

**O ENSINO DA FÍSICA NO CONTEXTO DA
HISTÓRIA, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
– UMA PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

GUARAPUAVA

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**O ENSINO DA FÍSICA NO CONTEXTO DA HISTÓRIA,
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE – UMA
PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANDRÉIA HORNES MACEDO

GUARAPUAVA, PR

2016

ANDRÉIA HORNES MACEDO

**O ENSINO DA FÍSICA NO CONTEXTO DA HISTÓRIA, CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E SOCIEDADE – UMA PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Física, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Sandro Aparecido dos Santos

Orientador

GUARAPUAVA, PR

2016

ANDRÉIA HORNES MACEDO

**O ENSINO DA FÍSICA NO CONTEXTO DA HISTÓRIA, CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E SOCIEDADE – UMA PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Física, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 08 de dezembro de 2016.

Prof. Dr. Sérgio de Mello Arruda – UEL

Prof. Dr. Ricardo Yoshimitsu Miyahara – UNICENTRO

Prof. Dr. Sandro Aparecido dos Santos UNICENTRO
Orientador(a)

GUARAPUAVA, PR

2016

Dedico a
Meu esposo, Claudio Murilo,
E a nossos filhos Rafaela e Bruno,
Pelo amor, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A Deus, soberano

Ao Claudio Murilo, pelo amor, pelo auxílio na realização desse trabalho e pela compreensão nos momentos de ausência

Aos meus pais e familiares pelo apoio

Aos colegas de turma, Bárbara, César, Cibelli, Élide, Evandro, Regiane, Samuel, Tiago, Viviane, pela amizade e pelos bons momentos

À Suelen Felicetti, pela amizade construída, pelos estudos compartilhados e pela companhia

À amiga Elena Bini, pelo carinho e incentivo

À Equipe de Ensino do Colégio Agrícola, colegas professores, diretores e em especial à pedagoga Aline

Aos meus alunos do Curso Técnico em Agropecuária pelo comprometimento

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação pelo profissionalismo

À professora Elisa e ao professor Ricardo pelas contribuições a este trabalho

Ao professor Sérgio Arruda por suas importantes considerações

Ao professor Sandro, pelas orientações e por acreditar em meu trabalho!

*Portanto não se inquieteis pelo dia de amanhã,
Pois o amanhã trará os seus cuidados...
(Mt 6:34)*

SUMÁRIO

Resumo	i
Abstract	ii
1. Introdução	1
2. Referencial Teórico	4
2.1. O ensino de Física	4
2.2. Aprendizagem Significativa no Ensino de Física	6
2.3. A Ciência, a Tecnologia e a Sociedade como perspectivas para o ensino.....	8
3. Construindo uma proposta	11
3.1. A integração entre História, Ciência, Tecnologia e Sociedade – a perspectiva HCTS	11
3.1.1. O aspecto Histórico.....	12
3.1.2. O aspecto Científico	13
3.1.3. O aspecto Tecnológico	14
3.1.4. O aspecto Social	15
3.2. Proposta HCTS.....	15
3.3. O Efeito Fotoelétrico como temática de ensino na perspectiva HCTS.....	17
3.3.1. Construção Histórica do Efeito Fotoelétrico.....	17
3.3.2. Construção científica do Efeito Fotoelétrico.....	18
4. Materiais e Métodos	22
4.1. Metodologia da pesquisa	22
4.2. Elaboração do Caderno Didático-Metodológico.....	23
4.2.1. O Plano de Trabalho Docente (PTD)	24
4.2.2. A Sequência Didática (SD)	26
4.3. Elaboração do Questionário (Pré-teste e Pós-teste)	27
4.4. O Diário de Bordo.....	33
4.5. Análise dos resultados	35
4.6. Projetos desenvolvidos na perspectiva HCTS e aplicados no Ensino Médio	37
4.2.1. Máquinas de Voar	37
4.2.1. Máquinas a Vapor	40
4.2.1. Luz e Cores	45
4.2.1. Modelos Atômicos	51
5. Resultados e Discussão	58
5.1. Questionário	58
5.1.1. Discussão das questões	62
5.2. Diário de Bordo	64

5.3. Sequência Didática	66
6. Conclusões	73
7. Resultados e Discussão	75
Apêndice	80

RESUMO

Andréia Hornes Macedo: O Ensino da Física no Contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade – uma proposta para a aprendizagem significativa.

O ensino de Física, diante dos avanços na atualidade, não pode se restringir ao estudo de fenômenos isolados, requer muito mais do que fórmulas e definições prontas. Dessa forma, inserir no contexto da sala de aula os aspectos históricos que envolvem o desenvolvimento das teorias científicas, pode transformar a visão simplista, intuitiva e linear da ciência, o que leva a compreender os avanços tecnológicos e sua finalidade ao longo do tempo, bem como a reação sofrida pela sociedade e quais os impactos relacionados ao progresso científico. O presente trabalho buscou desenvolver uma estratégia de ensino através de uma abordagem integrada, apresentada em uma sequência didática, envolvendo o contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS) na perspectiva de uma aprendizagem significativa, em que os conceitos físicos fossem relevantes aos estudantes. Para tanto, optou-se pela pesquisa qualitativa, descritiva e exploratória e delineada como pesquisa-ação, por permitir o envolvimento dos sujeitos da pesquisa. Durante a construção da sequência didática observou-se as relações com a perspectiva HCTS e o conteúdo referente ao Efeito Fotoelétrico propondo a construção do conhecimento científico. Pela análise dos dados coletados antes e depois da sequência didática é possível destacar que a prática elaborada conseguiu abordar os aspectos propostos proporcionando a ancoragem dos conceitos físicos explorados, sendo observado indícios de aprendizagem segundo previsto na teoria da aprendizagem significativa adotada no processo.

Palavras-Chave: HCTS, Efeito Fotoelétrico, Aprendizagem Significativa

ABSTRACT

Andréia Hornes Macedo. The physics teaching in the context of history, science, technology and society (HSTS) – a proposal for the meaningful significant learning

The teaching of physics, before advances that are occurring, cannot be restricted to the study of isolated phenomena, because it requires much more than ready formulas and definitions. Insert in the classroom context the historical aspects involving the development of scientific theories, transforms completely the simplistic, intuitive and linear science, which conduce to understanding the technological advances and its purpose over time, and the reaction suffered by the society and the impacts related to scientific progress. This study aims to develop a teaching strategy through an integrated approach, involving the context of History, Science, Technology and Society (HSTS) in view of a meaningful learning, in which physical concepts are relevant to students. Also it will be described a teaching sequence on the Photoelectric Effect, Modern Physics and Contemporary contents, third year of high school, with the steps of the proposal, highlighting the importance of Physical education in approach HCTS. The History of Science has an immeasurable importance in the understanding of physical concepts, its fluidity can involve science, technology and society, in a way that these aspects can be integrated significantly by the subjects of the process.

Keywords: HSTS, Photoelectric Effect, Meaningful Learning.

1. INTRODUÇÃO

Concepções atuais que estudam o ensino e a aprendizagem das Ciências Naturais compreendem o mundo científico além de suas teorias, que se apresentam resumidas em conceitos, definições e fórmulas. No intuito de atender a essa expectativa ocorre a valorização da contextualização, que se faz presente nas relações com a tecnologia, meio ambiente e com o desenvolvimento sociocultural. Dessa forma, temos que o conhecimento científico é muito mais amplo do que se costuma apresentar em sala de aula, e, ao contextualizar um tema específico da Física é possível estabelecer relações com o meio histórico-social, com aspectos ambientais e com aspectos tecnológicos, proporcionando aos alunos a análise crítica a respeito dos conteúdos científicos curriculares e seu vínculo com o cotidiano.

No entanto, existe a dificuldade de se estruturar um ensino de Física contextualizado sem que o conteúdo científico seja minimizado, e por sua vez, valorizando as relações que existem entre a Física e o dia a dia do estudante. A formação de um cidadão crítico, segundo consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais exige sua inserção numa sociedade em que o conhecimento científico e tecnológico é cada vez mais valorizado (PCNEM, 2002, p. 15). Dessa forma, para promover essa formação é necessária uma reflexão acerca das relações entre o que é ensinado e o que acontece na sociedade.

Nesse contexto, uma atividade docente pautada no enfoque da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) seria capaz de abranger esses aspectos, segundo Bazzo e Colombo (2001) “esta é uma área de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia, tendo em vista suas relações, consequências e respostas sociais” (BAZZO e COLOMBO, 2001, p. 93). Mas será que esta proposta seria suficiente para compreender como o pensamento científico contribuiu para a construção do conhecimento, como está associada à evolução tecnológica e quando as expectativas de uma sociedade em constante transformação serão superadas? Dessa forma, para que esses pontos possam ser unificados, é necessário buscar um eixo de ligação, o qual se dá pela História da Ciência.

A História da Ciência apresentada aos estudantes do ensino médio muitas vezes se resume à biografia de um cientista e ao resumo de sua obra, sem mencionar os aspectos que levaram a tal investigação, quais os participantes da pesquisa e quais as contribuições para a sociedade. Segundo Preto (1985, p. 77) a ciência é apresentada de forma a-histórica, sem referência a seu processo de construção, e o pior, passa a visão de depósito, onde se guardam as vidas dos cientistas, seus feitos e suas obras.

O Ensino de Física necessita de mudanças, ensinar o conteúdo pelo conteúdo não leva à compreensão do contexto, passando a ideia da Física como uma Ciência pautada na solução

de fórmulas e equações, totalmente desconexa da realidade. O conteúdo ensinado para que seja significativo, deve ser trabalhado de forma crítica e reflexiva, características que uma abordagem tradicional de ensino não contempla, pois não promove, com eficiência, a contextualização, o debate e a reflexão. A forma como se ensina pode ser a ponte para despertar o interesse dos estudantes em compreender a natureza da ciência, por isso, sua transformação é importante no processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, alguns questionamentos são levantados: Quais as implicações que uma metodologia pautada na perspectiva da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS) pode proporcionar aos estudantes quanto a aprendizagem significativa dos conceitos da Física? Uma proposta com esse direcionamento pode auxiliar o professor na realização de mudanças na forma de ensinar? A contextualização relacionando os quatro aspectos na perspectiva HCTS podem contribuir para a aprendizagem?

Assim, a pesquisa visa desenvolver uma proposta com estratégias metodológicas na abordagem HCTS, direcionada para o ensino de Física na educação básica, elaborada na forma de caderno com embasamento teórico e prático, de modo a investigar a percepção da proposta na efetivação dos conceitos abordados, propondo ações didáticas que facilitem o processo de ensino e aprendizagem.

A ênfase na perspectiva HCTS se dá por reconhecer que mesmo sendo ausente dos currículos de Física das escolas públicas, ela é indissociável dos conteúdos, pois responde aos questionamentos acerca da disciplina: quem, quando, onde, como, porque e para quê. As mudanças nas atitudes didático-metodológicas são necessárias e a opção pela presente proposta se justifica pela dimensão contextual a qual possibilita uma visão renovada para o ensino de Física, trazendo significado aos conteúdos estudados.

Uma proposta que modifica a dinâmica da sala de aula com estratégias diferenciadas favorece o diálogo e o comprometimento dos alunos promovendo uma aprendizagem construtiva e conseqüentemente significativa, pois a motivação é o passo mais eficiente para que haja aprendizagem, pois antes de tudo o aluno precisa estar disposto a aprender. Pode-se considerar que inserir a História da Ciência no contexto educacional, em especial no ensino da Física, fundamentado em teorias contemporâneas da aprendizagem e apresentando características contextualista, caracteriza-se como um meio motivador e facilitador da aprendizagem. Além de auxiliar na compreensão dos fenômenos, essa perspectiva contribui também para a construção do conhecimento científico.

O ensino da Física Moderna ainda ocorre de forma tímida, deixada para o final do ano, quando muitas vezes “não há mais tempo”. Isso ocorre principalmente por despreparo do docente, pois os conteúdos científicos que podem ser abordados apresentam grandes

possibilidades de contextualização, tanto no contexto histórico quanto tecnológico, promovendo debates produtivos acerca das contribuições para a sociedade e das consequências também. O Efeito Fotoelétrico é um bom exemplo para essa representação, possui um delineamento histórico que envolve vários cientistas, desde sua observação, teorização e comprovação, com diferentes possibilidades de encaminhamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O Ensino de Física

Repensar o ensino da Física num contexto social em constante transformação requer “quebras de paradigmas”. Mudar ideias padronizadas não é fácil, mas é mais fácil do que mudar as atitudes perpetuadas. No discurso, as metodologias são sempre bem fundamentadas, visam a aprendizagem e a formação do cidadão crítico, consciente. Porém, na prática, o desafio da sala de aula vai além dos domínios do professor, que, ao propor novas práticas de ensino, enfrenta inicialmente seus próprios limites e então depara-se com dificuldades persistentes no ensino da ciência.

A busca por soluções às dificuldades relacionadas ao ensino da Física no Brasil levou os pesquisadores da área a reunirem-se em 26 de janeiro de 1970, no Instituto de Física da USP quando ocorreu o primeiro contato oficial com a realização do I Simpósio Nacional de Ensino de Física. Os principais pontos passíveis de críticas ainda naquela época estavam relacionados principalmente a formação do professor, a pauta discutida, segundo Nardi (2005) está transcrita resumidamente abaixo:

- *São poucos os professores de Física no ensino médio;*
- *As faculdades de Filosofia não estão formando professores. Preocupam-se muito mais em dar uma formação sólida em Matemática e Física [...] sem se preocupar com a formação pedagógica.*
- *Ao sair da faculdade de Filosofia, o aluno é considerado formado e nunca mais é chamado à faculdade, para cursos de atualização, aperfeiçoamento e outros.*
- *Os professores, de maneira geral, estão desorientados.*
- *Há uma grande quantidade de livros didáticos, cada um orientado de forma diferente, inexistindo uma orientação única para o ensino secundário.*
- *Inexistem, igualmente, programas de assistência eficientes aos professores que pretendem lutar contra a improvisação e a rotina. A dificuldade em se conseguir material de ensino é quase intransponível.*
- *Geralmente, dentro da escola, o professor precisa lutar contra a mentalidade da administração que muitas vezes nada compreende de ensino.*
- *A desorientação agrava-se no que diz respeito às exigências dos exames vestibulares, que atualmente não estão servindo para medirem a capacidade de aprendizagem e o raciocínio dos candidatos. O professor não pode preocupar-se em ensinar o aluno a estudar e raciocinar, dando-lhe conceituações básicas, mas, pressionado pelos*

próprios alunos, precisa “ensinar a fazer as provas de vestibular”.

Essas dificuldades pautadas para discussão e críticas em 1970 parecem ter sido escritas hoje. As principais dificuldades presentes no ensino de Física a mais de quarenta anos ainda persistem, muitas delas continuam sendo a pauta em diferentes eventos científicos relacionados ao ensino. No entanto, o marco histórico deste evento, se resume no fato de se reunir pesquisadores com o intuito de rever a prática educacional e buscar soluções para os pontos acima destacados.

Hoje, persiste ainda a falta de professores licenciados em Física atuando no ensino médio, e professores de outras áreas, principalmente em Matemática, assumem estas aulas, e, logicamente por sua formação, sente-se muito mais seguro ministrando suas aulas com base na Física Clássica, e propondo grande importância às fórmulas, equações, contribuindo para um ensino fragmentado da ciência, evidenciando a desmotivação, logo, a falta de aprendizagem.

No entanto, nem sempre ser formado em Física resolve o problema. Atualmente os cursos de licenciatura em Física têm proporcionado mais ênfase às práticas pedagógicas, mas, a pouco tempo quase não se observava diferença entre as grades curriculares de um curso de Licenciatura em Física com um curso de Bacharelado em Física, os conteúdos eram equivalentes e a formação voltada mais para o físico pesquisador do que para o físico professor. Esse fator, por sinal muito importante, reflete diretamente na formação dos alunos de ensino médio, que continuam vendo a Física como uma matemática problematizada.

Estar em constante aperfeiçoamento é ainda um grande desafio. Os professores que atuam no ensino médio têm geralmente, um número excessivo de aulas, a fim de compensar a baixa remuneração. Um professor que esteja trabalhando pelo menos 40h/a semanais, que tem o compromisso de preparar suas aulas, elaborar atividades avaliativas, corrigir essas atividades, cumprir com as determinações burocráticas que as políticas educacionais exigem (elaboração da proposta pedagógica, do plano anual de ensino, do plano de trabalho docente, entre outros), dificilmente terá ânimo para buscar cursos de atualização. Em prejuízo, com o passar dos anos, suas aulas vão automaticamente empobrecendo.

Os materiais didáticos, como por exemplo, os livros didáticos, estão mais evidentes nas escolas. Os programas governamentais já estão a algum tempo distribuindo os livros escolhidos pelos professores, o que representa um ponto positivo para a educação. No entanto, a falta de orientação em sua utilização acaba gerando uma aprendizagem superficial. O livro didático deveria servir ao professor como um material de apoio, e não ditar sua rotina. O comodismo proporcionado em tomar o livro como orientação dos conteúdos de ensino provoca um grande prejuízo no processo educacional, pois tende a agravar a falta de interesse

e motivação por parte dos educandos.

Ainda como reflexo das políticas governamentais voltadas para a educação, muitas escolas já dispõem de laboratórios de informática para uso de professores e alunos como resposta a melhoria na qualidade de ensino através da implementação dos meios tecnológicos na escola. Novamente cabem aqui os aspectos voltados para a formação dos professores, para os cursos de capacitação/atualização, enfim, a prática do professor em saber como utilizar os meios tecnológicos disponíveis e como estes farão a diferença em sua prática pedagógica.

Outro agravante vivenciado ainda na prática educacional é a avaliação. Como e o que avaliar são questões que merecem uma discussão mais direcionada, mesmo porque, muitas vezes nos perguntamos como e o que ensinar diante de tantos conteúdos possíveis. Enquanto o sistema de ensino exigir que os alunos tenham “nota para passar de ano” e que o índice de reprovação seja o menor possível, nos deparamos com um obstáculo permanente entre o processo de ensinar e aprender. Ao contornar o obstáculo contribuimos com uma aprendizagem superficial, e estes alunos acabam não sendo nem preparados para o vestibular e nem preparados para o convívio numa sociedade contemporânea, em constante transformação.

2.2. Aprendizagem Significativa no Ensino de Física

As teorias da aprendizagem buscam explicar como ocorrem os fenômenos que envolvem o aprender, se baseiam na introspecção e na reflexão, característica das teorias racionais e filosóficas. Para Moreira (1999), uma teoria é uma tentativa humana de sistematizar uma área de conhecimento, uma maneira particular de ver as coisas, de explicar e prever observações, de resolver problemas. A Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David P. Ausubel traz a aprendizagem significativa como sendo o conceito central, relacionada como um processo através do qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (CARMO FILHO et al, 2004, p. 1591). Nessa interação, as novas informações adquirem significado e se tornam parte integrada à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos conhecimentos prévios existentes, os subsunçores, segundo Buchwetz (2001).

O processo da aprendizagem significativa ocorre, segundo Ausubel et al (1978), quando ideias simbólicas se relacionam de forma não literal e não arbitrária com o conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aluno, de forma relevante e que leve a aprendizagem do novo conceito (AUSUBEL et al. 1978, apud MOREIRA, 1999, p. 155).

Assim, para que ocorra a aprendizagem significativa, é necessário que o material a ser utilizado proporcione essa relação e incorpore o objeto de estudo com a estrutura cognitiva do aprendiz. Essa condição requer um material com características que facilitem a aprendizagem, que seja potencialmente significativo. Segundo Moreira (2011, p.51), materiais instrucionais podem ser potencialmente significativos, para tanto devem ter estrutura, organização, exemplos, linguagem, que sejam aprendíveis, com significado lógico. Ainda segundo o autor, o significado está nas pessoas e não nas coisas.

Assim, a aprendizagem torna-se significativa quando a nova informação ancora-se aos subsunçores, conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais, mais inclusivos (MOREIRA, 1999, p. 153).

Quando o processo de ancoragem da nova informação ocorre, modifica o subçunçor, e quando isso não ocorre, a nova informação não consegue se ligar a algo já conhecido, ocorre a aprendizagem mecânica, que segundo Ausubel, é o que acontece quando as novas informações não interagem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Dessa forma o aprendiz “decora” fórmulas e leis para determinada situação e as esquece depois. Segundo Pontes Neto (2006) não haverá aprendizagem significativa, se houver o propósito de memorizar arbitrariamente as partes componentes desse material, em vez de se procurar aprendê-lo significativamente.

Para o desenvolvimento de conceitos subsunçores, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do assunto a ser aprendido. Ou seja, um conteúdo de maior nível de generalidade do que aquele que será aprendido, que relaciona ideias contidas na estrutura cognitiva e ideias contidas na tarefa de aprendizagem. (PONTES NETO, 2006, p 120).

Segundo o próprio Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o novo assunto possa ser aprendido de forma significativa. Para Pontes Neto (2006) deve ser estudado antes do aluno realizar a tarefa de aprendizagem em questão, e tem o intuito de servir como elo entre o que ele já sabe e o que deseja saber, de maneira a evitar a aprendizagem mecânica e garantir a aprendizagem significativa. O uso desses organizadores, portanto, é uma estratégia para manipular a estrutura cognitiva e, assim, facilitar a aprendizagem significativa.

Para Moreira (2012), a aprendizagem significativa ocorre quando as ideias interagem de forma não literal e não arbitrária ao que o estudante já conhece. Essa interação se deve a

existência de um conhecimento preexistente na estrutura cognitiva desse aprendiz. A relevância desse conhecimento indicará sua importância para o processo de ensino e aprendizagem, sendo denominado por Ausubel como um subsunçor. Esse conhecimento que o aluno já possui pode ser um conceito, um modelo, uma imagem, um símbolo, algo significativo que possa servir de âncora para a aprendizagem de um novo conhecimento.

A aprendizagem significativa pode ser dividida, segundo Ausubel et al (1980) em três tipos de aprendizagem: a representacional, proposicional e a de conceitos.

A Aprendizagem Representacional é basicamente uma associação simbólica primária, é o tipo mais básico de aprendizagem da qual dependem as demais. Atribui significados a símbolos como por exemplo valores sonoros vocais a caracteres linguísticos com suas referências, como objetos, eventos e conceitos. Esses símbolos passam a significar para o aprendiz o que as referências significam.

A Aprendizagem Proposicional é o inverso da Representacional. Requer os conhecimentos prévios que os conceitos e símbolos fornecem, mas seu principal objetivo é compreender o significado de ideias na forma de proposição, do que está além da soma de conceitos e significados mais ou menos abstratos (AUSUBEL, 1980, apud MOREIRA, 1999, p. 157).

A Aprendizagem de Conceitos é uma extensão da Aprendizagem Representacional, mas num nível mais abrangente e abstrato em que conceitos podem ser representados por símbolos pessoais, de forma genérica ou categórica. Em relação a Aprendizagem de Conceitos, Moreira (1999) destaca a existência de subsunçores. Como a estrutura cognitiva procura organizar hierarquicamente seus conteúdos, a relação de significados para os materiais de aprendizagem, refletem uma subordinação à esta estrutura, em que conceitos e proposições potencialmente significativos são “subsumidos” sob ideias mais abstratas, gerais e inclusivas, os subsunçores.

2.3. A Ciência, a Tecnologia e a Sociedade como perspectivas para o ensino

A alfabetização científica e tecnológica é vista hoje como uma necessidade contemporânea (SANTOS e SCHNETZLER, 1997). Não como uma forma de demonstrar o que a ciência fez de bom ou de ruim, como é apresentado pela mídia, mas sim, de demonstrar as representações associadas ao comportamento dos cidadãos no que diz respeito às formulações teóricas (FOUREZ, 1995). Essa tem sido a principal proposição dos currículos com ênfase em CTS. No entanto, o embasamento histórico é igualmente essencial, leva a compreensão dos fatos de maneira integrada e panorâmica, mostrando-se relevante na

atualidade.

No ensino de Física tradicional, a abordagem privilegia os conteúdos, esses são os dominantes do currículo e limitam o estudo das ciências, sendo constantemente alvo de críticas e questionamento, no entanto, todo o ano incorre-se no mesmo erro e as aulas são baseadas nos conteúdos em si. Dessa forma, o conhecimento científico fica fora de contexto sem favorecer o significado do conceito e sua compreensão, induzindo a memorização. Segundo autores como Bazzo et al. (2003, p. 145), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002, p. 60), Gil-Pérez e Carvalho (2000, p. 24), Santos e Mortimer (2002, p. 4), destacam suas preocupações no sentido de relacionar os problemas do cotidiano com a formação de cidadãos conscientes ativos e participativos da sociedade, estabelecendo dessa forma as relações entre a ciência, tecnologia e sociedade como aspectos que devem ser priorizados inclusive na formação de professores de ciências.

Tecnologia e ciência são termos considerados inseparáveis. A ciência representa de certa forma o intelectual, o cognitivo, enquanto que vemos na tecnologia a associação com a aplicação de técnicas, previamente pensadas, que levam a um produto final. Uma das definições mais aceitas para ciência e tecnologia é dada pela Unesco apud. Reis (2004 p.33): “a ciência é o conjunto de conhecimentos organizado sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, obtidos através do estudo objetivo dos fenômenos empíricos”; enquanto “a tecnologia é o conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos diretamente aplicáveis à produção ou melhoria de bens ou serviços”. É importante ressaltar nesse momento, a relação histórica da ciência e tecnologia com a sociedade.

A ciência, mesmo que interfira de alguma forma na sociedade, está diretamente associada com a descrição dos fenômenos, publicação de livros, artigos, teses. No entanto, a tecnologia, corresponde ao domínio de técnicas, processos e materiais úteis na produção, e é atribuída aos impactos socioeconômicos, pois sugere o bem estar da sociedade, e está vinculada a um produto ou processo final (REIS, 2004 p. 35). A ciência e a tecnologia não são neutras, elas influenciam e são influenciadas pela sociedade, de acordo com a necessidade da comunidade.

