



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Instituto de Física e Química – Regional Catalão
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física



PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte integrante dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Catalão, GO.
Fevereiro, 2016

PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Thiago Sebastião de Oliveira Coelho



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Título do trabalho: PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento **SIM** **NÃO¹**

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 29/09/2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Orientador:

Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão, no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte integrante dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Prof. Dr. Eberth de Almeida Corrêa

Profa. Dra. Ana Rita Pereira

Prof. Dr. Eduardo Sérgio de Souza

Catalão, GO.
Fevereiro, 2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Coelho, Thiago Sebastião de Oliveira
Proposta de Unidade Didática para a Aprendizagem Significativa
de Conceitos de Física Moderna e Contemporânea [manuscrito] /
Thiago Sebastião de Oliveira Coelho. - 2016.
ix, 93 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Regional
Catalão, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física,
Catalão, 2016.
Bibliografia. Anexos. Apêndice.
Inclui tabelas.

1. Ensino de Física. 2. Física Moderna e Contemporânea. 3.
Aprendizagem Significativa. 4. Unidade de Ensino Potencialmente
Significativa. I. Ortiz, Julio Santiago Espinoza, orient. II. Título.



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física



Relatório de Defesa de Dissertação
Candidato: Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Aos 15/02/2016 às 15:00 horas, realizou-se na Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão a Defesa de Dissertação de Mestrado sob o título: **“Proposta de Unidade Didática para a Aprendizagem Significativa de Conceitos de Física Moderna e Contemporânea”** apresentada pelo candidato: **Thiago Sebastião de Oliveira Coelho**. Ao final dos trabalhos a banca examinadora reuniu-se em sessão reservada para o julgamento tendo os membros chegado ao seguinte resultado:

Participantes da Banca:	Função	Instituição
Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz	Presidente	UFG – Catalão
Prof. Dr. Eberth de Almeida Corrêa	Titular	UnB - Gama
Profa. Dra. Ana Rita Pereira	Titular	UFG – Catalão
Prof. Dr. Eduardo Sérgio de Souza	Titular	UFG - Catalão

Resultado Final: APROVADO

Parecer da Comissão Julgadora:

APROVADO com pequenas correções.

Encerrada a sessão reservada, o presidente informou ao público presente o resultado. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada e, para constar eu Michelle Aparecida Machado representante do Programa de Pós Graduação em Ensino de Física lavrei o presente relatório que será assinado por mim e pelos membros da banca examinadora.

Julio Espinoza Ortiz
Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Eberth de Almeida Corrêa
Prof. Dr. Eberth de Almeida Corrêa

Ana Rita Pereira
Profa. Dra. Ana Rita Pereira

Eduardo Sérgio de Souza
Prof. Dr. Eduardo Sérgio de Souza

Michelle Aparecida Machado
Representante do PPG Michelle Aparecida Machado

() Não houve alteração no título.

() Houve. O novo título passa a ser:

À valentia e resistência dos profissionais da educação.

Agradecimentos

Minha sincera e eterna gratidão à professora e companheira Thalita Cintra, que através do carinho e paciência, participou de todas as etapas do programa, contribuindo em momentos essenciais para a produção deste trabalho. À João Vitor, que fazendo uso da fortuita inocência de criança que ainda lhe resta, promoveu inúmeras quebras de paradigmas na organização das estratégias didáticas aqui propostas.

Ao historiador e amigo Vilmar Martins Jr., o qual tenho um imenso carinho fraternal. Agradeço pela colaboração ao ampliar minhas fontes de pesquisa e também pelos nossos ricos diálogos, que sem dúvida estão contidos na essência deste trabalho.

Aos integrantes da minha família, em especial mãe (Valdeni Coelho), padrasto (Marco Antônio de Oliveira), tios (Osmar Coêlho, Vonildo Coelho e Vanilda Coelho) avó (Volmira Coelho) e avô (Sebastião Coelho), por sempre acreditarem e confiarem em todas as minhas escolhas e realizações. Ao meu sobrinho, Marco Antônio de Oliveira Neto, para que no futuro possa gozar de métodos educacionais inovadores. Amo todos vocês.

Seria injusto não citar as pessoas que fazem parte da minha vida desde os 16 anos de idade, e hoje com 28, reconheço que fui acolhido como se estivesse dentro da minha própria casa. Desta forma, meus agradecimentos à Jhonatan Prado, Rafael Prado e Lena de Oliveira, pela confiança, hospitalidade e fraternidade.

Agradeço aos colegas da primeira turma do MNPEF, em especial Juliana Duarte, Naldo Mota, Ana Paula Stoppa e Eliton Donizete, por todos os momentos bons e ruins que cruzamos durante essa jornada de muito estudo e trabalho. Gostaria de expor também a colaboração do colega Espedito Rodrigues, que através de sua postura experiente e amistosa, mostrou-me que sinceridade e perseverança são qualidades precípuas na vida de qualquer cidadão.

