erros técnicos e proporcionando não só esforços, mas sobretudo informação para corrigir os erros cometidos. (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 56)

Um aspecto importante no processo de mudança para o “aprender a aprender” trata-se da autonomia do aluno. Para isso torna-se necessário que o aluno esteja disposto a assumir responsabilidades, a cometer erros e a fazer lições e atividades independentemente de estar ou não sendo avaliado, essas características remetem a primeira premissa da Aprendizagem Significativa, a qual discutiremos posteriormente. Mas, não devemos esquecer que essa

transferência de controle da aprendizagem do professor para o aluno não deve ser realizada de maneira instantânea, e sim de forma gradativa.

2.2 O PROBLEMA! OU EXERCÍCIO?

Tendo em mente a necessidade de mudanças no processo de ensino e aprendizagem, muitos autores têm falado a respeito de como as resoluções de problemas podem beneficiar na aprendizagem de conteúdos, dentre estes temos Costa e Moreira (2001, p. 263) que trazem um entendimento do termo:

A resolução de problemas em sala de aula é uma habilidade pela qual o indivíduo externaliza o processo construtivo de aprender, de converter em ações, conceitos, proposições e exemplos adquiridos (construídos) através da interação com professores, pares e materiais instrucionais.

Existe, porém, uma atitude controversa em sala de aula quanto ao uso de problemas como foco no processo de ensino e aprendizagem. Abrantes (1989), um autor importante que aborda o tema, diz que a resolução de problemas tem sido inserida no âmbito da sala de aula apenas como uma atividade complementar, paralela as aulas expositivas e geralmente sua função é o de treinamento para provas. Em seu trabalho, o autor ainda ressalta que, como no caso da matemática, a resolução de problemas é foco apenas em pesquisas acadêmicas.

Mediante tais situações, necessitamos refletir do que se trata um problema. Um problema ou uma situação problema trata-se de um questionamento sem solução evidente (ECHEVERRÍA; POZO, 1998). É quando necessita-se de informações que vão além de nossos conhecimentos prévios. Sendo assim, para responder esse questionamento deve-se pesquisar, analisar e refletir a respeito dos termos nele envolvidos.

A fim de definir o termo, Leão (2019) elabora uma discussão envolvendo o ponto de vista de vários autores, sendo assim podemos enumerar as características principais de um problema baseadas no autor em questão: (1) sua solução não é imediata; (2) tem-se uma necessidade para solucioná-lo; (3) o esforço de solução é consciente; (4) é tudo o que não se sabe fazer; (5) trata-se de uma orientação para aprendizagem; e (5) é uma tarefa à qual não se tem método ou regras predeterminadas.

Englobando a discussão do conceito de problema, podemos inserir a questão das situações problema. Leão (2019) afirma que não existe um consenso acerca do que se trata uma situação problema, todavia expõe algumas ideias de diversos autores. A primeira delas é que se trata de uma situação cotidiana que busca algo desconhecido. A segunda aborda o fato de ter como objetivo principal a aprendizagem de um conceito pré-determinado. Por fim, permite que

os sujeitos mobilizem estratégias para solucionar o problema, envolvendo valores, dilemas ou até questão sociais.

Relacionando os conceitos discutidos, as características expostas permitem inserir as situações problemas como uma forma contextualizada de se abordar problemas.

Além disso, é importante descartar que existem críticas quanto ao uso de problemas como foco do processo de aprendizagem, mas que estas não levam em conta as diferenças entre um problema e um exercício. De acordo com Echeverría e Pozo (1998), uma dada situação pode ser vista para um aprendiz, com conhecimentos prévios relevantes sobre o assunto, como um exercício enquanto para outro, sem esses conhecimentos prévios, pode ser uma situação problema. O professor então deve planejar e construir os problemas de acordo com o grau de conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo a ser trabalhado.

Em muitos livros didáticos de Física, por exemplo, é perceptível que são utilizados exercícios envolvendo quase que exclusivamente cálculos matemáticos, poucos são aqueles que propõem situações problemas relacionados com fatos do dia a dia dos estudantes. Existe também o fato de que os exercícios pouco estimulam os aprendizes a refletirem sobre os fenômenos físicos envolvidos. Por esses motivos, corroboramos com os autores que são a favor do uso de problemas e não de exercícios, como norteadores do processo de ensino e aprendizagem, tendo em vista que estes podem proporcionar maior reflexão diante dos fenômenos envolvidos nos problemas e maior interação entre professor e alunos.

A fim de tornar mais evidente “o que é um problema?”, vamos observar dois exemplos no quadro 2. Na primeira questão temos uma situação em que todos os dados necessários para sua resolução estão contidos ao longo do texto, por esse motivo acaba se tornando um exercício para um aluno que já estudou velocidade média (aluno do 2º ano). Já para o aluno do 8º ano, que nunca estudou o assunto, é visto como um problema.

Na questão 2, apesar de se tratar do mesmo assunto, trata-se de um problema para ambos, pois não estão evidentes nenhum dos dados para solução do problema. Pode-se notar que o problema está diretamente relacionado ao grau de conhecimento que o aluno tem do conteúdo, pois o aluno que já apresenta um grau de conhecimento elevado sobre o assunto, não precisará refletir para encontrar a solução do problema. Entretanto, a forma como a questão é apresentada também determina se este será um problema ou exercício, pois pode levar o aluno a refletir na forma como este irá aplicar seus conhecimentos.

Quadro 2: Exemplos para comparação entre exercício e problema

Questão	Aluno do 8º ano – Ensino Fundamental II	Aluno do 2º ano – Ensino Médio
Um estudante sai de sua casa, caminhando, às 12 horas e chega ao seu destino, distante 2,5 Km, às 12 horas e 30 minutos. Qual a velocidade média do estudante?	PROBLEMA	EXERCÍCIO
Um grupo de mergulhadores pretende fazer um mergulho em um lugar desconhecido mas não sabe qual a profundidade do local. Sabendo que o equipamento de mergulho utilizado por esse grupo só suporta uma profundidade de 150 metros, como os mergulhadores podem descobrir a profundidade no local a fim de não correrem riscos?	PROBLEMA	PROBLEMA

Fonte: autoria própria.

O problema, quando utilizado como disparador principal para o processo de aprendizagem, pode ser classificados em três tipos, os quais devemos conhecer antes de elaborá-lo ou escolhê-lo, são eles: (1) enigmas ou quebra-cabeças; (2) problemas estruturados; e (3) problemas desestruturados.

De acordo com Aquilante et al (2011), os problemas do tipo enigmas apresentam apenas um modelo de resposta correta, limita a aprendizagem do aluno e é utilizado quando todos os conceitos envolvidos no estudo já são conhecidos. Já os do tipo estruturado, mesmo apresentando conteúdos e bases teóricas restritas, permitem ao aluno um maior engajamento no processo de aprendizagem, tendo em vista que a solução do problema permite mais de um caminho ou estratégia de solução, envolvendo seus conhecimentos prévios nesse caminho. Os problemas tipo desestruturados vão além disso, não apresentam conteúdos e bases teóricas bem definidas, permitem mais de um caminho ou estratégia ou até mesmo não apresentam nenhum destes, e não se limitam a disciplinas específicas.

Como estamos retratando um cenário de primeira experiência com uso de problemas para o ensino dos conceitos da FM a alunos do 3º ano do ensino médio, delimitamos ao uso de problemas do tipo estruturado, que permite ao aluno um maior engajamento na aprendizagem, mas que restringe os conteúdos, nesse caso os da FM.

Sendo assim, é necessário que haja um roteiro de construção desse tipo de problema. Aquilante et al (2011, p. 179) determina que deve haver a “definição de uma área de conhecimento, o enunciado que dirige a tarefa, uma lista de pré-requisitos (conceitos necessários para entender o problema), princípios teóricos e descrição do problema.”

Seguindo as instruções para construção do problema, pode-se agora seguir para o uso deste a fim de proporcionar a aprendizagem de conceitos da FM. Contudo, existem variadas estratégias de ensino que determinam etapas a serem seguidas que fazem uso de problemas como norteador da aprendizagem, entre elas temos a Aprendizagem Baseada em Problemas, a qual iremos dedicar a próxima seção.

2.3 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS E SEUS PRESSUPOSTOS

Uma estratégia que proporciona ao aluno os aspectos trazidos nos parágrafos anteriores é o da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). De acordo com Escrivão Filho e Ribeiro (2009, p. 24) a ABP é um “método de ensino-aprendizagem que utiliza problemas da vida real (reais ou simulados) para iniciar, focar e motivar a aprendizagem de teorias, habilidades e atitudes.”

Além disso, Enemark e Kjaersdam (2016) dizem ainda que a ABP pode abranger diferentes enfoques como: (1) referir-se a conceitos didáticos baseados somente na resolução de problemas (ou seja, uso da ABP para aprendizagem de conteúdos específicos de uma disciplina); ou (2) referir-se a conceitos que combinem os cursos tradicionais com resolução de problemas por meio do trabalho com projetos (ou seja, uso da ABP em disciplinas). Diante desses enfoques, iremos nos dedicar ao primeiro (1), tendo em vista que uma das sugestões apontadas pelos autores que defendem o uso da ABP, é para que o professor que nunca tenha trabalhado com esta estratégia deve fazer testes pequenos com conteúdos específicos de uma disciplina e efetuar uma transição gradativa.

A ABP surgiu na escola de medicina da Universidade McMaster, Canadá, em meados dos anos 1960, com o intuito de proporcionar aos alunos a capacidade de utilizar e integrar conceitos específicos à prática cotidiana. Mas, apesar de a ABP ter surgido para a formação em medicina, esta tem se ampliado para diversas áreas do conhecimento, como administração e engenharias. O uso dessa estratégia tem também se estendido com o intuito de promover aprendizagem de alunos do ensino médio.

Esta estratégia apresenta um enfoque diferenciado, que parte de problemas ou de situações problemas em que a dúvida seja plantada de forma a despertar a curiosidade do estudante. “É um método que tem forte motivação prática, um elevado teor de estímulo cognitivo capaz de gerar soluções criativas” (MUNHOZ, 2015, p. 104)

Ainda de acordo o autor citado acima, a ABP pode proporcionar aos alunos diferentes funções daquelas encontradas em um ambiente tradicional de sala de aula, são elas:

- Atuar como ativo solucionador de problemas;
- Participar de forma ativa no ambiente;
- Estar engajado na atividade de aprendizagem
- Construir de forma contínua novos significados a partir dos estudos desenvolvidos sobre o elevado volume de informações às quais tem acesso.

Os alunos que tiverem acesso a essa experiência com ABP estarão mais bem preparados para realizar atividades sem a supervisão constante de um professor e possivelmente terão mais condições de enfrentar a explosão de informações presentes atualmente, sabendo distinguir a qualidade dessas informações de forma crítica. Em sala de aula, os alunos também podem adquirir uma atitude mais ativa e participativa.

Todavia, Munhoz (2015) afirma que o êxito na implementação da ABP em sala de aula não ocorre apenas com a realização de uma sequência de passos. Para o autor faz-se necessário que ocorra, inicialmente, uma caracterização dos alunos, ou seja, identificar no aluno elementos fundamentais necessários à implementação da ABP. É por meio desta que o problema e o material, a serem utilizados na ABP, serão escolhidos. Além disso, veremos posteriormente a importância que esta tem para que ocorra uma aprendizagem significativa. Dentre estas características podemos citar:

- (1) A maneira como o aluno aprende;
- (2) O compromisso que este tem com as atividades de aprendizagem (assiduidade e pontualidade);
- (3) Sua experiência com a autonomia;
- (4) O tempo que este aluno tem para se dedicar as tarefas;
- (5) A identificação dos conhecimentos prévios dos alunos;
- (6) O material escolhido pelo aluno e pelo professor deve ser potencialmente significativo.

As quatro primeiras dizem ao professor a respeito da disposição do aluno para aprender. Trata-se do compromisso que o aluno deve ter de participar ativamente das aulas, estar disposto a desenvolver a sua autonomia e de ter conhecimento do seu estilo de aprendizagem (visual, auditiva ou cinestésica) e de inteligência (lógica, linguística, corporal, naturalista, intrapessoal, interpessoal, espacial ou musical), para que possa realizar as atividades propostas com êxito (MUNHOZ, 2015).

O compromisso do aluno com as atividades e a disposição para desenvolvimento da autonomia são características que os professores tendem a perceber nos alunos ao longo das

aulas. Já o estilo de aprendizagem e de inteligência requer do professor o uso de outros instrumentos que não sejam a observação.

Saldanha, Zampori e Batista (2016) definem três estilos sensoriais de aprendizagem, são eles: aprendizagem visual (imagem); aprendizagem auditiva (som e música); e, aprendizagem cinestésica (movimento, leitura, tato). A definição do estilo de aprendizagem possibilita a escolha de materiais que se adequem ao aluno, ou seja, que sejam potencialmente significativos. Podemos citar um exemplo: se o aluno apresentar características do estilo de aprendizagem cinestésico, o material a ser escolhido poderá ser o uso de experimentos, manuais, entre outros que envolvam uma aprendizagem mais mão na massa.

Quanto ao tipo de inteligência dos alunos Munhoz (2015) faz uma lista de 8 inteligências múltiplas, das quais os alunos tendem a apresentar uma como dominante (quadro 3). A partir dessa identificação da inteligência dominante dos alunos, podemos definir o problema a ser usado na ABP, pois o problema deve estar de acordo com as características do aluno.

Quadro 3: Tipos de inteligências múltiplas segundo Munhoz (2015)

Tipo de inteligência	Características do aluno
Lógica	Facilidade de explicar as coisas utilizando-se de fórmulas e números
Linguística	Capacidade de utilizar a língua para comunicação e expressão
Corporal	Capacidade de utilizar o corpo para se expressar ou em atividades artísticas e esportivas
Naturalista	Análise e compreensão dos fenômenos da natureza
Intrapessoal	Capacidade de se autoconhecerem
Interpessoal	Facilidade em estabelecer relacionamento com outras pessoas
Espacial	Habilidade na interpretação e reconhecimento de fenômenos que envolvem movimento e posicionamento de objetos
Musical	Interpretação e produção de sons com a utilização de instrumentos musicais

Fonte: baseado em Munhoz (2015).

Já as duas últimas características dos alunos enumeradas discorrem acerca do material a ser utilizado durante a implementação da ABP. Para a escolha desse material faz-se necessário primeiro a identificação dos conhecimentos prévios do aluno, assim como a identificação desses elementos fundamentais apresentadas anteriormente. Esses aspectos pontuados são

fundamentais para a implementação da ABP em sala de aula, visto que tratam do período de planejamento a ser realizado pelo professor.

2.3.1 Os sete saltos

Para a implementação da ABP em sala de aula, muitos autores elaboraram passos sequenciais a serem seguidos pelos professores que desejam alcançar os resultados que esta estratégia pode proporcionar. Dentre esses passos sequenciados destacamos os de: (1) Munhoz (2015); (2) Araújo e Arantes (2016); e (3) Schmidt (1983).

O primeiro autor, Munhoz (2015), apresenta uma sequência composta de sete etapas (quadro 4), nesta sequência percebemos que todas as etapas encaminham a ABP para a construção de um relatório de pesquisa, todavia o uso de relatórios em aulas de Física no Ensino Médio não é uma prática muito comum. Além disso, o autor afirma também que o problema a ser utilizado na sequência não pode ser escolhido exclusivamente pelo professor, visto que os alunos devem participar ativamente de todas as atividades da ABP, isso inclui a escolha do problema, a definição dos conceitos e fenômenos e a escolha dos materiais a serem adotados.

Munhoz (2015) mostra como sugestão uma etapa anterior a sua sequência, trata-se da apresentação aos alunos das características que um problema deve ter, mas consideramos este um fator que tende a tornar a aplicação da estratégia um tanto mais complexa para os professores do ensino básico.

Mediante os aspectos apresentados julgamos a sequência de Munhoz (2015) não aconselhável para o uso em aulas de Física com alunos do Ensino Médio, visto que nem todos tem a prática para construção de relatórios de pesquisa e não encontram-se acostumados com a liberdade para escolher problemas e materiais para estudo.

Quadro 4: Sequência de passos da ABP segundo Munhoz

Etapas	Trabalho desenvolvido
1	Discutir e analisar o problema: - Definir o problema - Discutir, em grupo, os conceitos fundamentais do problema - Discutir a solução do problema por meio da técnica do Brainstorming - Apresentar a solução por meio de um mapa mental
2	Determinação das atividades de estudo individual:
3	Compilar as informações:
4	Escolha das estratégias a serem adotadas

5	Avaliação da estratégia e mudanças necessárias: - Os dados respondem as perguntas iniciais? - O que pode melhorar?
6	Montagem do relatório e do trabalho desenvolvido
7	Apresentação da solução do problema

Fonte: adaptado de Munhoz (2015, p. 161).

O segunda sequência de passos, Araújo e Arantes (2016), trata do uso da ABP em projetos de resolução de problemas buscando a formação acadêmica por meio da pesquisa científica. Segundo os autores essa sequência surgiu na Escola de Artes, Ciências e Humanidades localizada na cidade de São de Paulo, o objetivo era inserir a ABP como parte do currículo, a fim de que os alunos pudessem se aproximar do mundo dos projetos de pesquisa.

Acerca desta sequência percebemos que, assim como a sequência de Munhoz (2015), o resultado final da implementação da estratégia é a construção de um relatório acadêmico. Os autores comentam que a intenção é preparar os alunos para o cenário atual do mundo do trabalho, visto que tratam-se de alunos de nível superior.

O terceiro autor, Schmidt (1983), que intitula sua sequência como “sete saltos” (tabela 1, nomeado desta forma pelo autor), faz uso de uma avaliação escrita como de costume do professor a fim de verificar a aprendizagem dos alunos, ou seja, se este faz uso, constantemente, de provas com questões objetivas, ele poderá usá-la nessa sequência de passos. Estes saltos foram responsáveis pelo início do uso da ABP na Universidade de Maastricht. Temos abaixo os “sete saltos”.

Tabela 1: Steps involved in problem-based learning

Step 1: Clarify terms and concepts not readily comprehensible.
Step 2: Define the problem.
Step 3: Analyse the problem.
Step 4: Draw a systematic inventory of the explanations inferred from step 3.
Step 5: Formulate learning objectives.
Step 6: Collect additional information outside the group.
Step 7: Synthesize and test the newly acquired information.

Fonte: Schmidt (1983, p. 13)

Sabemos, porém, que esses saltos com o passar dos anos foram estudados e reformulados a fim de atender a outras realidades e utilizando novas técnicas, como a do *Brainstorming* (chuva de ideias). Dessa forma, nos deparamos com a reformulação dos “sete saltos” por Deelman e Hoerberigs (2016) no quadro a seguir.

Quadro 5: Os “sete saltos” reformulados.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Esclarecer frases e conceitos confusos na formulação do problema. 2. Definir o problema: descrever exatamente que fenômenos devem ser explicados e entendidos. 3. Chuva de ideias (<i>Brainstorming</i>): usar conhecimentos prévios e senso comum próprios. Tentar formular o máximo possível de explicações. 4. Detalhar as explicações propostas: tentar construir uma “teoria” pessoal, coerente e detalhada dos processos subjacentes aos fenômenos. 5. Propor temas para aprendizagem autodirigida. 6. Procurar preencher as lacunas do próprio conhecimento por meio do estudo individual. 7. Compartilhar as próprias conclusões com o grupo e procurar integrar os conhecimentos adquiridos em uma explicação adequada dos fenômenos. Comprovar se sabe o suficiente. Avaliar o processo de aquisição de conhecimentos. |
|---|

Fonte: Deelman e Hoeberigs (2016, p. 84)

Apesar da sequência ter sido utilizada em turmas de ensino superior, no decorrer da explicação dada por Deelman e Hoeberigs (2016), percebemos que esta não apresenta limitações para aplicações em turmas de Ensino Médio. Ao contrário disso, o tipo de avaliação e de acompanhamento do professor e do aluno apresentam similaridades com a prática atual da sala de aula, o que torna o processo de implementação menos atribulado para ambas as partes.

Por meio de um exercício de comparação das sequências de passos, observamos que os “sete saltos” propostos inicialmente por Schmidt (1983) e reformulados por Deelman e Hoeberigs (2016), encontram-se mais próximos do fazer atual em sala de aula. Além disso, permite que os alunos construam uma “teoria” pessoal, com diagramas, hipóteses e cálculos, que serve como instrumento para avaliar o progresso que o aluno tem nas diferenciações progressivas (MOREIRA, 2011a).

Como podemos observar no quadro 5, o primeiro salto determina o problema a ser solicitado que os alunos resolvam, este deve ser bem elaborado para que os resultados pretendidos da aprendizagem possam ser alcançados e os conceitos devem estar claros no problema, pois eles serão a chave para o segundo salto. No segundo salto, o problema é passado para os alunos e a partir dele são determinados os fenômenos que devem ser explicados, ou seja, as frases e palavras que os alunos desconhecem ou que não sabem explicar os conhecimentos científicos envolvidos.

No terceiro salto é quando acontece a dinâmica em grupo do *Brainstorming*, em que os alunos expõem e discutem em grupos suas ideias. Para esta discussão os alunos utilizam os conhecimentos prévios já existentes na estrutura cognitiva na busca da solução do problema. Importante destacar que nenhuma ideia é descartada neste momento. No quarto salto, os alunos

são solicitados a construir uma “teoria” pessoal para solução do problema sugerido, ou seja, devem apresentar o maior número de informações possíveis a respeito do problema.

É a partir do quinto salto que o aluno ganha autonomia para a construção de seu próprio conhecimento. Nesse salto é sugerido pelo professor os temas para a realização do estudo individual pelos alunos, de forma que respondam as frases e palavras anteriormente desconhecidas. Os temas são o norte para o estudo individual realizado no sexto salto. As referências bibliográficas para o estudo podem ser sugeridas pelo próprio professor ou este pode solicitar que os alunos busquem suas próprias referências, devendo estas passarem por uma análise de qualidade de informações.

No último salto ocorre a discussão em grupo da solução do problema, em que são expostos os fenômenos estudados e as lacunas que foram preenchidas desde o primeiro contato com o problema.

Não podemos descartar que a aplicação da ABP também apresenta alguns pontos que precisam de atenção durante o processo de implementação. De acordo com Araújo e Sastre (2016), a ABP permite transferir grande parte da responsabilidade da aprendizagem para os próprios alunos, requerendo muita autonomia, todavia podem não estarem preparados e amadurecidos para o recebimento total dessa autonomia. Portanto, a autonomia na aprendizagem deve ser balanceada de forma que os alunos e os professores sintam-se seguros no processo de ensino e aprendizagem.

Outro ponto é a desconfiança que os professores têm de seus alunos, “muitos professores, imbuídos de um espírito indulgente e afetuoso, atuam convencidos de que, para os alunos, é benéfico protegê-los do estresse provocado pelo processo educacional” (BRANDA, 2016, p. 227), mas esta proteção acaba se tornando uma máscara que não permite a transferência de parte da autonomia para os alunos.

Mediante as características da ABP podemos listar quais as potencialidades do uso dessa estratégia de ensino em sala de aula:

- (1) Estimula no aluno a participação ativa, a autonomia, o autoconhecimento, a exposição de suas ideias e atitudes colaborativas;
- (2) Possibilidade de interdisciplinaridade;
- (3) Apresentação daquilo que o aluno pesquisou com seu próprio esforço;
- (4) Estimula a mudança de atitudes do professor;
- (5) Alunos interessados e responsáveis pela investigação para a resolução do problema.

Percebendo agora as potencialidades do uso da ABP em sala de aula e alguns cuidados a serem tomados em sua aplicação, podemos dizer que a proposta do uso da ABP como estratégia de ensino tem como um de seus objetivos específicos possibilitar aos alunos uma aprendizagem significativa. Para tanto, é necessário compreendermos o que é a teoria da aprendizagem significativa e como esta facilmente se relaciona a ABP.

2.4 O PAPEL DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NA ABP

2.4.1 *Aprendizagem Significativa*

A teoria da Aprendizagem Significativa (APS) foi formulada pelo psicólogo da educação norte-americana David Paul Ausubel na década de 1960, em que este buscou diferenciar a APS da aprendizagem mecânica a fim de instruir e orientar professores a respeito do ato de ensinar a partir de uma nova visão (PELIZZARI et al, 2002). A intenção de diferenciar a APS da aprendizagem mecânica só pode ser compreendida na medida em que entendemos a relação existente entre elas, o que será feito no decorrer desta seção.

O enfoque cognitivista surge com a necessidade de entender como ocorre o processo de aprendizagem de conteúdos na estrutura cognitiva dos nossos aprendizes. Na década de 60 esta preocupação encontrava-se no auge sendo discutida sob diferentes perspectivas com Jean Piaget, tratando principalmente da aprendizagem cognitiva infantil; Lev Vygotsky, delimitando a delimitar a respeito da psicologia cultural-histórica; entre outros, incluindo David Ausubel com a teoria da APS (MOREIRA, 1999).

De acordo com Ausubel (2003), a estrutura cognitiva do indivíduo é formada por um conjunto de conhecimentos bem ordenados e interligados sobre um determinado assunto. É nela que os novos conhecimentos vão se interligando a outros conhecimentos já existentes para que tenham um significado para este indivíduo, e desta forma vão também se ordenando de acordo com o grau de importância, dos mais gerais aos mais inclusivos. Para o autor a principal variável neste processo não é essencialmente os novos conhecimentos, mas sim os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e é a partir desta prerrogativa que são levadas em conta condições que possibilitam uma aprendizagem mais significativa.

Quando estes subsunçores¹⁴ são levados em consideração é provável que o conteúdo envolvido no processo de aprendizagem seja mais significativo para o indivíduo, aumentando

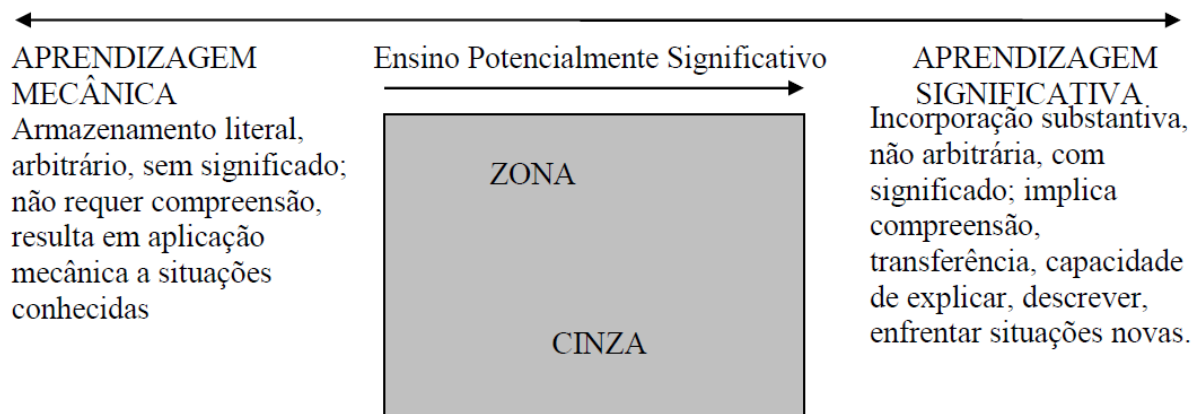
¹⁴ Corresponde, em português, ao que Ausubel chamava de subsumer, ou seja, um conhecimento prévio capaz de subsumir um novo conhecimento; subsumir significa “tomar”, “acolher”, “aceitar”. O subsunçor é uma ideia ou conceito âncora, e os conhecimentos prévios são ideias e conceitos ligados ao subsunçor.

assim as possibilidades de reaprendizagem futura. Esta aprendizagem não leva em conta somente os subsunçores do aluno, mas também requer que as relações entre os novos conhecimentos com os preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz seja substantiva e não arbitrária, pois o contrário pode levar a uma aprendizagem mais mecânica. Mas o que queremos dizer com substantiva e não arbitrária?

Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2012, p. 6)

É de grande importância destacar que a APS e a aprendizagem mecânica não são dicotômicas, o que ocorre é que a aprendizagem pode caminhar entre uma e outra (observar figura 2). Para entender melhor essa relação devemos saber que a aprendizagem mecânica é aquela que ocorre quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quando o aluno apenas decora equações e conceitos, e esquece depois das avaliações.

Figura 2: Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica, sugerindo que na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária desse contínuo



Fonte: Moreira (2013, p. 16)

Não há como dizer que a aprendizagem será completamente significativa e não mecânica, pois a repetição e o exercício de memorização fazem parte do processo de aprendizagem, mesmo que seja em menor escala.

2.4.2 Teoria de Aprendizagem e Estratégia de Ensino

Sendo assim, com a finalidade de proporcionar aos alunos uma APS, Ausubel determina que existam duas condições, são elas: (1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo; (2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

A primeira condição afirma que os materiais utilizados como recursos para a aprendizagem devem ser potencialmente significativos para os alunos. Quando utilizamos a ABP como estratégia para proporcionar uma APS e pensamos que os materiais devem apresentar significado para os alunos, percebemos que a ABP facilita na busca pelo conhecimento e ainda valoriza os conhecimentos prévios para encorajamento da iniciativa pela aprendizagem autônoma.

Desta forma, podemos dizer que se deve propor uma motivação possivelmente intrínseca, aquela movida pelo interesse na tarefa em si, em que um aluno estuda um assunto porque está fascinado por ele. Os problemas na ABP têm essa função nos alunos, apresentando-se na forma de situações problemas reais, em que os alunos tenham a predisposição para realizar a sua solução.

Ainda a respeito dessa condição, podemos relacionar o que Munhoz (2015, p. 67) afirma quando trata da ABP que é necessário

[...] fornecer materiais didáticos que não sejam extensivos e conteudistas, mas contêm orientações claras, que o aluno possa utilizar sozinho e ir recebendo estímulos durante o desenvolvimento dos estudos, trabalhando na perspectiva da descoberta e da evolução, do mais simples ao mais complexo.

Já a segunda condição diz que os próprios organizadores presentes na estrutura cognitiva devem identificar um conteúdo relevante já existente (e estarem explicitamente relacionados com esta) e indicar, de modo explícito, a relevância quer do conteúdo existente, quer deles próprios para o novo material de aprendizagem, ou seja, o aluno deve se sentir disposto a aprender e a relacionar o novo conhecimento com o antigo. Quando o professor utiliza a ABP em sala de aula, está intencionalmente proporcionando ao aluno um método para que o aluno se sinta disposto a participar ativamente das atividades de aprendizagem.

Outro fator importante para se obter uma APS, trata-se da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Esses são processos responsáveis pela dinâmica na estrutura cognitiva capazes de inter-relacionar e hierarquicamente organizar os subsunçores.

Na diferenciação progressiva os conceitos são organizados do mais geral para o mais específico, ou seja, quando os conceitos interagem com os novos conteúdos, estes servem de base para atribuição de novos conhecimentos que também sofrem modificações, tornando assim

o subsunçor mais elaborado, capaz de servir de âncora para aquisição de novos conhecimentos. Já na reconciliação integrativa o aluno deve criar e recriar relações conceituais, de acordo com Moreira (2013, p. 10) “é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações”.

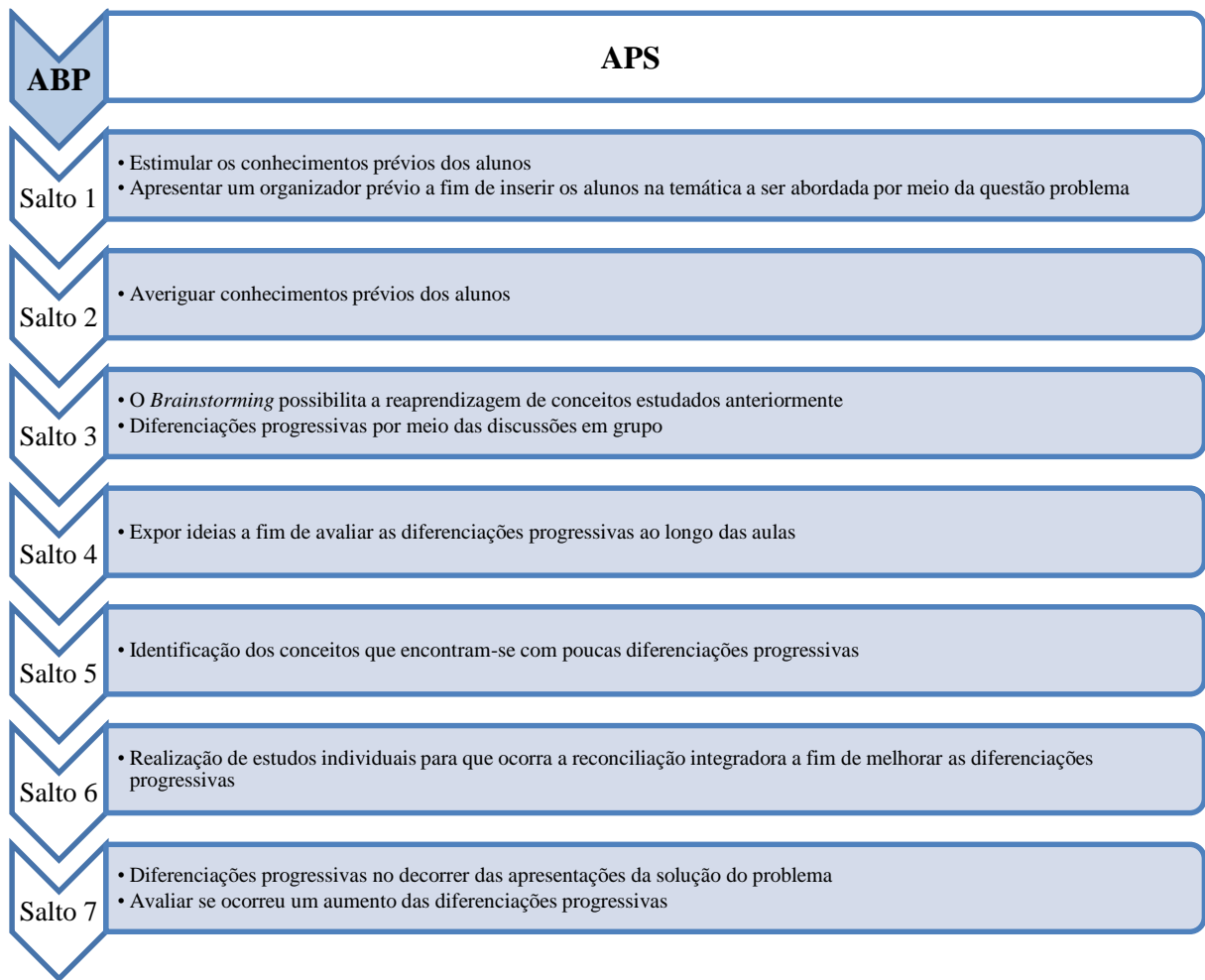
Neste processo não é necessário apresentar o conhecimento em sua forma final, formal, abstrato e sofisticado matematicamente aos alunos, pois o aprendiz vai organizando estes conhecimentos, fazendo a diferenciação progressiva e reconcilia de forma integrativa os conteúdos na sua estrutura cognitiva em determinado campo de conhecimentos, e estes são selecionados de acordo com o grau de importância. Neste caso podemos pensar que, se o material utilizado é potencialmente significativo e há os subsunçores necessários na estrutura cognitiva do aluno temos então uma motivação intrínseca e extrínseca, levando possivelmente a uma APS.

Na ABP esse processo ocorre por meio da realização dos estudos individuais que permite ao aluno realizar as diferenciações progressivas de acordo com o nível de complexidade exigido do estudo em questão. A reconciliação integrativa também aparece na ABP, pois o aluno discute com o professor os conceitos e fenômenos que ainda não estão diferenciados e com isso há um retorno aos estudos individuais para reconciliação integrativa, a fim de que se obtenha uma APS.

A APS, tanto por meio do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, proporciona vantagens no processo de aprendizagem dos alunos. Essas são vantagens que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos. É essa lembrança posterior que demarca qual o tipo de aprendizagem, pois a aprendizagem significativa não é, em uma primeira impressão, aquela que o indivíduo nunca esquece. De acordo com Moreira (2011), pode ocorrer na aprendizagem significativa uma perda de percepção, de diferenciação de significados, mas não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido certo conteúdo é provável que a aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa.

Com a finalidade de tornar mais claro como a teoria da APS está inserida em cada salto da estratégia de ensino da ABP construímos um esquema (figura 3).

Figura 3: Relação da estratégia de ensino da ABP com a teoria da APS



Fonte: autoria própria.

2.4.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativa

Para se utilizar a teoria da APS em sala de aula Moreira (2011b) propôs uma sequência didática que tem como base os pressupostos desta teoria, o autor nomeou essa sequência de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Uma UEPS deve seguir passos rigorosamente levando-se em conta as condições da APS, pois para a aprendizagem de um conteúdo deve-se pensar também a aprendizagem de conteúdos anteriores e possibilita a aprendizagem de conteúdos posteriores. Detalhando cada um dos aspectos sequenciais de uma UEPS (MOREIRA, 2011b, p. 68-69) e relacionando com os saltos da ABP, apresentamos o quadro 6.

Quadro 6: Implementação da ABP e UEPS

ABP ¹⁵	UEPS
Esclarecer frases e conceitos confusos na formulação do problema.	Definição do tópico a ser abordado.
Definir o problema: descrever exatamente que fenômenos devem ser explicados e entendidos.	Propor situações para externalização dos conhecimentos prévios dos alunos.
Chuva de ideias (<i>Brainstorming</i>): usar conhecimentos prévios e senso comum próprios. Tentar formular o máximo possível de explicações.	Enunciação de situações problemas que deem sentido aos novos conhecimentos e podem motivar o estudante a aprender.
Detalhar as explicações propostas: tentar construir uma “teoria” pessoal, coerente e detalhada dos processos subjacentes aos fenômenos.	Apresentação do conhecimento de forma progressiva, a partir dos aspectos mais gerais aos mais específicos, a fim de desencadear no estudante o desenvolvimento do processo cognitivo da diferenciação progressiva.
Propor temas para aprendizagem autodirigida.	Resgate dos aspectos mais estruturantes do tema, em nível mais elevado de complexidade do apresentado anteriormente, a fim de que o aluno possa desenvolver o processo de reconciliação integradora. Após essa etapa, pode ser proposta uma atividade para ser executada de forma coletiva e colaborativamente.
Procurar preencher as lacunas do próprio conhecimento por meio do estudo individual.	
Compartilhar as próprias conclusões com o grupo e procurar integrar os conhecimentos adquiridos em uma explicação adequada dos fenômenos. Comprovar se sabe o suficiente.	Conclusão da unidade, retomada das características mais relevantes, porém de uma perspectiva integradora. Finalizando com a proposição de novas situações problemas a serem resolvidas novamente, coletiva e colaborativamente, mas em nível mais elevado do que a anterior.
	Avaliação da aprendizagem deve ser contínua e formativa no decorrer do processo de implantação da UEPS. No entanto, uma última avaliação somativa e individual deve ser aplicada no final do processo.
Avaliar o processo de aquisição de conhecimentos.	O êxito da UEPS só será considerado se as avaliações fornecerem evidências de aprendizagem significativa.

Fonte: autoria própria.

Como podemos observar nos passos apresentados por Moreira (2013), existe uma relação com os “sete saltos” da ABP, portanto, nossa proposta será construída tendo como base as duas sequências.

¹⁵ O último salto da ABP foi dividido em dois mas observarmos a relação com a teoria da APS.

3 METODOLOGIA

O enfoque desta pesquisa é qualitativo, pois visa compreender a perspectiva de um determinado grupo de indivíduos a respeito dos fenômenos que os rodeiam, neste caso estamos nos referindo a aprendizagem de conteúdos da Física Moderna (FM) de alunos do 3º ano do Ensino Médio. Portanto, a subjetividade esteve fortemente presente durante a pesquisa.

Essa subjetividade torna a avaliação de aspectos conceituais, atitudinais e procedimentais de extrema importância para a pesquisa, pois é por meio da observação destes aspectos que podemos avaliar a aprendizagem dos alunos, as dificuldades e as potencialidades no uso da estratégia de ensino. A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) proporciona inúmeras vantagens, como já comentamos, mas ela exige uma observação minuciosa de comportamentos dos alunos no decorrer de todo o processo de solução dos problemas.

Para a realização deste projeto de pesquisa utilizou-se como base epistemológica a pesquisa-ação, a qual foi criada por Kurt Lewin em 1946. A pesquisa-ação é “uma proposta metodológica e técnica que oferece subsídios para organizar a pesquisa social aplicada sem os excessos da postura convencional ao nível da observação, processamento de dados, experimentação etc.” (THIOLLENT, 2011, p. 30), ou seja, é uma pesquisa desenvolvida em situações reais envolvendo problemas reais.

Esse método tem como característica uma abordagem praxiológica, em que a pesquisa desenvolvida possibilita a construção de conhecimento entre a prática e a pesquisa. Para entendermos melhor o que se trata essa proposta metodológica temos, de acordo com Ghedin e Franco (2011), algumas características da pesquisa-ação:

- (1) O sujeito deve tomar consciência das transformações que vão ocorrendo em si próprio e no processo;
- (2) O pesquisador deve assumir constantemente os dois papéis complementares: de pesquisador e de participante do grupo;
- (3) A pesquisa-ação não ocorre em um curto espaço temporal (com exceção do tipo pesquisa-ação estratégica).

Para que o sujeito da pesquisa possa tomar consciência de sua transformação no decorrer da pesquisa, devemos evidenciar o seu progresso durante todos os passos da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), essa evidência pode ocorrer por meio de comparações de seus conhecimentos prévios e das diferenciações progressivas ocorridas até o fim do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, é importante destacar o nível de autonomia do aluno no início da aplicação da unidade de ensino e ao final dela, a qual

possivelmente demonstrará que os saltos proporcionados pela ABP tornam os alunos mais autônomos e ativos na construção de seu próprio conhecimento.

Um cuidado tomado no decorrer da pesquisa foi em relação ao pesquisador fazer parte do grupo pesquisado. O professor em sala de aula passa a conhecer a realidade de cada um de seus alunos, passando a adquirir, muitas vezes, afeição por cada um. Este fato é comum nas pesquisas do tipo pesquisa-ação, pois o pesquisador busca resolver problemas de sua realidade, mas é importante lembrar que no decorrer da pesquisa este deve encontrar-se também no papel de pesquisador, não podendo admitir que a afeição pelos seus alunos, por exemplo, mude a maneira de lidar com os aspectos da pesquisa e acabem por enviesar os dados desta.

Outro aspecto fundamental trata-se do tipo da pesquisa. A pesquisa foi desenvolvida em uma turma de alunos a qual não houve nenhum contato anterior entre pesquisador e sujeitos da pesquisa, portanto pode-se dizer que se enquadrava no tipo de pesquisa-ação estratégico, pois, “se [...] a transformação for previamente planejada sem a participação dos sujeitos e apenas o pesquisador acompanhar os efeitos e avaliar os resultados de sua aplicação, a pesquisa pode ser mais bem denominada de *pesquisa-ação estratégica*” (GHEDIN; FRANCO, 2011). Esse tipo estratégico limita o exercício contínuo de espirais clínicas da pesquisa-ação, permitindo apenas (por motivos de tempo e espaço na disciplina) uma volta no ciclo: planejamento → ação → reflexão → pesquisa → ressignificação.

Desta forma, podemos definir os instrumentos de coleta de dados que foram utilizados na pesquisa em questão: observação, caderno de anotações e questionários. Como critério de avaliação da aprendizagem dos conceitos e fenômenos foi utilizado o escore, em que este serviu para averiguar se os alunos atingiram o desempenho esperado.

O uso da observação permitiu ao pesquisador participar da maioria das atividades, se misturando e percebendo mais de perto as dificuldades e as habilidades desenvolvidas por cada aluno (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Como trata-se de uma pesquisa-ação, essa interação entre sujeito e pesquisador foi muito importante e a observação é ato contínuo nessa relação. Já na avaliação da aprendizagem dos alunos, tendo em vista que utilizamos a estratégia da ABP, fez-se necessário estabelecer escores e solicitar que explicassem a solução do problema. Foi por meio dos escores que tornou-se possível avaliar as ligações que o aluno fez dos diversos conceitos existentes em sua estrutura cognitiva, possibilitando averiguar se houve êxito na aplicação da UEPS. Além disso, temos ainda o uso dos questionários com a finalidade de avaliar o uso da ABP como estratégia metodológica.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA

Para o uso da teoria da APS e da estratégia de ensino da ABP, se fez necessário uma caracterização dos sujeitos da pesquisa, pois, para escolha/elaboração do problema e do material didático a ser utilizado na UEPS, deveríamos saber a priori: o estilo de aprendizagem, o comportamento, as características da forma de aprender e os conhecimentos prévios daquele grupo de alunos.

A implementação da UEPS ocorreu em uma turma de 3º ano do ensino médio técnico em edificações do Instituto Federal do Amazonas, durante o período de 07/11/2019 a 05/12/2019. A turma continha 25 alunos participantes das atividades.

Com o intuito de verificar o estilo de aprendizagem e as características da forma de aprender dos alunos utilizamos um teste (APÊNDICE A), o qual tratou-se de uma reformulação dos testes elaborados por Saldanha, Zampori e Batista (2016) e por Bellan (2008). Essa reformulação se fez necessária diante do tempo que nos foi disponibilizado para a implementação em sala de aula, como os testes originais eram extensos e demorados para serem respondidos, construímos apenas um teste que unia os dois e reduzimos a quantidade de questões. O teste continha 14 questões objetivas, 10 para verificar o estilo de aprendizagem e 4 para os tipos de inteligência. O tempo de duração do teste foi de aproximadamente 10 minutos.

Temos ainda, acerca da identificação do estilo de aprendizagem e a inteligência dos alunos, Munhoz (2015) que propõe o uso de testes online, mas como não podemos afirmar que os alunos terão à disposição o acesso à *internet*, computadores e *smartphones*, elaboramos um teste que pode ser impresso pelos professores. Este mesmo teste também está disponível em formato digital¹⁶ para os professores que tiverem condições de utilizá-lo com seus alunos.

Para a identificação dos conhecimentos prévios foi feito, inicialmente, uma estimativa de quais conhecimentos eram necessários para o estudo do tópico escolhido. Posteriormente, averiguamos se os alunos apresentavam estes conhecimentos na aplicação do pré-teste e na discussão do problema escolhido. Essa identificação dos conhecimentos prévios encontra-se inserida nos primeiros passos da UEPS.

3.2 A UEPS

Definidos o enfoque da pesquisa, a base epistemológica e os instrumentos de coletas de dados da pesquisa, apresentamos a UEPS que faz uso da ABP e da APS com a finalidade de

¹⁶ <https://drive.google.com/open?id=1D54Hmb3K0TygwX8ss5Y45XKuMVvzD2sb>

possibilitar à alunos de 3º ano do ensino médio uma aprendizagem significativa de conteúdos da FM. No quadro 7, podemos observar a UEPS construída a fim de promover aprendizagem dos conceitos e fenômenos da FM: (1) natureza da luz; (2) quantização da energia; e (3) modelo atômico de Bohr.

Quadro 7: UEPS para o estudo de conteúdos da FM

Etapa	Passo (UEPS)	Procedimentos	Duração
Planejamento	1º	<ul style="list-style-type: none"> Definir tópico (UEPS) Definir conceitos e fenômenos alusivos ao problema (ABP) Antes de formular o problema deve-se estimar quais os conhecimentos prévios necessários para o estudo do tópico definido (APS) Formular o problema (ABP) 	2 horas
	Aplicação	2º	<ul style="list-style-type: none"> Apresentar o problema aos alunos (ABP) Discutir os conceitos e fenômenos envolvidos no problema (ABP) Averiguar os conhecimentos prévios dos alunos (UEPS) Caso os alunos não apresentem os conhecimentos prévios necessários ou estes não estejam organizados, torna-se necessário apresentar um organizador prévio, que pode ser um vídeo, experimento ou texto (APS)
3º		<ul style="list-style-type: none"> Preparar para estudo dos conhecimentos envolvidos no tópico definido (UEPS) Discutir em grupo os conhecimentos envolvidos no problema (usar a técnica do <i>Brainstorming</i>) (ABP) Averiguar as diferenciações progressivas (APS) por meio da construção de uma “teoria pessoal” (ABP) Propor temas para estudos individuais (ABP) 	50 minutos
4º		<ul style="list-style-type: none"> Abordar conceitos gerais (UEPS) Propor temas para estudos individuais (ABP) Para realização do estudo individual (ABP) é necessário a escolha do material para estudo, neste caso deve-se sugerir o uso de materiais potencialmente significativos. O professor pode selecionar os materiais previamente e sugerir as bibliografias, de acordo com o perfil dos alunos, como por exemplo, textos mais ilustrativos, textos que utilizam mais o formalismo matemático ou textos mais conceituais (APS) 	50 minutos
5º		<ul style="list-style-type: none"> Aumentar complexidade a fim de melhorar as diferenciações progressivas (UEPS) Propor temas que necessitam de novo estudo individual (ABP) para que ocorra a reconciliação integrativa (APS) Caso seja necessário, mudar o material de estudo individual para que este seja mais significativo para o aluno (APS) 	50 minutos
6º		<ul style="list-style-type: none"> Aumentar complexidade a fim de continuar o processo de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora (UEPS) Solicitar a solução do problema proposto e a sua apresentação (ABP) a fim de averiguar a evidência de captação de significados e a capacidade de explicar (APS) 	100 minutos
7º		<ul style="list-style-type: none"> Avaliar a aprendizagem (UEPS) 	50 minutos

		<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar atividade avaliativa composta por problemas que tenham como solução a mesma base de conhecimentos do problema proposto no passo 2 (ABP) • Averiguar a aprendizagem por meio de escores da resolução dos problemas. Nesta será realizada também uma comparação das diferenciações progressivas realizadas na “teoria pessoal” com os problemas propostos na atividade avaliativa (APS) 	
Avaliação	8º	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar êxito da aplicação da UEPS, por meio das anotações da pesquisadora (observação), das soluções dos problemas propostos aos alunos (escores) e dos questionários para avaliar o uso da ABP • Para avaliar se a aprendizagem foi significativa (APS), ou seja, se houve êxito na aplicação da UEPS, é necessário analisar os seguintes aspectos: captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema (ABP) 	2 horas

Fonte: autoria própria.

Após a aplicação da proposta de ensino, ocorreu a avaliação desta para que fosse possível a elaboração do produto educacional acerca do uso da UEPS para o ensino de FM no Ensino Médio. As características e objetivo do produto serão apresentados na próxima seção.

3.3 PRODUTO EDUCACIONAL

Visando a melhoria do ensino de conteúdos da Física Moderna (FM) para além da escola em que será aplicada a proposta, foi realizada a construção de um produto educacional denominado “Guia didático – ABP: ensino de FM”. Este produto foi elaborado no formato de um guia didático a fim de oportunizar aos alunos um material exigente cognitivamente e comunicacional, e que ao mesmo tempo favorece a APS.

O material é destinado a alunos do 3º ano do ensino médio cujo guia contém todos os elementos necessários para que o professor possa aplicar a UEPS com seus alunos: planos de atividades, problema utilizado na proposta da ABP, rubrica para avaliação dos alunos, modelo de escores para avaliação da aprendizagem e exemplos de apresentações e de caderno de anotações.

4 RESULTADOS DA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA COM ABP

Com o intuito de realizar um ensaio acerca do uso da ABP em sala de aula, realizamos uma aplicação¹⁷ dos “sete saltos” de Schmidt (1983), os quais foram reformulados por Deelman e Hoerberigs (2016). Essa ação foi necessária para que pudéssemos identificar possíveis pontos da aplicação que precisassem ser reajustados, de forma que a implementação para o ensino de FM ocorresse com o menor número de erros e contratemplos, levando, conseqüentemente, a melhores resultados de aprendizagem dos conceitos e fenômenos da FM.

Sendo assim, essa aplicação ocorreu no IFAM em uma turma de Física 1 do curso de Licenciatura em Física, com duração total de 7 horas. A motivação para esta aplicação tratou-se da segunda questão norteadora deste trabalho: como criar uma proposta didática para que ocorra aprendizagem a partir de problemáticas advindas dos conhecimentos prévios do aluno, buscando o aprender a aprender?

4.1 PLANEJAMENTO

As atividades para implementação da ABP se iniciaram com o planejamento, em que foi necessário pensar como identificar o comportamento, assiduidade e as características da forma de aprender dos alunos. Utilizamos a observação como instrumento de coleta desses dados em aulas que antecederam a implementação da ABP. Já a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos se deu por meio da discussão do problema da ABP (terceiro salto da sequência de Schmidt).

No quadro 8 apresentamos os “saltos”, carga horária (C.H.) e o encaminhamento dado em cada aula de acordo com as sugestões para aplicação dos “sete saltos”.

Quadro 8: Implementação dos “sete saltos” da ABP para estudo da colisão

Salto	C.H.	Metodologia
1 – 5	2h	Foi apresentado o problema para os alunos (houve a discussão entre professor e alunos a respeito dos conceitos conhecidos e desconhecidos do problema) e solicitado que criassem uma “teoria” pessoal para solução do problema proposto, essa teoria tinha como base apenas os conhecimentos prévios dos alunos. Ao fim foi proposto pelo professor e pelos alunos os temas para estudo individual.
6	2h	Ocorreu o estudo dos conceitos desconhecidos pelos alunos e que eram necessários para a solução do problema proposto. Ao final da aula foi solicitado que os alunos resolvessem o problema proposto.
7	1h	Houve a discussão (professor e alunos) e o esclarecimento de dúvidas que os alunos tiveram na resolução do problema proposto.

¹⁷ Esta atividade fez parte do estágio docência no segundo semestre de 2018 e os resultados obtidos possibilitaram a construção do artigo “Aprendizagem Baseada em Problemas: um estímulo à aprendizagem” submetido ao II Congresso Internacional de Ensino Conien.

7	2h	Foi realizada a avaliação da aprendizagem dos alunos por meio de uma avaliação com um problema que envolvia o conteúdo de conservação de momento linear.
---	----	--

Fonte: autoria própria.