Bazzo (1998 p.19) descreve algumas visões científicas associadas aos processos de ensino, que buscam identificar a ciência e as relações significativas originárias de investigações filosóficas, históricas e sociológicas sobre a ciência, como um conjunto de aspectos vinculados ao desenvolvimento e as mudanças observadas na ciência e articuladas entre experimentação, observação e teoria. Vislumbra em tais visões, o papel da observação e da experimentação, em alguns aspectos como conhecimentos restritos, em outros, como processos expansivos ou de construção científica.

Ainda segundo Bazzo (1998) os estudos CTS são recentes e heterogêneos, mesmo sendo o estudo caracterizado como “de caráter crítico” e “interdisciplinar”, fundamental para associarmos a ciência e a tecnologia com o ensino, pela característica própria dessa abordagem em compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, e dos fatores responsáveis pela mudança científica. Os estudos CTS vêm se desenvolvendo tanto no campo da pesquisa, como no campo da política pública e no campo da educação (BAZZO, 1998 p. 127). No âmbito educacional, o enfoque CTS propicia a formação ampla ao vislumbrar a imagem da ciência e a tecnologia como parte do contexto social.

Em seu livro “Tecnopólio: da rendição da cultura à tecnologia”, Neil Postman retrata a influência da informação na disseminação da ciência, e define tecnopólio como um estado de cultura alienado a tecnologia, embora deixa claro que a ciência social é uma grande aliada do tecnopólio. De um modo mais geral, o tecnopólio está associado ao colapso gerado pelo excesso de informação, desde o surgimento da prensa tipográfica, que por sua vez atinge patamares mais avançados e maior alcance graças a tecnologia. (POSTMAN, 1994, p. 80).

3. CONSTRUINDO UMA PROPOSTA

O ensino de Física, diante dos avanços na atualidade, não pode mais se restringir ao estudo de fenômenos isolados. A velocidade de acesso às informações, e os inúmeros recursos tecnológicos existentes, fazem com que nossos alunos tenham interesses mais amplos sobre essa ciência. A questão “para que estudar isso?” reforça o perfil de quem não está entendendo a matéria, mas ao mesmo tempo exige uma resposta, que deve ser satisfatória. Nesse sentido, adotar uma metodologia de ensino com o enfoque HCTS, proporciona uma interação entre a ciência e o meio em que o estudante se encontra. Relacionar a tecnologia utilizada com a perspectiva social que levou a sua produção e ainda associar a ciência base desse desenvolvimento passa a fazer todo o sentido para o aluno, motivando a aprendizagem.

3.1. A integração entre História, Ciência, Tecnologia e Sociedade – a perspectiva HCTS

Diante dos problemas enfrentados no ensino de ciências, alguns documentos foram produzidos pelo Ministério da Educação visando orientar os professores em suas ações docentes, principalmente no que diz respeito ao conteúdo programático dos currículos, que atendam aos anseios da ciência moderna, elencando parâmetros e diretrizes com estratégias que melhorem o ensino e a aprendizagem. Para o Ensino Médio, público alvo desta proposta, constam em nível nacional os PCN (Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio, 1999), os PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, 2002), o OCEM (Orientações Curriculares para o Ensino Médio, 2006) e a nível estadual no Paraná a DCE (Diretriz Curricular Estadual, 2006).

Todos esses documentos buscam uma relação entre a ciência e a sociedade moderna, reconhecendo a realidade atual que se encontra embasada principalmente nos conteúdos, engessando a atuação do professor em sala de aula. Portanto um dos fatores bem evidenciados nos textos que se referem ao ensino de Física, é a contextualização sócio-histórica que se encontra diretamente vinculada ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

A perspectiva HCTS está pautada em quatro aspectos relevantes quando se trata do ensino de ciências: aspecto histórico (H), aspecto científico (C), aspecto tecnológico (T) e aspecto social (S), os quais possibilitam uma discussão reflexiva sobre como a construção humana descrita pela história da ciência pode relacionar os acontecimentos sociais e o desenvolvimento tecnológico e científico. A proposta vem com o objetivo de se pensar nos conteúdos da Física de modo que o aluno seja levado a relacionar as teorias, as equações, as

aplicações práticas e como esse processo contempla a sociedade, em quais aspectos houve melhorias e em que sentido o desenvolvimento da ciência e da tecnologia pode ter aspectos negativos. E, com estudos pautados na História da Ciência, é possível elencar em cada item questões que contemplem esses aspectos. Assim, “o uso da História da Ciência para enriquecer o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, possibilita a visão da ciência como uma construção humana”. (MEC, 2008, p. 64)

3.1.1 O aspecto Histórico

O aspecto histórico (H) consiste em ressaltar não só o momento histórico em que os estudos das propriedades científicas sobre a temática tiveram início, bem como resgatar as influências vividas pelos pesquisadores em contexto, tanto políticas como religiosas, relacionadas ainda com a condição social que permeia o desenvolvimento histórico e tecnológico da ciência. Portanto, o aspecto histórico é o principal intermediador entre os demais, proporcionando o envolvimento necessário ao enfoque CTS. Ao se referir a uma abordagem contextualista do ensino de ciências, Mathews (1995, p. 166), defende que a educação em ciências contemple seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; redimensionando o argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências.

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (MATTEWS, M. R. 1995, p. 172)

A História da Ciência, segundo Martins (2005), pode ser analisada por meio de duas abordagens, a conceitual, que discute fatores científicos sobre determinado assunto e procura questionar e responder os conceitos acerca de uma fundamentação teórica, e a não-conceitual, que considera os fatores sociais, políticos, econômicos, analisando se houve aceitação ou rejeição de determinada teoria, e porque essa análise levou a tal conclusão. Para um estudo completo da História da Ciência, os dois tipos de abordagem devem ser contemplados. No entanto, deve-se considerar que: “A prática histórica, especialmente a história da ciência, deve

estar aberta a novas interpretações em direção a um diálogo cada vez mais enviesado para o presente e o futuro, sem se deixar encerrar numa objetivação fechada sobre si mesma no passado.” (BELENS e PORTO, 2009, p. 31)

3.1.2 O aspecto Científico

No contexto científico (C) destaca-se os estudos resultantes da pesquisa científica, tanto teorias testadas experimentalmente, como também, experiências que resultaram em explicações teóricas. Nesse ponto apresenta-se ainda as definições, equações, deduções pertinentes ao tema estudado, de forma ampla, abrangente e explicativa. A visão mais comum que se tem sobre a ciência é de algo mágico, onde “gênios” produziam leis perfeitas, descobertas maravilhosas, explicando a natureza de forma simples e intuitiva. No entanto, a trajetória da ciência envolve muitos testes, experimentos, cálculos, até se chegar a uma teoria comprovada e aceita entre os cientistas. Assim, estudar conceitos, fórmulas, definições, sobre os diferentes temas da ciência requer essa análise, ou seja, uma relação direta com o aspecto histórico.

“A Ciência não é mais um conhecimento cuja disseminação se dá exclusivamente no espaço escolar pela via da transposição didática e informática, nem o seu domínio está restrito a uma camada específica da sociedade, que a utiliza profissionalmente. Faz parte do repertório social mais amplo, está muito presente nos meios de comunicação e influencia decisões éticas, políticas e econômicas que atingem a humanidade como um todo.” (Angotti, 2015, p. 14)

Segundo Mathews (1995) para se discutir o que é a Natureza da Ciência é preciso abordar sua construção em seu contexto, relacionando com o conhecimento científico. A Natureza da Ciência é indissociável do mundo, dos homens e das mudanças que ocorrem, assim, entender a natureza é compreender essa essência da construção científica. Alguns aspectos consensuais, envolvidos na construção da ciência e do conhecimento, são importantes para se discutir o significado da Natureza da Ciência, principalmente para explicar os fenômenos naturais. Entre esses aspectos destacamos o consenso de que a Ciência não é estática, nem um conjunto de verdades absolutas, e sim, mutável, dinâmica, em constante transformação, revendo suas bases e seus modelos, e conseqüentemente, nossa própria concepção sobre como a Ciência sofre mudanças temporais.

O contexto social também influencia a construção da Ciência, o que evidencia que a Ciência não é neutra. Essas influências desempenham uma função importante na aceitação ou não do desenvolvimento de teorias científicas. Bem como o fato de cientistas usarem a imaginação, crenças e outras influências para fazer Ciência, o que é observado ao se analisar a

construção da ciência e constatar-se que eles são seres humanos, cometem erros, e utilizam-se de experiências pessoais para elaborar suas ideias.

3.1.3 O aspecto Tecnológico

Quanto a tecnologia (T), enfatiza-se as contribuições que as teorias científicas proporcionaram para o seu desenvolvimento. Inclui-se neste aspecto os procedimentos experimentais, demonstrações, simulações, observações, entre outros, que demonstrem de alguma forma os conceitos levantados pela abordagem dos conteúdos. É importante trazer para a discussão as grandes descobertas tecnológicas, as construções e criações que transformaram a vida das pessoas, dando o devido valor aos estudos científicos que se aplicam às criações tecnológicas.

Segundo consta na LDB (artigo 36): “[...] destacará a educação tecnológica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania”. Nesse sentido, o aspecto Tecnológico está relacionado ao aspecto Científico, Histórico e também, ao Social.

“Os conhecimentos científicos se fazem presentes no cotidiano, tanto através dos objetos e processos tecnológicos que permeiam as diferentes esferas da vida contemporânea, quanto pelas formas de explicação científica, com a disseminação de suas terminologias e a divulgação fragmentada de seus resultados e modelos explicativos. Tais produtos, mais do que seus processos, são fontes de validação ou questionamento de decisões políticas, econômicas e, até “estilos de vida” (Angotti, 2015, p. 14).

Ainda, segundo Angotti (2001):

“Compreender mais e melhor as problemáticas de influência direta no modo de vida da população não pode se restringir ao estudo das relações sociais em curso. Estudos que apontam e aprofundam perdas e danos resultantes dos processos da ciência aplicada e da tecnologia são também essenciais, nas dimensões coletivas e individuais. (ANGOTTI e AUTH, 2001, p. 18)”

A história da ciência descreve a trajetória, quais os avanços, os acertos e os erros implícitos na evolução da ciência, mas também demonstra os resultados obtidos ao aplicar a ciência para o bem-estar da sociedade, por meio dos avanços tecnológicos. Uma análise reflexiva acerca da tecnologia e de sua utilização considera não só os benefícios, mas também, as consequências negativas que podem vir a causar para a sociedade em geral.

3.1.4 O aspecto Social

A respeito da Sociedade (S), as relações são efetuadas baseadas principalmente nas contribuições, positivas ou negativas, para a comunidade em geral. Nesse aspecto ressalta-se inclusive as questões ambientais, como poluição, desmatamento, que estão presente na era das máquinas térmicas, e outros temas, como descarte de lixo eletrônico, reciclagem, clima, etc. A análise de como as tecnologias estão sendo utilizadas pelas pessoas, e questões políticas e econômicas que também enriquecem as discussões e ampliam a potencialidade da presente metodologia. Fica evidente a relação existente entre o aspecto Social, e os demais aspectos, justificando a relação HCTS como uma metodologia abrangente, não linear, que dá liberdade para os professores de ciências, incluindo aqui além da Física, a Química, a Biologia, a Matemática.

Segundo Angotti (2001):

“Uma retrospectiva histórica tende a propiciar condições para perceber como chegamos ao estágio atual de desenvolvimento e onde/como as coisas começaram a seguir um certo “caminho”. Aspectos históricos e epistemológicos (como os presentes em propostas pedagógicas de CTS) devem auxiliar a compreender que os eventos não são lineares, que outras possibilidades existem.”

Essa análise é importante para a proposta HCTS principalmente por valorizar a relação entre os aspectos históricos, tecnológicos e científicos ao desenvolvimento social. Esse aporte mostra como chegamos ao atual estágio e possibilita um prognóstico alertando os cuidados que devem ser tomados ao explorar de forma desenfreada os recursos da natureza em benefício do desenvolvimento tecnológico sem que haja um planejamento social.

3.2. Proposta HCTS

A proposta está organizada de forma a facilitar o trabalho do professor em diferentes aspectos, orientando a evolução da atividade. Esses aspectos correspondem não só ao conteúdo e aos objetivos que se quer alcançar, mas também aos fundamentos teóricos que permeiam o conteúdo, enfatizando a proposta HCTS, identificando as potencialidades de cada momento. O desenvolvimento é ponto importante da proposta pois deve delinear as estratégias didáticas mais adequadas para cada momento da aula. Quanto a avaliação, esta é fundamental para a concretização da proposta, tanto para os alunos quanto para o professor e deve visualizar se houve indícios de aprendizagem. O quadro 1 estabelece a relação entre os aspectos da proposta HCTS e o que se espera para cada relação.

Quadro 1: Proposta HCTS

OBJETIVO GERAL: Delimitar qual estudo se pretende fazer em sua dimensão histórica e científica, bem como suas aplicações tecnológicas e seu impacto para a sociedade;		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	Consiste em ressaltar não só o momento histórico em que os estudos das propriedades científicas sobre a temática tiveram início, bem como resgatar as influências vividas pelos pesquisadores em contexto, tanto políticas como religiosas, relacionadas ainda com a condição social que permeia o desenvolvimento histórico e tecnológico da ciência. Portanto, o aspecto histórico é o principal intermediador entre os demais, proporcionando o envolvimento necessário ao enfoque CTS.
	ASPECTO CIENTÍFICO	Destaca-se os estudos resultantes da pesquisa científica, tanto teorias testadas experimentalmente, como também, experiências que resultaram em explicações teóricas. Apresenta definições, equações, deduções de forma ampla, abrangente e explicativa. A trajetória da ciência envolve muitos testes, experimentos, cálculos, até se chegar a uma teoria comprovada e aceita entre os cientistas. Assim, estudar conceitos, fórmulas, definições, sobre os diferentes temas da ciência requer essa análise, ou seja, uma relação direta com o aspecto histórico.
	ASPECTO TECNOLÓGICO	Enfatiza as contribuições que as teorias científicas proporcionaram para o seu desenvolvimento. Inclui-se neste aspecto os procedimentos experimentais, demonstrações, simulações, observações, entre outros, que demonstrem de alguma forma os conceitos levantados pela abordagem dos conteúdos. Traz discussão a respeito de descobertas tecnológicas, as construções e criações que transformaram a vida das pessoas, dando o devido valor aos estudos científicos que se aplicam às criações tecnológicas. Nesse sentido, o aspecto Tecnológico está relacionado ao aspecto Científico, Histórico e também, ao Social.
	ASPECTO SOCIAL	As relações são efetuadas baseadas principalmente nas contribuições, positivas ou negativas, para a comunidade em geral. Ressalta-se inclusive as questões ambientais, como poluição, desmatamento, bastante presente na era das máquinas térmicas, e outros temas, como descarte de lixo eletrônico, reciclagem, clima, etc. A análise de como as tecnologias estão sendo utilizadas pelas pessoas, e questões políticas e econômicas que também enriquecem as discussões e ampliam a potencialidade da presente metodologia. Fica evidente a relação existente entre o aspecto Social, e os demais aspectos, justificando a relação HCTS como uma metodologia abrangente, não linear, que dá liberdade para os professores de ciências, incluindo aqui além da Física, a Química, a Biologia, a Matemática.

FONTE: Autoria própria

A relação apresentada pode servir de apoio para o professor em qualquer área do ensino de Ciências e também, nos diferentes conteúdos que se possa associar com as relações HCTS. Os objetivos, estratégias e avaliação devem ser propostas em Plano de Trabalho Docente (PTD), porém, sem perder o foco das relações delimitadoras da proposta. O professor deve elencar os conceitos prévios dos estudantes e desenvolver sua proposta de acordo com esses conceitos, a fim de estabelecer uma relação significativa com os novos conceitos, caracterizando a proposta como um meio facilitador da aprendizagem.

3.3. O Efeito Fotoelétrico como temática de ensino na perspectiva HCTS

Os livros didáticos disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) apresentam tópicos de Física Moderna e Contemporânea, como os professores de Física têm autonomia na escolha, vale fazer uma análise e buscar aquele livro que viabilize uma forma contextualizada destes tópicos pois o material servirá de apoio para os professores. |O estudo dos modelos atômicos, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, relatividade, entre outros, são importantes para a construção do conhecimento científico na formação básica dos estudantes.

Dentre os vários tópicos da Física Moderna e Contemporânea que podem e devem ser abordados no ensino médio, destacou-se nesse trabalho o Efeito Fotoelétrico, escolhido como temática central pela sua importância histórica para a ciência do século XX, e também por possibilitar a sua associação ao funcionamento de diferentes dispositivos eletrônicos presentes no dia a dia dos estudantes e que passa despercebido, por não se valorizar a origem científica da tecnologia aplicada. Sendo assim, os conhecimentos da Física Moderna são essenciais para compreensão da sociedade atual.

3.3.1 Construção histórica do Efeito Fotoelétrico

O conceito de efeito fotoelétrico é apresentado como uma introdução aos estudos da Física Quântica, o que se justifica pelos importantes conceitos agregados. A revisão histórica da construção dessa teoria revela algumas distorções e algumas curiosidades na apresentação de alguns conceitos que são importantes e muitas vezes passam despercebidos. Podemos evidenciar quatro pontos importantes resumidos por Klassen, S. (2011, p.721): (1) as primeiras observações do fenômeno realizadas por Hertz; (2) As experiências de Thomson e Lenard acerca da natureza das cargas negativas; (3) O papel fundamental de Einstein e os “quanta de luz”; (4) Millikan e Compton: rejeição e aceitação da teoria de Einstein;

Quando Maxwell propôs uma unificação para as teorias da natureza magnética e elétrica e formulou suas equações, havia ainda a necessidade de uma comprovação experimental. Assim, Heinrich Hertz começou a investigar se a propagação eletromagnética ocorria a distância ou não e percebeu uma relação entre a eletricidade e os raios catódicos. Hertz produzia pequenas descargas elétricas, denominada por ele como sparks (MANGILI, A.I., 2012, p. 41), e observou que durante o experimento havia uma descarga secundária e lateral. Durante os experimentos um novo fenômeno chamou a atenção de Hertz, que era a geração de sparks simultâneas. Confirmou em suas investigações que o efeito estranho era

influenciado pela luz, porém, como não era o foco de sua tese, não deu continuidade a esta ideia, que seria mais tarde conhecida como efeito fotoelétrico.

As experiências que investigavam as propriedades elétricas da matéria, levaram Thomson, em suas experimentações com os raios catódicos a detectar as cargas negativas. Assim como Hertz desenvolveu seus trabalhos em continuidade as experimentações Thomson, Lenard continuou os estudos de Hertz e concluiu que os raios catódicos causavam fluorescência, podiam ser desviados por um metal magnetizado e não mudavam suas características quando fora do tubo (KLASSEN, S. 2011, p 728). As pesquisas de Thomson, Hertz e Lenard foram fundamentais para a descoberta dos raios-x.

Einstein propôs uma teoria audaciosa para explicar o efeito fotoelétrico com base nas ideias de quantização da energia, onde considerava a radiação eletromagnética como “grãos” denominados de quanta de energia. Esta proposta heurística ainda era contestada, mesmo com o Prêmio Nobel dedicado a Einstein por sua elucidação teórica dos experimentos de Hertz, necessitava de uma explicação experimental.

Millikan, que defendia a luz como ondulatória, buscava contestar a hipótese de Einstein, assim desenvolveu experiências e estabeleceu a expressão linear para o efeito fotoelétrico de Einstein. Em 1926, cinco anos depois do Prêmio Nobel concedido a Einstein pelo efeito fotoelétrico, que a teoria corpuscular passa a ser aceita pela comunidade científica com base da teoria do efeito Compton, que fez previsões sobre os comprimentos de onda dos fótons e as testou experimentalmente.

3.3.2 Construção científica do Efeito Fotoelétrico

As primeiras evidências experimentais do Efeito Fotoelétrico foram observadas por Heinrich Hertz, em 1887 e explicadas por Albert Einstein em 1905. Frequentemente, Alexander G. Stoletov, físico Russo, é citado como sendo o primeiro observador desse efeito. (ROCHA, L.F. 2002, p. 243). Hertz, ao realizar experiências de descarga elétrica entre eletrodos, observou que uma faísca proveniente de uma superfície gerava uma faísca secundária na outra superfície. Ao construir uma proteção sobre o aparato, na tentativa de visualizar melhor o fenômeno, ocorreu uma diminuição da faísca secundária (MANGILI, 2012, p. 45).

A figura 1 (MANGILI, 2012, p. 41) é um esquema que representa o experimento elaborado por Hertz, que consistia em um gerador de correntes (garrafa de Leyden), um circuito aberto ligado a esse gerador e ligado a duas placas.

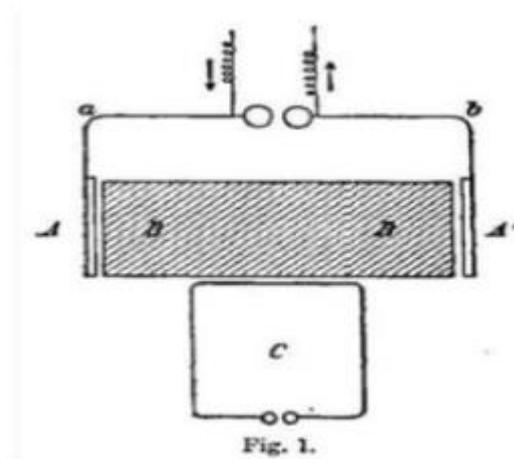


Figura 1: Circuito utilizado por Hertz para produzir sparks

Segundo Hertz:

O plano que eu adotei foi o seguinte: O condutor primário tinha a forma demonstrada na figura 1; entre as placas A e A', em seu fim, era introduzido um bloco BB de enxofre ou parafina e esse era rapidamente removido. Eu coloquei o condutor secundário C nessa mesma posição, em relação ao primário, como antes (a única posição que eu tinha levado em consideração) e esperei que quando o bloco estivesse no local, sparks muito fortes apareceriam no circuito secundário, e que quando o bloco fosse retirado teríamos somente poucas sparks. (HERTZ, H. 1896, apud MANGILI, 2012, p. 42).

Hertz esperava que a intensidade das sparks fosse diferente quando diversos meios eram colocados entre os eletrodos, mas isso não se demonstrava durante o experimento, dependendo da posição dos circuitos. Percebeu então que esta descarga tinha mais facilidade de ocorrer quando um dos eletrodos era iluminado por radiação eletromagnética com frequências na faixa do ultravioleta. A figura 2 (STEFANOVITS, A. 2013, p. 248) representa o efeito fotoelétrico decorrente da ação do campo elétrico sobre os elétrons emitidos, estabelecendo uma corrente elétrica mensurável.

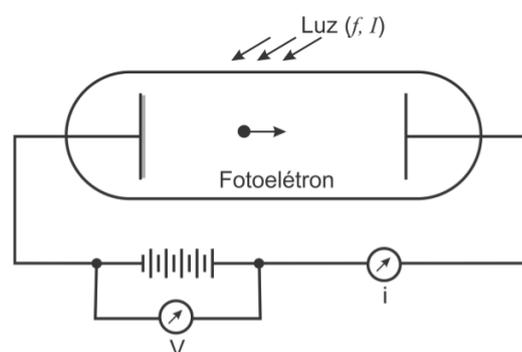


Figura 2: Experimento semelhante ao usado para estudar o Efeito Fotoelétrico

Hertz ainda constatou em seus experimentos que o fenômeno não poderia ser basicamente eletrostático, por não ser influenciado pela proteção do experimento, o qual poderia ser condutor ou isolante. Sua conclusão então foi de que a luz era capaz de gerar faíscas devido à incidência de luz ultravioleta. Com base nos trabalhos de Hertz, Wilhelm Sallwachs em 1888, demonstrou que quando corpos metálicos eram irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva, esta observação ocorreu mesmo antes do elétron ser detectado, o que ocorreu em 1897. Buscando uma explicação para esse fenômeno, Lenard e Wolf sugeriram que a luz ultravioleta fazia com que partículas do metal deixassem a superfície do mesmo.

Thomson, em 1897, demonstrou experimentalmente que o valor da quantidade de carga das partículas que eram emitidas no efeito fotoelétrico era o mesmo valor para os elétrons associados aos raios catódicos. Com esta observação postulou que o efeito fotoelétrico consistia na emissão de elétrons. Em 1903, Lenard estudou o efeito fotoelétrico utilizando como fonte luminosa um arco de carbono, e variando a intensidade da luz provou que a energia dos elétrons emitidos não apresentava a menor dependência da intensidade da luz, e em 1904 mostrou que a energia do elétron era proporcional à frequência da luz.

Em 1905 Einstein propôs uma explicação para o fenômeno, sugerindo que a radiação eletromagnética era granular onde os grânulos eram denominados de quanta de energia. Um quantum de energia corresponde a uma quantidade de energia $E=hf$, onde h é uma constante universal conhecida como constante de Planck. Assim, com a comprovação experimental feita por R. A. Millikan em 1915, a teoria de Einstein recebeu o prêmio Nobel de Física em 1921, pela explicação do Efeito Fotoelétrico. (KLASSEN, S. 2011, p. 727).

Diante dessa abordagem a radiação eletromagnética passou a ser compreendida não só pelo seu caráter ondulatório, mas também pelo caráter corpuscular. A teoria ondulatória ainda previa que houvesse um pequeno intervalo de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons. Quando a luz incidente tem baixa intensidade o elétron acumula energia de vibração antes de se desprender da placa, porém, esse intervalo de tempo nunca foi observado.

A descoberta do Efeito Fotoelétrico tornou possível a construção de aparelhos dotados de células fotoelétricas, onde a energia de radiação é transformada em corrente elétrica. Assim, temos em nosso cotidiano muitos dispositivos que funcionam com base nesse efeito, por exemplo: os sensores que comandam a abertura automática de portas de lojas comerciais, que ativam um sistema de iluminação, que permitem o funcionamento de calculadoras sem o uso de pilhas, que transformam a energia do Sol em energia elétrica, entre outros.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Metodologia da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Educação Profissional Agrícola Getúlio Vargas, localizado na cidade de Palmeira no Paraná. A escola atende alunos de vários municípios, os quais procuram a formação de Técnico em Agropecuária e de Técnico em Agroecologia. Os alunos são na grande maioria internos, pois o colégio conta com alojamentos femininos e masculinos, e estes ficam em período integral nas dependências do colégio, recebem em média cinco refeições diárias.