O problema apresentado (figura 4) disse a respeito do fenômeno de colisões retratada por meio da colisão entre dois veículos e cujos conteúdos da Física abordados foram os princípios da conservação do momento linear e da energia cinética para o caso unidimensional. Torna-se importante destacar que nesta primeira experiência com a ABP não era sabido dos diferentes tipos de problemas discutidos por Aquilante et al (2011), desta forma, o problema escolhido enquadra-se no tipo quebra-cabeça, o qual permite pouca reflexão dos conceitos abordados.

Figura 4: Problema norteador utilizado na primeira experiência com ABP

PROBLEMA

(HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009) Dois carros, A e B, deslizam numa estrada coberta de gelo quando o sinal luminoso de parar acende-se. A massa de A é de 1100 kg e a de B é de 1400 kg. O coeficiente de atrito cinético entre os pneus de ambos os carros e a estrada vale 0,13. O carro A consegue parar mas o B não, de modo que bate na traseira de A. A pós a colisão A pára a 8,2m do local do impacto, e B percorre ainda uma distância de 6,1 m antes de parar. (Veja a figura abaixo) (a) A partir das distâncias que cada carro percorre após a colisão, determine a velocidade de cada carro imediatamente após o impacto. (b) Use a conservação do momento linear para determinar a velocidade que o carro B bateu no carro A. (c) Explique porque esta suposição não pode ser realista.

Fonte: extraído de Halliday, Resnick e Walker (2009).

Para avaliação da aprendizagem dos alunos construímos escores dos problemas (problema da ABP e da avaliação) evidenciando a explicação dos fenômenos e dos conceitos por meio dos diagramas, da escrita e do cálculo matemático. Já para a avaliação do uso da ABP elaboramos um questionário com perguntas abertas e escalonadas.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

A caracterização dos alunos, etapa importante do planejamento, foi baseada em Munhoz (2015) e notamos, por meio da observação em sala de aula, que: (1) evidências de serem

aprendizes visuais (aprende olhando para o mundo); (2) quanto ao compromisso com as atividades de aprendizagem percebemos ausência e atrasos dos alunos as aulas; (3) nos diálogos com os alunos foi relatado pouca ou nenhuma experiência no exercício da aprendizagem autônoma; (4) a maioria dos alunos demonstrou ter tempo para se dedicar as tarefas; e (5) quanto as características da forma de aprender dos alunos, que se aproximou da lógica (voltada para conclusões em dados numéricos e na razão).

Após a identificação destas características pudemos escolher o problema e, juntamente com os alunos, definir o material que seria escolhido para estudo. O problema escolhido foi extraído do Halliday, Resnick e Walker (2009), uma das referências utilizadas na disciplina, que buscamos observar seu alinhamento com as características dos alunos, como as características da forma de aprender e os conhecimentos prévios.

No primeiro dia da implementação dos “sete saltos” a dinâmica ocorreu com a leitura do problema por toda a turma por meio do uso de um projetor de imagem. Essa leitura possibilitou que os alunos interagissem uns com os outros e com o professor, o qual fazia questionamentos e apresentava explicações dos termos que já haviam sido estudados no decorrer da disciplina. No decorrer da leitura do problema a ser resolvido pelos alunos trabalhamos duas questões: (1) identificar os conhecimentos prévios e (2) os termos desconhecidos pelos alunos. Percebemos a necessidade de organizar ideias preexistentes na sua estrutura cognitiva de conceitos da Física. E também com isso chegamos ao ponto em que os próprios alunos compreenderam quais termos eram os conceitos que precisariam estudar para que pudessem resolver o problema, a saber, princípios da conservação do momento linear e da energia cinética.

Após terem identificado os termos a serem estudados, os alunos construíram a “teoria” pessoal solicitada pelo professor. Nesta “teoria” pessoal os alunos puderam fazer diagramas e ilustrações do problema sugerido, com exceção de um aluno que foi ainda capaz de escrever a equação que resolvia e explicava o problema e quando questionado acerca da compressão do termo este explicou ter estudado o conteúdo no ensino médio.

Na segunda aula houve o estudo do fenômeno da colisão, lembrando que na aula anterior foi solicitado que os alunos realizassem a leitura do capítulo que abordava o tema. Nesta aula percebemos que os alunos se sentiram mais à vontade para participar das aulas, pois fizeram questionamentos e pediram explicações de dúvidas que encontraram no decorrer da leitura do capítulo.

Notamos uma dificuldade enfrentada por alguns alunos na compreensão do material utilizado para leitura, em que esta dificuldade pode estar relacionada com a ausência de

significado do material para o aluno, todavia devemos lembrar que a escolha do material foi de comum acordo entre professor e alunos. Ausubel (2003) diz que quando o material escolhido é potencialmente significativo facilita no processo de ensino aprendizagem, fazendo com que o aluno se sinta disposto a participar e contribuir nas aulas.

Na terceira aula foi oportunizada a discussão do problema proposto. Percebemos que muitos alunos demonstraram dificuldades para solucionar o problema, no total de 7 alunos que entregaram a solução do problema e que estavam presentes em sala, apenas 3 alunos apresentaram a solução de forma parcial, ou seja, realizaram os cálculos mas não foram capazes de discutir os conceitos envolvidos.

Na última aula, houve a aplicação de uma avaliação que continha um problema similar ao problema da proposta (figura 5). Como resultado observamos que a maioria dos alunos não conseguiu interpretar o problema e por esse motivo o restante da solução do problema foi comprometida. No total de 12 alunos que realizaram a avaliação, apenas 4 conseguiram interpretar o problema proposto.

Figura 5: Problema final utilizado na primeira experiência com ABP

AVALIAÇÃO ABP

Durante algumas aulas tratamos o problema da colisão por meio de uma estratégia chamada Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). O uso desta estratégia requer segundo Schmitd (1983 apud DEELMAN; HOEBERIGS, 2016) “sete saltos”: (1) apresentação do problema, (2) discussão de conceitos presentes no problema, (3) tempestade mental, (4) teoria pessoal, (5) proposição de conteúdos, estudo autogerido, (6) estudo autônomo e (7) compartilhamento de conhecimento aprendido e avaliação. As atividades realizadas dentro e fora de sala de aula compreenderam os 6 saltos desta estratégia e agora implementamos o último salto, o sétimo salto. Neste momento, apresentamos um problema para você resolver em que avaliaremos a qualidade e a quantidade de conhecimento construído nesse processo. O problema foi extraído do HALLIDAY; RESNICK; WALKER (2009) cujo enunciado é: *Em um jogo de sinuca a bola branca se choca com outra bola inicialmente em repouso. Após o choque a bola branca se move a 3,50 m/s ao longo de uma reta que faz um ângulo de 22° com a direção do movimento da bola branca antes do choque e a segunda bola tem uma velocidade escalar de 2,00 m/s. Determine (a) o ângulo entre a direção do movimento da segunda bola e a direção do movimento da bola branca antes do choque e (b) a velocidade escalar da bola branca antes do choque. (c) A energia cinética (dos centros de massa, não considere as rotações) é conservada? (d) Qual o tipo de colisão?*

Bom trabalho!

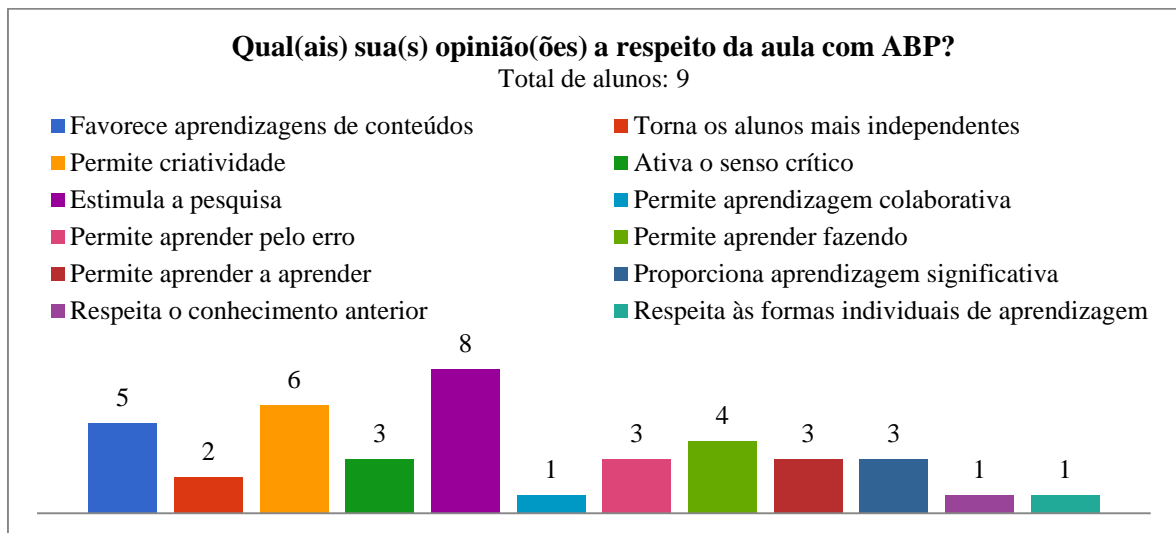
Fonte: extraído de Halliday, Resnick e Walker (2009).

Dentre os motivos que levaram aos resultados negativos da avaliação destacam-se a má formulação do problema e a necessidade de acompanhamento diário dos alunos.

A fim de verificar quais as potencialidades e as dificuldades encontradas pelos alunos no decorrer da aplicação da proposta da ABP, aplicamos um questionário de perguntas abertas e escalonadas. No total, tivemos 9 alunos que responderam ao questionário.

Por meio deste questionário os alunos puderam realizar uma avaliação acerca do uso da ABP em sala de aula e pudemos notar, na pergunta escalonada por concordância ou discordância das alternativas, que esta estratégia de ensino favorece, principalmente, a pesquisa e a criatividade (gráfico 1). Esta avaliação que os alunos fizeram do uso da ABP nos permite responder a questão norteadora deste trabalho, mostrando que a estratégia pode contribuir para tornar os alunos mais ativos na construção do seu próprio conhecimento e possivelmente levando ao aprender a aprender. Nesta experiência fica evidente que o estímulo à aprendizagem de forma autogerida e autônoma é um resultado significativo considerando que os alunos vivenciaram sua primeira experiência com a ABP.

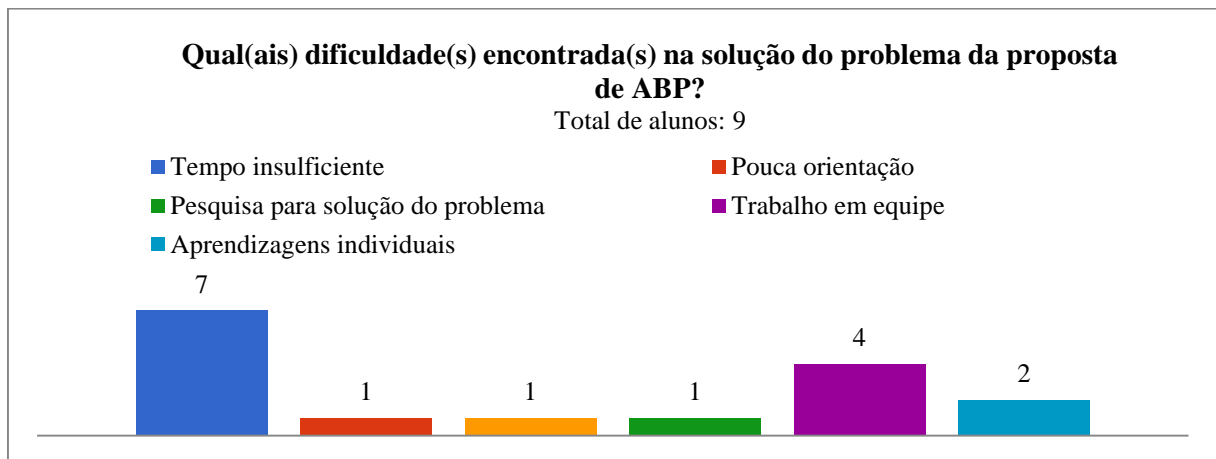
Gráfico 1: Opinião dos alunos a respeito do uso da ABP em sala de aula



Fonte: autoria própria.

Percebemos que a maior dificuldade relatada pelos alunos se trata do tempo que eles consideraram ser insuficiente (gráfico 2) para a realização das atividades solicitadas que visavam a solução do problema.

Gráfico 2: Dificuldades enfrentadas pelos alunos na aplicação da ABP



Fonte: autoria própria.

Este fato pode estar relacionado a pouca experiência do aluno com o estudo autodirigido, o exercício da autonomia e a necessidade de reconciliar as novas informações com os conhecimentos preexistentes.

Apesar da aplicação da proposta ter tido suas dificuldades, notamos que esta tem suas potencialidades, como por exemplo: estimula o aluno a participação ativa nas aulas e a exposição de suas ideias; estimula a mudança de atitudes do professor; e torna os alunos interessados e responsáveis pela investigação para a resolução do problema. Podemos verificar essas potencialidades por meio das falas dos alunos a respeito da estratégia:

Aluno D: Muitos alunos olham para o conteúdo como simples requisito para “passar de ano” e muitas vezes não enxergam a aplicabilidade deste. Resolvendo problemas reais, é possível utilizar a Física em sua real essência.

Aluno H: Uma experiência marcante, que permitiu aprendermos com a pesquisa.

Aluna J: Foi uma experiência complicada, porém, boa, pois, me ensinou a procurar outros meios de pesquisa e a compartilhar conhecimento com o resto do meu grupo.

Além disso, quando perguntamos aos futuros professores de física se utilizariam a ABP com seus alunos tivemos como resposta favorável 77,8 %.

Por meio dos dados obtidos nas anotações das aulas, da avaliação da ABP e do questionário, torna-se evidente que a ABP proporcionou aos alunos uma experiência diferente e que esta possibilita aulas mais interativas e dinâmicas, além de estimular os alunos a realizarem pesquisa. Ora, a estratégia de ensino utilizada levou os alunos a experimentar a construção do seu próprio conhecimento e exercer a autonomia.

Por meio desta primeira experiência da ABP em sala de aula, foi possível observar os aspectos que precisavam ser melhorados na proposta, a fim de que houvesse a implementação

desta estratégia para proporcionar os alunos melhor engajamento no seu processo de aprendizagem dos conceitos da FM.

Dentre os aspectos que precisavam ser aperfeiçoados, destacamos:

- Identificação do estilo de aprendizagem e do tipo de inteligência dos alunos, para que estes pudessem apresentar o problema da forma que melhor se enquadrasse a sua personalidade;
- Escolha do tipo de problema estruturado e não do tipo quebra-cabeça, para que os alunos pudessem encaminhar a solução do problema de forma que se sentissem mais engajados, sem medo de errar a solução;
- Uso do caderno de anotações e da rubrica para avaliar as diferenciações progressivas dos alunos.

Desta forma, feitos os ajustes necessários, construímos a UEPS que foi apresentada no quadro 7, e que agora vamos expor e discutir os resultado do planejamento, da implementação e da avaliação desta em uma turma do 3º ano do ensino médio para proporcionar aprendizagens mais significativas dos conceitos da FM.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO: UEPS PARA O ENSINO DE FM

Sabendo que nosso objetivo geral foi investigar o uso de uma estratégia de ensino, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a fim de que os alunos pudessem atingir uma aprendizagem mais significativa de conceitos relacionados a Física Moderna (FM), iremos, neste capítulo apresentar os resultados de cada fase da pesquisa bem como a realização de cada etapa: (1) planejamento; (2) implementação; e, (3) avaliação.

Essa aplicação ocorreu no IFAM em uma turma de ensino médio técnico em edificações, com uma duração total de 8 tempos de aula (50 minutos cada), mais o período de planejamento da proposta e avaliação da aprendizagem.

5.1 PLANEJAMENTO: CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA PARA ENSINO DE FM

5.1.1 Primeiro passo (UEPS)

Para a implementação da proposta de uso da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) fez-se necessário o planejamento das atividades a serem desenvolvidas, sendo este o primeiro passo da UEPS. Nessa etapa foram criados: o plano de atividades por aula (APÊNDICE B), a questão problema, rubrica para avaliação dos alunos (APÊNDICE C), termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE D), pré-teste dos conhecimentos da Física Moderna (FM) (APÊNDICE E), teste de estilo de aprendizagem e das características da forma de aprender (APÊNDICE A), questionário de avaliação da proposta (APÊNDICE F), avaliação final (APÊNDICE G), escore do problema (APÊNDICE H) e lista de sugestões dos materiais para realização de estudo individual.

Todavia, para que fosse possível a criação de tais materiais, fez-se necessário que definíssemos, previamente: (1) o tópico a ser abordado: Mecânica Quântica; (2) os conceitos e fenômenos alusivos ao problema: quantização da energia, quantização da luz (fóton), dualidade da luz e salto quântico; e (3) uma estimativa dos conhecimentos prévios dos alunos: luz como onda eletromagnética, energia, conceito de elétron, estrutura atômica (veja o plano de atividades completo no APÊNDICE B).

Somente após essas etapas é que tornou-se possível a formulação do problema (figura 6), salto 1 da ABP (veja página 46), a ser utilizado com os alunos. Observando todos os critérios para criação do problema, encaminhamos o contexto para a área da luminescência, a fim de que os alunos pudessem sentir interesse na solução do problema, visto que se trata de uma das premissas da APS. A luminescência se trata da emissão de luz por uma substância que passa

por um processo de estímulo e dentro dessa área temos os seres bioluminescentes. Baseando-nos em Aquilante et al (2011), elaboramos o problema “Como o vagalume emite luz?”¹⁸, classificado como problema do tipo estruturado, pois tem os conteúdos e bases teóricas restritos ao estudo de um determinado tema, neste caso da FM.

Figura 6: Questão problema para o ensino de FM

COMO O VAGA-LUME EMITE LUZ?

A emissão de luz pelos vaga-lumes é um fenômeno chamado de bioluminescência. Essa luz é produzida devido a uma reação química na qual uma substância chamada luciferina é oxidada pelo oxigênio molecular, produzindo a oxiluciferina. Essa molécula perde sua energia e o inseto passa a emitir luz.

Nos vaga-lumes, a produção de luz é intermitente, como um "pisca-pisca". "Essa função está relacionada com o acasalamento. Os machos voam, emitindo a sua luz, enquanto as fêmeas, pousadas, respondem ao sinal luminoso", explicou o pesquisador.

As luzes têm diferentes cores, pois variam de espécie para espécie. Os vaga-lumes (da família dos lampirídeos) emitem luz entre o verde e o amarelo. Os salta-martins (elaterídeos) produzem uma luz um pouco diferente, que vai do verde ao laranja. Já os chamados trenzinhos (fengodídeos) detonam: sua luz pode ser verde, vermelha, laranja e amarela.

QUESTÕES NORTEADORAS

Que natureza é atribuída a luz para explicar esse fenômeno?

Como matematicamente compreende-se a cor emitida na liberação de energia?

Como é explicada a liberação de energia na forma de luz?

Fonte: acervo pessoal.

No problema apresentado foram inseridas três questões norteadoras, cada uma com um objetivo de aprendizagem. A primeira buscou inserir os alunos na discussão acerca da natureza da luz. A segunda teve como finalidade abordar o cálculo matemático da energia quantizada e a relação com as cores emitidas pelas diferentes famílias dos vagalumes. Já a terceira tratou do fenômeno da emissão de luz, ou seja, como ocorre o salto quântico dentro do átomo.

Antes de finalizarmos a etapa de planejamento, com o problema já elaborado, criamos o escore de solução deste (APÊNDICE H). Nota-se, no escore do problema que está em apêndice, que este apresenta possíveis diferenciações progressivas a serem realizadas pelos alunos no decorrer das aulas.

Um fato importante a ser destacado trata-se da dificuldade na elaboração do problema a ser usado. Por mais que tenhamos instruções dadas por Aquilante et al (2011) e Munhoz (2015), a construção da questão problema requereu idas e vindas até atingirmos as condições

¹⁸ Vídeo: https://drive.google.com/file/d/1SRbkUrWIZiCFOXSkPBNSs3JFX_x9m5_D/view?usp=sharing
 Texto: <https://drive.google.com/file/d/1vluNsnJzpuA16PzvmgW3E07uWTxOOuG7/view?usp=sharing>

propostas pelos autores, e é com este relato que chegamos a discordar com uma afirmação de Munhoz (2015), onde diz que o professor não deve chegar em sala de aula com o problema previamente elaborado.

Além disso, estipulamos que os alunos não apresentariam, num primeiro momento, relatos de experiências com o uso da ABP, assim como observado no teste piloto, logo, a elaboração do problema pelos alunos levaria mais tempo que o previsto para implementação da proposta. Sendo assim, com mais esse relato que corroboramos novamente com os “sete saltos” formulados por Schmidt (1983) e traduzidos e aperfeiçoados por Deelman e Hoeberigs (2016), para usarmos em primeiras experiências com ABP.

5.2 IMPLEMENTAÇÃO: COMO O VAGALUME EMITE LUZ

5.2.1 Aula 1

Uma característica muito importante, que precisa de destaque nesse primeiro momento, é ausência de alunos nas aulas da disciplina. Ao adentrar em sala de aula para o primeiro encontro, notamos a presença de apenas 8 alunos, os quais, quando questionados acerca da ausência dos demais, relataram que essa é uma característica da turma.

Ao total, contando com os alunos que adentraram em sala com atraso, apenas 11 alunos estavam presentes nesse primeiro momento. Em conversas com o professor responsável pela disciplina, este relatou que teve que adotar um sistema de avaliação dos alunos por meio de suas frequências nas aulas, o objetivo desta ação era exatamente para que as faltas fossem reduzindo no decorrer do ano letivo. Sabemos, porém, que uma aprendizagem mais significativa de conceitos não está relacionada com uma obrigatoriedade de presenças em sala como critério de avaliação, mas sim com a predisposição deste aluno no seu processo de aprendizagem. Na ABP chamamos esse processo de engajamento do aluno.

Por meio dessas informações disponibilizadas pelo professor da disciplina e da observação da turma nesse primeiro momento, buscamos, com a questão problema criada para uso da ABP, que os alunos sentissem um interesse maior em participar das aulas. Desta forma, a fim de identificar as características do público alvo, realizamos um teste (APÊNDICE A) que chamamos de “como os alunos aprendem?”. Tratou-se de duas etapas: (1) coleta de respostas do teste e; (2) avaliação dos resultados obtidos, pelos próprios alunos.

A interação dos alunos na discussão acerca dos resultados do teste em questão, foi fundamental para que nós, pesquisadores e desconhecedores das características desses alunos,

criássemos uma certa “intimidade” com os alunos, e para que posteriormente o problema fosse apresentado de forma a obtermos melhores resultados possíveis.

A respeito dos resultados obtidos por meio do teste, dos 11 alunos que realizaram a atividade, obtivemos: (1) quanto ao estilo de aprendizagem, 63,63% cinestésicos, 9,09% visuais, 9,09 % auditivos e 18,18% empatados em cinestésicos e visuais; e (2) quanto as características da forma de aprender, 41,66% corporais, 25% espaciais, 16,67% interpessoais e 16,67% linguísticas, lembrando que o resultado do teste foi a característica predominante, mas não exclui os outros tipos que o aluno pode ter.

Devemos destacar que, por meio do diálogo em sala com os alunos e de comentários desses no teste, houve discordâncias quanto aos resultados no que se trata das características da forma de aprender dos alunos. Já em relação ao estilo de aprendizagem, houve concordância geral dos resultados obtidos. Por esse motivo, os alunos realizaram as escolhas, posteriormente, dos materiais a serem utilizados para a realização dos estudos individuais, levando em conta apenas o estilo de aprendizagem.

Quanto ao pré-teste, utilizado com o objetivo de averiguar o que os alunos tinham de conhecimentos prévios dos conceitos-chaves para o estudo da Física Moderna (FM), obtivemos resultados inesperados, tanto no que diz respeito a aspectos positivos, quanto negativos. No que diz respeito a pontos positivos, podemos citar um aluno que descreveu “A luz não precisa do ar para se propagar, pois ela se move, normalmente, pelo vácuo, com velocidade igual a $3 \cdot 10^8$ m/s”, relacionando-se diretamente com os conteúdos a serem estudados posteriormente. Já em pontos negativos podemos citar os alunos que declararam não saber as respostas para as questões, como uma aluna que escreveu “Não sei”.

Esses pontos são classificados desta forma na medida em que observamos as sugestões apontadas pelos Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN), Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelos livros avaliados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), onde afirmam que ao fim do ensino médio, é esperado, por exemplo, que os alunos tenham conhecimento que a luz se trata de uma onda eletromagnética e que não precisa de um meio material para se propagar (BRASIL, 2006; BRASIL, 2018; BRASIL, 2014; BRASIL, 2017), no entanto, alguns alunos não foram capazes de declarar nenhum tipo de conhecimento acerca do assunto em questão.

Podemos observar no quadro 9 algumas das respostas dos alunos classificadas de acordo com os conceitos esperados que estes declarassem ao fim da implementação do teste.

Quadro 9: UEPS para o estudo de conteúdos da FM

Conceito	Algumas respostas	Desempenho (rubrica)	Quantidade
Natureza da luz	“A luz não” Grifo em “[...] luz precisa do ar” “Luz pode se propagar no vácuo” “Luz não precisa do ar”	Foi capaz de identificar todos os elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que fez-se a discriminação apenas dos termos relacionados a Física	100 %
Quantização da energia	“Não sei explicar”	Não foi capaz de identificar os elementos básicos (perda de energia, emissão de luz, emissão de diferentes cores) necessários para o estudo do tema	18,19%
	“Porque o controle remoto é adaptado para ligar a TV, a lanterna tem a função de iluminar (emitir luz)” “Porque no controle não há luz como na lanterna”	Foi capaz de identificar alguns dos elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que foi também capaz de discriminar apenas termos relacionados a Física, mas apresentou respostas incoerentes	36,36 %
	“No controle há o infravermelho, na lanterna não” “A onda emitida pelo controle é diferente ao da lanterna” “Porque as ondas eletromagnética do controle remoto possuem uma frequência diferente da luz da lanterna”	Foi capaz de identificar todos os elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que fez-se a discriminação apenas dos termos relacionados a Física, apresentando respostas coerentes	45,45%
Modelo atômico de Bohr	Não respondeu nada	Não foi capaz de identificar os elementos básicos (perda de energia, emissão de luz, emissão de diferentes cores) necessários para o estudo do tema	9,1%
	Alternativa c: um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais altos, afastando-se do núcleo. “Não sei” “Não lembro” “Energia emitida em forma de feixe luminoso”	Foi capaz de identificar alguns dos elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que foi também capaz de discriminar apenas termos relacionados a Física, mas apresentou respostas incoerentes	54,54%
	Alternativa b: um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais baixos, aproximando-se do núcleo. Nenhum aluno tentou explicar.	Foi capaz de identificar todos os elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que fez-se a discriminação apenas dos termos relacionados a Física, apresentando respostas coerentes	36,36%

Fonte: autoria própria.

Mesmo que durante a realização dos “sete saltos” da ABP tivesse uma etapa de identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, fez-se necessário a realização desse pré-teste para que pudéssemos organizar as ideias dos alunos antes da apresentação ao problema da ABP.