A instituição possui uma boa estrutura, conta com sala de informática com computadores ligados em rede, TV pendrive em todas as salas, projetor multimídia, laboratório de ciências, sem falar de toda a infraestrutura necessária para a formação em agropecuária, como horta, terrenos para plantio, chiqueiro, galinheiro, estrebaria, ranchos, etc. A turma em questão é o 3ºB, do Curso Técnico em Agropecuária, a qual possui 31 alunos matriculados.

A pesquisa proposta trata-se de uma pesquisa qualitativa, pode ser classificada quanto aos seus objetivos como descritiva e exploratória que segundo Gil (2009), promove o envolvimento ativo tanto do pesquisador quanto da ação das pessoas ou grupos que estão envolvidos no problema. O problema é abordado diretamente entre o meio e o sujeito, e os dados são obtidos diretamente do ambiente escolar. Quanto aos procedimentos técnicos, apresenta-se como bibliográfica e participante. Como a pesquisa qualitativa sugere, os dados são coletados pela observação e anotações em diário de bordo, análise de respostas dos alunos aplicadas nos questionários (pré-teste e pós-teste) e resultados de atividades realizadas ao longo do processo.

Os instrumentos avaliativos serão utilizados no decorrer da proposta podendo sofrer interferências quando necessário, com o intuito de observar indícios de aprendizagem. Bogdan e Biklen (1994, p. 165) sugerem alguns procedimentos que podem auxiliar na análise dos dados: 1) delimitação progressiva do foco de estudo; 2) formulação de questões analíticas; 3) aprofundamento da revisão de literatura; 4) teste das ideias junto aos sujeitos; e 5) o uso de comentários e observações ao longo da coleta. Essas sugestões estão inseridas nos materiais elaborados, tanto na coleta e análise dos dados como na sequência didática.

4.2 Elaboração do Caderno Didático-Metodológico

O caderno didático-metodológico foi desenvolvido para atender aos objetivos da proposta de ensino pautada na perspectiva HCTS. Apresenta uma fundamentação teórica e subsídios para que o professor/usuário da proposta possa elaborar sua própria sequência didática de acordo com sua área de interesse. Traz ainda uma Sequência Didática para o ensino do Efeito Fotoelétrico como exemplo de aplicação desta proposta. O caderno didático-metodológico é um material de apoio, produto educacional resultante da presente pesquisa e será disponibilizado como anexo da dissertação.

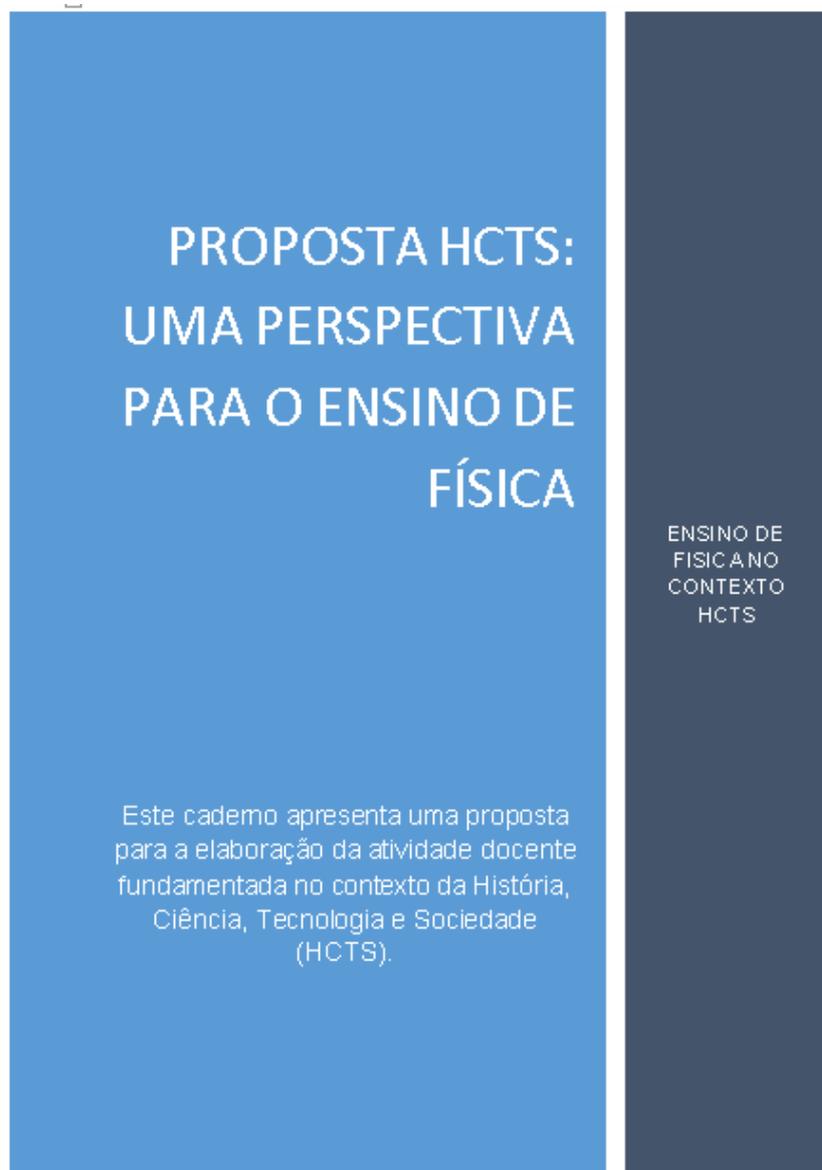


Figura 3 – capa do caderno

O quadro abaixo apresenta a organização (sumário) do material:

<p>APRESENTAÇÃO</p> <p>1. ORGANIZANDO A PROPOSTA</p> <p> 1.1. CONTEÚDO</p> <p> 1.2. OBJETIVO GERAL</p> <p> 1.3. PERSPECTIVA HCTS</p> <p> 1.3.1 Aspecto Histórico</p> <p> 1.3.2 Aspecto Científico</p> <p> 1.3.3 Aspecto Tecnológico</p> <p> 1.3.4 Aspecto Social</p> <p> 1.4. DESENVOLVIMENTO</p> <p> 1.4.1 Conteúdo da aula</p> <p> 1.4.2 Objetivos específicos</p> <p> 1.4.3 Estratégias de ensino</p> <p> 1.4.4 Recursos didáticos</p> <p> 1.4.5 Avaliação específica (optativa)</p> <p> 1.5. AVALIAÇÃO GERAL (obrigatória)</p> <p> 1.6. REFERENCIAS</p> <p>2. CONHECENDO A PROPOSTA</p> <p> 2.1 ESCOLHA DOS CONTEÚDOS E SEUS OBJETIVOS</p> <p> 2.2 RELEVÂNCIA DA PROPOSTA HCTS PARA O ENSINO DE FÍSICA</p> <p> 2.3 ESTRATÉGIAS DE ENSINO E RECURSOS DIDÁTICOS</p> <p> 2.3.1 Diagramas, Quadros e Mapas Conceituais</p> <p> 2.3.2 Construção de Modelos</p> <p> 2.3.3 Atividades Experimentais</p> <p> 2.3.4 Vídeos e Simulações</p> <p>3. EXEMPLO DETALHADO</p> <p> 3.1 O Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio – Problematização inicial</p> <p> 3.2 Reconstrução Histórica do Efeito Fotoelétrico</p> <p> 3.3 Efeito Fotoelétrico na Perspectiva HCTS</p> <p>4. REFERÊNCIAS</p> <p>5. ANEXOS</p> <p>6. APÊNDICE</p>
--

O material pode ser utilizado por professores de diferentes áreas e níveis de ensino. É um material de apoio que visa auxiliar no processo de ensino-aprendizagem proporcionando a construção do conhecimento pois prevê as individualidades dos estudantes.

4.2.1 O Plano de Trabalho Docente (PTD)

O Plano de Trabalho Docente (PTD) sugerido e apresentado no caderno, foi pensado para auxiliar o professor na organização de sua aula, no qual cada item é explicado visando atender a proposta HCTS. Os conteúdos básicos abordados refletem diretamente nos aspectos históricos, científicos, tecnológicos e sociais do conceito estudado, não é somente pelo aspecto histórico que os conhecimentos serão efetivados, é preciso mais que isso, o

conhecimento precisa ser construído, vivenciado. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma relação com os conhecimentos prévios a respeito do assunto, tendo na história da ciência os aportes necessários para essa construção.

No Plano de Trabalho Docente (PTD) se organiza essa investigação. Os encaminhamentos metodológicos que serão utilizados no processo de ensino-aprendizagem investigam quais são os conhecimentos prévios e proporcionam a relação com o conteúdo, ou com o novo conhecimento. Neste momento se determina quais as dimensões que o estudo vai tomar, como será a abordagem do conceito com os aspectos tecnológicos, históricos e socioeconômicos da região em que a escola está inserida.

O plano é o lugar da criação pedagógica do professor, onde os conteúdos receberão abordagens contextualizadas histórica, social e politicamente, de modo que façam sentido para os alunos nas diversas realidades regionais, culturais e econômicas, contribuindo com sua formação cidadã. O plano de trabalho docente é, portanto, o currículo em ação. Nele estará a expressão singular e de autoria, de cada professor, da concepção curricular construída nas discussões coletivas. (DCE, 2009, p. 75)

A importância do PTD se dá não apenas para organização do professor, mas para apontar o caminho metodológico necessário para detectar as concepções prévias dos alunos e verificar os indícios de aprendizagem, possibilitando reestruturar a aula quando necessário levando em consideração esses fatores. Indica-se no PTD quais os elementos facilitadores da aprendizagem, como estes se organizarão e quais instrumentos de avaliação serão utilizados. O quadro 2 apresenta um modelo para o PTD, o qual pode se estender para qualquer área de ensino.

Quadro2: Modelo de Plano de Trabalho Docente (PTD)

INSTITUIÇÃO DE ENSINO		
DISCIPLINA	SÉRIE/TURMA	
PROFESSOR	CURSO	
UNIDADE TEMÁTICA:		Nº DE AULAS
CONTEÚDO:		
OBJETIVO GERAL:		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	
	ASPECTO CIENTÍFICO	
	ASPECTO TECNOLÓGICO	
	ASPECTO SOCIAL	

DESENVOLVIMENTO GERAL	TÓPICOS DE ESTUDO	
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
	ESTRATÉGIAS DE ENSINO	
	RECURSOS DIDÁTICOS	
	AVALIAÇÃO ESPECÍFICA (OPTATIVA)	
	AVALIAÇÃO GERAL	
	REFERÊNCIAS	

Fonte: Autoria própria

O PTD apresentado no quadro acima, propõe que o conteúdo seja pensado na perspectiva HCTS, atendendo a cada um de seus aspectos. Nesse contexto, a problematização inicial é uma peça chave, importante para a motivação, não só para os estudantes, mas também para o professor, que além de instigar a curiosidade e atenção do aluno para o assunto traz sua contextualização, evidenciando a relevância desse estudo.

4.2.2 A Sequência Didática (SD)

A SD tem como objetivo descrever o andamento das aulas seguindo o que propõe o PTD. O professor organiza o processo, no entanto, este pode sofrer interferência sempre que necessário para adequar a ação pedagógica de acordo com possíveis imprevistos, com o interesse despertado ao longo das aulas, para reorganizar algum assunto ainda com dúvida (percebido no processo avaliativo), ou seja, o processo de ensino e a aprendizagem necessita de uma organização inicial visando cumprir os objetivos mas pode sofrer intervenções ao longo desse processo. O quadro 3 apresenta um modelo para a SD:

Quadro 3: Modelo de Sequência Didática (SD)

AULA	OBJETIVOS	CONTEÚDOS	DESENVOLVIMENTO	AVALIAÇÃO
1				
2 e 3				
4 e 5				
6 e 7				
8 e 9				
10				

Na concepção de estrutura escolar adotada, o PTD seria um organizador para o conteúdo bimestral e a SD o detalhamento das aulas neste período. As etapas da SD compreendem os objetivos para cada aula relacionado ao tópico específico a ser estudado, prevê o desenvolvimento adotado para o assunto bem como sua avaliação.

Uma SD é flexível e deve ser analisada ao final de cada aula, em um primeiro momento para que haja conexão entre as aulas e conseqüentemente para observar a necessidade de possíveis modificações, decorrentes da observação, ou dos resultados de uma avaliação da aula, das dificuldades ou dúvidas apresentadas, das curiosidades levantadas. Um planejamento estruturado em fases ordenadas temporalmente é difícil de se apresentar, pois, além da flexibilidade propõe o envolvimento e comprometimento.)

No campo reservado para o desenvolvimento na SD deve ser descrito como será a aula correspondente, quais recursos didáticos serão utilizados, qual procedimento metodológico será adotado, quais as atividades serão desenvolvidas. No campo avaliação, deve ser especificado qual o instrumento utilizado. O quadro x apresentado acima é uma forma de apresentar a aula resumidamente, mas o detalhamento de cada etapa é importante.

4.3 Elaboração do Questionário (Pré-teste e Pós-teste)

O questionário é um instrumento de coleta de dados importante para a pesquisa científica. Para tanto é necessário atender a alguns critérios operacionais que são: a concepção, o teste e a aplicação do instrumento. Segundo sugere Quivy e Campenhoudt (2005 p. 181) para que o instrumento reproduza a informação adequada deverá conter perguntas com o máximo de precisão e formuladas de modo que sejam interpretadas por todos da mesma maneira.

Na presente proposta o questionário vai além de um propósito estatístico, como pré-teste ele norteia a escolha dos assuntos que serão destacados de acordo com a temática escolhida, pois busca identificar os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do

público alvo, norteando inclusive o uso dos organizadores prévios e, como pós-teste, identifica evidências de aprendizagem após a intervenção didático-metodológico.

Para a elaboração de um questionário não existe um método padrão, mas algumas recomendações que torne viável a coleta e análise dos resultados. A opção por um questionário direto, de múltiplas escolhas, tem relação com o público escolhido. Alunos de cursos técnicos costumam questionar a importância das disciplinas básicas do Ensino Médio para sua futura profissão, a rejeição ao assunto acaba sendo um obstáculo para uma pesquisa aberta, resultando em inúmeras questões em branco. Outro ponto que justifica essa escolha é o formato da seleção para acesso à Universidade como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e os vestibulares. Alunos de curso técnico almejam ingressar no ensino superior, e o formato de questionário proposto os motiva como uma preparação.

Existem outras vantagens no questionário de múltipla escolha, como a facilidade na aplicação, a análise das respostas e baixa probabilidade de erros, pontos destacados por Mattar (1994). Em contrapartida o questionário exige muito cuidado e tempo na preparação, pois as alternativas podem influenciar o respondente, ou podem não investigar o problema em questão. Desse modo, como o objetivo concentra-se em estudar a relevância da proposta HCTS para a aprendizagem significativa dos conceitos de Física, e o tema escolhido para essa investigação é o Efeito Fotoelétrico, alguns pontos foram observados na elaboração do pré-teste e pós-teste. Como o objetivo inicial é o levantamento de conceitos prévios, as perguntas e as opções de respostas foram pensadas de modo a permitir essa análise.

Assim, as questões foram pesquisadas e elaboradas com base nas seguintes observações:

Para o pré-teste

Tema: Assunto a ser investigado;

Conceitos prévios: Conceitos que se pretende apontar como pré-requisitos para o tema que será trabalho;

Conteúdo: Desenvolvimento do assunto a ser trabalhado, obedecendo o que se quer investigar como conceito prévios, pesquisa do assunto em livros didáticos e artigos científicos;

Perspectiva: A questão pode enfatizar uma ou mais perspectivas

Questão: Elaboração da questão e das alternativas na forma de múltipla escolha ou pesquisa e adaptação de questões prontas (vestibulares e Enem)

Relação do pré-teste com a SD

Conceitos prévios: observados ou não

Metodologia: como o assunto será desenvolvido para ancorar o novo conceito ao conceito prévio, ou, como serão estimulados a criação de subsunçores para haver essa significação

Para o pós-teste

Resultado obtido: Relação numérica com pré-teste e o pós-teste;

Discussão: Houve mudança do conceito inicial para o final? Essa mudança foi significativa? Foi relevante?

As fontes utilizadas para a elaboração das questões foram textos de livros didáticos de Física, transformados em questões e respostas, bem como provas de vestibulares e do ENEM dos últimos anos que atendessem aos conceitos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), cujas questões foram adaptadas para atender aos propósitos da pesquisa, no caso, a perspectiva HCTS. Buscou-se evidenciar nas questões o caráter principal a ser observado, seja histórico, científico, tecnológico ou social, bem como os conceitos prévios que se esperaria verificar.

A temática escolhida para a análise é o estudo do Efeito Fotoelétrico, tema de Física Moderna e Contemporânea e que faz parte dos conteúdos propostos para a abordagem no Ensino Médio. Dessa forma, serão discutidas aqui as perguntas do questionário que atendem a essa temática, no caso, as questões 9 a 14. Como proposto na metodologia o questionário foi elaborado com o intuito de atender aos objetivos da pesquisa, observar a existência de conceitos prévios pelo pré-teste e verificar se houve evolução conceitual pelo pós-teste.

Para a compreensão do que é o Efeito Fotoelétrico é interessante que o estudante se aproprie de alguns conceitos, dentre os quais podemos sugerir a radiação eletromagnética, frequência, intensidade e comprimento de onda, bem como conhecer o conceito de fóton e como ocorre a emissão de elétrons, considerando conhecimentos acerca da estrutura da matéria. Nesse sentido que as questões apresentadas abaixo foram elaboradas, buscando contemplar esses conceitos e de acordo com o proposto na metodologia, sendo aplicadas como pré-teste e pós-teste.

QUESTÃO 09

Tema: Conceitos de Mecânica Quântica

Objetivo da questão: fazer a relação entre o conceito e a equação proposta para descrevê-lo

Conceitos prévios: Radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, ondas de matéria

Perspectiva: Histórica e Científica

Na passagem do século XIX para o século XX, várias questões e fenômenos que eram temas de discussão e pesquisa começaram a ser esclarecidos graças a ideias que, mais tarde, viriam a construir a área da Física hoje conhecida como Mecânica Quântica. Na primeira coluna da tabela abaixo, estão listados três desses temas; na segunda, equações fundamentais relacionadas às soluções encontradas. Assinale a alternativa que associa corretamente os temas apontados na primeira coluna às respectivas equações, listadas na segunda coluna.

Temas	Equações
1 - Radiação do corpo negro	(a) $\lambda = h/p$ Postulado de Louis de Broglie
2 - Efeito fotoelétrico	(b) $P = \sigma ST^4$ Lei de Stefan-Boltzmann
3 - Ondas de matéria	(c) $K = hf - W$ Relação de Einstein

- a) 1(a) - 2(b) - 3(c)
- b) 1(a) - 2(c) - 3(b)
- c) 1(b) - 2(c) - 3(a)
- d) 1(b) - 2(a) - 3(c)
- e) 1(c) - 2(b) - 3(a)

Resposta: c

Fonte: UFRS-2010

QUESTÃO 10

Tema: Efeito fotoelétrico

Objetivo da questão: Reconhecer a importância dos trabalhos de Einstein, entre eles o efeito fotoelétrico

Conceitos prévios: aplicações do efeito fotoelétrico, frequência da luz, emissão de elétrons

Perspectiva: Histórica e Científica

O ano de 1905 é conhecido como o "ano miraculoso" de Albert Einstein, devido à publicação de uma série de trabalhos científicos revolucionários de sua autoria. Esses trabalhos, compostos pela teoria da relatividade especial, teoria do movimento browniano, efeito fotoelétrico e equivalência massa-energia tiveram impacto crítico no entendimento da natureza e no desenvolvimento de novas tecnologias. O efeito fotoelétrico em particular tem aplicações importantes, como em fotocélulas, projetores cinematográficos, etc. A respeito do efeito fotoelétrico, assinale as afirmativas a seguir com verdadeira (V) ou falsa (F).

(V) O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma placa metálica, em decorrência da incidência de radiação.

(V) De acordo com a teoria de Einstein, a radiação que incide sobre a matéria exibe características

corpúsculares.

(F) A radiação é quantizada na forma de fótons, que transportam uma quantidade de energia proporcional à amplitude da onda incidente.

- a) V – F – V
- b) F – V – V
- c) V – V – F
- d) V – F – F
- e) F – F – V

Resposta: c
Fonte: UFSM - 2014

QUESTÃO 11

Tema: Efeito fotoelétrico – Experiência de Hertz

Objetivo da questão: Reconhecer a importância e as contribuições de Hertz para o efeito fotoelétrico

Conceitos prévios: energia do fóton, frequência de incidência, natureza da radiação

Perspectiva: Histórica, Científica e Tecnológica

11) Descoberto independentemente pelo russo Alexandre Stoletov, em 1872, e pelo alemão Heirich Hertz, em 1887, o efeito fotoelétrico tem atualmente várias aplicações tecnológicas principalmente na automação eletromecânica, tais como: portas automáticas, dispositivos de segurança de máquinas e controle de iluminação. Fundamentalmente, o efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por superfícies metálicas quando iluminadas por radiação eletromagnética. Analise as características observadas experimentalmente, e indique verdadeiras (V) ou Falsa (F):

I. () Por menor que seja a intensidade da radiação causadora do fenômeno, o intervalo de tempo entre a incidência da radiação e o aparecimento da corrente gerada pelos elétrons emitidos é totalmente desprezível, isto é, o efeito é praticamente instantâneo.

II. () Para cada superfície metálica específica, existe uma frequência mínima, chamada “frequência de corte”, a partir da qual se verifica o fenômeno.

III. () Se a frequência da radiação incidente está abaixo da frequência de corte, mesmo aumentando sua intensidade, não se verifica o fenômeno. Por outro lado, para frequências da radiação incidente acima da frequência de corte, o fenômeno se verifica para qualquer intensidade.

Assinale a opção correta:

- a) Somente I verdadeira
- b) I e II verdadeiras
- c) II e III verdadeiras
- d) Todas verdadeiras**
- e) Todas falsas

Resposta: d
Fonte: adaptado de UFRN – 2012 e Cavalcante, M. A, 2002

QUESTÃO 12

Tema: Efeito fotoelétrico

Objetivo da questão: apresentar experimentos que contribuíram na confirmação do efeito fotoelétrico

Conceitos prévios: experimentos partículas elementares

Perspectiva: Histórica

Alguns experimentos foram fundamentais para justificar a existência de partículas subatômicas, entre eles, o das descargas elétricas em gases rarefeitos. Diante dos resultados obtidos haviam algumas divergências entre os cientistas, onde os raios observados seriam tratados como onda ou como partícula. Entretanto, as experiências levaram definição de outros aspectos e conclusões paralelas que foram muito importantes para a ciência. Analise as afirmações abaixo e indique a opção correta:

I – Em 1913, o físico norte-americano Robert Andrews Millikan, em seu experimento de gotas de óleo eletrizadas, determinou, com grande precisão, o valor da carga elementar do elétron.

II - O efeito Compton demonstra que a radiação tem comportamento corpuscular.

III - Uma descarga elétrica num gás é capaz de ionizá-lo tornando-o condutor de eletricidade.

- a) somente a afirmação I é correta
- b) somente as afirmações I e II são corretas
- c) somente as afirmações II e III são corretas
- d) somente as afirmações I e III são corretas
- e) todas as afirmações são corretas.

Resposta: e

Fonte: adaptado de PUCRS-2003

QUESTÃO 13

Tema: Efeito fotoelétrico

Objetivo da questão: relacionar a frequência de radiação ao propósito do efeito fotoelétrico

Conceitos prévios: frequência de radiação

Perspectiva: Científica, Tecnológica e Social

O fenômeno físico responsável pelo funcionamento dos sensores CCD, presentes nas primeiras e em muitas das atuais câmeras digitais, é similar ao efeito fotoelétrico. Ao incidirem sobre um cristal de silício, os fótons transferem a sua energia aos elétrons que se encontram na banda de valência, que são “promovidos” para os níveis de energia que se encontram na banda de condução. O excesso de carga transferido para a banda de condução é então drenado por um potencial elétrico aplicado sobre o dispositivo, produzindo um sinal proporcional à intensidade da luz incidente. A energia transferida aos elétrons pelos fótons, nesse processo, é proporcional à _____ da radiação incidente. Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna.

- a) intensidade
- b) frequência**
- c) polarização
- d) amplitude

e) duração

Resposta: b
Fonte: adaptado de UFSM - 2015

QUESTÃO 14

Tema: Efeito fotoelétrico

Objetivo da questão: associar a evolução da ciência ao desenvolvimento tecnológico

Conceitos prévios: frequência limite

Perspectiva: Histórica , Científica , Tecnológica e Social

Uma das contribuições da Física para o bem-estar e a segurança nas cidades é o constante avanço tecnológico aplicado à iluminação pública. Parte das luminárias do século XIX era acesa manualmente por várias pessoas ao entardecer. Hoje, o acionamento das lâmpadas tornou-se automático devido à aplicação dos conhecimentos acerca do efeito fotoelétrico (descrito por Albert Einstein, em 1905) e ao desenvolvimento das células fotoelétricas instaladas nos postes de iluminação pública, capazes de detectar a presença de luz natural. A respeito do conceito de efeito fotoelétrico, considere as afirmativas a seguir.

- I. Consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando esta é iluminada com luz de determinada frequência.
- II. Ocorre independentemente da frequência da luz incidente na superfície do metal, mas é dependente de sua intensidade.
- III. Os elétrons ejetados de uma superfície metálica, devido ao efeito fotoelétrico, possuem energia cinética igual à energia do fóton incidente.
- IV. Por mais intensa que seja a luz incidente, não haverá ejeção de elétrons enquanto sua frequência for menor que a frequência limite (ou de corte) do metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

Resposta: b
Fonte: adaptado de Uel-PR (Vestibular 2014)

4.4. O Diário de Bordo

O diário de bordo tem papel fundamental na pesquisa investigativa, pois nele o pesquisador registra os detalhes de suas observações e que serão utilizados como dados na pesquisa e na análise dos resultados. “Para que se torne um instrumento válido e fidedigno de investigação científica a observação precisa ser controlada e sistemática” (LUDKE e ANDRÉ, 1986, P. 25). No entanto, existe uma grande dificuldade de se registrar essas observações, é importante fazer os registros tão logo ocorram as ações para não se perder

detalhes importantes, sendo necessário definir claramente o foco da investigação.

O uso do diário tem vantagens pois organiza as reflexões acerca da pesquisa, documenta o trabalho, auxilia na autoavaliação, proporciona reflexões críticas e pode ser visto não só como um instrumento de coleta de dados, mas também, como um instrumento de avaliação. Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 163), o conteúdo das observações deve envolver uma parte descritiva e uma parte mais reflexiva. A parte descritiva compreende ao registro detalhado do que ocorre no campo e a parte reflexiva inclui as observações pessoais.

Com o intuito de potencializar as contribuições deste instrumento, foram elaborados alguns itens para servir como guia, visto que a proposta possui uma ampla perspectiva, e assim aumenta as dificuldades em registrar pontos relevantes para a pesquisa. Dessa forma, dois diários foram personalizados, um Diário Docente e outro Diário Discente. O Diário Docente serve aos propósitos do professor-pesquisador e as questões levam a reflexão acerca da dinâmica da proposta. O Diário Discente atende as percepções dos alunos referentes às atividades desenvolvidas, proporciona um olhar diferente para a pesquisa e pode ser utilizado como um instrumento avaliativo.

Para o Diário Docente utilizamos como guia as seguintes observações:

DIÁRIO DE BORDO DOCENTE

1. Diferenças observadas nesta aula em relação às demais.
2. Atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que mais chamaram a atenção em seu comportamento.
3. Aproveitamento da aula pelos alunos.
4. Aspectos do conteúdo que parecem mais interessantes aos alunos.
5. Principais dificuldades conceituais enfrentadas no andamento da aula.
6. Forma como o conteúdo foi desenvolvido.
 - 6.1 Abordagem histórica:
 - 6.2 Abordagem tecnológica:
 - 6.3 Abordagem científica:
 - 6.4 Abordagem social:
7. Dificuldades apresentadas pelos alunos.
8. Que modificações você faria nesta aula? O que deveria ser alterado ou melhor trabalhado?

Fonte: Autoria própria

E para o Diário Discente, as seguintes observações:

DIÁRIO DE BORDO DISCENTE

1. Diferenças observadas nesta aula em relação às demais.
2. Principais conceitos estudados na aula de hoje.
3. Aspectos do conteúdo que parecem mais interessantes:
 - 3.1. Quais aspectos científicos foram abordados na aula de hoje?
 - 3.2. Quais aspectos tecnológicos foram abordados na aula de hoje?
 - 3.3. Quais aspectos históricos foram abordados na aula de hoje?
 - 3.4. Quais aspectos sociais foram abordados na aula de hoje?
4. Aproveitamento da aula: qual conceito não foi bem esclarecido?
5. Principais dificuldades conceituais enfrentadas no andamento da aula.
6. Forma como o conteúdo foi desenvolvido.
7. O que deveria ou poderia ser mudado nesta aula? O que deveria ser melhor trabalhado?

Fonte: Autoria própria

Como a forma escrita é a mais comum para se registrar as observações, os itens elencados no Diário Docente e no Diário Discente auxiliam a manter o foco da pesquisa, pois a proposta HCTS abrange diferentes aspectos e é importante registrar suas relações com o conteúdo e os sujeitos da pesquisa durante a ação. Segundo Ludke e André (1986, p. 46) a formulação de questões ou proposições no processo de delimitação do foco da investigação além de favorecer a análise possibilitam a articulação entre os pressupostos teóricos do estudo e a realidade.

4.5. Análise dos resultados

As questões aplicadas no pré e pós-testes foram pensadas e elaboradas de modo a atender as expectativas da proposta. Assim, o delineamento histórico, científico, tecnológico e social está intrínseco e de forma conjunta, uma abordagem necessita de outra para um entendimento amplo. Além do questionário, os diários de bordo (docente e discente) foram utilizados como instrumentos de coleta. Para se trabalhar o material obtido durante a pesquisa faz-se necessário adotar procedimentos de análise para cada tipo de material utilizado.

A análise dos resultados é apresentada de maneira reflexiva, na forma textual, pautada principalmente nas questões do pré e pós-testes e suas relações com a SD. Os registros dos diários são fundamentais para a reflexão pois apontam erros e acertos bem com as decisões tomadas, mudanças de estratégias entre outros. As atividades realizadas são também

analisadas com intuito investigativo e avaliativo, buscando indícios de construção dos conceitos.

Para análise das respostas do pré e pós-teste adaptou-se a proposta apresentados nas tabelas 1 e 2 (STANGE et al, 2014). A tabela 1 que corresponde a uma estrutura para análise das questões, propõe os tipos de resposta obtidas na aplicação do questionário que seriam os tipos 5 (apresenta todos os conceitos, conhece o conteúdo), 4 (apresenta a maioria dos conceitos, demonstra conhecer o conteúdo), 3 (apresenta poucos conceitos, mas ainda assim demonstra ter poucas noções sobre o conteúdo), 2 (apresenta poucos conceitos, demonstra ter poucas noções de conteúdo) e 1 (não apresenta nenhum dos conceitos necessários, não possui noções mínimas do conteúdo).

Tabela 1: Proposta de estrutura para análise

Questões		Objetivos	Resposta (base para a análise)		Resposta dos alunos		
			Ideal	Conceitos necessários	Tipos de resposta	Quantitativo por tipo	% por tipo
1					5 - Apresenta todos os conceitos, conhece o conteúdo.		
					4 - Apresenta a maioria dos conceitos, demonstra conhecer o conteúdo.		
					3 - Apresenta poucos conceitos, mas ainda assim demonstrar ter conhecimento sobre o conteúdo.		
					2 - Apresenta poucos conceitos, demonstra ter poucas noções sobre o conteúdo.		
					1 - Não apresenta nenhum dos conceitos necessários, não possui noções mínimas sobre o conteúdo.		
					Totais		
					Conceito		

Fonte: Stange, C. E. B. *et all*, p. 28, 2014.

Os conceitos mencionados foram previstos na metodologia de elaboração das alternativas questões, considerando que as respostas seriam compostas por alternativas diretas. Esse instrumento é interessante para a proposta pois prevê na sua estruturação o que se espera de resposta e quais os conceitos prévios que se quer investigar. A tabela 2 corresponde ao intervalo percentual para a análise dos conceitos.

Tabela 2: Intervalos para análise

Soma dos % por tipo dos conceitos 4 e 5	
Conceito	Intervalo%
Totalmente Satisfatório	90 - 100
Satisfatório para Totalmente Satisfatório	80 - 89
Satisfatório	70 - 79
Satisfatório para Regular	61 - 69
Regular	49 - 60
Insatisfatório para Regular	37 - 48
Insatisfatório	25 - 36
Totalmente Insatisfatório para Insatisfatório	13 - 24
Totalmente Insatisfatório	0 - 12
Regular - quando as somas dos % referentes a 4+5 e a 1+2 forem iguais ou quando o maior percentual for referente ao conceito 3	
Soma dos % por tipo dos conceitos 1 e 2	
Conceito	Intervalo%
Totalmente Insatisfatório	90 - 100
Insatisfatório para Totalmente Insatisfatório	80 - 89
Insatisfatório	70 - 79
Insatisfatório para Regular	61 - 69
Regular	49 - 60
Regular para satisfatório	37 - 48
Satisfatório	25 - 36
Satisfatório para Totalmente satisfatório	13 - 24
Totalmente Satisfatório	0 - 12

Fonte: Stange, C. E. B. *et all*, p. 28, 2014.

4.6. Projetos desenvolvidos na perspectiva HCTS e aplicados no Ensino Médio

Algumas propostas baseadas na perspectiva HCTS foram desenvolvidas e aplicadas em turmas do Ensino Médio, como projetos-piloto, visando observar sua aplicabilidade e coerência com o que se busca num ensino contextualizado. Apresenta-se alguns exemplos que seguem com uma problematização inicial, uma proposta de relação HCTS para o tema escolhido, a sequência didática e alguns registros da realização da atividade. Destaca-se com esses exemplos a flexibilidade e a abrangência da proposta.

4.6.1 Máquinas de Voar

A atividade foi desenvolvida com alunos do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio São Mateus em São Mateus do Sul, Paraná. Utilizou-se neste processo a proposta de ensino baseada no enfoque HCTS como meio facilitador da aprendizagem de conceitos da relacionados às leis da Gravidade. As atividades norteadas pela perspectiva histórica,

científica, tecnológica e social, buscaram demonstrar a aplicabilidade dessas leis, como se deu o processo evolutivo das máquinas de voar e analisar os resultados desse desenvolvimento, seja na discussão das vantagens dos meios de transporte aéreos, bem como sua utilidade nas guerras.

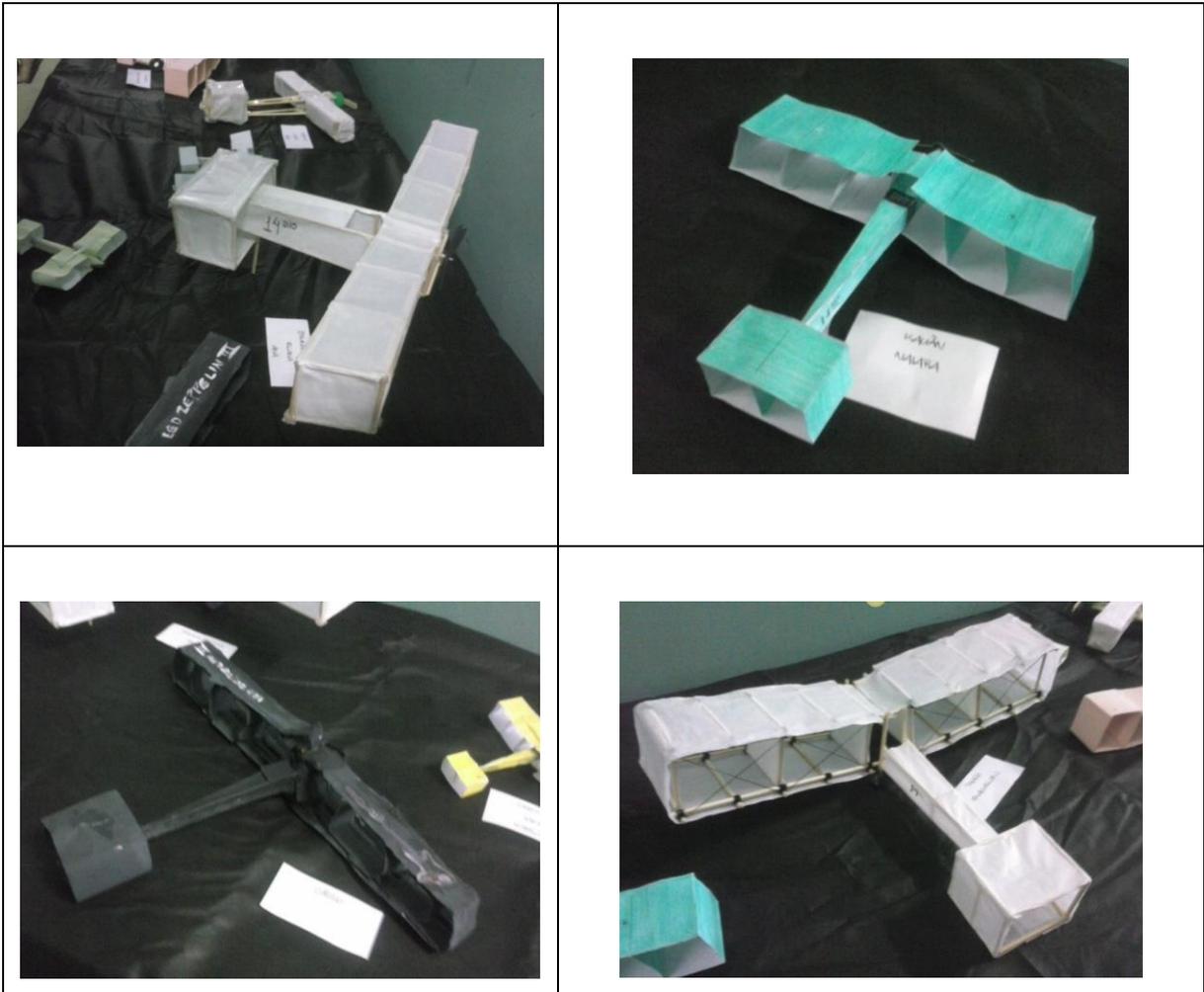
A proposta teve como problematização inicial o Aspecto Histórico: Quem foi o verdadeiro inventor do avião? Quais foram as primeiras ideias que despertaram a vontade do homem voar? Diante desta problemática discutiu-se a respeito das controvérsias da autoria do primeiro voo, a importância das invenções de Santos Dumont e a trajetória da construção do 14 Bis. O quadro 4 traz uma parte do PTD com a relação HCTS para o estudo em questão:

Quadro 4: Relações HCTS para as Máquinas de Voar

INSTITUIÇÃO DE ENSINO: COLÉGIO ESTADUAL SÃO MATEUS		
DISCIPLINA: FÍSICA	SÉRIE/TURMA: 1A/B	
PROFESSOR: ANDRÉIA HORNES	CURSO: ENSINO MÉDIO	
UNIDADE TEMÁTICA: GRAVITAÇÃO	Nº DE AULAS: 06 a 08	
CONTEÚDO: Lei da Gravidade; Força Peso; Resistência do Ar;		
OBJETIVO GERAL: Relacionar a lei da Gravidade, Peso e Resistência do Ar, com a evolução das máquinas desenvolvidas para voar, compreender o delineamento histórico-científico acerca da construção dessas máquinas e refletir a respeito das contribuições tecnológicas para a sociedade.		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	- Primeiras ideias que caracterizaram a vontade do homem voar; primeiros escritos a esse respeito.
	ASPECTO CIENTÍFICO	- Relações da força de atrito vertical: Resistência do ar; peso dos corpos; força da gravidade; As leis, suas descrições, equações e aplicações.
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Experiências importantes na elaboração de protótipos (balões, aviões e outros aeromodelos) – tecnologias aéreas de hoje
	ASPECTO SOCIAL	- Benefícios do transporte aéreo. O uso dos aviões na Guerra. Acidentes aéreos.
REFERÊNCIAS: Livros didáticos; artigos científicos; sites de física e tecnologia;		

Fonte: Autoria própria

Dentre as atividades desenvolvidas, a construção de protótipos do 14Bis resultou em modelos bem criativos. A necessidade da pesquisa para essa construção abordou diferentes aspectos como o histórico e o tecnológico, principalmente pela curiosidade de saber como o avião conseguiu ficar no ar. O quadro 5 apresenta alguns modelos produzidos pelos alunos e colocados em exposição para a comunidade escolar apreciar.

Quadro 5: Protótipos do 14Bis desenvolvidos pelos alunos

Fonte: autoria própria

Outra atividade prática desenvolvida foi a realização de dobraduras de modelos dos aviões. Ao mesmo tempo que se tornou uma atividade lúdica, levantou observações acerca da aerodinâmica dos modelos aéreos, bem como tamanho, massa, superfície de contato, entre outros aspectos importantes ao estudo proposto. A dinâmica foi bem aceita pelos estudantes e o quadro abaixo apresenta alguns desses momentos.

Quadro 6: Aviação - Física e Dobradura

Fonte: autoria própria

4.6.2 Máquinas a Vapor

A investigação em questão se desenvolveu com alunos do segundo ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, do Colégio São Mateus em São Mateus do Sul, Paraná. Utilizou-se a proposta de ensino baseada no enfoque HCTS como meio facilitador da aprendizagem de conceitos da Termodinâmica. Para tanto, as atividades realizadas foram norteadas pela perspectiva histórica, científica, tecnológica e social, a fim de demonstrar a sua aplicabilidade e analisar os resultados observados.

Historicamente, o período referente aos séculos XVIII e XIX correspondem, segundo Rocha (2002), a uma fase de profundas mudanças sociais e econômicas, na Europa, concretizadas com o estabelecimento do modo de produção capitalista. Para Abrantes (1989),

a consolidação do capitalismo, na segunda metade do século XVIII, incorporou as máquinas a vapor à indústria, modificando os modos de produção de bens, contribuindo assim para grandes transformações sociais e tecnológicas. Essa primeira revolução industrial se fez mais com conhecimento técnico do que científico.

Nesse contexto social e econômico que a Termodinâmica toma seu rumo. Na busca pelo entendimento da ciência do calor e de formas para melhorar o rendimento das máquinas térmicas, técnicos e cientistas se unem. E por meio das pesquisas, estudos, testes e aplicações que são estabelecidas as leis da Termodinâmica e definições importantes são pontuadas, como a do calor, que passa a ser entendido como uma forma de energia, capaz de se transformar em energia mecânica, ou seja, em movimento. Para movimentar as máquinas, que substituem a força muscular, começa-se a aproveitar as forças naturais (ventos, correntes de água) e as artificiais (vapor, eletricidade), (CHASSOT, 2004, p. 184).

A proposta teve como problematização inicial o Aspecto Social: Qual a relação existente entre o barco a vapor e o desenvolvimento social e econômico do município de São Mateus do Sul, pelo qual corre o rio Iguaçú. A proposta levantou aspectos relacionados às famílias dos alunos, onde, por meio de pesquisas e entrevistas os alunos delinearam a trajetória histórica do Vapor Peri, barco a vapor, símbolo da cidade. O quadro 7 traz uma parte do PTD com a relação HCTS para o estudo em questão:

Quadro 7: Proposta HCTS para o ensino da Termodinâmica

INSTITUIÇÃO DE ENSINO: COLÉGIO ESTADUAL SÃO MATEUS		
DISCIPLINA: FÍSICA	SÉRIE/TURMA: 2A	
PROFESSOR: ANDRÉIA HORNES	CURSO: TÉCNICO EM QUÍMICA	
UNIDADE TEMÁTICA: TERMODINÂMICA	Nº DE AULAS: 10 a 12	
CONTEÚDO: MÁQUINAS TÉRMICAS;		
OBJETIVO GERAL: Relacionar as leis da termodinâmica com a evolução das máquinas térmicas, compreender o delineamento histórico-científico acerca da construção das máquinas e refletir acerca de suas contribuições tecnológicas para a sociedade.		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	- Fontes de calor; - Primeiras teorias sobre o uso do calor; - Reconstrução histórica do processo termodinâmico: ideias e aplicações; - Principais investigações para evolução das máquinas térmicas;
	ASPECTO CIENTÍFICO	- Embasamento científico na elaboração das leis da Termodinâmica (bem como fórmulas, equações, gráficos): características e limitações;
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Experiências importantes na elaboração teórica das máquinas: Máquina de Heron; Thomas Savery; Thomas Newcomen; James Whatt;
	ASPECTO SOCIAL	- Como a evolução das máquinas térmicas influenciou no comportamento da sociedade na época e hoje; - Relação ambiental (desmatamento, poluição) - Expansão comercial; - Transporte;
REFERÊNCIAS: Livros didáticos; artigos científicos; sites de física e tecnologia;		

Fonte: Autoria própria

O quadro 8 sugere uma sequência didática. O seu desenvolvimento partiu do diálogo e da investigação dos conceitos prévios, no caso das máquinas térmicas, parte-se de fatos do cotidiano como exemplos para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares.

QUADRO 8: Sequência Didática para o estudo das Máquinas Térmicas

AULA	OBJETIVOS	CONTEÚDOS	DESENVOLVIMENTO	AVALIAÇÃO
01	- Identificar conceitos prévios (ponto de partida);	Máquinas térmicas	Aplicação do questionário investigativo;	Questionário
02 e 03	- Levantar e esquematizar os conhecimentos dos alunos para iniciar o assunto - Conhecer o funcionamento de um barco a vapor	Transportes movidos a vapor Funcionamento de um barco a vapor	- Utilizar o diálogo para expor os conhecimentos prévios acerca de quais são os meios de transportes conhecidos movidos a vapor; - Descrever o funcionamento de um barco a vapor - Visitar o museu da cidade e os principais pontos turísticos relacionados com o desenvolvimento econômico e cultural	- Pesquisa dos meios de transporte a vapor - Esquema do funcionamento de um barco a vapor - Exposição de fotos dos pontos turísticos;
04 e 05	- Evidenciar a importância das máquinas térmicas para o progresso da região	Vapor Peri – Barco símbolo do desenvolvimento da cidade	- Discutir a relação existente entre o Vapor Peri (barco histórico da cidade) e seu transporte de mercadorias pelo rio Iguaçu; - Propor a produção de um barco a vapor didático	- Construção de um protótipo
06 a 10	- Apresentar a evolução histórico-científica das leis da Termodinâmica; - Associar os conceitos com as máquinas térmicas	Leis da Termodinâmica	- Apresentação do conteúdo: a Lei Zero da termodinâmica; - Primeira Lei da Termodinâmica – relações entre trabalho e energia interna - Segunda Lei da Termodinâmica e suas relações com as máquinas térmicas - Vídeos do funcionamento de motores;	- Problemas e questões para discussão;

11	<ul style="list-style-type: none"> - Assimilar a importância dos modelos no desenvolvimento de teorias científicas - Destacar a importância das experimentações na formulação das teorias 	Relações HCTS	<ul style="list-style-type: none"> - Evolução dos modelos de máquinas térmicas, incluindo suas aplicabilidades - Desenvolvimento científico - Progressos tecnológicos - Mudanças sociais a partir desses estudos 	<ul style="list-style-type: none"> - Quadro de experiências (duplas); - Construção de Modelos atômicos (equipes);
12	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar indícios da aprendizagem acerca da temática estudada 	Máquinas térmicas	<ul style="list-style-type: none"> - Questões avaliativas 	<ul style="list-style-type: none"> - Questionário avaliativo

Fonte: autoria própria

Constatou-se através das questões realizadas, que os alunos conhecem um pouco da cultura da cidade, todos citaram o ponto turístico mais importante do tema a ser abordado, que é o vapor Peri. Retratando especificamente o Vapor Peri, apesar de todos já o conhecerem e concordarem que ele é um marco histórico no desenvolvimento econômico e social da cidade, nem todos sabiam descrever corretamente qual a base de seu funcionamento e para que era utilizado. Essa questão foi contemplada com êxito durante o desenvolvimento das aulas.

A proposta de desenvolver um protótipo didático do barco a vapor motivou os alunos a conhecerem mais a respeito do funcionamento das máquinas, foram mais receptivos ao conteúdo em geral, buscando interagir mais em sala de aula para aprofundar os conceitos da Termodinâmica. Alunos com pré-disposição para aprender obtêm resultados mais satisfatórios, tanto para o aluno quanto para o professor. O quadro 9 apresenta alguns momentos da construção de uma máquina a vapor, utilizando materiais de baixo custo. A confecção e os testes foram feitos em grupos, em contra turno, no laboratório do colégio, a apresentação à comunidade escolar foi feita na forma de mostra científica.

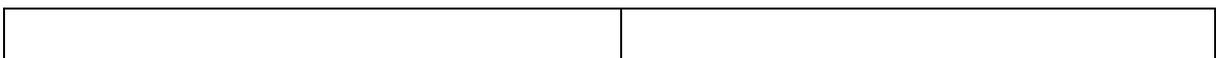
Quadro 9: Máquina a Vapor – construção e apresentação

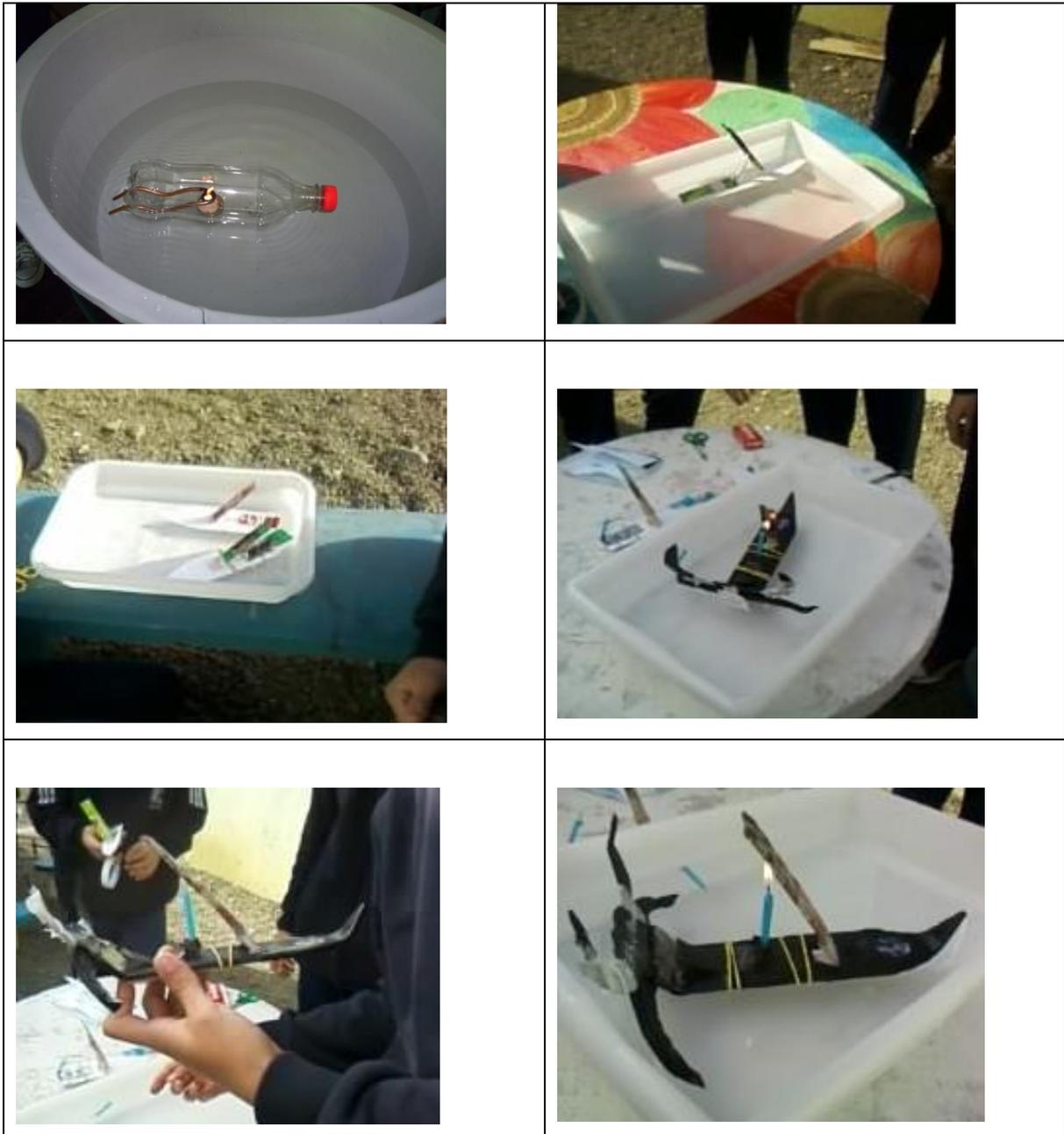


Fonte: autoria própria

Outra atividade prática foi a confecção de protótipos do barquinho a vapor, quadro 10. De forma criativa os alunos produziram seus barquinhos, alguns mais elaborados, outros mais simples, utilizando materiais acessíveis e os testes foram realizados em sala de aula. Posteriormente realizamos uma corrida de barcos em um recipiente maior (uma piscina infantil), momento de descontração da aula.