Como era de se esperar, os alunos não apresentaram todos os conhecimentos prévios necessários para o estudo dos conceitos da FM, como foi possível observar no quadro 9. Conseqüentemente, houve a apresentação de uma aula introdutória para estudo do tema. Essa aula serviu de organizador prévio, pois, como afirma Ausubel (2003) “Estes organizadores avançados consistem no material introdutório a um nível mais elevado de abstracção, generalidade e inclusão do que a própria tarefa de aprendizagem”, e claramente, são utilizados quando os alunos não apresentam os conhecimentos necessários para o estudo de um determinado tema (27,29% dos alunos) ou caso suas ideias estejam desorganizadas (90,0% dos alunos).

É compreensível que nem todos os alunos precisariam de tal etapa, todavia, as respostas no pré-teste apresentaram desempenhos variados de acordo com os conceitos relacionados, portanto resolvemos efetivar o uso do organizador prévio, de forma que todos os alunos estivessem com as ideias organizadas em um nível mais uniforme.

5.2.2 Aula 2

Diferente do que aconteceu na primeira aula, nesta compareceram 25 alunos. Podemos descrever os acontecimentos dessa aula por meio de passos, são eles: 1) apresentação da rubrica como critério de avaliação; 2) introdução ao contexto do problema por meio de um vídeo de duração de 3 minutos; 3) leitura e discussão do problema (durante os passos 2 e 3 o alunos realizaram anotações de termos, conceitos e fenômenos contidos no problema); e, 4) declaração do conhecimento acerca dos termos conhecidos.

O passo 3, comentado no parágrafo anterior, trata-se do 2º salto da ABP, em que durante a leitura e discussão do problema, há a descrição de quais fenômenos deveriam ser explicados e entendidos. Para que ficasse mais claro para os alunos, inserimos as questões norteadoras para a solução do problema proposto.

Como forma de captura de resultados durante todos esses passos adotamos o caderno de anotações. Cada aluno, com o material disponibilizado, fez seu próprio caderno de anotações, construíram capas e desenhos de forma pessoal (figura 7).

Figura 7: Cadernos de anotação dos alunos



Fonte: acervo pessoal.

A rubrica (APÊNDICE C) foi apresentada aos alunos, onde mostramos os critérios das avaliações por aula e os níveis de desempenho que poderiam obter. Foram apresentadas também como seria realizado o cálculo da nota de desempenho dos alunos ao fim da implementação da proposta.

Quadro 10: Cálculo de nota

CÁLCULO DA NOTA

$$Nota = [A1] + \left[\frac{A2(1) + A2(2) + A2(3)}{3} \right] + \left[\frac{A3(1) + A3(2) + A3(3)}{3} \right] + \left[\frac{A4(1) + A4(2)}{2} \right] + [A5] + [A6]$$

Nota máxima = 20

Observação: se a nota máxima utilizada pela escola for 10, basta dividir o resultado do cálculo acima citado por 2.

Fonte: autoria própria.

Como resultado do teste de estilo de aprendizagem resultou em alunos com estilos mais próximos do cinestésico e visuais, utilizamos um vídeo que reuniu trechos de outro vídeo “Por que VAGA-LUMES acendem?” (link: www.youtube.com/watch?v=WDI9hPlnWWA). Durante a reprodução do vídeo percebemos que muitos alunos riam em alguns trechos, conversavam entre si e realizavam anotações no caderno, esse fato foi interpretado que os alunos estavam com suas atenções focadas na aula. Após a reprodução do vídeo, expomos a questão problema para que os alunos realizassem suas anotações acerca dos termos conhecidos e desconhecidos contidos na questão problema, passo 4 da ABP.

Acerca dessas anotações, quanto a identificação dos termos contidos no problema, notamos que os 10 alunos fizeram anotações de todos os termos que estipulamos que seriam identificados, termos estes que encontram-se especificados na rubrica (APÊNDICE C). Outros 10 alunos, que obtiveram desempenho no nível 3, não anotaram o palavra “fóton”. Supomos que talvez esses alunos tenham entendido que esta palavra encontrava-se relacionada apenas à química. Os 4 alunos que tiveram desempenho 2 anotaram apenas “energia” ou “luz”. Já o aluno que obteve desempenho 1 anotou apenas termos relacionados a biologia ou a química, como “lampirídeos” e “bioluminescência”.

O fato de 20 alunos estarem nos níveis 3 e 4, demonstra não apenas o conhecimento dos termos, mas também a participação ativa na realização da atividade proposta, pois, para realizar as anotações, estes deveriam estar atentos na reprodução do vídeo e ao texto do problema. Este trata-se do primeiro indicio do interesse dos alunos pelo problema em questão.

Todavia, quando analisamos a classificação dos termos em conhecidos e desconhecidos, notamos que muitos apresentaram dificuldades na realização dessa atividade: 9 alunos não fizeram nenhum tipo de classificação, 2 alunos classificaram apenas alguns termos que não conheciam, 4 alunos separaram alguns termos entre conhecidos e desconhecidos e apenas 10 foram capazes de classificar todos os termos identificados. Quando comparamos esse resultado com a declaração do que sabe acerca dos termos conhecidos, notamos que houve uma falta de assimilação de como deveriam realizar a classificação dos termos, tendo em vista que 60 % foram capazes de realizar algumas ou todas as declarações com coerência.

A partir dessa aula é possível notar que alguns alunos demonstraram dificuldades no momento das declarações do que sabiam dos termos contidos no problema. Todavia, o ocorrido trata-se de uma etapa muito importante no processo de aprendizagem, pois é quando o aluno compreende quais conceitos ainda não estão claros na sua estrutura cognitiva e que, conseqüentemente, precisam ser estudados, ou seja, precisam do processo de reconciliação integradora. Lembrando que Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 104) afirma que “Toda a aprendizagem que resulta na reconciliação integradora resultará também na posterior diferenciação progressiva dos conceitos ou proposições existentes”.

A fim de observarmos o desempenho do aluno nessa aula, construímos o quadro 11 que mostra o nível atingido por este aluno de acordo com a descrição da rubrica (APÊNDICE C).

Quadro 11: Desempenho dos alunos na aula 2 de acordo com os critérios da rubrica

Desempenho	Critérios		
	Identificação dos termos	Classificação dos termos em conhecidos e desconhecidos	Declaração do que sabe dos termos conhecidos
1	4%	36%	24%
2	16%	8%	16%
3	40%	16%	28%
4	40%	40%	32%

Fonte: autoria própria.

Realizando uma análise das porcentagens apresentadas no quadro 11 é notável que a quantidade de alunos que atingiram o nível maior de desempenho nesta aula não ultrapassou os 40% e a quantidade de alunos que não foram capazes de realizar as atividades atingiu um valor máximo de 36%. Esses dados demonstram menos da metade da turma foi capaz de realizar a atividade com aproveitamento máximo e que um valor significativo de alunos não encontravam-se engajados nas atividades propostas.

5.2.3 Aula 3

Tendo os conhecimentos prévios devidamente registrados nos cadernos de anotações, nesse 3º passo da UEPS os alunos já estavam prontos para a realização do 3º salto da ABP, realização da técnica do *brainstorming* (chuva de ideias). A fim de que os alunos pudessem se preparar para o estudo autônomo dos conceitos envolvidos no tópico definido, foi solicitado que discutissem entre si suas ideias para solucionar a questão problema.

Nesse período do *brainstorming* realizado pelos alunos, estes, por vezes, também dialogavam com a professora, a fim de que pudessem tirar algumas dúvidas e esclarecer suas ideias. Durante este momento, alguns alunos relataram não saber descrever ou declarar nada a respeito da luz, dentre estes, um aluno chegou a comentar que sabia apenas que “luz é iluminação”. Outros alunos direcionaram sua explicação para os processos químicos relacionados com a emissão de luz pelos vaga-lumes.

Houve ainda um relato de uma aluna que disse lembrar de ter visto parte do conteúdo na disciplina de química e um pouco em física 2 mas disse que não conseguia se lembrar de nada a respeito dos conceitos contidos no problema. A aluna chegou a concluir que “eu tenho problema de memória, não consigo lembrar de nada disso”. Como percebemos que a aluna estava com um aspecto de preocupação, explicamos um pouco sobre o esquecimento de conceitos e fenômenos após o período de aprendizagem destes, e como esse esquecimento está

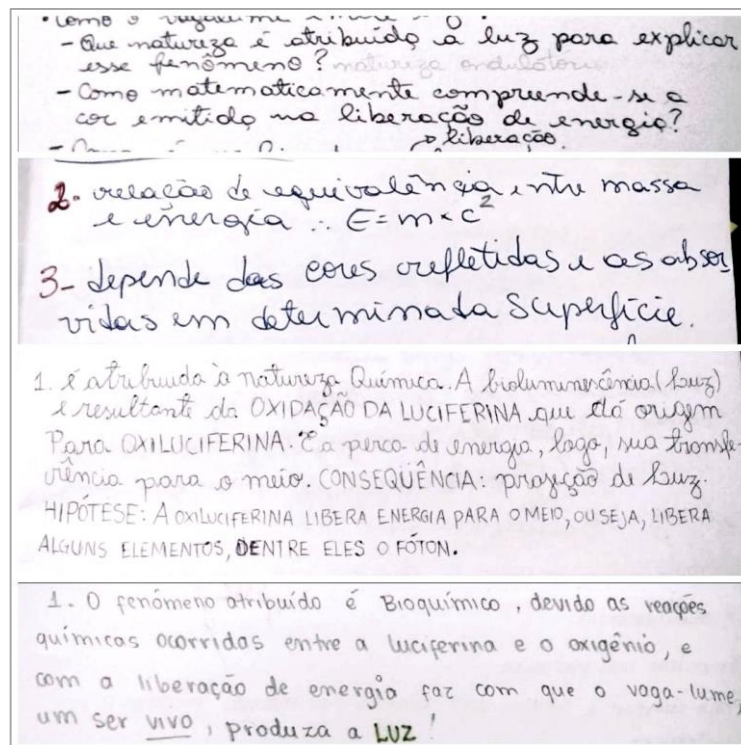
diretamente relacionado ao interesse do aluno por sua aprendizagem e dos materiais que este utiliza nos estudos (MOREIRA, 2012). Essa explicação serviu de incentivo para que a aluna buscasse materiais de acordo com suas características de aprendizagem.

É nesse momento, 3º salto da ABP, que os alunos expõem seus conhecimentos prévios, permitindo as reconciliações integradoras de termos ainda confusos e, conseqüentemente, diferenciando progressivamente tais termos. Pode ocorrer também, durante esse salto, a reaprendizagem de conceitos, caso o aluno tenha em algum momento anterior atingido um nível mais próximo da aprendizagem significativa (como já discutimos nas observações da figura 2 – página 45), pois, como afirma Moreira (2013, p. 20), na APS “o esquecimento é residual”.

Após esse momento do *brainstorming*, seguimos para a realização do 4º salto da ABP: construção da “teoria pessoal”, a fim de averiguar as diferenciações progressivas para posteriores comparações.

Sendo assim, apresentaremos, na figura 8, as anotações de alguns alunos acerca dessa “teoria pessoal”. A grande maioria dos alunos seguiu o modelo de respostas das questões norteadoras.

Figura 8: Algumas anotações a respeito da “teoria” pessoal



Fonte: acervo pessoal.

Observando essas anotações percebemos as diferenças no nível de desempenho dos alunos. Notamos também que nenhum aluno foi capaz de produzir diagramas ou esquemas para explicar sua “teoria pessoal”, mas, fizeram uso de seus conhecimentos prévios na explicação.

Os 3 alunos que obtiveram desempenho 1 nessa atividade não foram capazes de escrever nada, apenas anotaram as questões norteadoras. Já os 6 alunos que atingiram desempenho 2, foram capazes de realizar explicações para solucionar o problema, mas nenhuma destas se relacionava as questões físicas do problema, apenas as reações químicas envolvidas ou a natureza biológica do vagalume. Quanto aos desempenhos 3 e 4, os alunos apresentaram explicações próximas umas às outras, a diferença está na quantidade de conceitos envolvidos. Os 12 alunos de desempenho 3 explicaram apenas relacionando que emissão de luz deveria ocorrer pela perda de energia. Já os de desempenho 4 foram além disso, fizeram relações da cor emitida pelo vagalume com a frequência do fóton na emissão de luz ocorrida pela perda de energia.

É possível notar que apenas 4 alunos conseguiram atingir o nível de desempenho 4, e podemos ainda afirmar que as respostas desses alunos foram coerentes e claras, porém foram superficiais, com poucos artifícios explicativos.

Desta forma, encaminhamos os alunos para a realização do 5º salto da ABP: seleção dos temas para aprendizagem autodirigida. Os 2 alunos que apresentaram desempenho de nível 1 não realizaram nenhuma anotação no caderno, já os 6 alunos no nível 2 foram capazes de anotar pelo menos um termo para estudo, como por exemplo “estudar mais a matemática da emissão de energia”, “estudar = luz”, “preciso estudar mais ondulatória” e “liberação de energia”. Quanto aos 10 alunos dos níveis 3, apresentaram, para realização do estudo individual, as questões norteadoras como anotação. Os 7 alunos que atingiram o desempenho máximo da atividade anotaram as questões norteadoras e outros tópicos para estudo, como “liberação de energia na forma de luz e cores emitidas na liberação de energia”, “estudar como o processo de liberação de energia acontece”, “saltos quânticos, energia química → energia luminosa, liberação de energia na forma de luz” e “relação de frequência e comprimento de onda, difração, refração, transformação de energia em luz”.

Além da escolha dos termos a serem estudados, foi explicado aos alunos que estes deveriam fazer a escolha de seus materiais de estudo de acordo com o resultado do teste de estilo de aprendizagem. Para isso, foi encaminhado um pasta de materiais sugestivos para a realização dos estudos. Nessa pasta continham diversos tipos de materiais, como por exemplo, links de vídeos, links de simulações, textos com poucas imagens, textos com vários esquemas,

diagramas e imagens etc. Disponibilizamos esses materiais via pen drive e por meio de um link de pasta compartilhada¹⁹.

Tratando-se dos materiais escolhidos, notamos que 12 alunos não colocaram o material que foi utilizado para a realização do estudo autônomo, mas no dia da apresentação do problema inseriram nas referências dos materiais utilizados, todavia esse dado consta na análise da aula de apresentação do problema. Houve ainda no nível de desempenho 2, um aluno que fez uso de apenas um material para estudo mas não se preocupou com a qualidade das informações, estudou por um site chamado “O segredo” em que nele próprio contém a informação “Este conteúdo tem caráter informativo e nunca deve ser usado para definir diagnósticos ou substituir a opinião de um profissional. Recomendamos que você consulte um especialista de confiança.”²⁰

Os 5 alunos enquadrados no nível 3 podem ser divididos em duas categorias: (1) os que escolheram vários materiais sem qualidade acadêmica, como por exemplo o site Wikipedia que é composto por editores voluntários e sem fins acadêmicos; e (2) alunos que escolheram apenas 1 material com qualidade acadêmica, como por exemplo o repositório público²¹ do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Já os 7 alunos de desempenho 4 foram capazes de escolher mais de um material para estudo e com qualidade de informações, como vídeos postados por Synchrotron – SOLEIL²² (centro de francês de síncroton, instrumento multidisciplinar e laboratório de pesquisa) e apostilas publicadas por E-disciplinas, sistema de apoio às disciplinas da Universidade de São Paulo (USP).

Analisando essas anotações por meio dos critérios da rubrica, obtemos os níveis de desempenho dos alunos:

Quadro 12: Desempenho dos alunos na aula 3 de acordo com os critérios da rubrica

Desempenho	Critérios		
	Construção da “teoria pessoal”	Seleção dos termos para realização do estudo individual	Seleção dos materiais para o estudo individual
1	12%	8%	48%
2	24%	24%	4%
3	48%	40%	20%
4	16%	28%	28%

Fonte: autoria própria.

¹⁹ <https://drive.google.com/drive/folders/1Qcb4oWN7AdJMGseqAbVyESm-QbfDqfVQ?usp=sharing>

²⁰ <https://osegredo.com.br/entenda-o-que-e-um-salto-quantico/>

²¹ <https://lief.if.ufrgs.br/>

²² <https://www.synchrotron-soleil.fr/fr>

Observando o quadro 12 é notável que, assim como na aula 2, foram poucos alunos que atingiram o nível maior de desempenho e muitos não foram capazes de realizar as atividades propostas (desempenho 1). Esses dados demonstram a pouca autonomia dos alunos na realização das atividades individuais, tendo em vista que se inteiraram em ter uma participação mais ativa na aula, realizando discussões em grupos e com a professora, mas não realizaram anotações acerca dessas discussões.

Como esta pesquisa trata-se de uma pesquisa-ação, em que, de acordo com Ghedin e Franco (2011), (1) o sujeito deve tomar consciência das transformações que vão ocorrendo em si próprio e no processo e (2) o pesquisador deve assumir constantemente os dois papéis complementares de pesquisador e de participante do grupo, houve conversas durante as aulas com os alunos e com o professor responsável pela turma a fim de averiguar a opinião destes acerca da proposta ABP.

Além disso, foi feito ao questionamento “Como vocês estão se sentindo nas aulas? Alguma coisa deve ser modificada?”, e como resposta obtivemos: (1) relato dos alunos: “A proposta está interessante”; “Está bom assim”; “Vamos ver como fica até o final” e (2) relato do professor: “Está atendendo bem eles (os alunos)”. Esse momento foi importante para o prosseguimento da pesquisa e para que pudéssemos aperfeiçoar a proposta na montagem do produto educacional.

5.2.4 Aula 4

Neste dia o processo de orientação dos alunos, em que foi observado o que os alunos haviam estudado durante o 6º salto da ABP: procurar preencher as lacunas do próprio conhecimento por meio de estudo individual. Nessa aula analisamos (1) a descrição dos conceitos envolvidos no problema e (2) os conceitos que precisavam de novos estudos autodirigidos (reconciliação integradora).

Durante o processo de orientação, uma aluna, a mesma que mostrou preocupação por não lembrar de nada do conteúdo contido no problema, não apresentou nada acerca de estudos individuais. Quando questionada o motivo, com o intuito de melhorarmos a pesquisa, a aluna relatou ausência de tempo para realizar o estudo, disse que estava estudando para as provas que teriam em outras disciplinas. Esse relato nos levou a refletir acerca da postura dos alunos no seu processo de aprendizagem. Em conversas com o professor da turma, este chegou a relatar que a rotina de aulas em sala de aula e a realização de uma avaliação apenas no fim do bimestre

acaba por tornar os alunos ativos apenas nesses períodos de avaliações, tornando-os passivos durante o restante da carga horária.

A fala do professor demonstra a importância de se utilizar estratégias de ensino como a ABP a fim de que o aluno tenha uma participação mais ativa nas aulas e que este possa perceber o processo de construção de conhecimento no decorrer das aulas.

Relacionado a este mesmo problema, uma outra aluna relatou não ter realizado o estudo individual pois no texto e no vídeo apresentado como problema já continha as respostas necessárias. Entretanto, ressaltamos que na contextualização da questão problema apresentada havia apenas uma pequena explicação do processo químico responsável pela liberação de energia na forma de luz, não haviam explicações acerca do fenômeno físico.

Pensando que nosso objetivo trata-se de investigar em que aspectos uma proposta didática que utiliza como estratégia de ensino a Aprendizagem Baseada em Problemas pode contribuir para promover aprendizagem significativa de conteúdos da FM de alunos do 3º ano do ensino médio, vamos detalhar em cada um dos passos seguintes as descrições realizadas pelos alunos acerca dos conceitos da FM apontados nas questões norteadoras: (1) natureza da luz; (2) quantização da energia; e (3) salto quântico.

De maneira mais detalhada, podemos observar no quadro 13 as respostas dos alunos que participaram da atividade de orientação desta aula referentes aos estudos na natureza da luz. Torna-se importante destacar que nesta aula muitos alunos não participaram da orientação, tendo em vista que não haviam realizado os estudos individuais, por esse motivo discutiremos as respostas de 6 alunos que foram orientados.

Quadro 13: Descrição dos alunos acerca da natureza da luz – aula 4

Aluno(s)	Descrição do conceito
Aluno 30	“[...] é só uma onda e partícula”
Aluna 16	“Eu não sei explicar [...] eu acho que é onda”
Alunos 32, 36, 33 e 24	“[...] é explicado pela dualidade, de onda e partícula”

Fonte: autoria própria.

Podemos notar que dos 6 alunos, 5 souberam dizer que a luz apresenta natureza dual, mas quando foram questionados acerca de como essa dualidade pode ser observada, não souberam explicar e fizeram anotações para realização de novo estudo sobre o questionamento. Já a aluna que afirmou que a natureza da luz é ondulatória, relatou que leu em alguns textos que a luz pode ser constituída de partículas, mas que só conseguiu explicar como se comporta como onda.

Quanto a questão da quantização da energia, os alunos descreveram (quadro 11) não ter encontrado nenhuma equação matemática que explicasse a cor emitida pelo vagalume, mas todos souberam afirmar que está relacionado com a frequência e com o comprimento de onda da luz emitida.

Quadro 14: Descrição dos alunos acerca da quantização da energia – aula 4

Aluno(s)	Descrição do conceito
Aluno 30	“Esqueci da parte matemática, ... sei que tem a ver com o comprimento de onda”
Aluna 16	“A formula matemática eu não sei, mas eu acho que é dessa questão de distância de uma camada para outra? [...] Acho que quanto mais próximo do núcleo acho que vai ter uma luz ultravioleta”
Alunos 32, 36, 33 e 24	“[...] a gente disse que quando ela índice com frequência alta ela se aproxima do amarelo, no espectro, e a indecência com frequência baixa, com sua vez, faz com que a cor se aproxime do vermelho... não encontrei nenhuma equação”

Fonte: autoria própria.

Já em relação a discussão acerca do salto quântico realizado no átomo (quadro 15), o qual explica a emissão de luz realizada pelo vagalume, os alunos souberam explicar com mais propriedade como ocorre o fenômeno dentro do átomo, mas ainda houve uma confusão em como ocorre a emissão de luz. Os 4 alunos que foram orientados juntos, confundiram o processo da emissão do fóton, inverteram a explicação afirmando que a emissão ocorre no ganho de energia e não na perda desta.

Quadro 15: Descrição dos alunos acerca do salto quântico – aula 4

Aluno(s)	Descrição do conceito
Aluno 30	“[...] aí essa quebra de partículas vai liberar [...] Vai liberar a luz! Vai ter a perda de elétrons, que a perda de energia vai liberar a luz.”
Aluna 16	“[...] Aí eu expliquei que após a reação química, a energia se converte em energia luminosa. Eu não sei explicar muito bem, [...] pelo que eu entendi está relacionado com a quantização de nível de energia [...] para tanto era necessário a excitação dos níveis de energia de uma camada para outra, de uma mais alta para uma camada mais baixa, que vai justificar a luz liberada na forma de fóton. Aí meu palpite é que essa agitação se dá propriamente pela reação química”
Alunos 32, 36, 33 e 24	“A gente disse que a liberação de energia luminosa ocorre devido a reação química fazendo com que os elétrons sejam arrancados de camadas mais internas para camadas mais externas”

Fonte: autoria própria.

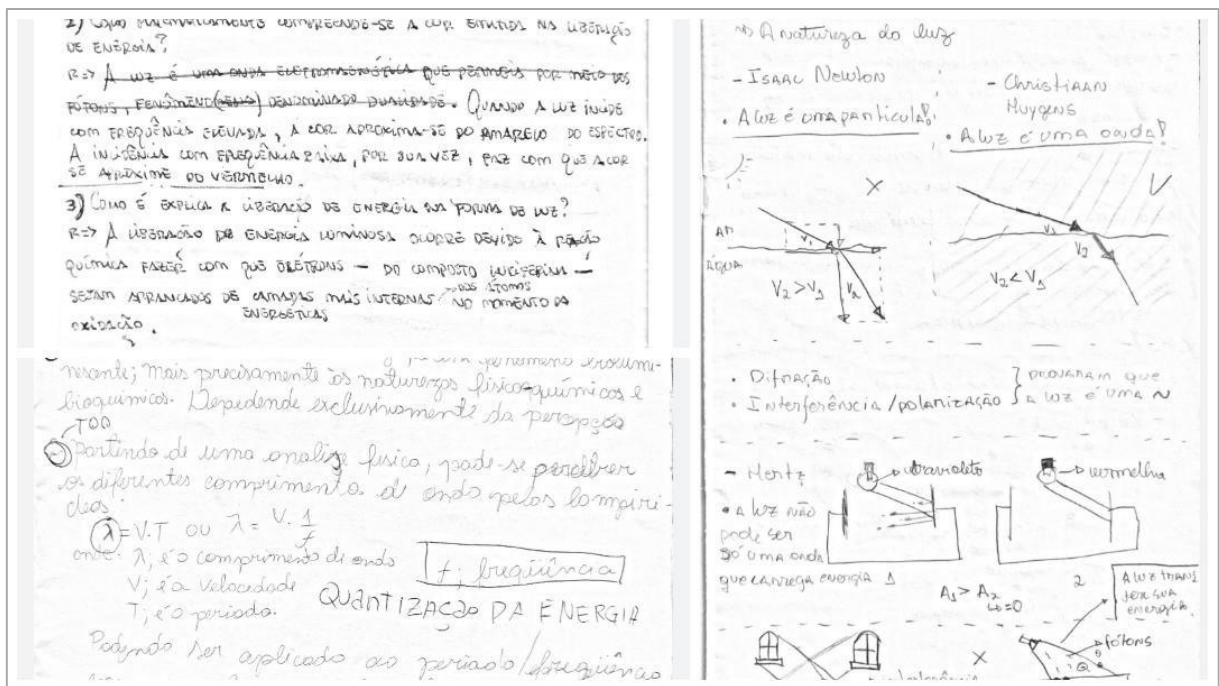
Somando com os 6 alunos que foram orientados nesta aula, houve também alguns alunos que buscaram orientações após o período definido para realização de tal atividade, porém estes não souberam explicar nenhuma solução para o problema, um desses trata-se da aluna que comentou acerca do problema já apresentar a resposta na contextualização.

É perceptível que poucos foram os alunos que participaram dessa atividade, muitos se sentiram exasperados, pediram para estudar mais em sala de aula e realizar pesquisas na biblioteca do instituto. Todavia, quando analisamos as anotações nos cadernos, notamos que

foram poucos os alunos que não conseguiram descrever nada acerca dos conceitos estudados. Os 8 alunos que obtiveram desempenho 2 na rubrica realizaram várias explicações a fim de solucionar o problema em questão, mas todas elas encaminhavam-se para reações químicas e fatores biológicos. Já os 4 alunos no nível de desempenho 1 não realizaram nenhum tipo de anotação referente a esta aula.

Os 13 alunos com desempenho 3 e 4, conseguiram expor suas ideias acerca dos conceitos estudados, alguns com mais diferenciações progressivas e outros com menos, mas notamos que todos se empenharam na atividade em questão (observar esse fato na figura 9). A diferença desses dois níveis foram que os 5 alunos do nível 3 não apresentaram as referências dos materiais utilizados para estudo.

Figura 9: Comparação das diferenciações progressivas realizadas pelos alunos



Fonte: acervo pessoal.

Outro critério observado por meio da rubrica trata-se da seleção dos conceitos que ainda precisavam de novos estudos autogeridos. Sendo assim, dos 25 alunos que apresentaram suas anotações nos cadernos, apenas 2 não foram capazes de selecionar os conceitos e fenômenos, os demais atingiram o nível de desempenho 4, foram capazes de selecionar todos os conceitos e fenômenos que necessitam de novo estudo individual. A fim de observarmos de maneira mais clara o nível de desempenho atingido pelos alunos nesta aula, construímos o quadro 16.

Quadro 16: Desempenho dos alunos na aula 4 de acordo com os critérios da rubrica

Desempenho	Critérios	
	Descrições realizadas pelos alunos acerca dos conceitos da FM	Seleção dos materiais para novo estudo individual
1	16%	8%
2	32%	0%
3	20%	0%
4	32%	92%

Fonte: autoria própria.

Observando o quadro 16 notamos que apesar de poucos alunos terem participado da orientação, muitos foram capazes de descrever os conceitos estudados de maneira clara e coerente. Além disso, 92% dos alunos conseguiu selecionar os termos para realização de novos estudos.

Ao fim desta aula, foi lembrado aos alunos que estes deveriam preparar suas anotações e os novos estudos individuais para a realização de uma apresentação da solução do problema a partir da segunda aula que se seguiria. O tipo de apresentação ficou de livre escolha dos alunos.

Torna-se importante ressaltar que durante o processo de orientação, os alunos não foram indagados acerca das respostas das questões norteadoras, estes apresentaram suas respostas da melhor maneira que lhe convinha, com uma fala contínua ou respondendo diretamente as questões. A separação em quadros, de acordo com as questões, foi somente para que tivéssemos uma visão mais organizada dos conceitos da FM que os alunos deveriam aprender ao fim da proposta e para que pudéssemos observar a melhora na descrição dos conceitos.

5.2.5 Aula 5

Nesse dia, inicialmente, uma conversa com a turma acerca dos dias das apresentações e dos materiais que estes precisariam para realização desta atividade.

Toda a turma decidiu trabalhar em grupos ou em duplas para a construção da solução do problema. Após a conversa com a turma, houve a etapa de orientação dos alunos acerca dos estudos realizados individualmente, 5º passo da UEPS e continuação do salto 6 da ABP. Como tínhamos apenas um tempo de aula de 50 minutos para realizar essa orientação, ficou acordado, entre professor e alunos, que as orientações seriam de acordo com os grupos montados.

Cada aluno levou em mãos o seu caderno de anotações e expôs não somente o que havia aprendido por meio do estudo individual, mas também acerca das dúvidas encontradas

no decorrer desse processo. Alguns grupos se reuniram no momento da aula para tirar dúvidas entre si e selecionar falas e perguntas a serem feitas durante a orientação.

Importante lembrar que durante o processo de orientação não foram explicados os conteúdos que os alunos tinham dúvidas, mas fez-se o direcionamento para que os alunos pudessem buscar suas próprias conclusões. Esse processo trata-se da reconciliação integradora a qual Moreira (2013, p.10) afirma que

A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.

Além disso, os próprios alunos definiram os tipos de apresentação, destacaram a possibilidade de apresentar por meio de slides, vídeos e experimentos.

Acerca dos conceitos descritos por os alunos durante essa segunda atividade de orientação, podemos observar quanto ao conceito da natureza da luz os seguintes trechos (quadro 17).

Quadro 17: Descrição dos grupos acerca da natureza da luz– aula 5

Grupo	Descrição do conceito
1	“[...] pra saber quando ela é onda, quando é partícula, porque tudo depende do referencial né!”
2	“[...] aquela intriga de Newton e do Bohr [...] que um falava que a luz era uma onda, que era o Bohr, e que Newton falava que era uma partícula [...]o ensaio de Thomas Young que ele mostrou que é uma onda!”
3	“Sobre a natureza da luz a gente viu que ela é uma onda né” “Também como pacote de energia?”
4	“[...] se a luz existia como onda e partícula ao mesmo tempo [...] é a Física Newtoniana não pode, porque se tratam de conceitos distintos, mas de acordo com a Física Quântica pode assumir uma dualidade onda e partícula”
5	“A respeito da luz ser uma radiação e dela ser ondas que é quando entra [...] as ondas de energia radiante [...] Na segunda teoria dizia que a luz seria uma radiação eletromagnética”
6	“Dualidade onda-partícula, dependendo como olha pode se comportar como onda ou como partícula”
7	“[...] a luz é composta de quantum de energia, por pacote de energia [...] Ahhh, se ela é onda ou partícula né? [...] Ela é onda!”
8	“Só que ela se comporta como onda ou partícula [...] ela não pode ser os dois ao mesmo tempo, ai tipo, dependendo do experimento ela vai se comportar como onda ou como partícula”

Fonte: autoria própria.

Se compararmos essas respostas com as apresentadas pelos alunos na aula anterior (quadro 13), é possível perceber uma melhora na descrição da natureza da luz.

Os grupos 1, 6 e 8, foram capazes de determinar que a luz apresenta comportamento dual e, até mesmo, a depender da forma como é observado, por ser onda ou partícula, mas não as duas ao mesmo tempo. Entretanto, percebemos que os grupos fizeram poucas relações de como esse fenômeno está relacionado com a solução do problema, apenas 1 deles foi capaz de

fazer essa relação. Notamos também que as discussões históricas de como os cientista chegaram a esses conceitos foram rasas.

Já os grupos 2, 3, 4, 5 e 7, demonstraram ter conhecimento que as discussões acerca da natureza da luz se encaminham para dois caminhos, esta sendo onda ou partícula, entretanto não foram capazes de explicar que ela pode adquirir um comportamento dual. Os grupos, ao fim, determinavam que a luz podia ser apenas ou onda ou partícula. Ocorreu também uma confusão na discussão histórica entre uma possível divergência de ideias entre Newton e Bohr, o que não poderia acontecer tendo em vista que Newton viveu entre os séculos XVII e XVIII e Niels Bohr entre os séculos XIX e XX. Estipulamos que a aluna tenha confundido com a famosa discussão entre Einstein e Bohr.

Quanto as descrições a respeito da quantização da energia (quadro 18), podemos observar que, assim como na melhora dos conceitos da natureza da luz, alguns grupos foram capazes de detalhar com mais coerência como se explica matematicamente a cor emitida pelos vagalumes.

Quadro 18: Descrição dos grupos acerca da quantização da energia– aula 5

Grupo	Descrição do conceito
1	“[...] tá relacionada com a quantização da energia [...] energia do fóton [...] vou falar da frequência no espectro de luz da ultravioleta até o infravermelho”
2	“[...] o átomo tem várias camadas, aí quanto maior for, mais longe o elétron vai variando a cor”
3	“De acordo com Planck, [...] a energia não é contínua”
4	“[...] a quantização da energia, ela surgiu na tentativa de Max Planck tentar explicar a radiação emitida por um corpo negro [...] essa energia varia de acordo com o quantum de energia, é essa equação $E=h.f$ ” “Quando a frequência, ela é elevada ela tem mais energia, então [...] frequência elevada, a luz ela desvia pra cor vermelha, se é baixa a luz desvia pra cor ultravioleta mais perto lá do amarelo e laranja.”
5	“A quantização da energia surgiu na tentativa de Max Planck para explicar a radiação e [...] Para explicar que a radiação emitida é proporcional a frequência da radiação, só que aí ela tem uma variável, ela varia, tem valores variáveis, aí surgiu o quantum”
6	“A quantização da energia tem a ver com a frequência também né? É da frequência que a gente consegue ver o chamado espectro visível”
7	“A parte da quantização da energia [...] que a energia emitida é proporcional a frequência da radiação [...] O “h” é o quantum né? [...] A energia então, como ele disse (se referindo ao material escolhido) apresenta valores discretos e descontínuos.” “[...] pode obter cor diferente para substancias diferentes”
8	“[...] no caso o movimento do elétron libera um fóton né? Ai conforme a observação da cor que esse fóton vai emitir, ai se tu for analisar o espectro da luz, a gente conclui a quantização da energia”

Fonte: autoria própria.

Os grupos 1, 4, 5, 6 e 7 foram capazes de relacionar que a radiação emitida está diretamente relacionada a frequência com que essa radiação é emitida, entretanto, apenas o grupo 4 conseguiu fazer a relação da frequência emitida com as cores. Os demais grupos demonstraram confusão da explicação da quantização da energia e sua relação com as cores emitidas pelos vagalumes. Destacamos ainda, que o grupo 7, não foi capaz de explicar com

clareza a equação da quantização da energia, não soube dizer que o símbolo “h” se referia a constante de proporcionalidade de Planck.

Os grupos 2, 3 e 8 foram capazes de descrever que a energia não é contínua e que a emissão de luz está relacionada com o que ocorre dentro do átomo quando há o ganho ou perda de energia, mas não ocorreu, em momento algum, explicação de como isso ocorre matematicamente.

Seguindo para a descrição do fenômeno do salto quântico, apresentamos o quadro 19, em que podemos notar um progresso significativo de muitos grupos, como o grupo 4, por exemplo, que na aula 4 (quadro 15 - alunos 32, 36, 33 e 24) encontravam-se confusos de como ocorria o salto quântico dentro do átomo, agora apresentaram uma fala mais clara e coerente acerca do fenômeno estudado.

Quadro 19: Descrição dos grupos acerca do salto quântico – aula 5

Grupo	Descrição do conceito
1	“[...] ainda não estudei direito a parte física” “Emissão de luz no átomo [...] salto quântico”
2	“[...] as teorias de Bohr [...] um átomo vai perder um elétron que ele vai fazer aquele salto, salto quântico, aí quando esse elétron [...] ele dá esse salto quântico aí ele emite o fóton, que aí ele emite a luz”
3	“[...] dentro da partícula, [...] do elétron, aí tem as camadas e ele pula de uma para outra, isso ocorre quando [...] esse processo ocorre na reação”
4	“[...] a transição de elétrons de uma camada para outra. É, a gente viu que essa transição de elétrons de uma camada para outra é chamada de salto quântico [...] Os elétrons se movimenta em alta velocidade que eles acabam se afastando do núcleo, então eles se afastam e depois retornam para o seu estado original, quântico, e esse retorno gera energia luminosa, ele libera energia luminosa, que é radiação eletromagnética, que é a luz.”
5	“[...] alguns materiais eles recebem, é, energia de uma fonte externa, e aí [...] com esse nível de energia que eles recebem [...] os elétrons que tão rodando nos orbitais de cada matéria, eles saltam, aí eles fazem essa transição eletrônica” “Conforme a energia que ele recebe é a corzinha que ele emite (se referindo ao vagalume)”
6	“[...] o elétron vai indo da camada menos energética para a maior, quando ele faz isso ele absorve energia, mas quando ele volta, ele libera essa energia, um exemplo disso é o fogo de artifício, ele tá na menor camada, aí quando pega o fogo ele vai pra maior camada, aí depois, ele não é algo estável aí ele desce, aí ele libera energia que é a cor” “[...] porque como ela falou né que ele vai de uma camada para outra que ele ganha energia e aí quando ele vai perdendo ele vai emitindo radiação em forma de luz, aí como o vagalume ele tá no ar, ele não tá estável, ele tá subindo, descendo, ele tá oscilando.”
7	“[...] aí acontece quando o elétron retorna do seu estado de excitação pro estado normal, ele volta emitindo luz [...] É, Niels Bohr, ele disse [...] quando a gente excita um elétron ele vai ser transmitido para a próxima camada e aí quando ele para de se excitar ele vai retornar para a camada anterior, só que quando ele retorna, ele retorna emitindo luz [...] Isso é chamado de salto eletrônico”
8	“Anotei alguns postulados de Bohr, que ele fala que, que os elétrons se movimentam em orbitas estáveis [...] ou seja, o vagalume, no caso o elétron vai se movimentar sem irradiar energia”

Fonte: autoria própria.

Podemos notar que além do grupo 4, os grupos 2, 5, 6 e 7 também foram capazes de descrever mais coerentemente como ocorre o salto quântico dentro do átomo, alguns com mais diferenciações progressivas (grupo 7) e outros com menos (grupo 6). O grupo 6 ainda mostrou

confusão quanto ao conceito de energia, tratou as energias luminosa e potencial gravitacional da mesma forma quando afirmaram que “aí como o vagalume ele tá no ar, ele não tá estável, ele tá subindo, descendo, ele tá oscilando.”

Os grupos 3 e 8 também foram capazes de descrever brevemente que o salto quântico é quando o elétron de conduz de uma camada para outra do átomo, mas não fizeram nenhuma relação com a emissão de luz. Já o grupo 1 não conseguiu fazer nenhuma descrição sobre o assunto.

Analisando o desempenho dos alunos de acordo com os critérios da rubrica (APÊNDICE C), observe o quadro 20.

Quadro 20: Desempenho dos alunos na aula 5 de acordo com os critérios da rubrica

Desempenho	Critérios
	(RE)Descrição dos fenômenos e conceitos estudados
1	0%
2	12%
3	72%
4	16%

Fonte: autoria própria.

É possível notar no quadro que apenas um grupo (composto por 4 alunos) atingiu o desempenho máximo na atividade proposta, mas se formos comparar com o desempenho da aula 4 (quadro 16) em que apenas 52% apresentaram desempenho nos níveis 3 e 4, agora tivemos 88% dos alunos nesse nível.

Ao fim desta aula, foi explicado aos alunos que estes deveriam realizar os últimos estudos individuais, realização da reconciliação integradora a fim de aumentar a complexidade das diferenciações progressivas, para a apresentação da solução da questão problema.

5.2.6 Aulas 6 e 7

Nesse passo foram iniciadas as apresentações da solução do problema da proposta de ABP no ensino de FM, 7º salto. Uma questão importante a ser ressaltada aqui se trata do acordo realizado em sala, na aula 5, de que os próprios alunos escolheriam suas formas de apresentação, a divisão dos grupos e a sequência das apresentações. Esse fato é afirmado por Munhoz (2016, p. 176) quando destaca que

O trabalho desenvolvido a ABP leva os alunos a planejar e organizar de forma mais cuidadosa diversos aspectos: o tempo gasto, o local de aprendizagem, escolha dos locais de pesquisa, seleção de informações, validação de informações e a sua

utilização para resolver problemas que, junto com o seu grupo, foi determinado como necessário para aprender o conteúdo previsto para o processo educacional em foco.

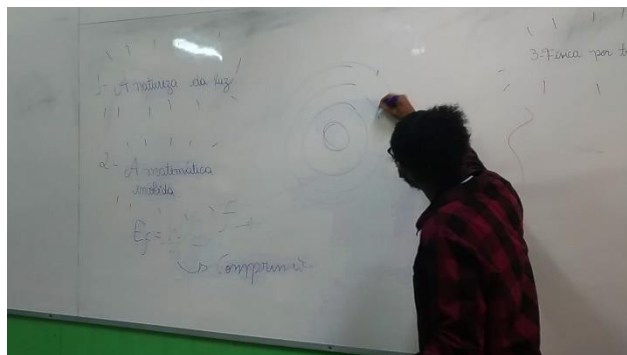
No entanto, como os alunos estavam em fase de ganho de autonomia para realizar tais atividades, ocorreu um contratempo com a organização dos dias das apresentações dos grupos. Nesse primeiro dia de apresentação apenas um grupo se dispôs a apresentar sua solução, o restante da turma justificou, por grupos, que não tinha terminado a apresentação, ainda precisava estudar mais um pouco ou que ainda estavam terminando a parte do experimento que seria utilizado. Por esse motivo fez-se necessário um diálogo a respeito da responsabilidade com as atividades e da autonomia que os alunos devem adquirir, tendo, também, em vista que estavam em processo de passagem do ensino médio para o ensino superior.

Outro aspecto a ser destacado trata-se do atraso de 20 minutos para o início da aula. Esse atraso foi uma consequência da presença do professor de outra disciplina que estava na sala e pediu para que esperássemos ele terminar as atividades com os alunos. Esse momento deve ser relatado para que o professor quando for utilizar essa proposta em sala de aula perceba que imprevistos podem ocorrer durante a implementação, mas que se trata de uma aplicação em situação real e que o plano pode ser modificado e aperfeiçoado de acordo com as necessidade da turma.

Antes de discutir os conceitos da FM explicados durante a apresentação da solução do problema, iremos expor um pouco de como foi a apresentação de cada um dos 8 grupos.

O grupo 1 realizou a apresentação utilizando apenas o quadro e pincel. Ocorreu o diálogo com os demais alunos presentes na sala e explicação de dúvidas entre si durante a apresentação. Foi perceptível que um aluno demonstrava mais clareza e coerência nas ideias do que os demais integrantes. Abaixo encontra-se uma foto da apresentação.

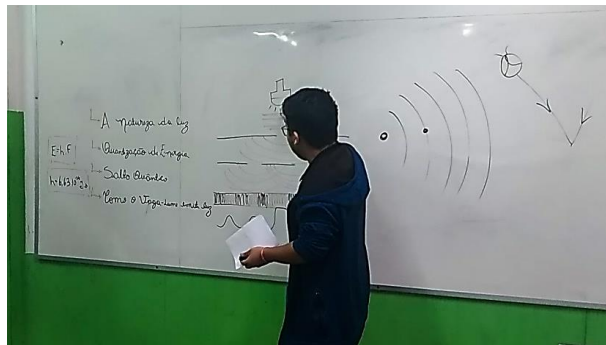
Figura 10: Apresentação grupo 1



Fonte: acervo pessoal.

O grupo 2 aderiu também ao tipo de apresentação em que se fez uso de quadro branco e pincel. Um dos integrantes desse grupo havia levado para sala de aula um CD desencapado a fim de que pudesse mostrar para turma o fenômeno da difração da luz, que confirma a natureza ondulatória da luz. Ao fim da apresentação percebemos que o CD não foi utilizado na explicação, quando questionamos o motivo ao aluno, este relatou que a apresentação estava muito longa e que os colegas de turma reclamariam se demorasse mais.

Figura 11: Apresentação grupo 2



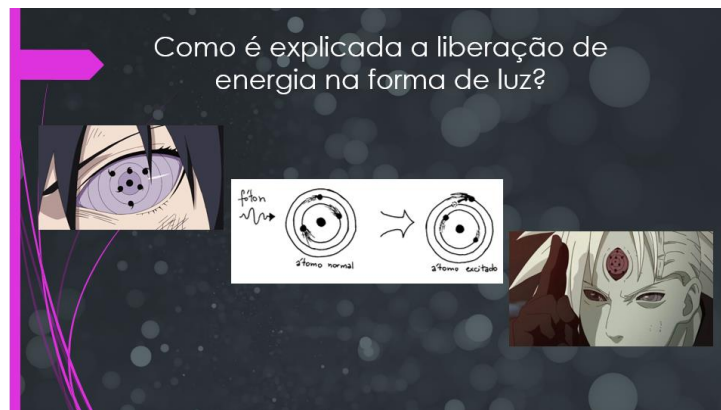
Fonte: acervo pessoal.

O que podemos notar com esse relato trata-se do próprio planejamento do grupo, Munhoz (2015) afirma que também é de responsabilidade dos alunos o planejamento do tempo que será gasto com a pesquisa e sucessivamente com a apresentação, portanto podemos concluir que a falta no uso do experimento tratou-se do erro de planejamento do tempo que seria gasto na apresentação. Todavia, devemos ressaltar que essa experiência concerne uma maneira de aula nova e diferente para os alunos, onde a autonomia é adquirida progressivamente por esses.

O grupo 3 fez uso de uma apresentação de slides que continham animações, gráficos e gifs. Durante a apresentação, um dos alunos comentou que o modelo atômico de Bohr parecia muito com um Rinne Sharingan (figura 12), fenômeno encontrado em um anime japonês, damos destaque a este ocorrido tendo em vista que os alunos buscaram apresentar a solução da questão problema fazendo uso de analogias próximas ao seu cotidiano.

Importante ressaltar aqui que o objetivo da pesquisa em momento algum foi que os alunos utilizassem mais recursos tecnológicos como computador, celular etc., mas que estes, da melhor forma que lhes atendessem, pudessem explicar com clareza e coerência os conceitos da FM.

Figura 12: Apresentação em slide construída pelo grupo 3

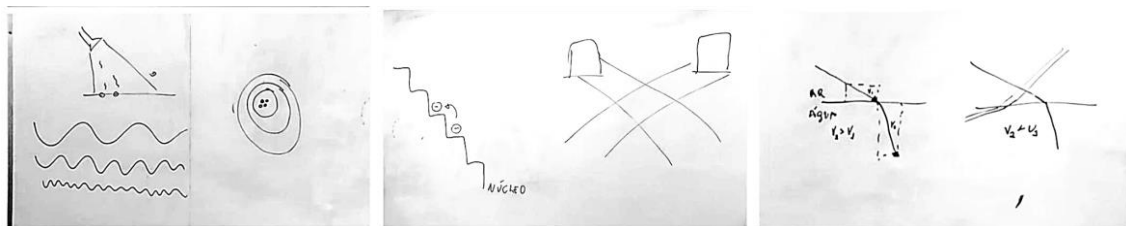


Fonte: acervo pessoal.

A apresentação do grupo 4 ocorreu, também, com o uso de uma apresentação de slides, mas não houve nenhum tipo de interação com os demais alunos em sala. Cada aluno ficou responsável por um tópico bem específico, como: espectro da luz, natureza da luz, salto quântico e quantização da energia. Apesar de se tratar de um trabalho realizado em grupo, notamos que alguns alunos demonstravam mais clareza dos conceitos apresentados e coerência nos exemplos descritos, quanto outros fizeram explicações superficiais. Esse ocorrido pode ser entendido tanto por falta na realização dos estudos individuais, quanto pelo modelo de apresentação escolhido pelo grupo que favorecia mais o estilo de aprendizagem de alguns desses alunos.

Já o grupo 5 foi composto por apenas 2 alunas, as quais realizaram a apresentação com o uso do quadro e pincel. Uma das alunas utilizou desenhos e esquemas para evidenciar sua fala acerca dos conceitos explicados (observar figura 13), enquanto a outra aluna explicou apenas por meio da fala. Apesar da aluna que construiu os esquemas e desenhos ter demonstrado agitação e desorganização nas anotações do quadro, essa expressou suas ideias de maneira clara e coerente, fez analogias próximas do cotidiano dos alunos.

Figura 13: Esquemas desenhados no quadro pelo grupo 5



Fonte: acervo pessoal.

Destacamos ainda, a respeito do grupo 5, que uma das alunas integrante do grupo, a qual iria falar sobre quantização de energia, estava com problemas de saúde durante a aula e

por isso quem apresentou sua parte foi outra integrante. Poderíamos pensar que a apresentação do grupo ficaria sem a explicação do conceito em questão, mas isso não ocorreu, a outra integrante soube explicar de forma clara e coerente. Esse aspecto é importante na ABP, pois mostra o engajamento do aluno no seu processo de aprendizagem.

O grupo 6 apresentou a solução do problema por meio de uma apresentação de slides que continha desenhos, gifs e esquemas. Assim como no grupo 4, percebemos que algumas alunas apresentavam mais coerência na fala de explicação dos conceitos da FM que as demais.

O grupo 7 realizou a apresentação da solução do problema fazendo uso de experimentos e de apresentação de slides. Metade do grupo apresentou os conceitos usando os slides e outra metade com os experimentos. Abaixo apresentamos a figura 14 da apresentação dos experimentos do grupo, uma consta os bastões luminosos e outra os cadinhos com as chamas de diversas cores dependendo da substancia utilizada.

Figura 14: Apresentação de experimentos do grupo 7



Fonte: acervo pessoal.

Por fim, destacamos o grupo 8 composto por 5 integrantes, onde compareceram apenas 2 alunas. Essas demonstraram, em conversa particular com a pesquisadora, insegurança e desconforto de apresentar a solução do problema em sala, solicitaram que a apresentação ocorresse apenas para a pesquisadora. Após esse acordo, alguns colegas entraram na sala para assistir, estas permitiram a presença dos mesmos. Mesmo com a ausência de mais da metade dos integrantes do grupo, as alunas tiveram um ótimo desempenho, mostrando clareza e coerência acerca dos conceitos da FM, assim como ocorrido no grupo 5, esse fato demonstrou o engajamento das alunas na sua aprendizagem.

Já explicadas as apresentações de cada um dos grupos, podemos encaminhar para a discussão dos conceitos por eles explicados na solução do problema.

No quadro 21 estão alguns trechos das apresentações dos alunos acerca da natureza da luz.

Quadro 21: Apresentação dos alunos acerca da natureza da luz – aulas 6 e 7

Grupo	Descrição do conceito
1	“[...] Newton dizia que a luz se comportava como partícula [...] o Bohr, ainda na Física Clássica, ele falou [...] a luz não se comporta como partícula, ela se comporta como onda! E ele tinha muitas provas né [...] Thomas Young ele veio e fez outro experimento [...] aí ele viu que a luz se comporta como onda [...] Einstein veio depois na Física Moderna, aí ele estudou [...] a luz não se comporta só como onda, ela se comporta também como partícula. [...] mas pode ser as duas juntas? Depende muito do ponto de vista”
2	“[...] Aí, Newton mesmo falou que a luz não poderia ser uma onda [...] Thomas Young provou que a luz era uma onda” “[...] Einstein, ele veio e provou também que a luz também poderia ser uma partícula, aí faz com que a luz tenha uma característica dual [...] só que ela não pode ser as duas ao mesmo tempo.”
3	“[...] A luz ela é uma entidade quântica [...] Na Física Quântica é totalmente diferente. Uma entidade quântica significa [...] pode ser uma partícula e pode ser uma onda [...] Assim, num experimento ela pode ser uma partícula e em outro ela vai ser uma onda.”
4	“[...] eu vou falar alguns exemplos [...] Rene Descartes que falou que a luz é compostas por minúsculas partículas [...] a luz pode propagar-se no vácuo” “[...] Christian Huygens ele lançou uma teoria de que a luz ela era composta por ondas de energia radiantes [...] dizia que uma onda era caracterizada pelo seu comprimento e pela sua frequência, [...] Mais tarde [...] James Clerk Maxwell ele disse que a onda ela era sim uma radiação [...] a luz ela era uma onda ou uma radiação eletromagnética, [...] E é daí que nasce o conceito da dualidade onda-partícula, que a luz pode ter os dois [...] ela pode ser tanto onda como partícula, mas não ao mesmo tempo. Isso vai depender do experimento que você vai realizar [...] a luz é uma entidade quântica.”
5	“[...] Christian Huygens. Isaac Newton falava que a luz era uma partícula e o outro falava que era uma onda. [...] Aí, outros matemáticos e físicos estudaram outros fenômenos [...] e tudo isso apontava pra que a luz fosse uma onda [...] Só que tem um outro cara também, ele fez um experimento tipo assim, ele jogou a luz aqui, numa barra de metal [...] ela meio que jogava energia nessa barra de metal né, então essa pequena quantidade de energia seria tipo a partícula da luz, que é o quantum ou fóton né. Então ali a luz é uma partícula e aqui é uma onda, aí um não anula o outro, então tipo, veio Einstein chegou e disse ‘a luz é feita de fótons [...] Então a natureza da luz ela depende da matéria que ela tá, que ela tá interagindo. De diferentes pontos de vista a luz vai se comportar tanto como partícula como quanto onda.”
6	“Max Planck propôs que a energia emitida não era continua [...] Albert Einstein usou essa teoria pra explicar a radiação eletromagnética [...] a natureza da luz se explica pela dualidade, que pode ser ou partículas ou ondas, é, dependendo do fenômeno que vamos pesquisar, ela pode ser um dos dois.”
7	“[...] E segundo Newton, a luz seria composta de minúsculas partículas. Também, segundo Maxweel, a luz seria uma onda, uma radiação eletromagnética [...] Planck [...] disse que ela não era continua [...] era emitida pelos corpos aquecidos, que em pequenos pacotes de energia eram chamados de quantum. [...] dependendo da forma como a gente vai utilizar a luz no nosso experimento, ela pode ser considerada onda ou partícula.”
8	“[...] sobre a natureza da luz, afinal ela é uma onda ou uma partícula? [...] pode ser os dois né [...] Newton acreditava que a luz era um conjunto de corpúsculos [...] Já o Hygens acreditava que a luz fosse uma onda [...] naquela época então prevaleceu o pensamento de Newton porque ele tinha mais status. [...] Thomas Young ele realizou [...] a experiência da interferência luminosa [...] Então só poderia ser uma onda [...] Foucault ele mediu a velocidade da luz na água, aí ele percebeu que ela era mais rápida no ar do que na água e isso batia lá com a teoria do Hygens. Aí a luz ia se comportar tanto quanto onda como quanto partícula, vai depender do experimento que é realizado.”