Quadro 10: Protótipos do barquinho a vapor





Fonte: autoria própria

Vale a pena destacar também a importância da experimentação em sala de aula. Além do contexto histórico e social ao qual se descreve a trajetória da ciência, vem a associação entre o real e o experimental, ou seja, há a oportunidade de comprovar o que foi estudado teoricamente montando um protótipo como modelo experimental. Este modelo, por sua vez, traz a concretização dos conceitos estudados e portanto, sua contribuição para a apreensão dos conhecimentos abstratos e a fixação ao processo cognitivo do educando.

4.6.3 Luz e Cores

A investigação em questão se desenvolveu com alunos do segundo ano do Ensino Médio, do Colégio São Mateus em São Mateus do Sul, Paraná. A proposta de ensino norteadada pelo enfoque HCTS foi utilizada como metodologia para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos da Óptica. As atividades realizadas foram pensadas para atender as diferentes perspectivas histórica, científica, tecnológica e social, a fim de demonstrar a sua aplicabilidade. A proposta teve como problematização inicial o Aspecto Social: Qual a importância do registro das informações por meio da imagem, e quais os transtornos que a exposição excessiva pode causar as pessoas na atualidade. O quadro 11 traz o PTD com a relação HCTS para o estudo em questão:

Quadro 11: Perspectiva HCTS para o ensino da Óptica

CENTRO ESTADUAL SÃO MATEUS – ENSINO FUNDAMENTAL, MÉDIO E PROFISSIONAL		
DISCIPLINA: FÍSICA		SÉRIE: 2A
PROFESSOR: ANDRÉIA HORNES		CURSO: ENSINO MÉDIO
UNIDADE TEMÁTICA: Física Moderna e Contemporânea		8 a 12 aulas
CONTEÚDO: Óptica		
OBJETIVO GERAL: Estudar a natureza da luz por meio do delineamento histórico-científico analisando suas contribuições tecnológicas para a sociedade.		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	- Natureza da luz e das cores; - Concepções gregas para os fenômenos luminosos, principalmente referentes a visão; - Descobertas científicas (séculos XVII a XIX); - Trabalhos de Einstein, de Broglie e Schrödinger (a partir do século XX);
	ASPECTO CIENTÍFICO	Embasamento científico: - Modelos para a luz; - Reflexão e refração da luz: tipos e leis; - Lentes e Espelhos; - O espectro eletromagnético da luz; - Dualidade onda-partícula;
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Aplicações dos diferentes tipos de lentes e espelhos nos equipamentos ópticos (retrovisores, telescópios, óculos, máquina fotográfica, etc); - As cores; - O olho humano;
	ASPECTO SOCIAL	- Importância dos registros por fotografias; - Correção dos problemas da visão;
DESENVOLVIMENTO	CONTEÚDO DA AULA	- Fenômenos Ópticos
	OBJETIVO ESPECÍFICO	- Realizar leituras e discussões sobre a temática; Pesquisar temas relacionados; Responder questões e problemas; Fazer experimentações;
	ESTRATÉGIAS DE ENSINO	- Exposição oral; - Leitura e pesquisa dirigida; - Atividade Experimental; - Resolução de questões e problemas;
	RECURSOS DIDÁTICOS	- Textos; - Material de baixo custo; - Datashow; - Resultados das pesquisas;

	AValiação ESPECÍFICA (OPTATIVA)	- Discussão das leituras; - Conclusão dos experimentos; - Respostas da resolução das questões e problemas; Textos das pesquisas;
	AValiação GERAL	Avaliação com questões descritivas, interpretativas e de múltipla escolha;
REFERÊNCIAS - Livros didáticos; artigos científicos; sites de física e tecnologia;		

Fonte: autoria própria

Para contemplar as relações propostas do quadro 11 e atingir o objetivo geral em todos os seus aspectos, as aulas precisam ser pensadas e organizadas de maneira integrada, para tanto, propomos a organização de uma sequência didática, com objetivos específicos para cada aula, visando os diferentes aspectos da proposta. Nesse contexto, o planejamento contempla o conteúdo de forma geral, detalhando os aspectos estudados enquanto a sequência didática detalha aula por aula, o que facilita a avaliação, permitindo a intervenção quando necessário.

A sequência didática sugerida no quadro 12, parte do diálogo e da investigação acerca do que os alunos conhecem sobre o tema para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares. Pretende-se também desencadear uma visão integradora da Física, construída cientificamente por longos estudos e que ainda está em evolução. O foco principal dessa sequência é explicitar o caráter histórico do conhecimento científico, destacando a importância das mudanças de padrões e também, levantar as condições para a reflexão no que diz respeito ao contexto científico, tecnológico e social.

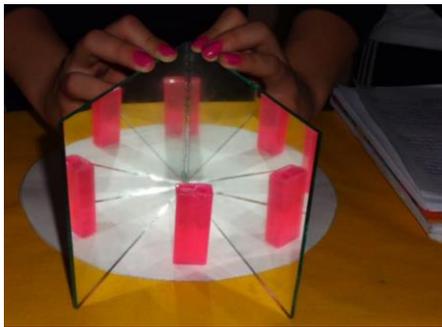
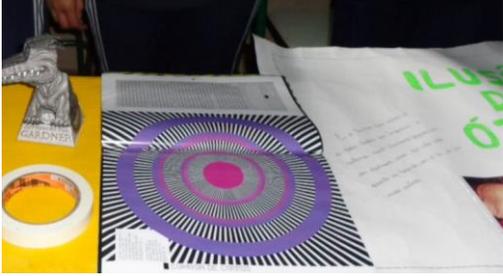
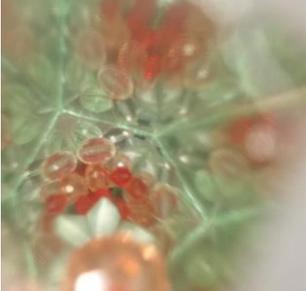
Quadro 12: Sequência Didática para o ensino da Óptica

AULA	OBJETIVOS	CONTEÚDOS	DESENVOLVIMENTO	AValiação
01	- Fazer relações entre fotografias e máquinas fotográficas atuais e antigas e a forma como	Óptica	Concurso de Fotografia. Tema: Cotidiano - Evidência dos aspectos histórico e social nesse momento	- Exposição das fotografias em multimídia
02 e 03	- Levantar temas referente ao funcionamento das máquinas fotográficas; - Evidenciar a importância desta tecnologia para os registros históricos;	Óptica Geométrica: Câmara escura	- Utilizar o diálogo para expor os conhecimentos prévios acerca de como a tecnologia da máquina fotográfica evolui e como as imagens são registradas hoje. - Fazer as relações com a óptica geométrica, leis, regras e definições utilizando os princípios da câmara escura - Evidência dos aspectos histórico e tecnológico nesse momento	- Construção de uma câmara escura

04 a 06	- Conhecer as aplicações das lentes e dos espelhos, como as imagens são formadas e onde são utilizados;	Óptica geométrica	- Aplicações das lentes e espelhos: instrumentos ópticos; - Formação de imagens - Evidência dos aspectos tecnológico e científico nesse momento	- Atividade de pesquisa; - Resolução de atividades e exercícios;
07 a 09	- Estudar os fenômenos ópticos e diferenciar os explicados pela óptica geométrica e os não explicados; - Perceber a importância dos estudos da Física Moderna para a compreensão das propriedades da luz;	Fenômenos luminosos	- Dualidade onda-partícula; - Interpretação dualista dos fenômenos luminosos: reflexão, refração, difração, interferência, polarização, cor dos objetos, velocidade da luz - Evidência dos aspectos científico e histórico nesse momento	- Leitura e interpretação de texto: Luz, partícula ou onda? - Questões para discussão;
10 e 11	- Voltar para as fotografias da primeira aula e identificar características que remetem ao estudo da óptica como cores dos objetos, água, vidro, etc; - Relacionar as observações com os conceitos físicos estudados.	Óptica: luz, visão e fenômenos luminosos	- Explorar as fotografias tiradas e expostas na aula 01 e por meio delas relacionar os fenômenos luminosos com o dia a dia; - Evidência dos aspectos tecnológico, científico e social nesse momento;	- Registro das observações
12 e 13	- Apresentar os conceitos da Óptica na forma de pequenos projetos;	Óptica: luz, visão e fenômenos luminosos	- Reunir os conhecimentos estudados acerca dos Fenômenos Luminosos e apresentar à comunidade científica; - Evidência dos aspectos histórico, tecnológico, científico e social nesse momento;	- Mostra Científica: Luz e Cores
14	- Detectar indícios da aprendizagem acerca da temática estudada	Óptica:luz, visão e fenômenos luminosos	- Reunir os conceitos estudados em questões reflexivas e avaliativas - - Evidência dos aspectos histórico, tecnológico, científico e social nesse momento;	- Avaliação

A SD apresentada resultou em inúmeras discussões acerca das propriedades da luz, das mudanças conceituais ocorridas ao longo dos séculos e das inúmeras aplicações desses estudos em nosso cotidiano. A produção experimental desencadeou diversas curiosidade e muitos fenômenos puderam ser analisados e estudados. Abaixo são apresentadas algumas das produções dos alunos, quadro 13a e 13b, as quais foram levadas a comunidade escolar por meio de uma Mostra Científica, intitulada Luz e Cores.

Quadro 13a: Óptica - produções dos alunos

 <p>ESPELHOS PLANOS</p>	 <p>CALEIDOSCÓPIO</p>
 <p>ILUSÃO DE ÓTICA</p>	 <p>CALEIDOSCÓPIO – IMAGEM INTERNA</p>
 <p>REFRAÇÃO</p>	 <p>REFRAÇÃO</p>

Fonte: autoria própria

As atividades apresentadas aqui (quadros 13a e 13b) são alguns dos projetos desenvolvidos pelos alunos do segundo ano do ensino médio, retratam a satisfação de poder realizar experimentos, entender o funcionamento e explicar aos demais colegas da escola. As avaliações realizadas demonstraram evidências de uma aprendizagem significativa, pautada na História da Ciência, Tecnologia, Sociedade e na construção do conhecimento.

Quadro 13b: Óptica - produções dos alunos



DISCO DE NEWTON

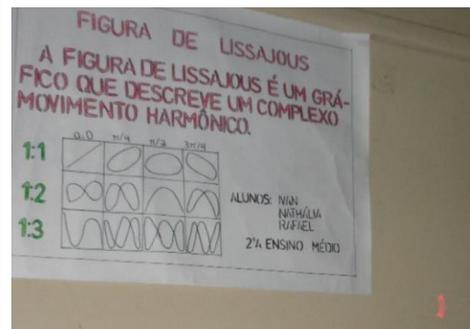


FIGURA DE LISSAJOUS



FIGURA DE LISSAJOUS

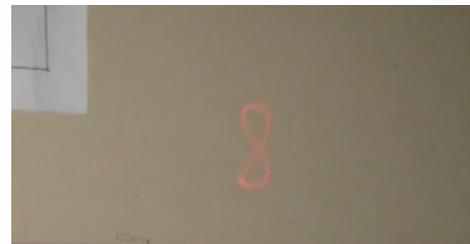


FIGURA DE LISSAJOUS - IMAGEM



CÂMARA ESCURA



ARCO ÍRIS

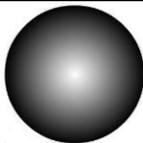
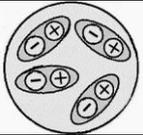
4.6.4 Modelos Atômicos

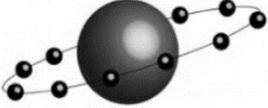
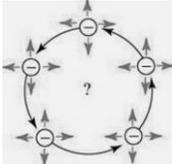
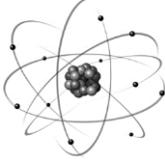
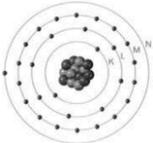
Essa atividade foi desenvolvida com alunos do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual São Mateus, em São Mateus do Sul, Paraná. A proposta de ensino norteada pelo enfoque HCTS foi utilizada como metodologia para o estudo da estrutura da matéria, desde a evolução dos modelos atômicos. A proposta teve como problematização inicial o Aspecto Científico: Qual a importância do desenvolvimento das teorias atômicas para compreender a composição das coisas que nos cercam, e como essas teorias contribuíram para a Ciência, principalmente para a Física Quântica.

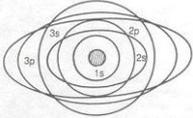
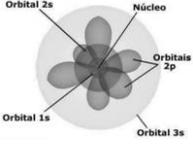
A representação através de modelos é proposta para se ver o que na verdade não se pode ver. Criar modelos representativos proporciona a relação entre o conceito científico e sua aprendizagem. Quando os alunos se envolvem em atividades desta natureza, é possível ao professor avaliar a compreensão dos modelos científicos pela expressão das ideias apresentadas, neste sentido, os modelos podem ser vistos como materiais instrucionais, que propõem o entendimento de determinados aspectos de ensino. (SOUZA et al, 2006)

Os modelos criados com o intuito de explicar a teoria atômica são bastante conhecidos e citados na literatura, tais como: “o modelo da bola de bilhar”; “o modelo do pudim de passas”; “o modelo planetário”. Essas analogias são razoáveis, pois auxiliam na elaboração de modelos mentais. Para Meleiro e Giordan (1999, p. 3), essa prática amplia a capacidade de significação, configurando elementos apropriados ao processo conhecido como modelização mental. O Quadro 14 resume a evolução histórica dos modelos atômicos, transcrevendo as teorias mais significativas:

Quadro 14: Modelos Atômicos

MODELO ATÔMICO	ANO/DESCRIÇÃO
 <p>JOHN DALTON (1766-1844)</p>	<p>1810</p> <p>O modelo propõe que os elementos são formados por átomos, pequenas partículas indivisíveis, indestrutíveis e maciças. No entanto, impõe a regra da máxima simplicidade (ex: água – HO; amônia – NH; etc) e não contempla a natureza elétrica da matéria.</p>
	<p>1901</p> <p>Nesta proposta, o átomo seria formado por uma porção de cargas elétricas negativas e positivas (-e, +e) em equilíbrio e estáveis. No entanto o</p>

<p>JAMES H. JEANS (1877-1946)</p>	<p>modelo era basicamente teórico, validado pelos dados da espectroscopia e que não ganhou muito destaque.</p>
 <p>JOSEPH J. THOMSON (1856-1940)</p>	<p>1903</p> <p>Constitui o átomo de anéis coplanares de corpúsculos, os elétrons, que girariam em círculos imersos em uma esfera de carga positiva e uniforme com estabilidade regida pelas leis da mecânica e do eletromagnetismo. Segundo este modelo, todas as partículas alfas deveriam atravessar a matéria, mas o experimento de Geiger-Marsden mostrou que não era bem assim, algumas delas eram defletidas.</p>
 <p>HANTARO NAGAOKA (1865-1950)</p>	<p>1904</p> <p>Apresenta uma região central, grande e carregada, envolvido de anéis formados por corpúsculos que giravam com mesma velocidade ao seu redor, análogo ao movimento de Saturno, onde a estabilidade dos anéis se deve ao planeta possuir uma grande massa. No entanto, este modelo propõe uma velocidade angular muito alta que para a física clássica eram difíceis de serem obtidos</p>
 <p>LORD RAYLEIGH (1842-1919)</p>	<p>1906</p> <p>Modelo com cargas positivas em movimento de forma fluida, enquanto as negativas estariam com maior liberdade dentro da região limitada pela esfera. Porém, neste modelo o número de elétrons apresentava uma variação para o infinito. Definir o número de corpúsculos negativos dentro do átomo ainda não era possível pois não se conhecia outras partículas e nem as relações de massa que seriam estudadas no átomo nuclear</p>
 <p>GEORGE A. SCHOTT (1868-1937)</p>	<p>1906</p> <p>Nesta proposta os elétrons se movem em círculos com velocidades uniformes podendo se expandir. Possuem uma forma esférica e é sujeito a uma força constante (pressão) em toda a superfície. Evidencia a existência do éter como meio externo de pressão hidrostática causadora da resistência expansiva.</p>
 <p>ERNEST RUTHERFORD (1871 – 1937)</p>	<p>1911</p> <p>Modelo inspirado no sistema planetário, consiste em um núcleo muito pequeno, positivamente carregado, rodeado por uma nuvem de elétrons (em forma de esfera e não de disco, como no modelo saturniano), com a massa concentrada quase toda no núcleo. Teoricamente inviável visto que pelas leis do eletromagnetismo cargas aceleradas emitem energia. No entanto, elétrons orbitando em torno do núcleo deveriam perder energia mecânica e, pela física clássica, sua trajetória seria uma espiral em direção ao núcleo. Dessa forma toda a matéria deveria se desintegrar em fração de segundo.</p>
 <p>NIELS BOHR (1885 – 1962)</p>	<p>1913</p> <p>Neste modelo apresenta o átomo com núcleo central pequeno, positivo, que concentra toda a massa do átomo, com elétrons em sua volta fazendo movimentos circulares. Porém não possibilita prever, com precisão, as linhas dos espectros de átomos com mais de um elétron. Ou seja, o modelo de Bohr concorda quantitativamente apenas com os dados experimentais do átomo de hidrogênio, íons com apenas um elétron e sistemas similares.</p>

 <p>ARNOLD SOMMERFELD (1868 – 1951)</p>	<p>1913</p> <p>Sugeri que, em vez de descrever orbitas circulares, os elétrons deveriam descrever órbitas elípticas por detectar diferentes excentricidades (distância do centro), gerando energias diferentes para uma mesma camada, mas ainda assim não explicava os átomos com maior número de elétrons.</p>
 <p>ERWIN SCHRÖDINGER (1887-1961)</p>	<p>1926</p> <p>Sugere que não é possível determinar a trajetória dos elétrons em torno do núcleo, o que se pode determinar é uma certa energia e, com isso, obter uma região onde é mais provável encontrar o elétron. É um modelo matemático-probabilístico com base no Princípio da Incerteza de Heisenberg, o qual diz que é impossível determinar com precisão a posição e a velocidade de um elétron no mesmo instante, e o Princípio da Dualidade da Matéria, no qual o elétron apresenta-se ora como matéria, ora como energia, comportando-se como uma partícula-onda</p>

Fonte: autoria própria

O quadro 14 apresenta os modelos mais conhecidos, estudados pelos alunos no ensino médio, no entanto, a História da Ciência é capaz de contemplar outros modelos que não se destacam nos livros didáticos, mas que trouxeram grande contribuição para a evolução e entendimento da teoria atômica. A maneira como os conteúdos são abordados reflete nos aspectos científicos do conceito em si, e como nas palavras de Moreira (2000), não é somente pelo aspecto histórico que os conhecimentos serão efetivados, é preciso mais que isso, o conhecimento precisa ser construído e contextualizado.

Para que essa contextualização seja possível, é preciso que haja uma relação com os conhecimentos prévios que o aluno possui sobre o assunto a ser abordado, tendo a história científica de sua construção como um referencial, o que mostra a importância de se estudar a Física nos aspectos Científicos, Tecnológicos e Sociais além dos aspectos Históricos. O Quadro 15 apresenta parte do Plano de Trabalho Docente (PTD) para o estudo dos Modelos Atômicos na perspectiva HCTS.

Quadro 15: Perspectiva HCTS para o ensino dos Modelos Atômicos

<p>OBJETIVO GERAL: Conhecer a composição e organização da matéria, bem como o delineamento histórico-científico acerca dos modelos atômicos propostos e suas contribuições tecnológicas para a sociedade.</p>	
<p>PERSPECTIV A HCTS</p>	<p>ASPECTO HISTÓRICO</p> <p>- Primeiras teorias sobre a composição das coisas (Demócrito, Leucipo, Aristóteles); - Principais modelos apresentados para a teoria atômica (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld); - Reconstrução histórica do processo evolutivo: discussões de outros modelos (Jeans, Nagaoka, Rayleigh, Schott, Nicholson, Chadwick, Schroedinger) - Principais investigações no final do século XIX e início do século XX e</p>

		seus contextos;
	ASPECTO CIENTÍFICO	- Embasamento científico na elaboração das teorias: características e limitações;
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Experiências importantes na elaboração teórica: - Raios Catódicos; -Radioatividade; -Geiger-Marsden; -Eletricidade; -Espectroscopia; - Chadwick;
	ASPECTO SOCIAL	- Como a evolução da teoria atômica influenciou no comportamento da sociedade na sua época e hoje; - Aplicação das propostas na vida cotidiana (TV, radiografias, ressonância, etc.)

FONTE: Autoria própria

Para contemplar o PTD proposto no quadro 15 e atingir o objetivo geral em todos os seus aspectos, precisamos organizar as aulas de tal modo que o mesmo seja contemplado com êxito, para tanto, propomos a organização de uma sequência didática, com objetivos específicos para cada aula. Nesse contexto, o PTD contempla o conteúdo de forma geral, detalhando os aspectos estudados, organizando a proposta, enquanto a sequência didática propõe vislumbrar aula por aula, o que facilita a avaliação de cada momento, permitindo a intervenção quando necessário.

A sequência didática sugerida no quadro 16, propõe um desenvolvimento que parte do diálogo e da investigação acerca do que os alunos conhecem sobre o tema para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares. Pretende-se também desencadear uma visão integradora da Física, a qual foi construída cientificamente por longos estudos e ainda está em evolução. O foco principal dessa sequência é explicitar o caráter histórico do conhecimento científico, para tanto é relevante destacar a importância dos modelos científicos e também, levantar as condições para a reflexão no que diz respeito ao contexto científico, tecnológico e social.