Fonte: autoria própria.

Observando as falas dos alunos, no que diz respeito a discussão da natureza da luz, podemos perceber que todos os grupos concluíram que a luz tem comportamento dual, sendo esta onda ou partícula, dependendo do experimento em que é observada. Entretanto, é possível

notar, também, que alguns grupos realizaram explicações mais detalhadas sobre o assunto, levando em conta o contexto histórico e as experiências dos cientistas que estudaram o fenômeno.

O grupo 1, assim como na aula 5, continuou apresentando inconsistências acerca das questões históricas que abordam o assunto, como apresentou na fala “Bohr, ainda na Física Clássica, ele falou”, em que sabemos, historicamente, que os estudos de Bohr estão contidos na Física Moderna e não na Física Clássica. Todavia, se observarmos as falas dos grupos de acordo com a ordem de apresentação (crescente), é possível notar que ao longo da aula as falas foram se tornando mais claras e coerentes, com explicações mais detalhadas acerca do processo de construção conceitual do fenômeno em questão. Nos primeiros grupos as falas apresentam-se mais sucintas e com poucos detalhes, já nos últimos podemos perceber o surgimento de termos que não apareciam nas primeiras apresentações, como: “entidade quântica”, “fóton” e “radiação”.

Podemos explicar esse ocorrido baseando-nos na teoria da APS. Conforme as apresentações iam ocorrendo, os grupos que assistiam as apresentações dos colegas de turma, realizavam o processo de reconciliação integradora e diferenciação progressiva.

Veremos nas discussões a respeito das falas sobre quantização da energia e do salto quântico que esse processo também ocorreu em ambos os casos. Desta forma, iremos agora para as falas sobre a quantização da energia (quadro 22).

Quadro 22: Apresentação dos alunos acerca da quantização da energia – aulas 6 e 7

Grupo	Descrição do conceito
1	“[...] quantização do quantum [...] a gente tem a formulazinha aqui energia do fóton é igual a constante de Planck vezes a velocidade da luz dividido por λ , onde λ vai ser o comprimento de onda. [...] essa frequência relacionando com o vagalume, a gente sabe que dependendo de qual espécie da família dos lampirídeos ele vai ser, ele vai ter uma coloração no abdômen. Então, o que define aquela coloração no abdômen do vagalume? A frequência!”
2	“Quantização de energia, tá diretamente ligada a quantidade de energia que um átomo absorve ou emite. É, o átomo não pode receber qualquer quantidade de energia, então essa energia que o átomo absorve ou emite ela é chamada de quantum, que pode ser chamado de fóton quando ele emite luz. [...] o quantum é de energia radiante junto com a frequência” “As cores, elas variam do vermelho ao verde, quanto maior for a frequência mais próximo do vermelho, quanto menor mais próximo ao verde.”
3	“[...] Eu peguei um exemplo da família dos lampirídeos, que eles só produzem a cor verde, aí foi feito um experimento no laboratório, no tubo de ensaio, aí houve uma variação de cor. [...] que ‘o sítio ativo da luciferase se mantém fechado, que é como se fosse isso aqui, por portões eletrostáticos, forçando a luciferina a uma reação de alta energia, que resulta na luz verde. [...] Aí o que isso tem a ver com matemática? [...] quanto maior for a energia [...] maior a frequência. Quanto maior a energia maior a frequência, quanto maior a frequência vem pra cá oh, puxando pro verde, oh tem tudo a ver com matemática!”
4	“Eu vou falar sobre quantização de energia, que tá relacionado com as cores que são emitidas pelo vagalume. [...] Quantum é um pacote ínfimo de energia, esse pacote é transmitido através de comprimentos de onda e esse pacote é liberado por um processo de salto quântico, [...] Max Planck, [...] considerado o pai da Física Quântica, [...] ele percebeu que a energia e a frequência elas são

	diretamente proporcionais [...] E a respeito da cor emitida na liberação de energia, o que é responsável pelas cores são exatamente a frequência, quando a frequência ela é alta você vai ter uma cor mais próxima do vermelho, e quando a frequência é baixa você vai ter uma cor que se aproxima do violeta, [...] E só pra ressaltar, nós precisamos de uma quantidade certa, uma quantidade específica de energia, um quantum específico pra que você possa ter uma energia específica que gere uma determinada frequência, que vai determinar a cor que o vagalume vai emitir.”
5	“[...] a luz, a gente pode entender ela como uma forma de energia também, então tipo, a luz é uma forma de energia que viaja em ondas, essas ondas são ondas magnéticas e elétricas, [...] Então a energia da luz tá associada ao comprimento de onda [...] quando o comprimento de onda é maior a energia é menor, quanto mais a gente for fazendo isso aqui (diminuindo o comprimento de onda) mais energia. [...] As cores que a gente vê vão depender também desse comprimento de onda. Então, a cor depende do comprimento de onda e o comprimento de onda depende da energia. Quanto maior a energia, menor o comprimento de onda e mais puxado pro violeta a cor vai ser.”
6	“[...] Isso depende do elemento químico, cada elemento químico tem a sua quantização de energia, então a cor ela depende do elemento químico” “A luz, ela é uma forma de radiação eletromagnética, cuja frequência é visível ao olho humano [...] A luz do vagalume pode ser observada através dela [...] As cores emitidas pelos vagalumes podem ser vermelho e verde, passando pelas cores intermediárias também, que é laranja e amarelo. E a luciferina que vai determinar essa cor do vagalume.”
7	“[...] cada pulseira emitiu uma luz diferente, porque cada uma tinha uma substância diferente [...] modelo atômico [...] de Bohr [...] cada átomo ele possuía uma camada de eletrosfera diferente e isso designa qual cor uma substância, formada por determinados átomos, vai ter.” “Quero que vocês analisem em qual substância dessas o vagalume tem presente nele que faz gerar a cor dele [...] isso significa que ele ganhou energia e rapidamente perdeu.”
8	“[...] a compreensão da energia [...] a energia não se perde ela se transforma [...] e tem a energia luminosa, que é a ponte que estou fazendo para explicar essa problemática [...] essa parte da quantização da energia, ela é mais voltada para as partes micro, que é o que é muito estudado na Física Moderna, o quantum.” “[...] Tem aqui as camadas, dependendo da quantidade de níveis, de camadas ele vai emitir de uma cor, aqui exemplo ele saltou do nível 3 pro nível 2 aí a cor dela que foi representada foi o vermelho, aqui vai pro lilás, pro violeta, e as cores mais vibrantes.”

Fonte: autoria própria.

Notamos que o grupo 1 foi capaz de descrever que a cor emitida pelos vagalumes está diretamente relacionada a frequência da energia emitida em forma de fóton, mas não conseguiram expor que para uma cor exata ser emitida é necessário que haja uma quantidade exata de energia, ou seja, que a energia se comporta de forma discreta. Já os demais grupos foram capazes de descrever todos os conceitos e fenômenos esperados no escopo do problema (APÊNDICE H).

Foi na explicação desse conceito que o grupo 7 realizou a demonstração das diversas cores que podem ser emitidas pela reação química que ocorreu dentro dos cadinhos e nas pulseiras luminosas (figura 14). Esse fato nos mostra a relação que os alunos fizeram dos conceitos aprendidos com os conhecimentos prévios obtidos nas aulas de laboratório de química.

Outro aspecto a ser notado trata-se do aumento das diferenciações progressivas realizadas pelos alunos. Na primeira aula de orientação, apenas 5 alunos afirmaram que a cor emitida pelo vagalume estava relacionada com a frequência do fóton emitido, mas nenhum aluno foi capaz de expor a relação matemática que explicava o fenômeno em questão. Na

segunda aula de orientação, 5 grupos, equivalente a 16 alunos, identificaram a relação matemática entre energia e frequência, mas alguns não sabiam explicar a proporcionalidade entre elas, e 3 grupos, equivalente a 9 alunos, identificaram que a energia não era contínua. Já nesta aula como observado anteriormente, apenas 1 grupo não conseguiu expor que a energia se comporta de forma discreta, os demais explicaram a equação matemática, a relação com a frequência e que a energia se comporta de forma discreta.

A seguir encontra-se o quadro 23 que trata das falas dos alunos acerca do fenômeno do salto quântico.

Quadro 23: Apresentação dos alunos acerca do salto quântico– aulas 6 e 7

Grupo	Descrição do conceito
1	<p>“[...] Salto quântico é quando [...] é a mudança de um elétron para outro átomo (demais integrantes do grupo falaram algumas coisa para a aluna) [...] quanto maior longo o salto quântico ele for de um elétron do átomo, menor a onda que isso ocasiona no caso, a emissão de luz. Que isso ocasiona, a [...] luz do vagalume.”</p> <p>“[...] a oxidação dessa enzima num processo mais físico vai rolar a excitação dos elétrons nas camadas de valência, que é o modelo de Bohr [...]Esse elétron vai ser excitado, ou seja, ele vai receber uma quantidade de energia, essa quantidade de energia é denominada quantum [...] Quando ele tá perde energia, um dos elétrons vai perder energia, ou seja, ele vai descer uma camada de valência, nessa que ele vai descer uma camada ele vai liberar energia, essa energia é o <i>quantum</i>, é o fóton que vai ser liberado.”-</p>
2	<p>“[...] aqui segundo o modelo atômico de Bohr [...] Aqui eu tenho o átomo, e esse átomo tem suas camadas, 7 camadas, e nessas camadas tem os elétrons, o que acontece? Esses elétrons são agitados, ele recebe uma agitação, o que é essa agitação? É o quantum! O que é o quantum? O quantum é uma bolsa de energia. E o que acontece com essa bolsa de energia? Quando o elétron recebe essa bolsa de energia ele fica energizado, aí ele pega e fica ‘ahhh, eu vou sair daqui’, aí ele pega e vai pra outra camada. Aí quando ele vai pra outra camada ele continua fazendo a orbita dele e nessa orbita dele ele tá liberando energia, o que ele libera? São os fótons, o que é o fóton? É a luz! Quando ele libera esse fóton ele pega ele volta pra camada de origem dele.”</p> <p>“[...] A luz emitida pelo vagalume é resultado de uma reação química entre duas substâncias presentes no corpo do inseto [...] Quando o vagalume emite luz ocorre uma reação química com muita energia, então essa energia química é transformada em energia luminosa”</p>
3	<p>“[...] De acordo com o modelo atômico de Bohr [...] os elétrons, quando eles são estimulados ou excitados, ocasionalmente, eles entram em estado de agitação, que é quando eles realizam os saltos quânticos de uma camada para outra, aonde eles vão absorver e liberar energia em formato de fóton.”</p>
4	<p>“[...] o salto quântico é necessário o modelo de Bohr. Bom, o que seria basicamente o salto quântico? Seria a passagem do elétron de uma camada mais interna para uma camada mais externa. Para que isso ocorra é necessário que o elétron receba uma quantidade exata de energia para que ele possa seguir para outras camadas assim realizando o salto quântico. Para que ele volte para as devidas camadas mais próximas do núcleo é necessário que nele ocorra a dispersão da energia em forma de fóton, que é basicamente o quantum.”</p> <p>“[...] salto quântico no átomo e ele ocorre quando há uma modificação no estado energético de uma matéria por causa desse fenômeno quântico.”</p>
5	<p>“Agora eu vou falar de salto quântico, imagina isso aqui é as camadas do átomo como se fosse uma escadinha e o núcleo tivesse aqui em baixo. Então imagina que o elétron tá ali no meio da escada entendeu, pra ele subir um degrau ele vai precisar receber energia pra ele poder subir entendeu [...] e essa energia é uma energia específica, se tu tipo ganhar metade dessa energia tu não vai andar meio degrau, porque não existe meio degrau, ou tu passa um degrau ou tu não passa. Com o elétron é a mesma coisa, pra ele ir de uma camada pra outra ele precisa de uma determinada quantidade de energia, e no caso pra ele descer o degrau ele vai precisar liberar essa energia, e a gente sabe que a luz é uma forma de energia, então ele pode receber essa luz para ir pra um outro degrau e liberar ela no outro, e aí quando a gente lembra que energia influencia no comprimento de onda, que influencia na cor, então dependendo dessa energia aqui, ele vai ter uma cor diferente.”</p>

6	<p>“Bem, a quantização da energia tem a ver com o modelo atômico de Bohr que diz que o átomo ele tem n camadas que são camadas energéticas [...] Quando o elétron tá na sua camada inicial, ele é chamado de estado fundamental. Conforme ele vai subindo nas camadas vai para um estado excitado, estado ativo [...] nisso ele recebe energia que é o quantum e libera o fóton em forma de energia e depois ele volta pro estado inicial.”</p>
7	<p>“A luz vai ser emitida quando no nosso átomo o elétron ele voltar da camada que ele foi excitado para a sua camada de origem, volta emitindo energia em forma de fóton. [...] agora vocês podem quebrar (referindo-se as pulseiras brilhantes) [...] Vocês acabaram de excitar os elétrons da substância que tem aí na pulseirinha de vocês. [...] essa emissão de luz que é essa quando a gente excita os elétrons”</p> <p>“O que a gente acabou de ver foi o salto eletrônico. Quando a gente aqueceu a substancia, ele interagiu lá em cada átomo da substância, quando esse elétron aqueceu ele subiu [...] aqui esse elétron recebe esse quantum de energia de alguma forma, ou aquecendo, ou balançando, aí ele vai pular pra próxima camada [...] ai quando ele enche de energia ele vai pular pra próxima [...] aí ele vai voltar perdendo energia, soltando energia como fóton, e esse fóton, nada mais é que um pacote de energia assim como o quantum, só que ele tem a capacidade de interagir com a matéria, o efeito fotoelétrico.”</p>
8	<p>“[...] os saltos quânticos ‘O elétron irradia quando salta de um estado estacionário para outro mais interno, sendo a energia irradiada dada por $E = hf = E_i - E_f$ [...] É quando o elétron sai de um estado quântico para outro, e esse estado quântico é dada pela aceleração do movimento do elétron, então ele se movimenta e sai de perto do núcleo, quando ele sai de perto desse núcleo aí, em questão de nano segundos, até menos, que ele faz isso daí. E aí quando ele sai, que é quando ele recebe uma energia de fora, o quantum [...] o elétron não pode ficar entre uma camada e outra [...] o elétron saia da sua camada para ir pra um nível mais alto de energia, quando ele sai da camada de energia dele e ele retorna, ele tem que liberar essa energia, e a liberação da energia é dada na forma eletromagnética, que se denomina de fóton. [...] Como os átomos emitem luz? É basicamente o salto quântico, a gente tem aqui o núcleo e os elétrons ‘uma colisão com um partícula em movimento excita o átomo, isso faz com que o elétron asse para um nível mais alto de energia, e o terceiro, o elétron retorna ao seu nível de energia inicial, liberando a energia excedente na forma de um fóton de luz’ que é como eu expliquei, que é o que acontece na reação lá do vagalume”</p>

Fonte: autoria própria.

É notável que os alunos realizaram explicações mais detalhadas acerca do salto quântico, pois relacionaram diretamente com o que ocorre dentro do corpo do vagalume. Quanto a explicação do fenômeno físico percebemos que, todos os grupos foram capazes de explicar como ocorre o fenômeno do salto quântico e sua relação com a luz emitida pelos vagalumes.

Alguns grupos, como os 5 e 8, explicaram com mais detalhes e fizeram até analogias, como o exemplo do grupo 5 que fez uso da escada para exemplificar o movimento do elétron no átomo. Por meio do ocorrido, podemos analisar que os grupos que apresentaram com mais detalhes os conceitos e fenômenos estudados foram os últimos grupos, nos levando a concluir que realizaram um tipo de APS do tipo superordenada (ou subordinante), em que

A nova aprendizagem gera uma relação subordinante com a estrutura cognitiva, quando um indivíduo apreende uma nova proposição inclusiva, à qual se podem subordinar várias ideias preexistentes, estabelecidas, mas menos inclusivas. A aprendizagem subordinante ocorre no decurso do raciocínio indutivo, quando se organiza o material apresentado de forma indutiva e se dá a síntese de ideias componentes, e na aprendizagem de abstrações de ordem superior. (AUSUBEL, 2003, p. 94-95)

Além disso, percebemos também que os grupos fizeram uso de imagens, desenhos e esquemas para demonstrações dos fenômenos físicos, tornando está a melhor linguagem usada pelos alunos para expor seus conhecimentos. Conseqüentemente, lembramos que a linguagem se faz importante quando os conhecimentos construídos são debatidos e compartilhados, aspecto fundamental no processo de busca por uma APS (MOREIRA, 2011a).

Realizada a análise das falas dos alunos durante as apresentações, podemos identificar o desempenho dos alunos de acordo com os critérios da rubrica, observar quadro 24.

Quadro 24: Desempenho dos alunos nas aulas 6 e 7 de acordo com os critérios da rubrica

Desempenho	Critérios
	Apresentação do problema
1	0%
2	0%
3	12%
4	88%

Fonte: autoria própria.

É perceptível, ao longo da discussão desta aula, que os alunos apresentaram uma melhoria das diferenciações progressivas desde a primeira aula da proposta, mas este fato fica mais evidente quando observamos o quadro 24 e compararmos com o quadro 16 que retrata o desempenho das primeiras falas e anotações dos alunos acerca dos conceitos e fenômenos estudados.

Outro aspecto a ser destacado trata-se da assiduidade dos alunos no decorrer das aulas, destacando o engajamento dos alunos no seu processo de aprendizagem, pois estes se empenharam em realizar os estudos autônomos e em elaborar a apresentação da solução do problema, de maneira dinâmica, clara e coerente.

Ao fim desta aula o professor responsável pela turma chegou a fazer o seguinte comentário com a pesquisadora, “como tu conseguiu com que eles fizessem isso? (referindo-se as apresentações) [...] ainda mais no final do ano”. Essa fala nos leva a refletir acerca da mudança de atitude demonstrada pelos alunos da turma, a proposta em questão permitiu que os alunos participassem ativamente do processo de aprendizagem dos conceitos de FM.

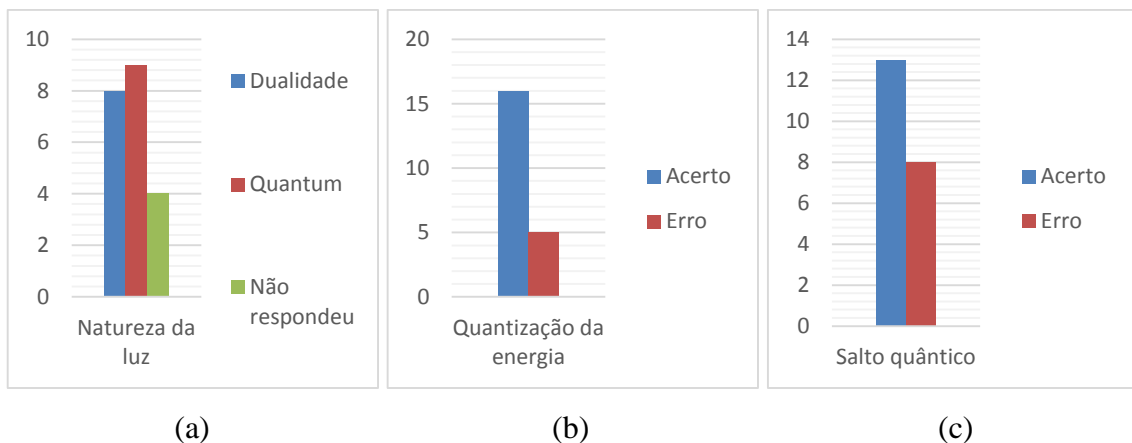
5.2.7 Aula 8

Nesse dia houve a aplicação da avaliação final (APÊNDICE G) em sala de aula. A avaliação final continha 4 questões divididas em discursivas e objetivas.

Como relato deste dia, torna-se importante destacar que muitos alunos suspeitaram que as atividades haviam terminado com as apresentações, mesmo que na aula anterior tenha sido falado que haveria mais uma atividade, por esse motivo ocorreu a ausência de alguns alunos e a insatisfação de alguns dos presentes com as atividades a serem realizadas no dia.

A avaliação final trata-se da última atividade proposta dos saltos da ABP e como resposta dos 21 alunos presentes na aula, obtivemos os seguintes resultados.

Gráfico 3: Resultado avaliação final (a) questão 1; (b) questões 2 e 3; (c) questão 4



Fonte: autoria própria.

Na questão que abordava a natureza da luz (gráfico 3 (a)), alguns alunos interpretaram a questão de forma errônea, em que acabaram explicando o que era o quantum e não a natureza da luz, mas tivemos um bom quantitativo de alunos que explicaram corretamente que se tratava da explicação da natureza dual da luz. No gráfico 3 (b), podemos notar que 16 alunos souberam responder a questão objetiva e conseguiram realizar o cálculo para descobrir a frequência do fóton emitido.

Um fator a ser destacado trata-se do uso de uma questão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) 2019 nesta avaliação final. Esse exame, criado em 28 de maio de 1998 pela Portaria MEC n.º 438, é utilizado como critério de seleção de estudantes que pretendem adentrar nas universidades, mas objetiva também, de acordo com a Portaria MEC n.º 109 de 2009, promover avaliação do desempenho acadêmico das escolas de ensino médio (BRASIL, 2020). Sendo assim, permite que sirva de avaliação do desempenho dos alunos, de acordo com os conteúdos abordados no decorrer do ensino médio. A questão 4 dessa avaliação final (gráfico 3 (c)) era uma questão do ENEM, essa objetivava que os alunos manifestassem seus conhecimentos acerca do salto quântico, em que 13 alunos acertaram a explicação.

Portanto, essa avaliação externa, a ser realizada durante a implementação da proposta, apresenta mais evidências das aprendizagens dos conceitos de FM.

5.2.8 Avaliação da proposta

A fim de averiguar as opiniões dos alunos a respeito da proposta de ensino de FM por meio da ABP, aplicamos um questionário da implementação da estratégia de ensino (APÊNDICE F). Esse questionário continha 4 questões, todas discursivas.

Quanto a esta avaliação os alunos responderam as questões expondo seus pontos de vista a respeito da proposta realizada em sala. Esse questionário continha os objetivos de investigar: (1) o problema utilizado (interesse pela aprendizagem); (2) os materiais de estudo individual (material potencialmente significativo); e, (3) a realização do estudo autônomo (construção de conhecimento).

A respeito da primeira questão, que abordava se problema proporcionou ou não interesse pelo estudo do tema, tivemos 85,72% que afirmaram ter proporcionado e 14,28% que afirmaram não ter proporcionado.

Dos alunos que compõem os 14,28%, é possível notar que apenas um dos alunos participou de todas as atividades da proposta, os demais se ausentaram por motivos de doença em algumas aulas e um deles chegou a comentar que não precisava realizar as atividades pois já tinha nota suficiente na disciplina. Quanto as explicações da falta de interesse pelo problema em questão, os alunos discorreram sobre “O assunto é interessante, mas a forma que foi abordado não”, “pouco interessante” e “Sempre gostei de luminescência mas não nesse contexto”.

Já os alunos que compõem os 85,72%, tivemos respostas discursivas como: “Achei muito interessante, pois nos mostra que mesmo em um “simples” inseto, o vaga-lume, no faz perceber que a física, química e a biologia estão envolvidos”, “é muito interessante, pois eu não sabia que uma coisa simples como a emissão de luz de um vagalume poderia ter tanta coisa envolvida” e “O assunto apresentado é extremamente interessante e proporcionou um sentimento de curiosidade”.

A respeito das segunda e terceira questões, as quais tratavam do uso do material utilizado para realização do estudo individual, obtivemos como respostas (quadro 25):

Quadro 25: Algumas respostas a respeito dos materiais utilizados nos estudos autônomos

Perguntas	Algumas respostas
De que modo auxiliaram na aprendizagem?	<p>“O estudo com base em vídeos foi boa, é mais eficiente para mim. A leitura de livros não foi um material utilizado”</p> <p>“Auxiliaram em tudo, pois serviu de base para compreender o que queria ser passado do professor(a) para o aluno”</p>

De que modo a liberdade de escolha do material auxiliou na aprendizagem?	<p>“Cada indivíduo tem sua maneira de aprender um determinado assunto, sua própria metodologia. Foi exatamente desse modo que a liberdade de escolha do material no auxiliou: nos levou a utilizar nossos próprios métodos de estudo, isto é, estudamos e realizamos o trabalho sendo nós mesmos”</p> <p>“Quando se estuda a partir de métodos que você gosta o trabalho fica mais eficiente, isso me ajudou muito”</p>
--	---

Fonte: autoria própria.

Já em relação a prática de estudo autônomo obtivemos, em sua maioria respostas positivas como “me ajudou a ser mais auto-didata, já que era necessário estudar o assunto apenas com as perguntas norteadoras”, “A desenvolver uma própria capacidade de conhecimento” ou “Me ensinou a ter mais responsabilidade e autonomia nos estudos”, todavia tivemos um aluno que relatou “foi um pouco complicado, por ser algo novo eu não tive proatividade em pegar os materiais e estudar, mas foi bom e pude aprender muito”.

Por meio das falas dos alunos e de todos os resultados apresentados até esse momento é notável indícios de que foi proporcionado uma aprendizagem mais significativa dos conceitos da FM a estes alunos, todavia, como último e muito importante passo da UEPS iremos agora discutir esses indícios.

5.3 AVALIAÇÃO: A APRENDIZAGEM FOI SIGNITIVATIVA?

Na avaliação do êxito na aplicação da UEPS, 8º passo dessa unidade de ensino, podemos afirmar que as etapas sugeridas por Moreira (2013) foram devidamente cumpridas e que foram realizadas as anotações da pesquisadora durante a realização de todas essas etapas. Sendo assim, faz-se necessário avaliar se a aprendizagem foi significativa (APS), ou seja, se houve: captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema (ABP).

Sendo assim, vamos iniciar pelas premissas da APS, as quais já discutimos anteriormente: (1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo; (2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

A primeira premissa foi demonstrada anteriormente na fala dos alunos que afirmaram, quanto ao uso do material, ter sido essencial a escolha deste de acordo com seu estilo de aprendizagem para que a aprendizagem ocorresse da melhor forma possível. Já em relação a segunda premissa, foi possível notar a predisposição dos alunos no que diz respeito a realização das atividades propostas, nas apresentações criativas e na fala dos questionários quanto ao interesse na solução do problema.

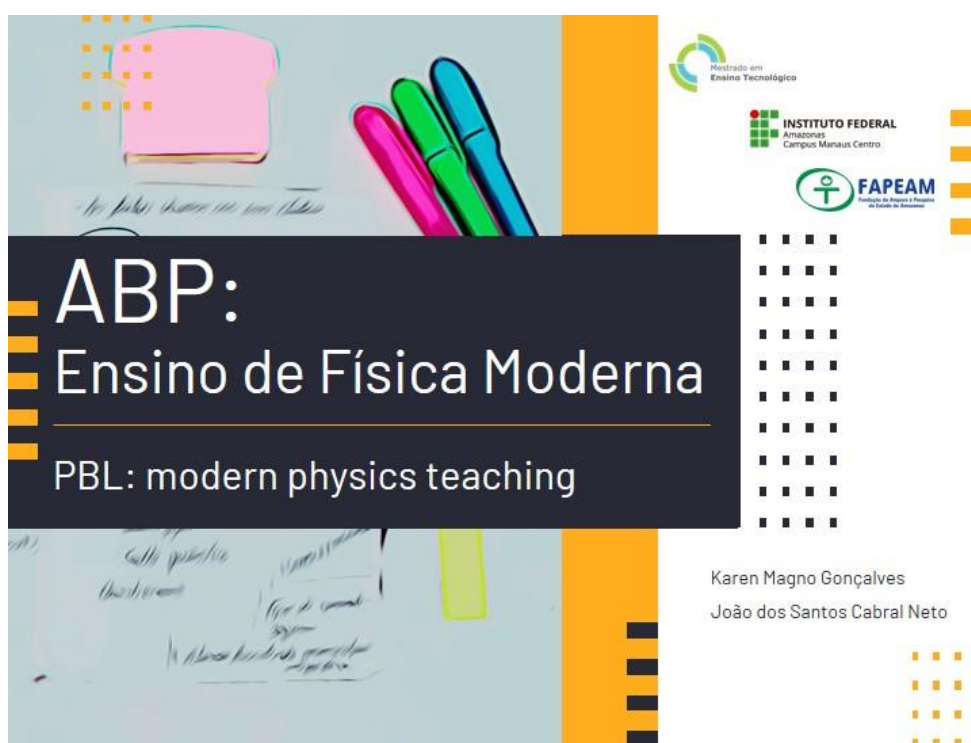
A captação de significados e compreensão pode ser vista nas falas dos alunos durante cada aula de orientação, 6º salto da ABP, onde discutimos os processos de reconciliação integradora e diferenciação progressiva. Já a capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema pôde ser encontrada no 7º salto da ABP, onde os alunos expuseram seus conhecimentos diferenciados na apresentação da solução do problema.

Sendo assim, por meio da UEPS proposta, podemos concluir que houveram indícios de uma APS dos conceitos da FM.

5.4 GUIA DIDÁTICO: ABP NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Os resultados obtidos na implementação da proposta de ensino de FM com o uso da ABP, serviram de norteador para a construção do guia didático “ABP no ensino de Física Moderna” (figura 15).

Figura 15: Capa do guia didático



Fonte: acervo pessoal.

Este guia é composto por três capítulos. O primeiro contém uma inserção a estratégia de ensino da ABP, abordando: o que é a estratégia, os sete saltos e as características de cada salto. Já o segundo capítulo aborda a construção de problemas, tendo em vista que este produto educacional pode ser utilizado em outros temas da Física ou por professores de outras disciplinas. O terceiro e último capítulo expõem a experiência abordada nesta dissertação, assim

como: apêndices de plano de atividades, rubrica, escore, aula introdutória e exemplos de caderno de anotações e de apresentações dos alunos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho o que propomos foi uma investigação do uso de uma estratégia de ensino, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a fim de que os alunos pudessem atingir uma aprendizagem mais significativa de conceitos relacionados a Física Moderna (FM). É sabido, da literatura e da prática diária dos docentes que atuam no ensino de Física, assim como foi abordado nessa pesquisa, que este assunto apresenta um problema de inserção e quando este é inserido, vem cercado de dificuldades na aprendizagem dos alunos, muitas vezes por falta de interesse dos alunos pelo tema e/ou pela incompatibilidade dos materiais didáticos com o estilos de aprendizagem destes. Quando discutida desta forma, percebemos que trata-se de uma problemática complexa.

Nesta oportunidade, a questão de investigação que serviu de enquadramento deste trabalho foi: de que forma podem-se ensinar conteúdos da Física Moderna para alunos do 3º ano do ensino médio a fim de promover aprendizagens significativas?

Sendo assim, a priori, foi necessário que houvesse uma primeira experiência com a ABP a fim de que pudéssemos levar os alunos ao aprender a aprender, fazendo uso de problemáticas advindas dos conhecimentos prévios desses alunos. Com a realização das atividades de ensino podemos verificar que os alunos se mostraram receptivos às atividades de aprendizagem propostas. Além disso, nos permitiu averiguar os pontos que precisavam ser melhorados, como o uso da rubrica para avaliar o processo de aprendizagem e o tipo de problema que seria utilizado como norteador.

Em segundo lugar, nos dedicamos na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conteúdos da Física Moderna que fizesse uso ABP como estratégia de ensino. Nesta levamos em conta os aspectos da primeira experiência com a ABP, seguimos os passos sugeridos por Moreira (2013), buscamos meios de averiguar as premissas da Aprendizagem Significativa (APS) de Ausubel (2003) e nos guiamos nos sete saltos de Schmitd (1983) reformulados por Deelman e Hoeberigs (2016).

Foi perceptível que o uso de estratégias de ensino como a ABP requer do professor e dos alunos mudanças que tornam o processo de ensino e aprendizagem árduo para ambos. Não se trata apenas de aplicar a estratégia, mas de mudar, melhorar e se aperfeiçoar com cada experiência que esta proporciona. Uma das principais observações quanto ao uso da ABP, tratou-se do engajamento dos alunos no seu processo de aprendizagem, em que estes participaram ativamente das atividades, mostrando não somente resultados ao fim da implementação, mas um interesse aumentado a cada aula da proposta.

O problema usado como norteador da aprendizagem nos mostrou que este pode aproximar os alunos dos conceitos e fenômenos da FM de forma que ocorra uma aprendizagem mais significativa, pois envolve situações simples e práticas do cotidiano dos estudantes.

Além disso, o uso da ABP possibilitou que os alunos identificassem seus estilos de aprendizagem e que com isso, somado ao ganho de autonomia ao longo das aulas, pudessem escolher seus materiais de estudo autônomo, levando estes a serem possivelmente classificados como potencialmente significativos. Esse fato nos levou a uma reflexão acerca dos materiais impostos em sala de aula por professores e, até mesmo, pelas escolas, pois muitas vezes podemos classificar um determinado livro como potencialmente significativo para um aluno e este pode nos mostrar, como vimos nessa experiência, que se adequa melhor a aprendizagem usando vídeos e/ou experimentos.

Esses fatos nos mostram os resultados do interesse do aluno pela aprendizagem e do uso de materiais potencialmente significativos, mas chegamos a questão de: se foi feito uso da UEPS e da ABP de maneira eficaz, as aprendizagens de conceitos da FM foram mais significativas?

Durante a discussão dos resultados da implementação, tornou-se notável que houveram indícios de uma APS dos conceitos da FM. O interesse pela aprendizagem e o material potencialmente significativo, falados anteriormente fazem parte desses indícios. Todavia existem também os processos de reconciliação integradora e diferenciação progressiva, os quais ocorreram por diversas vezes durante a realização dos passos da UEPS. Notamos que a proposta de orientação dos alunos leva estes ao processo de reconciliação integradora mais diretamente, e, conseqüentemente, possibilita as diferenciações.

Foi por meio destas diferenciações que afirmamos que os conceitos da FM foram diferenciados o suficiente para que pudessem percebê-los em uma situação cotidiana, o piscar dos vagalumes. Foram capazes de explicar com detalhes como esse fenômeno ocorre, usando as bases teóricas da FM.

Além disso, os indícios foram notados também conforme classificamos as aprendizagens dos alunos como superordenadas, em que os alunos puderam incluir características a um conceito previamente existente em sua estrutura cognitiva.

Sendo assim, podemos concluir que a UEPS construída com o uso da ABP proporcionou indícios de uma APS dos conceitos da FM. Aliás, tornou possível a criação do produto educacional que propõe o uso da ABP como estratégia de ensino, não somente para o ensino de FM, mas para quaisquer temas que o professor esteja interessado em trabalhar.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P.. Um (bom) problema (não) é (só). **Educação e Matemática**, v. 8, p. 7-10, 1989.
- AQUILANTE, A. G.; SILVA, R. F. D.; AVÓ, L. R. D. S. D., GONÇALVES, F. G. P.; SOUZA, M. B. B. D.. Situações-problema simuladas: uma análise do processo de construção. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, n. 2, p. 147-156, 2011.
- ARAÚJO, U. F.; ARANTES, V. A.. Comunidade, conhecimento e resolução de problemas: o projeto acadêmico da USP Leste. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G.. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2016.
- ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G.. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2016.
- AUSUBEL, D. P.. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H.. **Psicologia Educacional**. Tradução de Eva Nick, Heliana de Barros Conde Rodrigues, Luciana Peotta, Maria Ângela Fontes, Maria da Glória Rocha Maron. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.
- BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X.. **Física por aula: eletromagnetismo, física moderna**, 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BATISTA, C. A. S.; SIQUEIRA, M. R. P.. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880-902, 2017.
- BELLAN, Z.. **Heutagogia: Aprenda a Aprender Mais e Melhor**. Santa Barba d'Oeste: SOCEP Editora, 2008.
- BLOSSER, P. E.. Matérias em pesquisa de ensino de Física: O papel do laboratório no ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, p. 74-78, 1988.
- BOFF, C. A.; BASTOS, R. O.; MELQUIADES, F. L.. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 236-247, 2017.
- BONJORNO, J. R. et al. **Física: eletromagnetismo, física moderna**, 3º ano. São Paulo: FTD, 2016.
- BOSE, S.. A lei de Planck e a hipótese dos quanta de luz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 463-465, 2005. Tradução de Francisco Caruso e Vitor Oguri. Rio de Janeiro: Instituto de Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005.
- BOTAS, D.; MOREIRA, D.. A utilização dos materiais didáticos nas aulas de Matemática: Um estudo no 1º Ciclo. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 26, n. 1, p. 253-286, 2013.
- BRANDA, L. A.. A aprendizagem baseada em problemas – o resplendor tão brilhante de outros tempos. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G.. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2016.
- BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: física: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2018: física: ensino médio.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017.

BRASIL. **Matrizes de Referência do Enem.** Portal do INEP, s/d, s/p. Disponível em: http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso em 08 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio.** Brasília: Ministério da Educação, 1999.

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

BROWN, H.. O debate Einstein-Bohr sobre a mecânica quântica. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 2, p. 51-89, 1981.

CARUSO, F.; OGURI, V.. **Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CARVALHO, S. H. M.. **Einstein—Uma Luz sobre a Luz.** 2005.

CAVALCANTI, M. A. C.; RODRIGUES, T. T. T.; BUENO, D. A.. Controle Remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 554-565, 2013.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A.. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 263-276, 2001.

DEELMAN, A.; HOEBERIGS, B.. A ABP no contexto da Universidade de Maastricht. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G.. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior.** São Paulo: Summus, 2016.

DIONÍSIO, P. H.. Albert Einstein e a Física Quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, p. 147-164, 2005.

DURÃES, M. N.. Educação Técnica e Educação Tecnológica Múltiplos Significados no Contexto da Educação Profissional. **Educação & Realidade**, Rio Grande do Sul, v. 34, n. 3, p. 159-175, 2009.

EBERHARDT, D.; ROCHA FILHO, J. B.; LAHM, R. A.; BAITELLI, P. B.. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 928-950, 2017.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I.. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I.. **A solução de problemas.** Porto Alegre: Artes Médicas, p. 13-43, 1998.

EINSTEIN, Albert. Über einem die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. **Annalen der physik**, v. 4, 1905.

EISBERG, R.; RESNICK, R.. **Física Quântica.** Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

ENEMARK, S.; KJAERSDAM, F.. A ABP na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G.. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior.** São Paulo: Summus, 2016.

ERTHAL, J. P. C.; PIROVANI, F. E. S.; CAMPOS, R. G.. Globo de plasma: uma montagem simples com amplo potencial para discussões em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 666-676, 2014.

ESCRIVÃO FILHO, E.; RIBEIRO, L. R. C.. Aprendendo com PBL–Aprendizagem Baseada em Problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP. **Revista Minerva**, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2009.

FANARO, M. Á.; ARLEGO, M.; OTERO, M. R.. The double slit experience with light from the point of view of Feynman's sum of multiple paths. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 1-7, 2014.

FERNANDES, R. F. A. M.; PIRES, F. F.; FORATO, T. C. M.; SILVA, J. A.. Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 509-529, 2017.

GAVIRA, M. O.. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2003.

GHEDIN, E.; FRANCO, M. A. S.. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. São Paulo: Cortez, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de Física: Mecânica**, 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HEISENBERG, W.. **Física e Filosofia**. Tradução de Jorge Leal Ferreira. 4. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

LEÃO, E. T.. **Um estudo de situação-problema que envolva conhecimentos geométricos de espaço e forma no ENEM no período de 2009 a 2017**. 2019. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação Matemática) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H.. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM2015. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 435-459, 2017.

MORAIS, A.; GUERRA, A.. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2013.

MOREIRA, M. A.. ¿Al final qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum, La Laguna**, v. 25, 2012, p. 29-56.

MOREIRA, M. A.. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, M. A.. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, M. A.. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, 2011b, p. 43-63.

MUNHOZ, A. S.. **ABP: Aprendizagem Baseada em Problemas: ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

NUSSENZVEIG, H. M.. **Curso de Física básica 4: ótica, relatividade e física quântica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

- OLIVEIRA, I. S.. **Física Moderna**: para iniciados, interessados e aficionados. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.
- PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C.. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1-4, 2014.
- PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I.. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.
- PESSOA JUNIOR, O.. **Conceitos de Física Quântica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.
- PLANCK, Max. Über das gesetz der energieverteilung im normalspektrum. **Annalen der physik**, v. 309, 1901.
- POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. G.. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- RENN, J.. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 27-36, 2004.
- ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C.. As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 333-364, 2014.
- ROVELLI, C.. **A realidade não é o que parece**: a estrutura elementar das coisas. Rio de Janeiro: Objetiva, 2017.
- SALDANHA, C. C.; ZAMPRONI, E. C. B.; BATISTA, M. L. A.. **Estilos de Aprendizagem**. Semana Pedagógica, Paraná, 2016.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. Tradução de Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.
- SCHMIDT, H. G.. Problem-based learning: rationale and description. **Medical education**, v. 17, n. 1, p. 11-16, 1983.
- SCHULZ, P. A.. Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 509-512, 2007.
- SILVA, I.. Uma nova luz sobre o conceito de fóton: Para além de imagens esquizofrênicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. (4204) 1-11, 2015.
- SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S.. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, p. 1401-1405, 2017.
- SILVA, N. C.. Física Moderna e técnicas computacionais: como "ver" o átomo de Hidrogênio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 667-696, 2016.
- SILVA, N. C.. Laboratório virtual de física moderna: sistema para espectrometria gama. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 542-562, 2015.
- SILVEIRA, S.; GIRARDI, M.. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, p. e4502, 2017.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G.. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

TENFEN, D. N.; TENFEN, W.. O modelo atômico de Bohr e as suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 217-235, 2017.

THIOLLENT, M.. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 15 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TIPLER, P. A.. **Física Moderna**. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biase. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.. **Física IV: ótica e física moderna**. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – COMO OS ALUNOS APRENDEM

APÊNDICE B – PLANO DE ATIVIDADES

APÊNDICE C – RUBRICA

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

APÊNDICE E – PRÉ-TESTE

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

APÊNDICE G – AVALIAÇÃO FINAL DA PROPOSTA

APÊNDICE H – ESCORE DO PROBLEMA

APÊNDICE A – COMO OS ALUNOS APRENDEM

Qual é o seu melhor canal de acesso para decodificação de informações?

1. Gostaria mais de estar fazendo este exercício: a. por escrito b. oralmente c. realizando tarefas	2. Gosto mais de ganhar presentes que seja: a. bonito b. sonoro c. útil
3. Eu mais me entusiasmo quando: a. me mostram b. me falam c. me convidam para participar	4. Aprendo mais facilmente: a. lendo b. ouvindo c. fazendo
5. Tomo decisões com base principalmente: a. no que vejo b. no que ouço c. no que sinto	6. Na maioria das vezes, prefiro a. observar b. ouvir c. fazer
7. Enquanto espero alguém fico: a. observando o ambiente b. ouvindo as conversas c. andando, mexendo com as mãos	8. Percebo que alguém gosta de mim: a. pelo jeito de me olhar b. pelo jeito de falar c. pelas suas atitudes
9. Meu carro preferido tem principalmente que ser: a. bonito b. silencioso c. confortável	10. Quando vou comprar algo, procuro: a. olhar bem o produto b. ouvir o vendedor c. experimentar

Agora marque a alternativa que melhor lhe define: (você pode marcar até três alternativas por questão)

11. Quando estou na escola prefiro:

A		Levantar e andar periodicamente
B		Fazer algo funcionar
C		Trabalhar com pessoas
D		Trabalhar sozinho
E		Conversar sobre ideias
F		Analisar dados
G		Identificar padrões sonoros em equipamentos
H		Estar em contato com o meio ambiente

12. Tenho facilidade em:

A		Adquirir habilidades pela prática
B		Analisar e descobrir formas e detalhes
C		Ouvir e compartilhar ideias
D		Elaborar teorias
E		Discutir informações
F		Obter e classificar informações
G		Ler ouvindo música
H		Identificar plantas e animais

13. O tipo de pergunta que mais faço é:

A		Onde?
B		Como?
C		Quem?
D		Para quê?
E		Por quê?
F		O quê?
G		Quando?
H		Se... Isso?

14. Gosto mais de aprender através de:

A		Demonstrações e experiências
B		Atividades estruturadas passo a passo
C		Discussão de casos voltados para pessoas
D		Leitura de livros-textos
E		Palestras formais
F		Exercícios de análise de fatos, dados e números
G		Histórias e música
H		Análises na natureza

PONTUAÇÃO

Para as questões de 1 a 10, conte as letras e confira a sua pontuação:

Visual A	quantidade	Auditivo B	quantidade	Cinestésico C	Quantidade

Para as questões de 11 a 14 conte as letras e confira qual das inteligências é a predominante em você:

Letras	Totais	Inteligências
A		Corporal
B		Espacial
C		Interpessoal
D		Intrapessoal
E		Linguística
F		Lógica
G		Musical
H		Naturalista

Você concorda com os resultados obtidos? Justifique.

APÊNDICE B – PLANO DE ATIVIDADES

Tema: Física Moderna

Conteúdo: Mecânica quântica

Fenômeno: emissão e absorção de energia

Conhecimentos prévios: luz como onda eletromagnética, energia, conceito de elétron, estrutura atômica.

Conceitos a serem aprendidos: quantização da energia, quantização da luz (fóton), dualidade da luz e salto quântico.

Quantidade de aulas previstas: 8 aulas de 50 minutos.

Observação: uma questão importante a ser tratada para implementação desta proposta é acerca do espaçamento entre as aulas, exemplo: duas aulas por semana, uma na segunda e outra na quinta. Esse intervalo é importante para que os alunos tenham tempo para a realização de estudo individual.

Aula 1: Introdução ao estudo da Física Moderna		Data: 07/11/2019
Objetivos:	Identificar elementos básicos do tema que será abordado, como (surgimento, o problema que gerou sua descoberta e os principais cientistas responsáveis por seu desenvolvimento); Reconhecer o que sabe acerca dos elementos básicos que constituem a Física Moderna. Reconhecer o seu estilo de aprendizagem e o(s) seu(s) tipo(s) de inteligência e suas características por meio de um teste;	
Carga horária:	50 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar para os alunos um panorama da Física no início do século XX (introdução ao estudo de Física Moderna).	Ouvir, visualizar e/ou ler com atenção o panorama da Física no início do século XX; Tomar nota sempre que achar necessário.
	Solicitar que os alunos respondam ao pré-teste acerca dos conhecimentos prévios necessários ao estudo da Física Moderna.	Responder ao pré-teste utilizando seus conhecimentos prévios
	Apresentar para os alunos o que são estilo de aprendizagem e tipo de inteligência, quantos existem, quais são, suas principais características e a importância do reconhecimento de qual(ais) dela(s) lhe define melhor.	Ouvir/ler com atenção a explicação acerca do estilo de aprendizagem e tipo de inteligência.
	Solicitar que os alunos respondam a um teste a fim de descobrir o estilo de aprendizagem e o tipo de inteligência e que ao fim realizem anotações do resultado do teste. Realizar um comentário acerca do resultado dos testes dos alunos a fim de classificar o tipo de inteligência e estilo de aprendizagem dos alunos	Responder ao teste utilizando os conhecimentos prévios acerca do seu comportamento como aluno e sua maneira de aprender.
Recursos:	Datashow;	

	Caderno de anotações; Testes; Vídeos.
Avaliação:	Escore do pré-teste Rubrica - anotações realizadas no caderno de anotações (diário de bordo)
Observação:	Ao fim desta aula deve-se verificar nas anotações dos alunos se estes apresentam os conhecimentos prévios necessário para o prosseguimento na aplicação.

Aula 2: Apresentação do problema		Data: 12/11/2019
Objetivos:	Identificar os termos, conceitos e fenômenos (conhecidos e desconhecidos) envolvidos no problema que são básicos para iniciar o ensino de FM; Classificar os termos, conceitos e fenômenos conhecidos e desconhecidos; Declarar o que sabe acerca dos conceitos e fenômenos conhecidos.	
Carga horária:	50 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar o problema para os alunos;	Ouvir e ler com atenção o problema a fim de que possa identificar os termos, conceitos e fenômenos no problema; Perguntar sempre que for necessário; Realizar anotações acerca dos termos, conceitos e fenômenos presentes no problema.
	Dialogar com os alunos acerca do problema;	Dialogar com o professor e com os colegas de turma acerca do problema;
	Solicitar que os alunos tomem nota dos termos, conceitos e fenômenos presentes no problema, classificando-os em conhecidos e desconhecidos.	Tomar nota dos termos, conceitos e fenômenos presentes no problema, classificando-os em conhecidos e desconhecidos.
	Implementar a técnica do <i>Brainstorming</i> com os alunos a fim de que ocorra um diálogo em grupo acerca dos termos, conceitos e fenômenos encontrados no problema	Reunir em grupo para dialogar acerca dos termos, conceitos e fenômenos contidos no problema;
	Solicitar que os alunos se agrupem para discutir as anotações dos termos, conceitos e fenômenos conhecidos e desconhecidos presentes no problema de FM;	Discutir em grupo acerca das anotações realizadas; Realizar novas anotações durante a discussão em grupo;
Solicitar que os alunos declarem os conceitos e fenômenos contidos no problema.	Escrever as declarações dos conceitos e fenômenos contidos no problema.	
Recursos:	Datashow; Caderno de anotações	
Avaliação:	Rubrica - anotações realizadas no caderno de anotações (diário de bordo)	
Observação:	No modelo de problema será legendado quais são os termos, conceitos e fenômenos que devem ser identificados pelos alunos.	

Aula 3: Construção da “teoria” pessoal		Data: 14/11/2019
Objetivos:	Descrever uma “teoria” pessoal para solução do problema apresentado utilizando seus conhecimentos prévios; Selecionar os conceitos e fenômenos que compõem a FM e que são necessários para solucionar o problema proposto.	

Carga horária:	50 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar para os alunos um resumo das atividades realizadas na aula anterior;	Ouvir com atenção o resumo;
	Solicitar que os alunos descrevam por meio de diagramas, ilustrações e comentários uma “teoria” pessoal acerca de como pode-se solucionar o problema de FM proposto;	Escrever sua “teoria” pessoal acerca de como pode-se solucionar o problema proposto;
	Questionar, com base na “teoria” proposta pelos alunos e nas anotações anteriores, quais os termos, conceitos e fenômenos que compõem o problema necessitam de estudo individual;	Escrever os termos, conceitos e fenômenos, que compõem o problema, para a realização de estudo individual.
	Elaborar em conjunto com os alunos uma lista com os materiais e recursos para realização do estudo individual. (Nesta atividade leva-se em conta o estilo de aprendizagem dos alunos)	Escrever no caderno de anotações uma lista com os materiais selecionados em conjunto com o professor para a realização do estudo individual.
Recursos:	Datashow; Caderno de anotações	
Avaliação:	Rubrica - anotações realizadas no caderno de anotações (diário de bordo)	

Aula 4: Avaliação do material estudado individualmente		Data: 19 / 11 / 2019
Objetivos:	Descrever os conceitos e fenômenos estudados individualmente a fim de solucionar o problema proposto; Selecionar quais conceitos e fenômenos da FM necessitam de novos estudos individuais; Aplicar os conceitos e fenômenos estudados individualmente no problema proposto.	
Carga horária:	50 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar para os alunos um resumo das atividades que serão realizadas na aula;	Ouvir com atenção ao resumo;
	Questionar os alunos acerca dos estudos individuais (modelo de orientação);	Falar acerca das anotações do estudo individual acerca dos conceitos e fenômenos da FM presentes no problema proposto;
	Solicitar que os alunos listem os temas que necessitam de novo estudo individual;	A partir das intervenções do professor, listar quais termos, conceitos e fenômenos necessitam de novo estudo individual visando a solução do problema proposto;
	Propor para os alunos o tempo necessário para apresentação da solução do problema proposto.	Ouvir com atenção as sugestões de apresentação do professor; Tomar nota quando necessário.
Recursos:	Datashow; Caderno de anotações; Materiais para estudo (livros, apostilas, vídeos, links de sites etc.).	
Avaliação:	Rubrica - anotações realizadas no caderno de anotações (diário de bordo) Rubrica – apresentação oral referente ao questionamento dos estudos individuais.	