Quadro 16: Sequência Didática para o estudo dos Modelos Atômicos

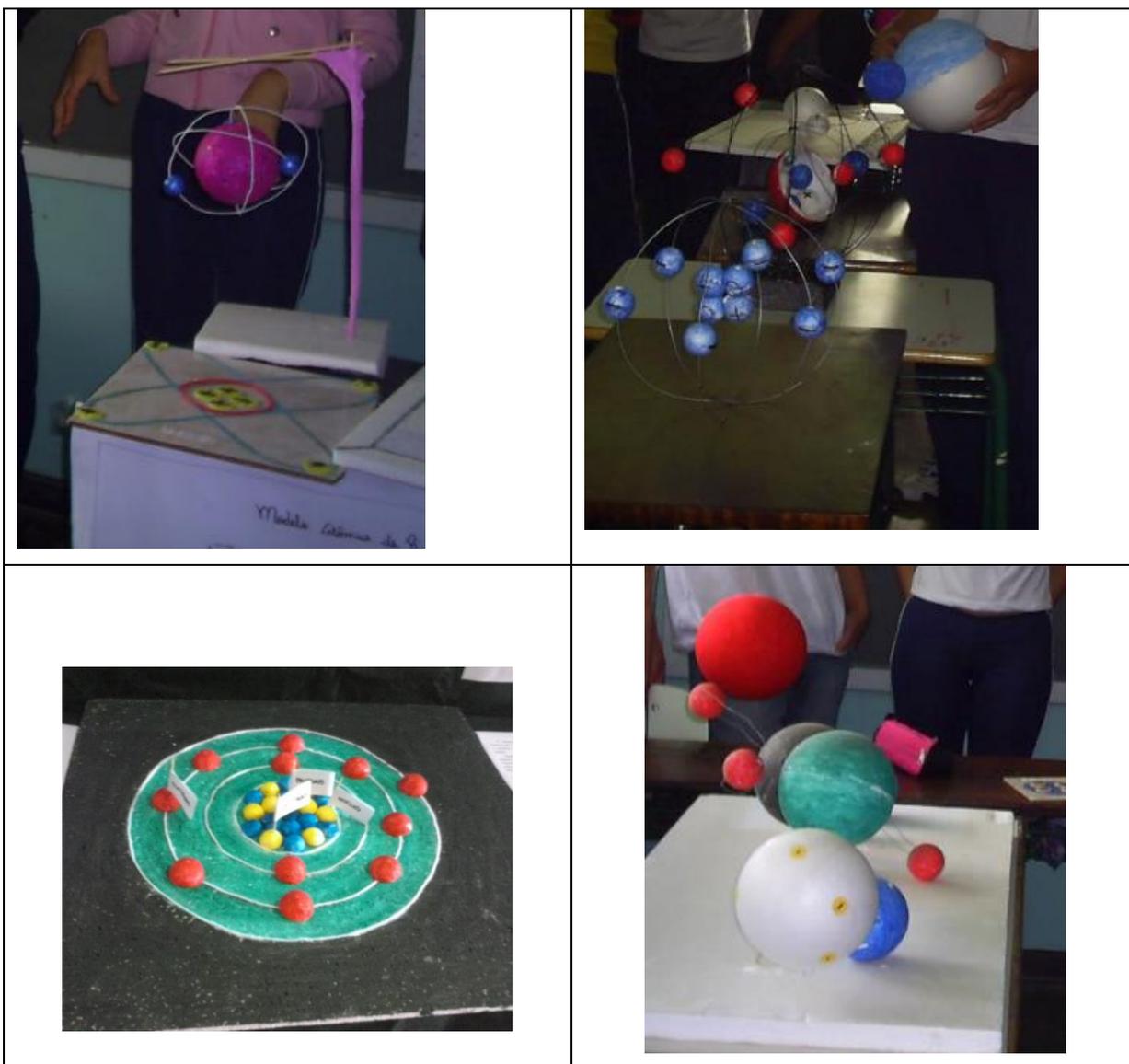
AULA	OBJETIVOS	CONTEÚDOS	DESENVOLVIMENTO	AValiação
01	- Identificar conceitos prévios (ponto de partida);	Tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC)	Apresentação do projeto; aplicação do questionário investigativo;	Questionário
02	- Levantar e esquematizar os conhecimentos dos alunos para iniciar	Estrutura da matéria - Modelos atômicos	- Utilizar o diálogo para expor os conhecimentos prévios acerca de como a matéria é formada e o que conhecem a	- Elaboração do diagrama em árvore

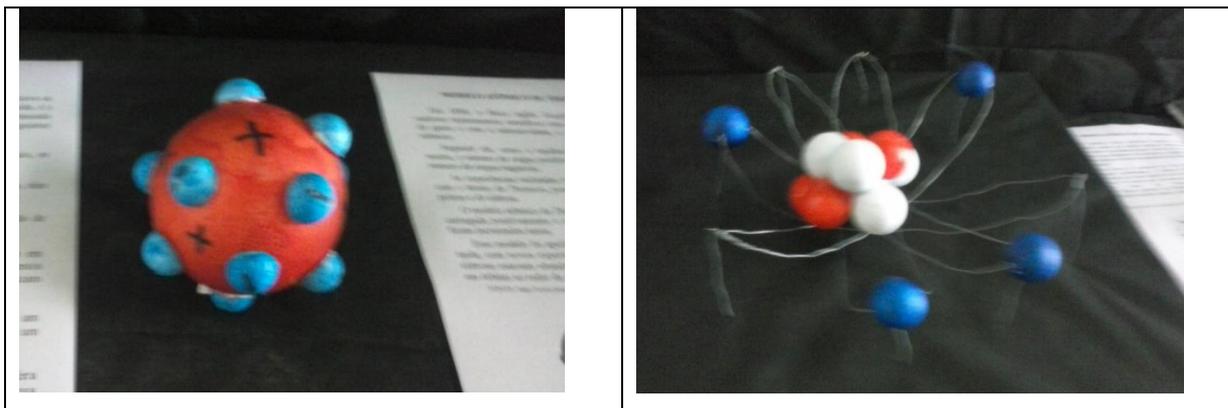
	o assunto - Evidenciar a importância do uso de modelos científicos		respeito dos modelos atômicos; - Anotar no quadro os modelos levantados pelos alunos, características importantes, definições e analogias comentadas; - Propor a produção de um diagrama em árvore com o tema “Modelos Atômicos”	
03 e 04	- Apresentar a evolução histórico-científica dos modelos atômicos; - Perceber a importância dos estudos acerca da estrutura da matéria para o desenvolvimento tecnológico - Associar os estudos sobre a estrutura da matéria com os aspectos sociais	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Apresentação do conteúdo: o que são modelos e teorias; - Evolução histórica dos modelos atômicos, incluindo modelos pouco conhecidos; - Desenvolvimento científico acerca dos modelos atômicos; - Progressos tecnológicos - Mudanças sociais a partir desses estudos; - Questões para discussão; - Construção textual	- Questões para discussão; - Texto elaborado pelos alunos
05 e 06	- Assimilar a importância dos modelos no desenvolvimento de teorias científicas - Destacar a importância das experimentações na formulação das teorias	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Modelo contemporâneo do átomo; - Experiências propostas para descobertas das partículas atômicas e subatômicas; - Atividade em grupos – construir um modelo com base na descrição do mesmo	- Quadro de experiências (duplas); - Construção de Modelos atômicos (equipes);
07 e 08	- Detectar indícios da aprendizagem acerca da temática estudada	Estrutura da Matéria - Modelos atômicos	- Apresentar os trabalhos (modelos) desenvolvidos pela equipe; - Questões avaliativas	- Apresentação dos trabalhos pelas equipes - Avaliação

Fonte: autoria própria

A importância de se estabelecer modelos para organizar os conhecimentos científicos levou à realização de uma atividade de construção e reprodução, que na forma de maquetes, buscou representar as interpretações dos alunos referentes aos modelos atômicos. A atividade foi realizada em grupos e seus trabalhos foram expostos para outros alunos do colégio, na própria sala de aula, onde cada grupo explicava as características da teoria que modelou. Segue alguns momentos dessa atividade (quadro 17):

Quadro 17: Reconstrução dos modelos atômicos.

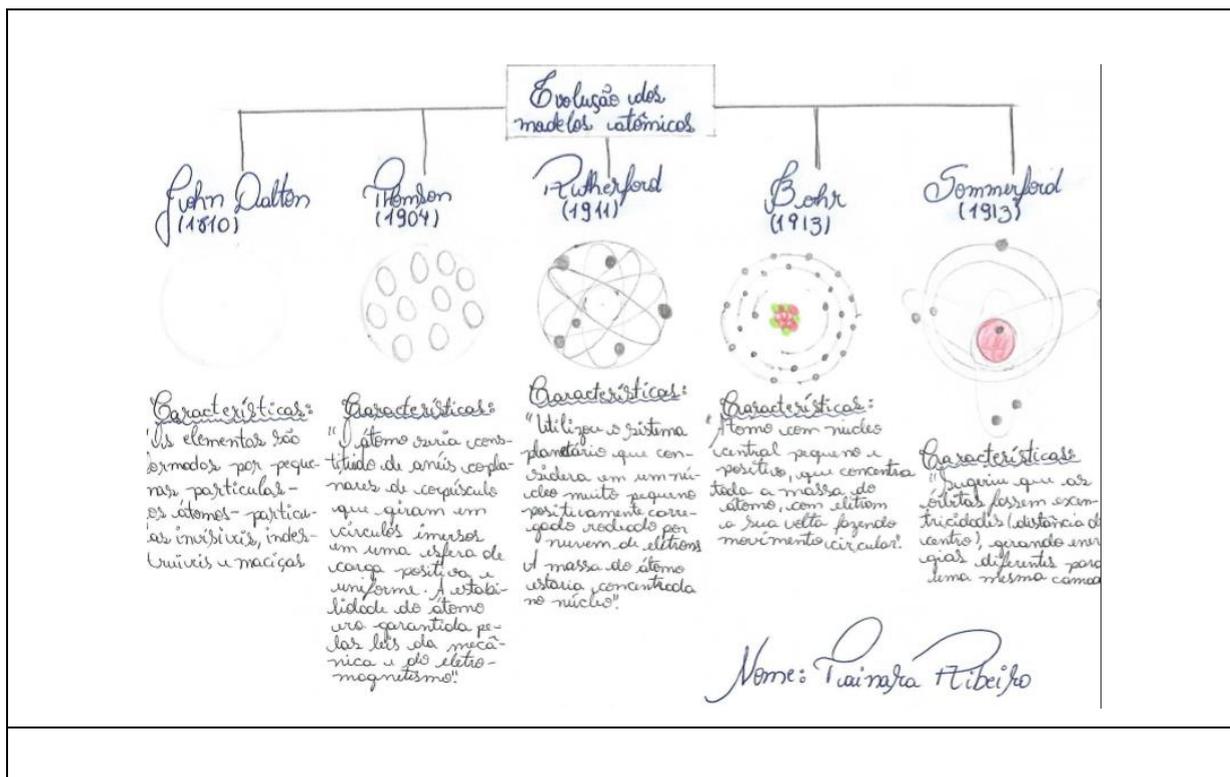


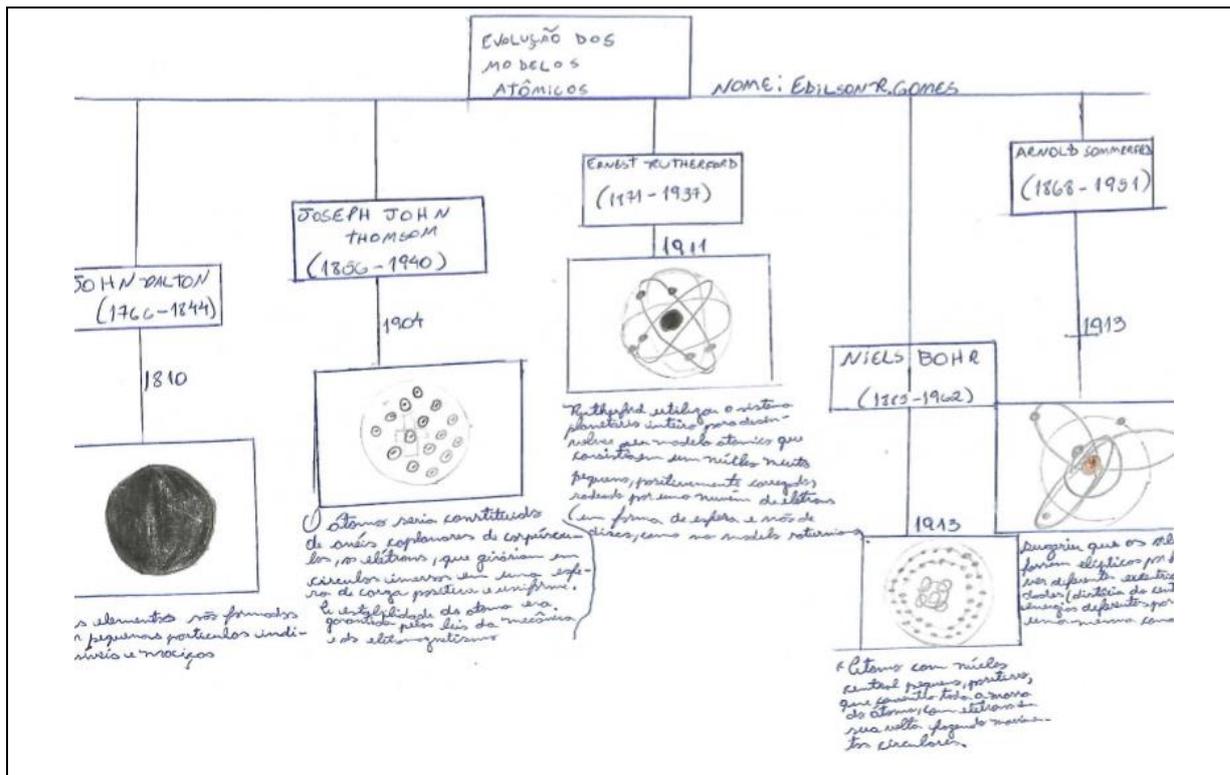


Fonte: Autoria própria

Outra atividade desenvolvida pelos alunos foi a organização de um diagrama ilustrando os modelos conhecidos por eles, encontrados na maioria dos livros didáticos. Dois exemplos dessa atividade são ilustrados no quadro 18.

Quadro18: Atividade – diagrama dos modelos atômicos





Fonte: Autoria própria

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Questionário

As tabelas 3 e 4 apresentam a avaliação do questionário, em porcentagem, para dois momentos da proposta: antes de desenvolver a sequência didática, com o objetivo de investigar conceitos preexistentes e a avaliação com o objetivo de observar se houve a aquisição de novos conceitos, após as aulas. Em ambos os casos foram analisadas as quinze questões (Apêndice 1) com conteúdo de Física Moderna e Contemporânea, respondidas por vinte e seis alunos. Para a presente análise consideraremos apenas as questões referentes ao Efeito Fotoelétrico, ou seja, da questão 8 a 14.

A análise das questões foi realizada com adequações para as alternativas considerando os tipos apresentados nas tabelas 1 e 2 (STANGE et al, 2014). As correspondências para os tipos propostos foram estabelecidas de acordo com o grau de dificuldade das respostas de cada questão, como demonstrado no exemplo:

Exemplo de análise :

14) Uma das contribuições da Física para o bem-estar e a segurança nas cidades é o constante avanço tecnológico aplicado à iluminação pública. Parte das luminárias do século XIX era acesa manualmente por várias pessoas ao entardecer. Hoje, o acionamento das lâmpadas tornou-se automático devido à aplicação dos conhecimentos acerca do efeito fotoelétrico (descrito por Albert Einstein, em 1905) e ao desenvolvimento das células fotoelétricas instaladas nos postes de iluminação pública, capazes de detectar a presença de luz natural.

A respeito do conceito de efeito fotoelétrico, considere as afirmativas a seguir.

I. Consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando esta é iluminada com luz de determinada frequência.

II. Ocorre independentemente da frequência da luz incidente na superfície do metal, mas é dependente de sua intensidade.

III. Os elétrons ejetados de uma superfície metálica, devido ao efeito fotoelétrico, possuem energia cinética igual à energia do fóton incidente.

IV. Por mais intensa que seja a luz incidente, não haverá ejeção de elétrons enquanto sua frequência for menor que a frequência limite (ou de corte) do metal.

Assinale a alternativa correta

a) Somente as afirmativas I e II são corretas. [TIPO 3]

b) Somente as afirmativas I e IV são corretas. [TIPO 5]

c) Somente as afirmativas II e III são corretas. [TIPO 1]

d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas. [TIPO 2]

e) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas. [TIPO 4]

Exemplo de análise:

13) O fenômeno físico responsável pelo funcionamento dos sensores CCD, presentes nas primeiras e em muitas das atuais câmeras digitais, é similar ao efeito fotoelétrico. Ao incidirem sobre um cristal de silício, os fótons transferem a sua energia aos elétrons que se encontram na banda de valência, que são “promovidos” para os níveis de energia que se encontram na banda de condução. O excesso de carga transferido para a banda de condução é então drenado por um potencial elétrico aplicado sobre o dispositivo, produzindo um sinal proporcional à intensidade da luz incidente. A energia transferida aos elétrons pelos fótons, nesse processo, é proporcional à _____ da radiação incidente. Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna.

a) intensidade [TIPO 3]

b) frequência [TIPO 5]

c) polarização [TIPO 1]

d) amplitude [TIPO 1]

e) duração [TIPO 1]

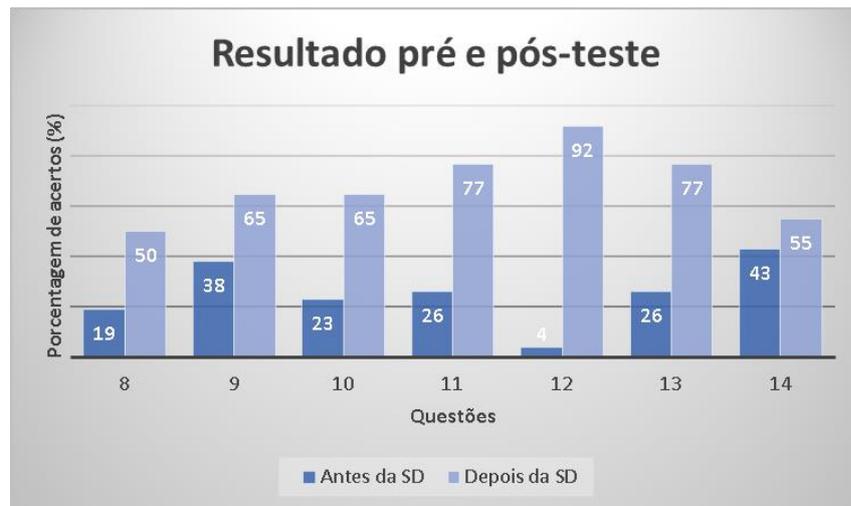
Considerou-se na tabela 3 a soma percentual dos conceitos 5 e 4 (apresenta todos ou a maioria dos conceitos), e na tabela 4 a soma percentual dos conceitos 2 e 1 (apresenta poucos ou nenhum dos conceitos), conforme apresentado na metodologia, a fim de verificar a evolução entre os dois momentos.

Tabela 3: Análise das questões investigativas e avaliativas para os tipos 4 e 5

QUESTÃO	08	09	10	11	12	13	14
Antes da SD (%)	19	38	23	26	4	26	43
Depois SD (%)	50	65	65	77	92	77	55

Fonte: autoria própria

O resultado da análise dos acertos dos alunos para as questões 8 a 14 referente a tabela 3 está representado no gráfico 1. Podemos observar, em percentual, a evidente evolução em todas as questões, mostrando que houve a apropriação de conceitos propostos, fundamental para a construção do conhecimento e para gerar novos subsunçores.

Gráfico 1: pré e pós-teste

A visualização desses resultados dimensiona a evolução real nos momentos que antecedem a intervenção didática e que a precedem. Como a aprendizagem significativa propõe partir de conceitos prévios e avaliar os conhecimentos adquiridos ao longo do processo, detectando evidências dessa aprendizagem.

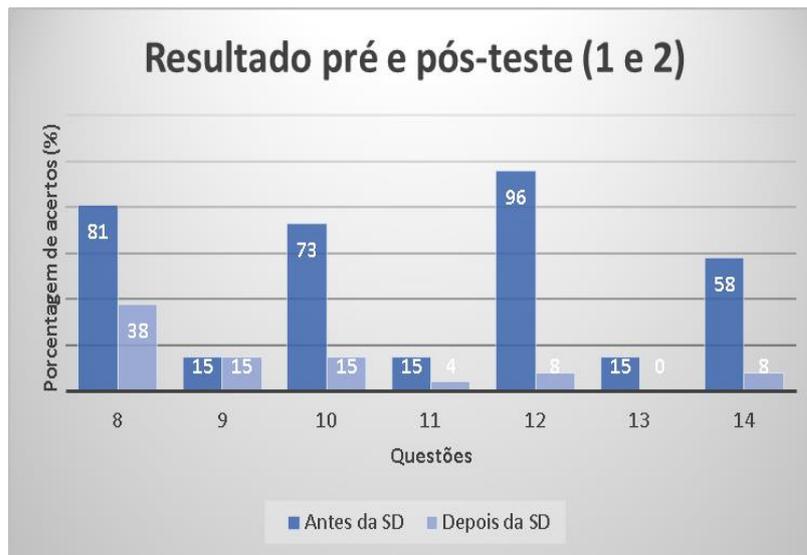
A tabela quadro traz os resultados para a evolução dos alunos no que diz respeito aos tipos 1 e 2 da análise, nesses itens considera-se que antes da proposta os participantes tinham pouco ou nenhum conceito vinculado em sua estrutura cognitiva, e depois da SD como ficou o percentual de participantes na mesma situação.

Tabela 4: Análise das questões investigativas e avaliativas para os tipos 1 e 2

QUESTÃO	08	09	10	11	12	13	14
Antes da SD (%)	81	15	73	15	96	15	58
Depois SD (%)	38	15	15	4	8	0	8

Fonte: autoria própria

No gráfico 2 vemos claramente que o percentual de alunos que antes da SD apresentavam pouco ou nenhum conceito teve um impacto bem positivo.

Gráfico 2: pré e pós-teste

A análise pautada em números, tabelas e gráficos apresenta claramente que a proposta foi bem-sucedida quanto aos objetivos que se propôs, e por meio de uma análise descritiva da proposta é possível delinear um caminho para essa evolução.

De acordo com a tabela 2 de intervalos de análise, o resultado do pré-teste tem os conceitos apresentados no quadro 19:

Quadro 19: Análise do questionário antes da SD

Questão	% tipos 4 e 5	Conceito	% tipos 1 e 2	Conceito	% tipo 3	Conceito final
09	38	Insatisfatório para regular	15	Satisfatório para totalmente satisfatório	47	Regular
10	23	Totalmente insatisfatório para insatisfatório	73	Insatisfatório	4	Insatisfatório
11	26	Insatisfatório	15	Satisfatório par totalmente satisfatório	59	Regular
12	4	Totalmente insatisfatório	96	Totalmente insatisfatório	0	Totalmente insatisfatório
13	26	Insatisfatório	15	Satisfatório para totalmente satisfatório	59	Regular
14	46	Insatisfatório para regular	43	Insatisfatório para regular	11	Insatisfatório para regular

Para os resultados obtidos após a intervenção com a SD, temos o seguinte quadro:

Quadro 20: Análise do questionário depois da SD

Questão	% tipos 4 e 5	Conceito	% tipos 1 e 2	Conceito	% tipo 3	Conceito final
09	65	Satisfatório para regular	15	Satisfatório para Totalmente Satisfatório	20	Satisfatório
10	65	Satisfatório para regular	15	Satisfatório para Totalmente Satisfatório	20	Satisfatório
11	77	Satisfatório	4	Totalmente satisfatório	19	Satisfatório
12	92	Totalmente satisfatório	8	Totalmente satisfatório	0	Totalmente satisfatório
13	77	Satisfatório	0	Totalmente satisfatório	23	Satisfatório
14	55	Regular	15	Satisfatório para totalmente satisfatório	30	Satisfatório

Percebemos pela avaliação que os resultados foram positivos, passando de um nível regular e insatisfatório para satisfatório.

5.1.1 Discussão das questões

Na sequência, a análise descritiva das questões faz observações quanto ao objetivo de cada uma, os conceitos prévios que se pretende observar, a forma como o conteúdo implícito foi trabalhado no andamento das aulas, quais materiais e métodos foram utilizados e a comparação com os resultados antes e depois da aplicação da SD.

QUESTÃO 09

A questão 9 traz uma introdução para o estudo da Mecânica Quântica, situa o período em que muitas teorias estavam sendo propostas e as respostas para alguns fenômenos estavam sendo investigadas, conferindo um caráter histórico à questão e que remete a construção da ciência, ainda que sem aprofundamento. Como o objetivo é relacionar um tema com sua equação correspondente prevê que o estudante já tenha sido apresentado a esse conteúdo, pois são relações científicas já elaboradas. Quanto aos resultados, antes e depois da SD, observamos melhora no conceito de “regular” para “satisfatório”. O termo regular remete a interpretação de que poucos conceitos são conhecidos pelos estudantes, o que propõe a necessidade de apresentar a eles essa discussão a fim de formalizar esses conceitos. Sendo que para os tipos 5 e 4 foram anotadas 38% das respostas antes da SD e 65% depois, e para os tipos 2 e 1 as respostas permaneceram em 15% antes e depois da SD. Há ainda muita aversão dos estudantes quando se apresenta equações e fórmulas a eles, o que é natural diante das características das aulas de Física relatadas por eles, basicamente pautada na resolução de equações.

QUESTÃO 10

Ao apresentar o Efeito Fotoelétrico a questão 10 valoriza a autoria de Einstein em publicações de trabalhos científicos, reconhecendo sua importância inclusive para o Efeito Fotoelétrico. A questão faz um elo com a aplicação dessa teoria no desenvolvimento tecnológico, inclusive cita alguns. Ao ler esse enunciado o estudante pode estabelecer uma associação entre a ciência e a tecnologia. No entanto para a compreensão dessa teoria, é necessário ter em mente conhecimento a respeito do comportamento dos elétrons e das características da matéria, inclusive conhecer as relações entre os fótons e a frequência da luz. Como o resultado dessa questão antes da SD foi conceituada como insatisfatório, percebe-se a necessidade de atuar de modo a incentivar esse estudo. Assim, após as atividades propostas o conceito passou para “satisfatório”, essa evolução demonstra que os conceitos foram agregados a estrutura cognitiva dos estudantes. Anotou-se para os tipos 5 e 4 antes da SD 23% e depois 65% das respostas, e para os tipos 2 e 1, 73% das respostas antes e 15% das repostas depois da SD.

QUESTÃO 11

A experiência de Hertz é o ponto de partida para o estudo do Efeito Fotoelétrico. Nessa questão o aspecto histórico faz a relação direta entre ciência e tecnologia. O aspecto social é discutido no momento em que se faz as perguntas a respeito de como a tecnologia pode trazer melhorias para a comunidade em geral. Com a questão é possível trabalhar a importância da História da Ciência para o entendimento de seu desenvolvimento e como a Ciência se faz de forma colaborativa, como é construída. As alternativas sugerem que as experiências foram muito importantes para a construção da teoria do Efeito Fotoelétrico fazendo uso dos termos de energia do fóton, frequência de corte e natureza da radiação para explicar o comportamento desse efeito. Com base nessa necessidade a SD propõe o estudo de experimentos históricos, e os resultados obtidos retratam a eficiência da proposta. Em termos de resultados, tem-se uma melhora no conceito que vai de “regular” para “satisfatório”, sendo que antes da SD 26% responderam aos tipos 5 e 4, e depois da SD foram anotados 77% das respostas. E para os tipos 2 e 1 anotou-se antes da SD 15% e depois 4%. São resultados importantes para análise da proposta.

QUESTÃO 12

Assim como na questão anterior o objetivo é evidenciar a experimentação no desenvolvimento da teoria do efeito fotoelétrico e na sua comprovação. Levanta os experimentos históricos importantes na construção da ciência. Assim, obteve-se como resultados para essa questão a evolução do conceito de “totalmente insatisfatório” para “totalmente satisfatório”, onde o percentual de acertos para os tipos 5 e 4 passou de 4% para 92%, e dos tipos 1 e 2 passou de 96% para 8%.

QUESTÃO 13

Com o propósito de esclarecer que o efeito fotoelétrico ocorre proporcionalmente à frequência dos fótons emitidos, a questão faz relação com as bandas de valência, associadas com os

modelos atômicos e também levanta a relação tecnológica e como a sociedade passou a se comportar diante de sua aplicação. Como resultados têm-se antes da SD o conceito “regular” e depois da SD o conceito “satisfatório”, sendo que para os tipos 5 e 4 houve um avanço de 26% para 77%, e dos tipos 2 e 1 um avanço de 15% para 0%.