Observação:	Verificar se o aluno apresentou alguma dificuldade com o material escolhido para a realização do estudo individual. Caso seja necessário, mudar o material. O último objetivo não tem a pretensão de ser atingido ao final desta aula, trata-se de uma atividade a ser desenvolvida fora de sala de aula.
--------------------	---

Aula 5: (Re)avaliação do material estudado individualmente		Data: 26 / 11 / 2019
Objetivos:	Descrever os conceitos e fenômenos estudados individualmente a fim de solucionar o problema proposto; Selecionar quais conceitos e fenômenos da FM necessitam de novos estudos individuais; Aplicar os conceitos e fenômenos estudados individualmente no problema proposto.	
Carga horária:	50 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar para os alunos um resumo das atividades que serão realizadas na aula;	Ouvir com atenção ao resumo;
	Questionar os alunos acerca dos estudos individuais (modelo de orientação;	Falar acerca das anotações do estudo individual acerca dos conceitos e fenômenos da FM presentes no problema proposto;
	Solicitar que os alunos listem os temas que necessitam de novo estudo individual;	A partir das intervenções do professor, listar quais termos, conceitos e fenômenos necessitam de novo estudo individual visando a solução do problema proposto;
	Propor para os alunos o tempo necessário para apresentação da solução do problema proposto.	Ouvir com atenção as sugestões de apresentação do professor; Tomar nota quando necessário.
Recursos:	Datashow; Caderno de anotações; Materiais para estudo (livros, apostilas, vídeos, links de sites etc.).	
Avaliação:	Rubrica - anotações realizadas no caderno de anotações (diário de bordo) Rubrica – apresentação oral referente ao questionamento dos estudos individuais.	
Observação:	Verificar se o aluno apresentou alguma dificuldade com o material escolhido para a realização do estudo individual. Caso seja necessário, mudar o material. O último objetivo não tem a pretensão de ser atingido ao final desta aula, trata-se de uma atividade a ser desenvolvida fora de sala de aula.	

Aulas 6 e 7: Apresentação da solução do problema		Data: 28/11/2019 e 03/12/2019
Objetivos:	Usando os conceitos e fenômenos da FM estudados, apresentar solução do problema de FM proposto; Em relação aos questionamentos realizados pelo professor, argumentar acerca dos conceitos e fenômenos da FM.	
Carga horária:	100 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar a organização das apresentações;	Ouvir com atenção; Expor suas considerações acerca dos conceitos e fenômenos de FM estudados; Escrever novas anotações no caderno de anotações sempre que necessário.

	Questionar os alunos quando for necessário;	Apresentar a solução do problema de FM;
	Solicitar que os alunos dialoguem acerca dos conceitos e fenômenos envolvidos no problema apresentado.	Expor suas considerações acerca dos conceitos e fenômenos de FM estudados; Escrever novas anotações no caderno de anotações sempre que necessário.
Recursos:	Datashow; Caderno de anotações	
Avaliação:	Rubrica - anotações realizadas no caderno de anotações (diário de bordo); Rubrica – apresentação oral referente a solução do problema proposto	

Aula 8: Avaliação final e avaliação da proposta da ABP		Data: 05 / 12 / 2019
Objetivos:	Resolver uma avaliação acerca dos conceitos da FM	
Carga horária:	50 minutos	
Atividades:	Professor	Aluno
	Apresentar para os alunos uma avaliação a ser resolvida; Solicitar que os alunos resolvam a avaliação	Ouvir com atenção; Responder as perguntas contidas na avaliação (utilizar diagramas, ilustração e cálculos matemáticos sempre que necessário)
Recursos:	Datashow; Caderno de anotações	
Avaliação:	Gabarito da avaliação	

APÊNDICE C – RUBRICA

AULA 1

Critérios	Identificação dos elementos básicos do tema			
Desempenho	1	2	3	4
	Não foi capaz de identificar os elementos básicos (perda de energia, emissão de luz, emissão de diferentes cores) necessários para o estudo do tema	Foi capaz de identificar alguns dos elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, mas não fez discriminação dos termos relacionados a Física	Foi capaz de identificar alguns dos elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que foi também capaz de discriminar apenas termos relacionados a Física, mas apresentou respostas incoerentes	Foi capaz de identificar todos os elementos básicos (termos, conceitos e fenômenos) necessários para o estudo do tema, em que fez-se a discriminação apenas dos termos relacionados a Física, apresentando respostas coerentes
Nota por critério	Aula 1			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

AULA 2

Crítérios	Identificação dos termos contidos no problema			
Desempenho	1	2	3	4
	Não foi capaz de identificar os termos contidos no problema	Foi capaz de identificar apenas um termo, conceito ou fenômeno contido no problema	Foi capaz de identificar alguns termos, conceitos e fenômenos contidos no problema	Foi capaz de identificar todos os termos, conceitos e fenômenos possíveis contidos no problema
Nota por critério	Aula 2 (1)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

Critérios	Classificação dos temas identificados			
Desempenho	1	2	3	4
	Não foi capaz de classificar (em conhecidos e desconhecidos) os termos	Foi capaz de classificar (em conhecido ou desconhecido) apenas um termo, conceito ou fenômeno contido no problema	Foi capaz de classificar (em conhecidos e desconhecidos) alguns dos termos, conceitos e fenômenos contidos no problema	Foi capaz de classificar (em conhecidos e desconhecidos) todos, possíveis, termos, conceitos e fenômenos contidos no problema
Nota por critério	Aula 2 (2)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

Critérios	Declaração do conhecimento acerca dos termos conhecidos			
Desempenho	1	2	3	4
	Não declarou nada acerca dos termos contidos no problema	Foi capaz de declarar o que sabe acerca de um termo, conceito ou fenômeno contidos no problema; ou, não foi capaz de declarar com clareza o que sabe acerca de alguns dos termos, conceitos e fenômenos contidos no problema	Foi capaz de declarar com coerência o que sabe acerca de alguns dos termos, conceitos e fenômenos contidos no problema; ou foi capaz de declarar o que sabe acerca dos termos, conceitos e fenômenos contidos no problema, mas demonstrou incoerência nas respostas	Foi capaz de declarar com clareza o que sabe acerca de todos os termos, conceitos e fenômenos contidos no problema
Nota por critério	Aula 2 (3)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

AULA 3

Critérios	Descrição da “teoria” pessoal para solução do problema			
	1	2	3	4
Desempenho	Não foi capaz de descrever a “teoria” pessoal para solução do problema	Foi capaz de descrever uma “teoria” pessoal para solução do problema, mas não demonstrou clareza das ideias, não foi capaz de construir diagramas e/ou também não fez relações com seus conhecimentos prévios	Foi capaz de descrever uma “teoria” pessoal para solução do problema, em que demonstrou clareza das ideias, mas não foi capaz de construir diagramas e/ou também não fez relações com seus conhecimentos prévios	Foi capaz de descrever uma “teoria” pessoal para solução do problema, em que demonstrou clareza das ideias, foi capaz de construir diagramas e/ou também fez relações com seus conhecimentos prévios
Nota por critério	Aula 3 (1)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

Critérios	Seleção dos conceitos para estudo			
	1	2	3	4
Desempenho	Não foi capaz de selecionar os termos, conceitos e fenômenos para realização de estudo individual	Foi capaz de selecionar apenas um termo, conceito ou fenômeno para realização do estudo individual	Foi capaz de selecionar os termos, conceitos e fenômenos que estavam presentes nas questões norteadoras para realização do estudo individual	Foi capaz de selecionar os termos, conceitos e fenômenos além das questões norteadoras para realização do estudo individual
Nota por critério	Aula 3 (2)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

Critérios	Seleção do material para estudo			
Desempenho	1	2	3	4
	Não foi capaz de selecionar o material para estudo	Foi capaz de selecionar um material para estudo, mas não se preocupou na qualidade das informações (utilizou apenas uma referência, sites com informações sem referências teóricas, textos sem referência e/ou vídeos de canais não acadêmicos) obtidas por meio da fonte de estudo	Foi capaz de selecionar um material para estudo, em que se preocupou na qualidade das informações (utilizou mais de uma referência, sites com informações referenciadas teoricamente, textos com referência e/ou vídeos de canais acadêmicos) obtidas por meio da fonte ou foi capaz de selecionar vários materiais para estudo, mas não se preocupou na qualidade das informações (utilizou apenas uma referência, sites com informações sem referências teóricas, textos sem referência e/ou vídeos de canais não acadêmicos) obtidas por meio da fonte de estudo	Foi capaz de selecionar mais de um material para estudo, em que se preocupou na qualidade das informações (utilizou mais de uma referência, sites com informações referenciadas teoricamente, textos com referência e/ou vídeos de canais acadêmicos) obtidas por meio da fonte
Nota por critério	Aula 3 (3)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

AULA 4

Critérios	Descrição dos conceitos e fenômenos estudados			
	1	2	3	4
Desempenho	Não foi capaz de descrever nada acerca dos conceitos e fenômenos estudados	Foi capaz de descrever alguns dos conceitos e fenômenos estudados, mas não demonstrou clareza das ideias e pode ou não ter apresentado anotações com referências dos materiais utilizados para estudo	Foi capaz de descrever alguns dos conceitos e fenômenos estudados, demonstrou clareza das ideias e apresentou anotações sem referências dos materiais utilizados para estudo	Foi capaz de descrever os conceitos e fenômenos estudados, demonstrou clareza das ideias e apresentou anotações com referências dos materiais utilizados para estudo
Nota por critério	Aula 4 (1)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

Critérios	Seleção dos conceitos para novo estudo			
	1	2	3	4
Desempenho	Não foi capaz de selecionar os conceitos e fenômenos para realização de novo estudo individual	Foi capaz de selecionar apenas um conceito ou fenômeno que necessitava de novo estudo individual	Foi capaz de selecionar alguns conceitos e fenômenos que necessitam de novo estudo individual	Foi capaz de selecionar todos os conceitos e fenômenos que necessitam de novo estudo individual
Nota por critério	Aula 4 (2)			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

AULA 5

Critérios	(RE)Descrição dos fenômenos e conceitos estudados			
	1	2	3	4
Desempenho	Não foi capaz de descrever nada acerca dos conceitos e fenômenos estudados	Foi capaz de descrever alguns dos conceitos e fenômenos estudados, mas não demonstrou clareza das ideias e/ou não apresentou anotações com referências dos materiais utilizados para estudo	Foi capaz de descrever alguns dos conceitos e fenômenos estudados, demonstrou clareza das ideias e apresentou anotações sem referências dos materiais utilizados para estudo	Foi capaz de descrever os conceitos e fenômenos estudados, demonstrou clareza das ideias e apresentou anotações com referências dos materiais utilizados para estudo
Nota por critério	Aula 5			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

AULAS 6 E 7

Critérios	Apresentação da solução do problema			
	1	2	3	4
Desempenho	Não apresentou a solução do problema	Foi capaz de apresentar parcialmente a solução do problema, mas não demonstrou ter clareza dos conceitos e fenômenos, não apresentou fundamentação teórica; ou não apresentou fundamentação teórica de qualidade	Foi capaz de apresentar parcialmente a solução do problema, demonstrou ter clareza dos conceitos e fenômenos, apresentou fundamentação teórica de qualidade	Foi capaz de apresentar a solução do problema, demonstrou ter clareza dos conceitos e fenômenos, apresentou fundamentação teórica de qualidade
Nota por critério	Aula 6 e 7			
Aluno 1				
Aluno 2				
Aluno 3				

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado(a) participante:

Venho, por intermédio deste, convidá-lo(a) a participar da pesquisa de mestrado do Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico, linha de Recursos para o Ensino Técnico e Tecnológico, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) – Campus Manaus Centro, sob orientação do Professor Dr. João dos Santos Cabral Neto, desenvolvida pela professora mestrandia Karen Magno Gonçalves.

A pesquisa “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA MODERNA POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS” será desenvolvida no ano de 2019, e tem como objetivo geral investigar em que aspectos uma proposta didática que utiliza como estratégia de ensino a Aprendizagem Baseada em Problemas pode contribuir para promover aprendizagem significativa de conteúdos da Física Moderna de alunos do 3º ano do ensino médio.

Vossa senhoria participará como sujeito da pesquisa respondendo às demandas aplicadas via diário de bordo, questionários, problemas, apresentação e, possivelmente, entrevista. As compreensões e entendimentos produzidos nessa investigação poderão ser utilizados pelos Institutos Federais, Secretarias de Educação Estadual e Municipal, dentre outras que buscarem uma alternativa de estratégia de ensino para ensinar conceitos da Física Moderna a fim de promover uma aprendizagem significativa aos alunos do 3º ano do ensino médio.

O uso das informações coletadas a partir dos meios citados no parágrafo anterior serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (artigos científicos, palestras, seminários, trabalhos de conclusão de curso, produto educacional, etc).

A participação de vossa senhoria nesta pesquisa não traz complicações legais de nenhuma ordem e os procedimentos utilizados obedecem aos critérios da ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde. Os procedimentos utilizados nesta pesquisa não oferecem riscos previsíveis à sua dignidade. Todavia, os riscos apresentados pela pesquisa são moderados, tendo como risco previsível a possibilidade de tomar o tempo de vossa senhoria para responder ao questionário e para a participação das discussões. Além disso, o/a Sr./Sra. pode se sentir tímido ou embaraçado ao interagir com estranhos como a pesquisadora. Existe ainda a possibilidade dos riscos relacionados a divulgação das imagens registradas via registros fotográficos em caso de sinistro desses registros. Ressalta-se que caso se sinta constrangido ou desconfortável ao participar da pesquisa, o/a Sr./ Sra. tem a liberdade de não responder ou interromper sua participação, ainda de fazer a solicitação da retirada do seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo, mesmo após o início da coleta das informações. Me comprometo a ficar atenta aos sinais verbais e não verbais de desconforto e asseguro a garantia do sigilo das suas informações. O Sr. não terá nenhuma despesa e não há compensação financeira relacionada à sua participação na pesquisa.

Destaco novamente todo o cuidado na preservação de sua identidade quando da publicação dos dados coletados, momento que informo que os sujeitos participantes da pesquisa serão identificados somente por códigos. A colaboração terá início quando for entregue este presente TCLE devidamente assinado em duas vias, uma ficando com a pesquisadora e a outra na posse de vossa senhoria.

Em caso de dúvida, o orientador do projeto e a mestrandia poderão ser contatados por meio dos e-mails: do orientador (jneto@ifam.edu.br) e da mestrandia (goncalveskren@gmail.com).

Manaus, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do participante ou, se menor de 18 anos, do responsável.

Assinatura da pesquisadora

APÊNDICE E – PRÉ-TESTE

1 - Apontando um controle remoto para uma TV, conseguimos fazer com que ela ligue. Por que a luz de uma lanterna apontada para a TV, não consegue fazê-la ligar, uma vez que tanto no controle quanto na lanterna o que são emitidas são ondas eletromagnéticas?

2 - Descubra qual é o erro nesse verso:

Eu preciso de você
como as ondas do mar necessitam da água
como a bandeira se entristece sem o vento
como a Terra depende do Sol
como o som e a luz precisam do ar

3 - Um átomo excitado emite energia, muitas vezes em forma de luz visível, porque:

- a) um de seus elétrons foi arrancado do átomo.
- b) um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais baixos, aproximando-se do núcleo.
- c) um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais altos, afastando-se do núcleo.
- d) os elétrons permanecem estacionários em seus níveis de energia.
- e) os elétrons se transformam em luz, segundo Einstein.

Explique:

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Objetivo do questionário é investigar:

- O problema (interesse pela aprendizagem)
- Os materiais de estudo individual (material potencialmente significativo)
- A realização de estudo autônomo (construção de conhecimento)

A respeito do problema apresentado em sala de aula, como norteador do estudo dos conceitos da Física Moderna, pode-se afirmar que:

- O problema **não proporcionou** interesse para realização do estudo do tema.
- O problema **proporcionou** interesse para realização do estudo do tema.

O que você tem a dizer sobre esse assunto?

A respeito dos materiais sugeridos ou utilizados de livre escolha para a realização do estudo individual, de que modo auxiliaram na aprendizagem dos conceitos estudados?

A respeito da liberdade de escolha do material, de que modo esta liberdade auxiliou no seu processo de aprendizagem por meio do estudo individual?

Quais aspectos o estudo individual proporcionou sua aprendizagem dos conceitos estudados?

Nome: _____

APÊNDICE G - AVALIAÇÃO FINAL DA PROPOSTA²³

1) Um trecho da música “Quanta”, de Gilberto Gil, é reproduzido no destaque a seguir. Fragmento infinitésimo, Quase que apenas mental, Quantum granulado no mel, Quantum ondulado do sal, Mel de urânio, sal de rádio Qualquer coisa quase ideal. As frases “Quantum granulado no mel” e “Quantum ondulado do sal” relacionam-se, na Física, com qual conceito? Explique.

2) A escolha do ano de 2005 como o Ano Mundial da Física teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado. Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma _____, em porções que são chamadas de _____, cuja energia é proporcional à _____ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia. A sequência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é

- a) Descontínua - prótons – amplitude
- b) Contínua - prótons - amplitude
- c) Descontínua - fótons - frequência
- d) Contínua - fótons - frequência
- e) Descontínua - elétrons – frequência

3) Considere dois níveis de energia de um átomo de sódio, representados no diagrama abaixo. A diferença de energia entre os níveis (inicial e final) é igual a $3,4 \times 10^{-19} \text{ J}$ e a energia do fóton é igual a $h \cdot f$, em que h é a constante de Planck ($6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$) e f é a frequência do fóton emitido. Considerando os dados apresentados e utilizando a tabela abaixo como referência, qual a cor da luz emitida nessa transição eletrônica?

Cor	Frequência (Hz)
Violeta	4000 – 4400
Anil	4400 – 4600
Azul	4600 – 5000
Verde	5000 – 5700
Amarela	5700 – 5900
Laranja	5900 - 6200
Vermelha	6200 – 7000

4) Um teste de laboratório permite identificar alguns cátions metálicos ao introduzir uma pequena quantidade do material de interesse em uma chama de bico de Bunsen para, em seguida, observar a cor da luz emitida. A cor observada é proveniente da emissão de radiação eletromagnética ao ocorrer a

- a) Mudança da fase sólida para a fase líquida do elemento metálico.
- b) Combustão dos cátions metálicos provocada pelas moléculas de oxigênio da atmosfera.
- c) Diminuição da energia cinética dos elétrons em uma mesma órbita na eletrosfera atômica.
- d) Transição eletrônica de um nível mais externo para outro mais interno na eletrosfera atômica.
- e) Promoção dos elétrons que se encontram no estado fundamental de energia para níveis mais energéticos

Nome: _____

²³ Questões extraídas de ITA-2002; PUC - RS-2006; UNIUBE-2003 e ENEM 2019.

APÊNDICE H – ESCORE DO PROBLEMA

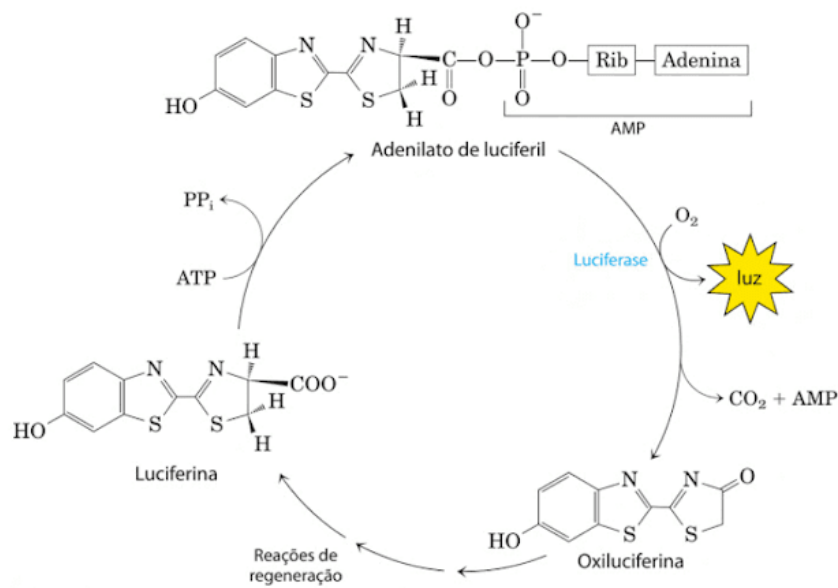
Como o vagalume emite luz?

A emissão de luz que ocorre no abdômen dos vagalumes, também chamada de piscapisca, é resultado de uma reação química de alta **energia** que ocorre quando o vagalume está pronto para escolher o seu par para acasalar.

Energia = conhecimentos prévios do termo

- **Energia mecânica (cinética + potencial)**
- **Energia interna dos gases**
- **Energia elétrica**

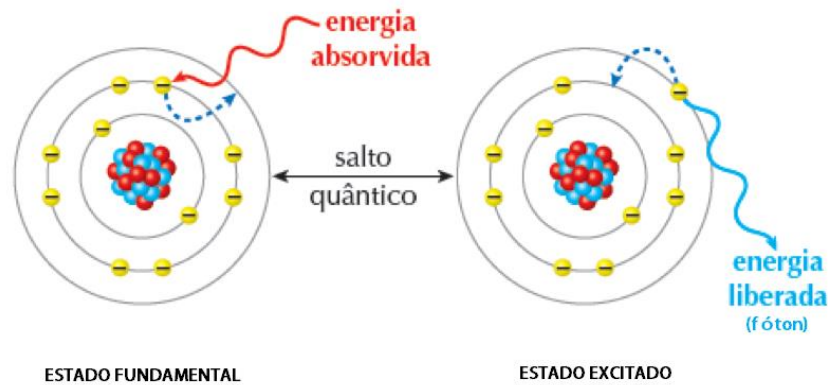
Figura 1: Componentes importantes no Ciclo de Bioluminescência do Vagalume



Fonte: Blog de engenharia química “engquimicasantosp” (2020).

A explicação de como isso ocorre dentro do organismo do vagalume pode ser realizada nas bases teóricas da Mecânica Quântica.

Figura 2: Salto quântico de Bohr



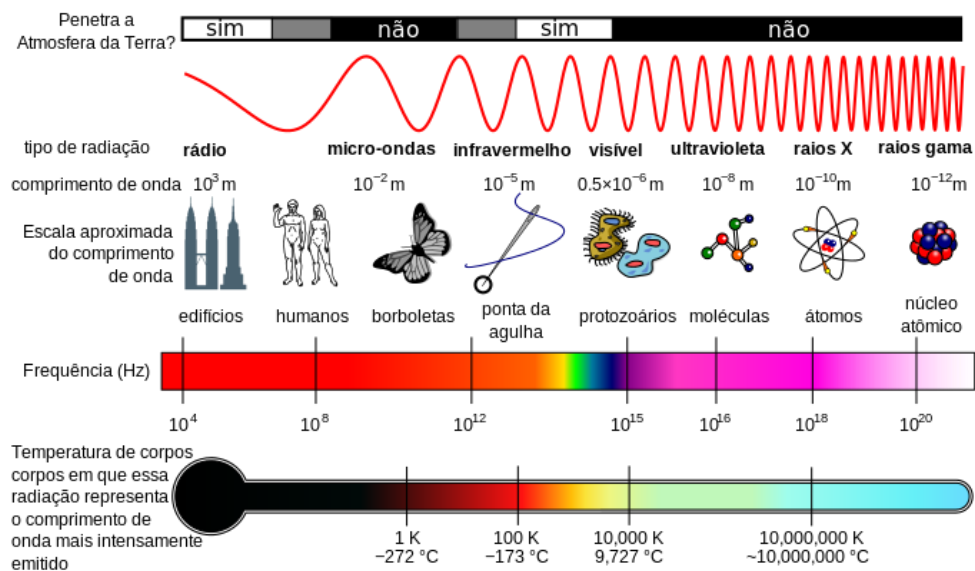
Fonte: modificado de Redes – Moderna (2020).

Esse salto ocorre durante a reação química. A cor do fóton emitido (do pisca-pisca do vagalume) vai depender da energia liberada no **salto quântico**. Esse cor é determinada por uma característica chamada **frequência**.

Frequência = conhecimentos prévios do termo

- **Movimento Harmônico Simples**
- **Estudo das ondas**
- **Luz é uma onda eletromagnética**
- **Energia elétrica**

Figura 3: Espectro eletromagnético



Fonte: Wikipedia (2020).

Sabendo que a energia é responsável pela cor do vagalume e que a cor é classificada pela frequência, temos a seguinte relação entre energia e frequência.

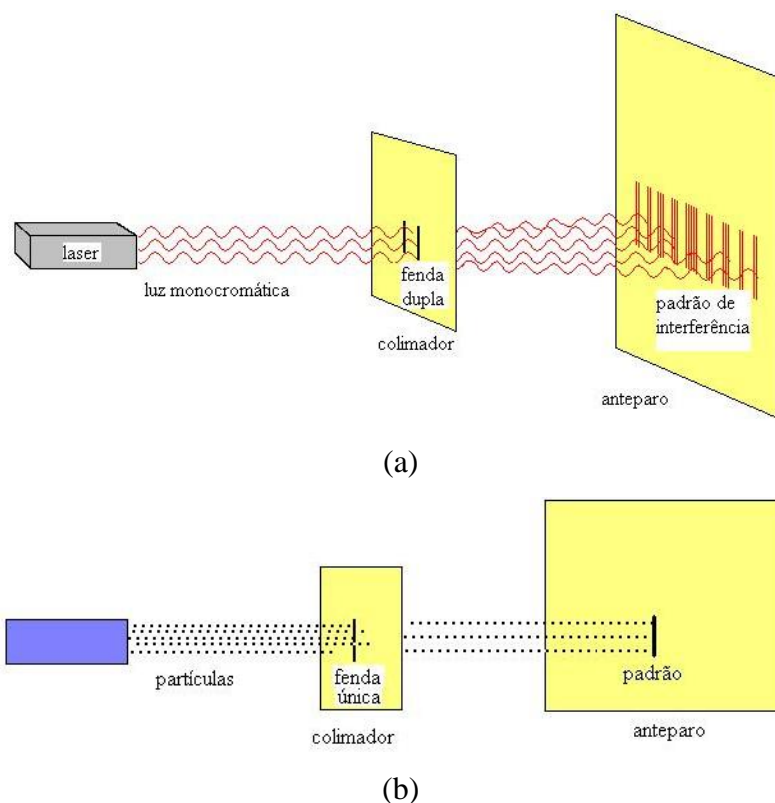
$$E = h.f$$

Onde h é a constante de proporcionalidade de Planck. A partir dessa equação podemos analisar que, quanto maior a energia do fóton emitido, maior será a frequência deste.

Outro aspecto importante a ser destacado trata-se dos valores que a energia deve ter para que a luz seja emitida em uma determinada frequência, neste caso, a energia se comporta de maneira discreta, ou seja, para que o salto quântico ocorra o elétron deve absorver uma quantidade de energia bem definida, o que chamamos de **pacote de energia** (quantum).

Essa explicação norteia o estudo de outro conceito, a **natureza da luz**. Vimos que a luz é uma onda eletromagnética, mas agora sabemos que esta também se comporta como partícula, como o fóton, logo podemos afirmar que esta tem as duas características onda e partícula, mas não ao mesmo tempo. Dependendo da experiência observada, a luz irá se comportar de uma forma única, ou onda, ou partícula. No caso da emissão de luz pelos vagalumes, verificamos que esta aparece como partícula.

Figura 4: (a) Luz como onda e (b) luz como partícula.



Fonte: Infoescola (2020)