QUESTÃO 14

O objetivo dessa questão é apresentar a evolução da Tecnologia com o desenvolvimento da Ciência. E também, como as facilidades do mundo moderno trouxeram conforto para a Sociedade, levantando assim um ponto importante da proposta, que é a relação CTS. Por meio da definição do efeito, propõe instigar como este se associa ao acendimento automático da iluminação pública. As avaliações dos resultados demonstram um avanço do conceito inicial “regular” para o conceito final “satisfatório”, em que para os tipos 5 e 4, antes da SD 43% das respostas foram anotadas e depois da SD formam 55%, e para os tipos 2 e 1 foram 58% antes da SD e 8% depois.

5.2. Diário de Bordo

A importância do registro no Diário de Bordo foi constatada principalmente quando se analisa os questionamentos e dúvidas dos alunos, o que é possível com o uso Diário de Bordo Discente. Esse instrumento pode modificar o que foi previsto na Sequência Didática, pode mudar o foco da discussão, ou retomar algo que continuou em dúvida, pois, ao analisar a reflexão dos alunos algumas percepções que não foram observadas em sala de aula se evidenciam. No exemplo abaixo está transcrito uma das primeiras aulas do projeto, que se refere ao desenvolvimento da estrutura atômica, fundamental para compreender as descobertas posteriores a respeito do efeito fotoelétrico:

DIÁRIO DE BORDO DISCENTE

09/08/2016

1. Diferenças observadas nesta aula em relação às demais.
R: Modelo de aula diferenciada das outras tendo uma maior dinâmica do conteúdo.
2. Principais conceitos estudados na aula de hoje.
R: A evolução dos modelos atômicos
3. Aspectos do conteúdo que parecem mais interessantes:
 - 3.1. Quais aspectos científicos foram abordados na aula de hoje?
R: De uma teoria deriva outra teoria se aprofundando nas pesquisas.
 - 3.2. Quais aspectos tecnológicos foram abordados na aula de hoje?
R: A experiência de Rutherford com a placa de ouro.

<p>3.3. Quais aspectos históricos foram abordados na aula de hoje? R: Teoria de Dalton até a atual.</p> <p>3.4. Quais aspectos sociais foram abordados na aula de hoje? R: descoberta das ondas magnéticas e uso na saúde. [física nuclear, radiação, raios-x]</p> <p>4. Aproveitamento da aula: qual conceito não foi bem esclarecido? R: Como surgiu a ideia para os experimentos.</p> <p>5. Principais dificuldades conceituais enfrentadas no andamento da aula. R: O desenho. [as representações para o átomo]</p> <p>6. Forma como o conteúdo foi desenvolvido. R: por mapa conceitual [diagrama em árvore]</p> <p>7. O que deveria ou poderia ser mudado nesta aula? O que deveria ser melhor trabalhado? R: Realizar na prática os experimentos</p> <p>8. Outra observação importante/interessante. R: Aula diferenciada, pois foi o primeiro modelo de aula desse modo.</p> <p style="text-align: right;">Fonte: Autoria própria</p>

Para a mesma aula segue a transcrição do Diário de Bordo Docente:

<p>DIÁRIO DE BORDO DOCENTE</p> <p style="text-align: right;">09/08/2016</p> <p>1. Diferenças observadas nesta aula em relação às demais. R: Primeira aula com a turma. Diferença por fazer parte de um projeto de pesquisa.</p> <p>2. Atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que mais chamaram a atenção em seu comportamento. R: Inicialmente dispersos, conversando muito, pouca interação quando uma pergunta era feita. Com a apresentação dos slides passaram a prestar um pouco mais de atenção e a fazer anotações. Interessaram-se em descrever os modelos, fazer as representações, reclamaram que não sabiam desenhar.</p> <p>3. Aproveitamento da aula pelos alunos. Pelo resultado do diagrama houve um aproveitamento razoável, mas grande parte só fez por que era para entregar.</p> <p>4. Aspectos do conteúdo que parecem mais interessantes aos alunos. As relações com os experimentos e com as descobertas científicas, principalmente física nuclear, que acabou sendo discutido por causa dos estudos do núcleo atômico.</p> <p>5. Principais dificuldades conceituais enfrentadas no andamento da aula. Associar a experiência com a conclusão teórica (modelo de Rutherford)</p> <p>6. Forma como o conteúdo foi desenvolvido.</p> <p>6.1 Abordagem histórica: construção do conhecimento científico</p> <p>6.2 Abordagem tecnológica: experimentos</p> <p>6.3 Abordagem científica: elaboração das teorias</p> <p>6.4 Abordagem social: aplicação das descobertas científicas em benefícios (ou não) para a sociedade</p> <p>7. Dificuldades apresentadas pelos alunos. Passar para o papel de forma resumida a compreensão das estruturas de cada modelo apresentado</p>
--

8. Que modificações você faria nesta aula? O que deveria ser alterado ou melhor trabalhado?
Daria mais atenção para as experimentações e já apresentaria as simulações para cada uma.

Fonte: Autoria própria

Vale ressaltar a perspectiva nessas duas descrições para a mesma aula. A ansiedade dos alunos em conhecer e reproduzir as experimentações históricas que levaram a descoberta das diferentes partículas é percebida pelo professor/pesquisador. Essa análise resultou na modificação da Sequência Didática inicial, inserindo mais atividades que valorizem as experiências, no caso, utilizando simulações computacionais.

5.3. Sequência Didática

O quadro 21 apresenta o PTD desenvolvido e utilizado para o Efeito Fotoelétrico, temática desta proposta, o qual delimita e orienta os assuntos que farão parte da Sequência Didática (SD). Este é um plano geral, com o objetivo de organizar o conteúdo a ser trabalhado, bem como delimitar os assuntos por um objetivo geral. O plano de trabalho docente não apresenta aula por aula, mas sim, traz uma relação geral para ser trabalhada em pelo menos dez aulas.

Dependendo do andamento e de alguma eventualidade, o número de aulas acaba sendo alterado. Isso ocorre também quando se verifica entre os alunos alguma dificuldade maior em compreender algum conceito trabalhado, o processo de ensino e aprendizagem requer que a análise avaliativa seja constante, e que ocorra intervenção quando necessário.

Quadro 21: Plano de Trabalho Docente na Perspectiva HCTS

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL AGRÍCOLA GETÚLIO VARGAS - 2016		
DISCIPLINA: FÍSICA		SÉRIE: 3A / 3B
PROFESSOR: ANDRÉIA HORNES		CURSO: TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO
UNIDADE TEMÁTICA: Física Moderna e Contemporânea		8 a 12 aulas
CONTEÚDO: Efeito Fotoelétrico		
OBJETIVO GERAL: Estudar o efeito fotoelétrico em sua dimensão histórica e científica, bem como suas aplicações tecnológicas e seu impacto para a sociedade;		
PERSPECTIVA HCTS	ASPECTO HISTÓRICO	- Experimentos e esboços realizados por Hertz; - Alberta Einstein e o prêmio Nobel; - Principais investigações no final do século XIX e início do século XX; - Contexto da época: religião, política, economia do período
	ASPECTO	- Efeito fotoelétrico: pacotes de energia; - Conceitos, fórmulas, definições, equações;

	CIENTÍFICO	
	ASPECTO TECNOLÓGICO	- Células fotoemissivas (efeito fotoelétrico); Células fotovoltaicas; Células fotocondutivas; - Aparelhos dotados de células fotoelétricas: aparelhos que permitem abrir ou fechar portas, torneiras; acender ou desligar iluminação; interromper o funcionamento de máquinas, etc. - Experimentações
	ASPECTO SOCIAL	- Conhece equipamentos como descrito? - Onde são encontrados? - Quais os benefícios que esses equipamentos podem trazer? - Quais as pessoas que tem mais acesso a essa tecnologia?
DESENVOLVIMENTO	CONTEÚDO DA AULA	- Efeito fotoelétrico
	OBJETIVO ESPECÍFICO	- Realizar leituras e discussões sobre a temática; Pesquisar temas relacionados; Responder questões e problemas; Fazer experimentações;
	ESTRATÉGIAS DE ENSINO	- Exposição oral; - Leitura e pesquisa dirigida; - Atividade Experimental; - Resolução de questões e problemas;
	RECURSOS DIDÁTICOS	- Textos; - Material de baixo custo; - Datashow; - Resultados das pesquisas;
	AValiação ESPECÍFICA (OPTATIVA)	- Discussão das leituras; - Conclusão dos experimentos; - Respostas da resolução das questões e problemas; Textos das pesquisas;
	AValiação GERAL	Avaliação com questões descritivas, interpretativas e de múltipla escolha;
REFERÊNCIAS - Livros didáticos; artigos científicos; sites de física e tecnologia;		

Fonte: Autoria Própria

De acordo com a proposta apresentada, a descrição do conteúdo que foi abordado em cada plano é muito importante, pois dependendo do assunto proposto as abordagens quanto ao contexto HCTS serão diferentes. Como a proposta metodológica nesse contexto não é linear, cabe ao professor, dependendo do assunto abordado, organizar os tópicos de forma que os conteúdos sejam alcançados.

Nessa perspectiva, o professor deve pensar no conteúdo de modo que o aluno seja levado a relacionar as teorias, as equações, as aplicações práticas e como esse processo contempla a sociedade, em quais aspectos houve melhorias e em que sentido o desenvolvimento da ciência e da tecnologia pode ter aspectos negativos. É possível elencar em cada item questões que contemplem esses aspectos

O quadro 22 apresenta a sequência didática utilizada na proposta. O desenvolvimento da sequência parte do diálogo e da investigação acerca do que os alunos conhecem sobre o tema, no caso do efeito fotoelétrico, e que foi observado pelo pré-teste. Parte-se de fatos do cotidiano como organizadores prévios para então interferir e inserir novos conceitos ou conceitos complementares.

Quadro 22: Sequência Didática

AULA	OBJETIVOS	CONTEÚDOS	DESENVOLVIMENTO	AVALIAÇÃO
1	- Identificar conceitos prévios (ponto de partida);	Tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC)	Apresentação do projeto; aplicação do questionário investigativo;	Questionário
2	- Expor situações do cotidiano (vídeos) que envolvam tecnologias com base em células fotoelétricas - Levantar questões acerca de como essas situações são possíveis	Efeito Fotoelétrico	- Reproduzir pequenos vídeos que mostrem portas, torneiras, luzes automáticas em funcionamento; - Levantar questões a respeito de como funcionam essas tecnologias e como tornam práticas a vida das pessoas e promover o debate - Conduzir a discussão do conteúdo com base no debate	- Exercícios
3	- Estudar a teoria de Planck	Planck	- Leitura de texto científico; - Interpretação;	- Exercícios
4	- Evidenciar as propriedades ondulatória e corpuscular da luz	Dualidade onda-partícula	- Leitura de texto científico; - Interpretação;	- Exercícios
5 e 6	- Estudar o efeito fotoelétrico em seu contexto histórico, delineando a trajetória de sua teorização; - Descrever cientificamente as variáveis envolvidas, conceitos e equações;	Efeito Fotoelétrico	- Com base nas questões anteriores apresentar o conteúdo sobre efeito fotoelétrico com a fundamentação histórica, partindo das descobertas de Hertz;	- Resumo vídeos
7 e 8	- Verificar os fundamentos tecnológicos nos experimentos simulados - Destacar a importância das experimentações na formulação das teorias	Efeito Fotoelétrico	- Com o uso de simuladores virtuais verificar os experimentos que levaram a construção do conceito de efeito fotoelétrico;	- Quadro explicativo - experiências;
9 e 10	- Assimilar a importância dos conceitos estudados; - Reproduzir experiências simples com células fotoelétricas;	Efeito Fotoelétrico	- Realizar experiências simples que envolvem efeito fotoelétrico: calculadora e controle remoto;	- Procedimento experimental – questões

11 e 12	- Detectar indícios da aprendizagem acerca da temática estudada	Efeito Fotoelétrico	- Apresentar os trabalhos (modelos) desenvolvidos pela equipe; - Questões avaliativas	- Avaliação final
---------	---	---------------------	--	-------------------

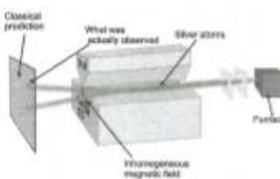
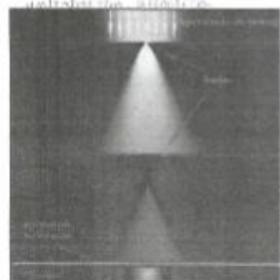
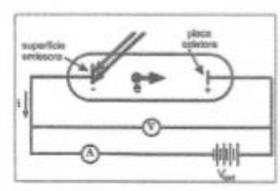
Fonte: autoria própria

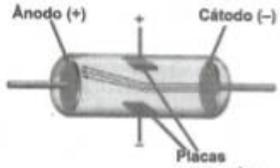
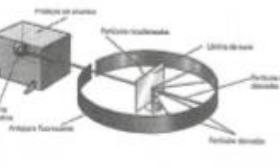
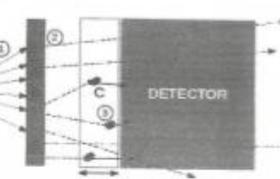
Quando se propõe um meio didático para se observar uma aprendizagem significativa, é importante ter em mente que o novo conhecimento deverá se incorporar a um conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno. A busca dessa relação acontece durante a investigação, apresentado na seção anterior, cujo instrumento utilizado foi um questionário, o qual levou a identificar alguns pontos importantes na elaboração da sequência. Segundo Moreira (2012) para a aprendizagem significativa acontecer, deve-se respeitar algumas condições de aprendizagem: que o material utilizado apresentou-se potencialmente significativo e que o educando apresente predisposição para a aprendizagem.

Abaixo são apresentadas algumas atividades desenvolvidas na Sequência Didática:

Atividade: Experimentos Históricos

<p>EXPERIÊNCIA DE DAVISSON-GERMER</p>	<p>Quantiza que os elétrons são afetados por um obstáculo para produzir um difratado em ângulos dados a interferência de onda.</p>
<p>EXPERIÊNCIA DE HERTZ EXPERIMENTO</p>	<p>em 1887, verificamos a natureza eletromagnética da luz. Educamos a produção de ondas eletromagnéticas entre duas superfícies de metal em potencial diferente e observamos que uma faixa próxima de uma superfície gera uma faixa secundária na outra.</p>
<p>EXPERIÊNCIA DE MILLIKAN</p>	<p>Medir a carga elétrica do elétron. Ele conseguiu isso balanceando cuidadosamente as forças elétricas e gravitacionais em minúsculas gotas de óleo carregadas suspensas entre duas placas de metal. Enfiando o campo elétrico a carga da gota poderia ser determinada.</p>

<p>EXPERIÊNCIA DE STERN-GERLACH</p>  <p>Labels: Classical prediction, What was actually observed, Silver atoms, Permanent magnet field, Particle.</p>	<p>• Discussar como se comporta um feixe de átomos de prata no experimento de Stern-Gerlach. • Discutir como se comporta um feixe de átomos de prata na presença de um campo magnético. • Prover que o spin é quantizado. • Argumentar a partir da distribuição experimental que vivemos no universo e a teoria clássica e de um feixe observados.</p>
<p>EXPERIÊNCIA DA DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA</p> 	<p>• Discutir como se comporta um feixe de elétrons que, sob um determinado ângulo, que ocorre em onda e não as partículas. • Discutir o comportamento de uma função de onda no ponto de um detector e explicar como ocorre a interferência. • Discutir a interferência. • Discutir a quantização da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons. • Discutir a quantização da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons. • Discutir a quantização da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons.</p>
<p>EXPERIÊNCIA DO EFEITO FOTOELÉTRICO</p>  <p>Labels: superfície emissor, placa coletora, A, V, E_{ph}.</p>	<p>• Discutir a natureza da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons. • Discutir a natureza da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons. • Discutir a natureza da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons. • Discutir a natureza da energia de fótons e explicar como ocorre a interferência de fótons.</p>

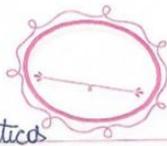
<p>EXPERIÊNCIA DE THOMSON - RAIOS CATÓDICOS</p>  <p>Labels: Ânodo (+), Cátodo (-), Placas carregadas.</p>	<p>At 17 Os raios catódicos são elétrons, que são atraídos do cátodo por causa da diferença de potencial existente entre o cátodo e o ânodo, e são atraídos pelo ânodo.</p>
<p>EXPERIÊNCIA DE RUTHERFORD</p>  <p>Labels: Produção de partículas, Partículas ionizantes, Lâmina de ouro, Partículas desviadas, Partículas não desviadas, Placas detectores, Fonte radioativa, Câmara fotográfica.</p>	<p>Discutir a natureza da quantidade de carga e explicar como se comporta a carga elétrica pontualmente e como se comporta a carga elétrica pontualmente. Para a maioria das cargas, discutir a natureza da carga elétrica pontualmente e explicar como se comporta a carga elétrica pontualmente.</p>
<p>EXPERIÊNCIA DE CHADWICK</p>  <p>Labels: DETECTOR.</p>	<p>A descoberta do nêutron ocorreu no ano de 1932. Segundo ele, uma partícula após de um próton com um elétron separava uma partícula sem carga elétrica, mas com massa igual à do próton.</p>

Atividade: Resumo de vídeo

Efeito Fotoelétrico

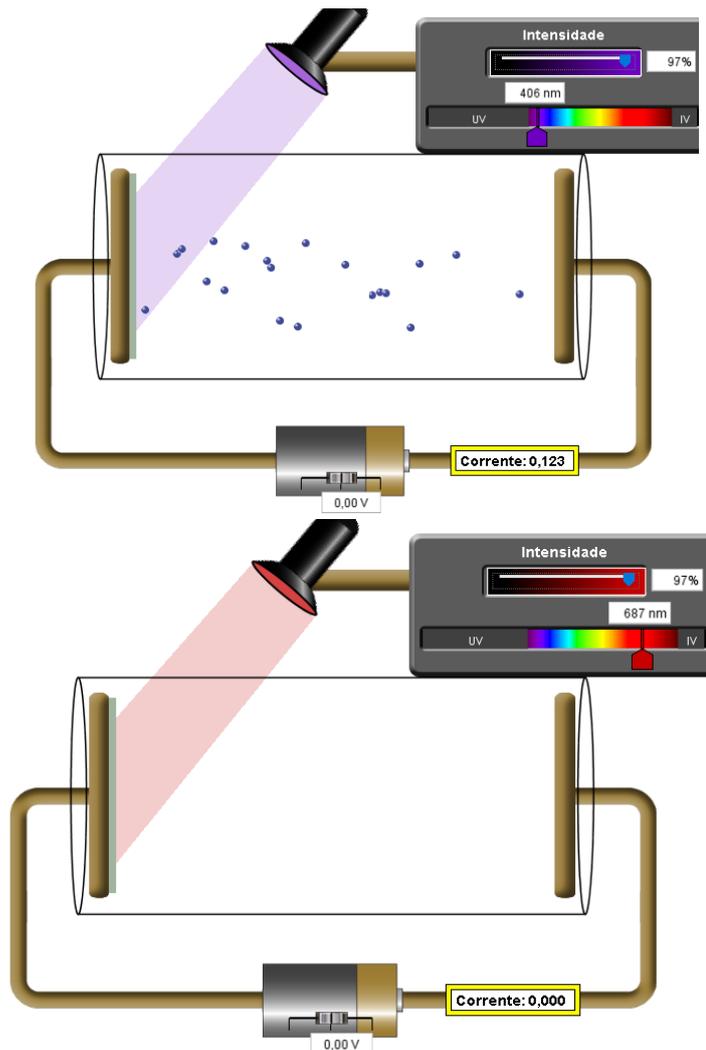
A atualmente, o efeito fotoelétrico é utilizado nos mais diversos situações, em pontos de iluminação, portas automáticas, aparelhos em geral que operam sem a intervenção do homem. Um grande benefício dos aparelhos que utilizam do efeito fotoelétrico é a possibilidade de pararem estes aparelhos com máquinas de empresas industriais esse efeito faz parar máquinas quase instantaneamente se os operários se encontrarem em situações de risco

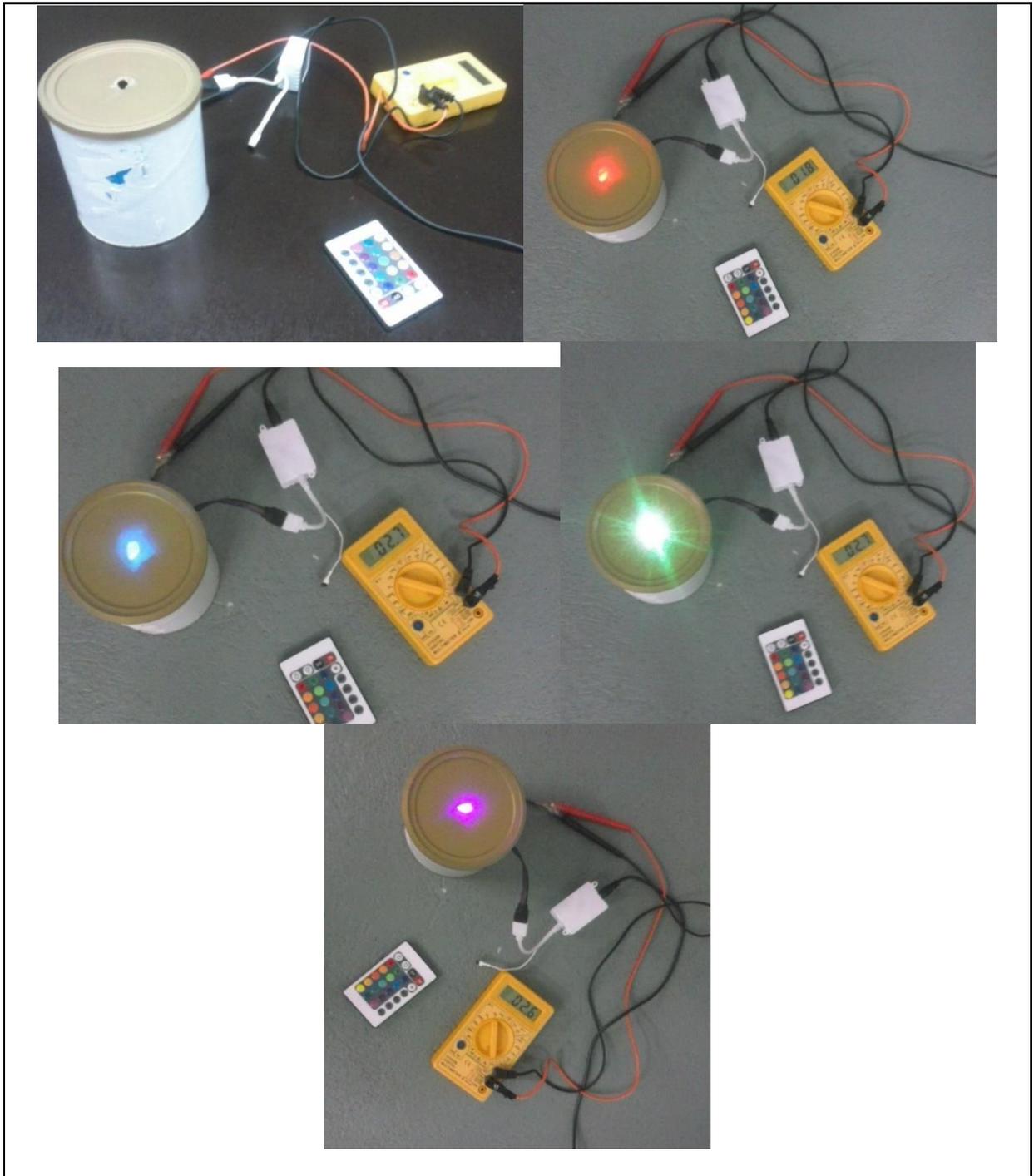
- A luz é formada por um fluxo de fótons
- A energia do fóton depende da frequência da radiação da luz
- Cada fóton de luz, ao se chocar com um elétron, transfere para este toda sua energia.



✓✓

Atividade: Simulação (PHET)



Atividade: Demonstração prática do Efeito Fotoelétrico

As atividades foram desenvolvidas em sala de aula, no laboratório de informática e no laboratório de Física, Química e Biologia, em acordo com a Sequência Didática e visando enfatizar as perspectivas da proposta HCTS, e encontram-se de forma mais detalhada no Material Educacional, produto desta pesquisa.

6. CONCLUSÕES

As propostas de ensino pautadas na construção do conhecimento possuem um grande potencial educativo principalmente por que levam o estudante ao pensamento e a reflexão acerca dos conceitos estudados. A organização cognitiva que é específica de cada um, deve ser estruturada através da agregação dos novos conhecimentos com os anteriores, com a propriedade de modificar esses conhecimentos prévios e assim, efetivar a aprendizagem pois essa se torna significativa para o aprendiz.

No entanto, para que essas percepções se evidenciem, é necessário utilizar diferentes estratégias, métodos e modelos didáticos que organizem sequencialmente o que ensinar e como ensinar. São questões difíceis de solucionar, mas a escolha das estratégias adequadas reduz grande parte dessa jornada, e abordagens diferenciadas associadas ao ensino, visam facilitar o processo como um todo, sendo que, um dos fatores responsáveis por essa facilitação é a motivação, desencadeada pela compreensão dos conceitos estudados. Quanto mais o aluno compreende o assunto apresentado, mais motivado ele se sente para aprender novos conceitos sobre o assunto.

A pesquisa apresentada pode ser considerada um meio facilitador da aprendizagem pois desenvolve-se em um contexto amplo, mas ao mesmo tempo direcionado ao assunto proposto. Nessa abordagem é possível fazer relações entre o que a ciência trouxe de avanços para a sociedade, como a ciência foi e está sendo utilizada tecnologicamente e quais os entremeios que delinearão toda essa evolução, o que cabe a história da ciência esclarecer. E esse entendimento do todo promove uma melhor compreensão dos seus fragmentos.

Os conhecimentos científicos são construídos ao longo das etapas do projeto, pela investigação histórica e social, pela trajetória tecnológica da ciência, levando a concretização dos conceitos estudados e, portanto, sua contribuição à apreensão dos conhecimentos abstratos e a fixação ao processo cognitivo do educando. Com isso, para o sucesso na conclusão deste trabalho espera uma construção sólida dos conceitos relacionados à Física Moderna, de modo que tenham sido apreendidos, assimilados e evidenciados pelos alunos, tendo então uma referência prática incorporada a sua formação individual.

Ao trabalhar com temas abstratos, que requerem uma reconstrução mental para organização do conhecimento, a utilização de modelos torna-se bastante útil. A compreensão ampla do processo de construção de uma teoria, apresentada através das diferentes perspectivas, também proporcionam uma efetivação dos conhecimentos abordados e com a organização em uma sequência didática espera-se obter indícios de aprendizagem, bem como, evolução na visão dos conceitos referentes aos modelos, os quais partem de um conhecer de

certa forma superficial a um estágio mais elaborado. Os modelos desempenham sua função quando representam uma teoria idealizada e a relacionam com o mundo real.

Outro ponto evidenciado é a utilização de uma metodologia pautada em aspectos históricos, científicos, tecnológicos e sociais, que proporcionam uma visão ampla do conceito físico que se quer estudar. No que diz respeito aos modelos atômicos, no aspecto histórico destaca-se as condições em que as idealizações são propostas, quais são os personagens e seus papéis na evolução da teoria atômica. Cientificamente destaca-se as formulações, equações, deduções que permitem o embasamento teórico da teoria. As experimentações constituem o aspecto tecnológico da proposta, pois permitem verificar as teorias e ainda, lançar novos desafios partindo de observações, buscando explicações para o funcionamento dos equipamentos e avaliando os resultados. No aspecto social, consta como as aplicações das teorias e suas tecnologias resultaram em mecanismos para a sociedade, em diversas áreas.

Vale a pena destacar também a importância da experimentação e do uso de simulações, que na presente proposta contribuíram muito, principalmente no aspecto tecnológico, que é momento em que se aplicam os conceitos estudados pela ciência. Além do contexto histórico e social ao qual se descreve a trajetória tecnológica da ciência, vem a associação entre o real e o experimental, ou seja, há a oportunidade de comprovar o que foi estudado teoricamente através de um modelo experimental.

Em termos de desenvolvimento didático-metodológico, a SD propôs de forma clara e objetiva o que se pretendia alcançar com a proposta, e como os próprios resultados apontaram, houve uma boa apropriação dos conceitos, os quais organizados na estrutura cognitiva desses alunos, servirão como novos subsunçores. Destaca-se a importância e a relevância da proposta para o ensino de Física, pois ao apresentar os diversos pontos de vista de um mesmo conceito, o aluno teve o contato com o todo, possibilitando a agregação desses conceitos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. and HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2nd. ed. New York, Holt Rinehart and Winston, 1978.
- AUSUBEL, D. P. et al. (1980). **Psicologia educacional** (E. Nick, H.B.C. Rodrigues, L. Peotta, M.A. Fontes & M.G.R. Maron, Trad.). Rio de Janeiro: Interamericana
- ANGOTTI, J. P. **Ensino de Física com TDIC**. Publicação UFSC, livre e aberta, 2015
- BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- BAZZO, W. A. COLOMBO, C. R. **Educação tecnológica contextualizada: ferramenta essencial para o desenvolvimento social brasileiro**. *Revista de Ensino de Engenharia*, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2001.
- BAZZO, W. A., PALACIOS, E.M.G.; GALBARTE, J.C.G.; VON LINSINGEN, I.; CEREZO, J.A.L.; LUJÁN, J.L.; GODILLO, M.M.; OSORIO, C.; PEREIRA, L.T.V.; VALDÉS, C. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri: OEI, 2003. Cultura científica versus humanística: a CTS é o elo? *Revista Iberoamericana de educación*, Madri, n.58, p. 61-79, 2012.
- ANGOTTI, J. A. P. AUTH, M. A. **Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da Educação**. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.15-27, 2001
- BELENS, AJ. PORTO, C.M. **Ciência e tecnologia, uma abordagem histórica na sociedade da informação**. In PORTO, CM., org. *Difusão e cultura científica: alguns recortes* [online]. Salvador: EDUFBA, 2009. pp. 23-43.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1996.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais– Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e**

sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06 / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.

BOGDAN, R. C. BIKLEN, S.K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto Editora. Portugal. 1994.

BUCHWEITZ, B. **Aprendizagem significativa: ideia de estudantes concluintes de curso superior**. Rev. Investigações em Ensino de Ciências – V6(2), pp. 133-141, 2001

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**, São Paulo: Moderna, 2004.

CHASSOT, A. **A Ciência Através dos Tempos**. São Paulo: Moderna, 1995. 191 p. (Coleção Polêmica). il.; mapas. ISBN 85-16-01095-3.

CARMO FILHO, G. P., RIBEIRO, J. W. E GONÇALVES, D. H. **Programação simbólica e teoria de Ausubel no aprendizado de métodos numéricos**-World Congress on Engineering and Technology Education; São Paulo, BRAZIL. March 14 - 17, 2004.

DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M., **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

FIOLHAIS, C., TRINDADE, J., **Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 3, Setembro, 2003

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências. Introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo. Ed. UNESP. 1995.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo. Atlas. 2009.

GIL PÉREZ, D. et al. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico**. Ciência & Educação, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2000.

GIL-PÉREZ, D. ; CARVALHO, A. M. P. **Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações**. 4ª Ed. São Paulo: Cortez Editora, 2000.

HORNES, A., SANTOS, S. A. **A Termodinâmica em seu Contexto Histórico: Evolução Científica e Tecnológica e seus impactos na Sociedade**. Encontro Estadual de Ensino de Física. 6. Atas. 2015, Porto Alegre, RS.

HORNES, A., SANTOS, S. A. **O Ensino da Física no Contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade (HCTS) – uma Proposta Para a Aprendizagem Significativa**. Seminário Nacional de Mestrados Profissionais. 2. 2016. Salvador, BA.

KLASSEN, S. **The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom**. Science & Education, (2011) 20:719–731

- LAGE, E. **O centenário do quantum de luz.** Gazeta de Física v.28 p 0409. 2005.
- LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo, EPU, 1986.
- MANGILI, A.I. **Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula.** Volume 6, 2012 – pp. 32-48 Revista História da Ciência e Ensino.
- MARTINS, L. A. P. **História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas.** Revista Ciência & Educação, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução, análise.** São Paulo: Atlas, 1994.
- MATTHEWS, M. R. **História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação.** In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez., 1995.
- MATTHEWS, M. R. **Mario Bunge: physicist and philosopher.** Science & Education, New York, v. 12, n. 5-6, p. 431-444, Aug. 2003.
- MEC, **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Secretaria de Educação Básica – Brasília: Ministério da Educação, Secretária da Educação Básica, 2008. 135 p. (Orientações Curriculares para o Ensino Médio; volume 2)
- MORAN, J. M., **O vídeo na sala de aula. Comunicação e educação.** São Paulo, v.1, n.2, p. 27-35, Jan./abr. 1995.
- MOREIRA, M. A. (1995), Monografias nº 11 da série **Enfoques Teóricos.** Porto Alegre. Instituto de Física UFRGS.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem.** São Paulo, Editora Pedagógica Universitária Ltda, pag. 160, 1999.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica.** III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33- 45.
- MOREIRA, M. A. **UNIDADES DE ENSEÑANZA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS.** Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V1(2), pp. 43-63, 2011
- MOREIRA, M. A. **¿Al final qué es aprendizaje significativo?** Revista Currículum, La Laguna, 25: 29-56. 2012.
- MELEIRO, A. GIORDAN, M. **Hipermídia e Modelos Atômicos.** Química Nova na Escola, nº 10, Novembro, 1999.

- NARDI, R. **Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de Física**. Pesquisa em Ensino de Ciências vol. 1, São Paulo: Universidade Estadual Paulista. 2005.
- NETTO, M. F. S.; GUERRA, A. “**Uma análise sobre o desenvolvimento histórico do efeito fotoelétrico em livros didáticos de Física do Ensino Médio selecionados no PNLD**”. In: XV ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, pp.1-8, Abr. 2014.
- OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. **Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 3, n.18, 392-404, 2000a.
- OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, pp. 23-48, 2000b.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **DCE - Diretrizes curriculares: da educação fundamental da rede de educação básica do estado do Paraná, ensino médio, Física**. Curitiba: SEED. 2006.
- PINTO, A.C., ZANETIC, J. **É possível levar Física Quântica para o ensino médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.
- PRETTO, N. D. L. **A Ciência nos livros didáticos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1985.
- PONTES NETO, J. A. **Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas – Série Estudos – Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**. Campo Grande-MS , n. 21, p. 117-130, jan/jun. 2006.
- POSTMAN, N., WEINGARTER, C. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co. 219p, 1969.
- QUIVY, R. CAMPENHOUDT, L. **Manual de investigação em ciências sociais**. Lisboa: Gradiva, 1995. 282 p.
- REIS, D. R., **Gestão da inovação tecnológica**, São Paulo: Manole Ltda, 2004, 204p.
- ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: Edufra, 2002.
- SANTOS, W. L. P. dos e SCHNETZLER, R. P. **Ensino de química e cidadania**. Revista Química Nova na Escola, n° 4, novembro, p. 28–34, 1996.
- SANTOS, W. L. P. dos e SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí, Editora da Unijuí, 1997.
- SANTOS, W.L.P.S e MORTIMER, E.F., **Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências**. Ciência e Educação, v.7, n. 1, p.95-111, 2001.
- SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. **Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem CT-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira**. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências. v. 2, n. 2, dez. 2002.

SANTOS, S. Ap. Dos. **La Enseñanza de Ciencias con un Enfoque Integrador a través de Actividades Colaborativas, bajo el Prisma de la Teoría del Aprendizaje Significativo con el uso de Mapas Conceptuales y Diagramas para Actividades Demostrativo-Interactivas – ADI.** Tesis Doctoral, Burgos, Espanha, 2008.

SILVA, N. D. PACCA, J.L. **O ensino da Termodinâmica e as contribuições da História da Ciência. Anais do VIII ENPEC.** Acesso em: Agosto 2015; Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0555-1.pdf>

STEFANOVITS, A. **Ser Protagonista.** Física, 3º ano: ensino médio/obra coletiva. São Paulo: Edições SM, 2013.

STANGE, C.E.B.; CRISÓSTIMO, A. L.; SANTOS, S. Ap.; SANTOS, J.M.T.; MIYAHARA, R.Y. **Didáticas Específicas: Instrumentação de Ensino e Organização Conceitual.** Guarapuava, 2014. Arquivo (2,83MB). Adobe Acrobat Professional XI [Apostila digitada]

SOUZA, V. C. A. JUSTI, R. S. FERREIRA, P. F. M. **Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas.** Investigações em Ensino de Ciências – V11(1), pp. 7-28, 2006

TERRAZAN, E. A., **A inserção da Física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.3, n.9,209-214,1992.

TIPLER, P. **Física para cientistas e engenheiros,** Vol. 4: Óptica e Física Moderna. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora SA. Rio de Janeiro, p-459. 1995.

ZABALA, Antoni., **A prática educativa: como ensinar.** Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE 1 – PRÉ E PÓS-TESTE



CEEPAGV- Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola Getúlio Vargas

Aluno:		n°
Prof.: Andréia Hornes	Disciplina: Física	Data:
Curso:Z	Série:	Bimestre:
Avaliação	Valor: 6,0	Nota:

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

1) Desde a antiguidade se busca pela compreensão da origem de “tudo”, assim, os questionamentos a respeito da classificação da natureza em grupos remete a uma separação entre os seres vivos e não vivos. Quanto a estrutura da matéria desses grupos relacione V para verdadeiro e F para falso:

- () Não existe nenhuma relação entre os componentes básicos dos seres vivos e dos seres não vivos.
- () O seres vivos são compostos por átomos que morrem, enquanto que nos seres inanimados os átomos não morrem.
- () Os átomos que compões os seres vivos só adquirem vida depois que são gerados, enquanto que nos objetos esses átomos nunca possuirão vida.
- () Todos os seres, vivos ou não vivos, são constituídos basicamente por átomos.
- () Seres vivos são compostos por células e por moléculas, que por sua vez correspondem a um aglomerado de átomos. Já os seres inanimados são formados por átomos de forma ordenada ou não, formando o que chamamos de redes cristalinas.

A relação correta é:

- a) V, V, F, F, V
 b) F, V, V, V, F
 c) V, F, F, F, V
 d) V, F, V, F, V
 e) F, F, F, V, V

2) Antes ainda da confirmação da existência de átomos, outro fenômeno foi identificado no interior da matéria. O fenômeno identificado como radiatividade natural revelava a existência de três tipos de emissões radiativas. Novas investigações acerca da matéria foram possibilitadas e concluiu-se que as cargas positivas dos átomos concentravam quase toda a amassa atômica, num núcleo central, pequeno e compacto. Com base nessas constatações, qual foi a explicação dada para a estabilidade do núcleo atômico?

- a) a igualdade do número de prótons e de elétrons
 b) a ação da força gravitacional entre os nêutrons
 c) a ação de uma força de natureza atrativa
 d) a ação da força elétrica entre as cargas elétricas
 e) ser muito pequeno e denso.

3) As experiências com descargas elétricas foram fundamentais para o progresso das novas tecnologias, o aperfeiçoamento dos tubos de raios catódicos evidenciou ainda mais esse progresso, sendo a base de funcionamento de um dos aparelhos mais populares do mundo: a televisão. Sendo assim, analise as afirmações a seguir e indique a alternativa correta

- I. Thomsom foi o cientista que demonstrou que os raios catódicos eram formados por elétrons
 II Oersted, Ampere, Faraday e Arrhenius contribuíram, com seus estudos, para uma concepção de átomo, em que este é constituído de partículas elétricas
 III. uma das aplicações resultantes das experiências envolvendo o tubo de raios catódicos foi o aparelho de TV de plasma

- a) Somente I é verdadeira
 b) Somente III é verdadeira
 c) I e II são verdadeiras
 d) II e III são verdadeiras
 e) Nenhuma é verdadeira

4) Além do interesse sobre a constituição da matéria, a luz também era e ainda é objeto de estudo de muitos físicos, principalmente do modo como podemos aplicar este conhecimento. No início, várias teorias sobre sua natureza e seu comportamento foram levantadas, porém duas prevaleceram e tornaram-se as mais relevantes neste cenário. Enquanto uma teoria entendia a luz como partícula, a outra a vê como uma onda. Nesse contexto, ganham destaque duas teorias:

Newton, defendendo a teoria corpuscular e Huygens em defesa da teoria ondulatória. Considerando suas explicações para as diferentes cores e sobre a velocidade da luz, é correto que:

- () para Newton, cada cor correspondia a um corpúsculo diferente, enquanto para Huygens, cada cor está associada a um só tipo de corpúsculo e que por vibrar com diferentes velocidades, tinham cores bem definidas.
 () tanto para Newton quanto para Huygens, a velocidade da luz e sua cor não mudava ao atravessar um meio.
 () enquanto Newton associa a cor a diferentes tipos de corpúsculos, Huygens a vê como ondas de diferentes comprimentos.
 () Para Newton, a velocidade da luz aumenta quando passa de um meio mais denso para outro menos denso, para Huygens sua velocidade não muda.
 () Tanto para Newton quanto para Huygens a velocidade da luz, ao passar de um meio mais denso para outro menos denso, muda. Enquanto para Newton essa velocidade diminui, para Huygens ela aumenta.

- a) V, V, F, F, V
 b) F, V, V, V, F
 c) V, F, F, F, V
 d) V, F, V, F, V
 e) F, F, V, F, F

5) Para se ter entendimento básico das aplicações da ciência e da tecnologia em nosso mundo moderno, podemos relacionar as ondas eletromagnéticas a algumas aplicações importantes. Alguns exemplos são apresentados no quadro abaixo. Relacione os itens da coluna 1 com os da coluna 2, a seguir e assinale a opção correta: (Observação: apenas 4 componentes da Coluna I deverão ser relacionados com a Coluna II)

Coluna I: Onda eletromagnética	Coluna II: Exemplo de aplicação
1. Onda de rádio	A. terapia pelo calor
2. Infravermelho	B. tratamento do câncer
3. Luz visível	C. comunicação navio para terra
4. Raios X	D. fotossíntese
5. Raios Gama	
6. Raios Cósmicos	

A relação correta é a:

- a) 1C, 2A, 3D, 5B
 b) 1C, 2B, 3D, 4A
 c) 2A, 4B, 5C, 6D
 d) 1A, 2B, 3C, 6D
 e) 2B, 4C, 5A, 6D

6) De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a solução quântica de Planck para o problema da relação entre temperatura e cor da luz emitida pelos fornos trouxe indícios sobre o fracionamento, em valores discretos, da energia luminosa e das ondas eletromagnéticas, mas não para seu caráter corpuscular. Assim: a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia."

Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

- a) contínua - quanta - amplitude
 b) descontínua - prótons - frequência
 c) descontínua - fótons - frequência
 d) contínua - elétrons - intensidade
 e) contínua - nêutrons - amplitude

7) Considerando a natureza dual da luz, de acordo com o fenômeno observado, ela pode assumir um caráter corpuscular em alguns casos e ondulatório em outros. Assim, classifique cada fenômeno abaixo como sendo característico de um comportamento corpuscular (C), ondulatório (O):

1. () Efeito Compton
 2. () Refração
 3. () Efeito fotoelétrico
 4. () Polarização
 5. () Interferência
 6. () Reflexão
 7. () Difração
 8. () Produção de pares

Os fenômenos que apresentam comportamento corpuscular são:

- a) 1, 2 e 7
 b) 1, 5 e 8
 c) 1, 3 e 8
 d) 6, 7 e 8
 e) 4, 5 e 7

8) Sobre uma placa de um material desconhecido é incidido em momentos diferentes um feixe de luz na faixa do comprimento de onda da luz vermelha, azul, verde e amarela. Em todos os casos foi detectado, através de um voltímetro, uma

diferença de potencial (voltagem) nessa placa devido ao fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico. Considerando que $f_{\text{vermelha}} < f_{\text{amarela}} < f_{\text{verde}} < f_{\text{azul}}$, e que todos os feixes foram emitidos com radiação de mesma energia $En = n \cdot h \cdot f$, a maior e menor alteração de voltagem observada foram respectivamente para as cores:

- a) amarela e verde, pois $f_{\text{amarelo}} > f_{\text{verde}}$
- b) azul e amarela, pois $f_{\text{azul}} < f_{\text{amarelo}}$
- c) verde e vermelha, pois $f_{\text{verde}} < f_{\text{vermelha}}$
- d) azul e verde, pois $f_{\text{azul}} > f_{\text{verde}}$
- e) vermelha e azul, pois $f_{\text{vermelha}} > f_{\text{azul}}$

9) Na passagem do século XIX para o século XX, várias questões e fenômenos que eram temas de discussão e pesquisa começaram a ser esclarecidos graças a ideias que, mais tarde, viriam a construir a área da Física hoje conhecida como Mecânica Quântica. Na primeira coluna da tabela abaixo, estão listados três desses temas; na segunda, equações fundamentais relacionadas às soluções encontradas. Assinale a alternativa que associa corretamente os temas apontados na primeira coluna às respectivas equações, listadas na segunda coluna.

Temas	Equações
1 - Radiação do corpo negro	(a) $\lambda = h/p$ Postulado de Louis de Broglie
2 - Efeito fotoelétrico	(b) $P = \sigma ST^4$ Lei de Stefan-Boltzmann
3 - Ondas de matéria	(c) $K = hf - W$ Relação de Einstein

- a) 1(a) - 2(b) - 3(c)
- b) 1(a) - 2(c) - 3(b)
- c) 1(b) - 2(c) - 3(a)
- d) 1(b) - 2(a) - 3(c)
- e) 1(c) - 2(b) - 3(a)

10) O ano de 1905 é conhecido como o "ano miraculoso" de Albert Einstein, devido à publicação de uma série de trabalhos científicos revolucionários de sua autoria. Esses trabalhos, compostos pela teoria da relatividade especial, teoria do movimento browniano, efeito fotoelétrico e equivalência massa-energia tiveram impacto crítico no entendimento da natureza e no desenvolvimento de novas tecnologias. O efeito fotoelétrico em particular tem aplicações importantes, como em fotocélulas, projetores cinematográficos, etc. A respeito do efeito fotoelétrico, assinale as

afirmativas a seguir com verdadeira (V) ou falsa (F).

(V) O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma placa metálica, em decorrência da incidência de radiação.

(V) De acordo com a teoria de Einstein, a radiação que incide sobre a matéria exibe características corpusculares.

(F) A radiação é quantizada na forma de fótons, que transportam uma quantidade de energia proporcional à amplitude da onda incidente.

- a) V – F – V
- b) F – V – V
- c) V – V – F
- d) V – F – F
- e) F – F – V

11) Descoberto independentemente pelo russo Alexandre Stoletov, em 1872, e pelo alemão Heinrich Hertz, em 1887, o efeito fotoelétrico tem atualmente várias aplicações tecnológicas principalmente na automação eletromecânica, tais como: portas automáticas, dispositivos de segurança de máquinas e controle de iluminação. Fundamentalmente, o efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por superfícies metálicas quando iluminadas por radiação eletromagnética. Analise as características observadas experimentalmente, e indique verdadeiras (V) ou Falsa (F):

I. () Por menor que seja a intensidade da radiação causadora do fenômeno, o intervalo de tempo entre a incidência da radiação e o aparecimento da corrente gerada pelos elétrons emitidos é totalmente desprezível, isto é, o efeito é praticamente instantâneo.

II. () Para cada superfície metálica específica, existe uma frequência mínima, chamada "frequência de corte", a partir da qual se verifica o fenômeno.

III. () Se a frequência da radiação incidente está abaixo da frequência de corte, mesmo aumentando sua intensidade, não se verifica o fenômeno. Por outro lado, para frequências da radiação incidente acima da frequência de corte, o fenômeno se verifica para qualquer intensidade.

Assinale a opção correta:

- a) Somente I verdadeira
- b) I e II verdadeiras
- c) II e III verdadeiras
- d) Todas verdadeiras
- e) Todas falsas

12) Alguns experimentos foram fundamentais

para justificar a existência de partículas subatômicas, entre eles, o das descargas elétricas em gases rarefeitos. Diante dos resultados obtidos haviam algumas divergências entre os cientistas, onde os raios observados seriam tratados como onda ou como partícula. Entretanto, as experiências levaram definição de outros aspectos e conclusões paralelas que foram muito importantes para a ciência. Analise as afirmações abaixo e indique a opção correta:

I – Em 1913, o físico norte-americano Robert Andrews Millikan, em seu experimento de gotas de óleo eletrizadas, determinou, com grande precisão, o valor da carga elementar do elétron.

II - O efeito Compton demonstra que a radiação tem comportamento corpuscular.

III - Uma descarga elétrica num gás é capaz de ionizá-lo tornando-o condutor de eletricidade.

- a) somente a afirmação I é correta
- b) somente as afirmações I e II são corretas
- c) somente as afirmações II e III são corretas
- d) somente as afirmações I e III são corretas
- e) todas as afirmações são corretas.

13) O fenômeno físico responsável pelo funcionamento dos sensores CCD, presentes nas primeiras e em muitas das atuais câmeras digitais, é similar ao efeito fotoelétrico. Ao incidirem sobre um cristal de silício, os fótons transferem a sua energia aos elétrons que se encontram na banda de valência, que são “promovidos” para os níveis de energia que se encontram na banda de condução. O excesso de carga transferido para a banda de condução é então drenado por um potencial elétrico aplicado sobre o dispositivo, produzindo um sinal proporcional à intensidade da luz incidente. A energia transferida aos elétrons pelos fótons, nesse processo, é proporcional à _____ da radiação incidente. Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna.

- a) intensidade
- b) frequência
- c) polarização
- d) amplitude
- e) duração

14) Uma das contribuições da Física para o bem-estar e a segurança nas cidades é o constante avanço tecnológico aplicado à iluminação pública. Parte das luminárias do século XIX era acesa manualmente por várias pessoas ao entardecer. Hoje, o acionamento das

lâmpadas tornou-se automático devido à aplicação dos conhecimentos acerca do efeito fotoelétrico (descrito por Albert Einstein, em 1905) e ao desenvolvimento das células fotoelétricas instaladas nos postes de iluminação pública, capazes de detectar a presença de luz natural. A respeito do conceito de efeito fotoelétrico, considere as afirmativas a seguir.

I. Consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando esta é iluminada com luz de determinada frequência.

II. Ocorre independentemente da frequência da luz incidente na superfície do metal, mas é dependente de sua intensidade.

III. Os elétrons ejetados de uma superfície metálica, devido ao efeito fotoelétrico, possuem energia cinética igual à energia do fóton incidente.

IV. Por mais intensa que seja a luz incidente, não haverá ejeção de elétrons enquanto sua frequência for menor que a frequência limite (ou de corte) do metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

15. Muitos fenômenos da natureza e grande parte dos artefatos resultantes do desenvolvimento tecnológico atual necessitam, para seu entendimento, do conhecimento dos conceitos da Física Moderna. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

() As concepções de Max Planck sobre os fótons auxiliaram Niels Bohr a definir que os elétrons circulam em torno do núcleo de um átomo, em órbitas semelhantes às órbitas dos planetas em torno do Sol.

() Pela teoria quântica, cada frequência de luz visível tem, associada a ela, pacotes de matéria, também chamados de fótons. A quantidade de matéria carregada em cada um dos fótons caracteriza as diferentes cores de luz visível.

() A emissão de elétrons por determinados corpos, quando banhados por luz, caracteriza o efeito fotoelétrico.

() A dualidade onda-partícula comprova que o mesmo fenômeno luminoso pode ser explicado de duas formas, pela compreensão da luz como uma onda e pela compreensão da luz como uma partícula.

() A fissão nuclear pode ser provocada pelo bombardeamento dos núcleos de átomos de um determinado elemento, por partículas subatômicas com grande energia.

() No feixe de saída de qualquer dispositivo de laser, encontramos tanto radiações gama e micro-ondas, como também radiação infravermelha.

A relação correta é:

a) V, V, F, F, V, F

b) V, F, F, F, V, F

c) F, F, F, V, V, V

d) V, F, F, V, F, V

e) F, V, V, V, F, V