Aos colegas que me acompanharam nas jornadas da graduação na Universidade Federal de Uberlândia, em destaque Guilherme Azevedo e o grande amigo Leonardo De Chichi (*in memoriam*).

Aos professores da Universidade Federal de Goiás, regional Catalão que colaboram com o programa, em especial ao professor Júlio Ortiz, pelas orientações pertinentes; professora Ana Rita, pelas orientações formais e informais, além do acesso a materiais de pesquisa

valiosos; e ao professor Eduardo Souza, pelas demonstrações de paciência e principalmente humildade para com os alunos participantes deste programa.

Aos professores e colegas de profissão do Instituto Federal Goiano em Morrinhos, entre alguns nomes cito: os professores de Física Jesusney e Alexandre, por colaborarem com críticas e sugestões durante a elaboração do produto. Ao professor Antônio Carlos Chaves Ribeiro, por todos os momentos de diálogo, além do empréstimo de livros, como a obra de Thomas Kuhn. Agradeço também ao professor Leonardo Batista Pedroso, pelo acolhimento fraternal e sincero em tão pouco tempo de amizade. Ao responsável pela reprografia do campus Morrinhos, José Humberto, presente em todas as atividades, ajudando na organização das cópias distribuídas aos alunos.

Aos colaboradores do Instituto Federal Goiano de Morrinhos-GO, por viabilizar a aplicação deste trabalho sem burocracias.

Um sentimento sincero de gratidão aos alunos: Apollo Lemos, Hector Araújo, Pedro Américo, Yunna Cristine, Ana Carolina, Laura Carrijo, Fulvius Joventino, Brayan Fernandes e Gabriel Franco, pelo talento e empenho nas atividades desenvolvidas. Não deixo de citar o imenso carinho que sinto por todos eles, além da recíproca relação de respeito.

Aos coordenadores e idealizadores do MNPEF, pela oportunidade e preocupação com a formação dos professores de Física. Ao professor Laércio Ferraciolli, que num curto diálogo no *coffe break* do 1º Workshop do MNPEF em Brasília, abriu uma nova perspectiva de direcionamento para minha pesquisa; sua colaboração com o “V” de Gowin foi ímpar. Agradeço também ao professor Marco Antônio Moreira, por todo o seu histórico de lutas na disseminação de um Ensino de Física significativo e crítico; e também pelas palavras de conforto e segurança proferidas em um de seus colóquios, neste mesmo Workshop em Brasília.

À Sociedade Brasileira de Física e à CAPES, pela concessão das bolsas, suporte e gestão do curso.

Resumo:

PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Orientador: Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Estimular o interesse e a curiosidade nas aulas de Física em turmas de Ensino Médio pode ser facilitado se os conteúdos estiverem próximos às experiências cotidianas dos estudantes. Assim, os avanços tecnológicos a que estamos expostos podem ser utilizados como motivações que contribuem com essa aproximação. Nesta linha, uma proposta viável é a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino, onde devem ser discutidos os benefícios e as aplicações destes tópicos da Física em diferentes áreas do saber, como medicina, engenharia, computação e arte. Os Parâmetros Curriculares Nacionais resguardam competências dessa natureza, mas na prática esses conteúdos ainda estão distantes de muitas escolas do Brasil. Sendo assim, nosso trabalho teve como finalidade a elaboração de um material didático instrucional que oriente o professor a tratar os conteúdos aqui supracitados a partir de uma perspectiva social, cultural, e política, onde o conhecimento prévio do aluno é considerado a variável de maior importância. Com esta finalidade, a Unidade Didática aqui proposta é dividida em três partes, de forma a contemplar conceitos como grandezas físicas contínuas e quantizadas, dualidade onda-partícula, além de diferentes processos físicos “modernos” como o efeito fotoelétrico e fotovoltaico, e a emissão estimulada aplicada ao LASER, LED e OLED. A nossa intenção consiste em viabilizar possibilidades concretas para que os alunos promovam a negociação e retenção desses conceitos de forma significativa e crítica. Inicialmente, os temas apresentados possuem um alto grau de generalidade, e a partir daí, subsequentemente são trabalhados de maneira mais específica. Então, esse processo dinâmico na construção do conhecimento torna-se essencial para promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos. Neste sentido, foram sugeridas diversas atividades como mapas mentais, mapas conceituais, leitura e interpretação de texto, todas como meios de avaliação somativa e recursiva. Em seguida, como proposta de trabalho final, os alunos participantes apresentaram temas relacionados à FMC em forma de trabalhos livres. Conclui-se que, além de colaborar com a expansão intelectual de todos os envolvidos, isto é, professor e aluno, esta proposta lhes permite estar em contato contínuo com pesquisas científicas recentes.

Palavras-chave: ensino de física, física moderna e contemporânea, unidade de ensino potencialmente significativa, aprendizagem significativa.

Abstract:

PROPOSED TEACHING UNIT FOR MEANINGFUL LEARNING OF MODERN AND
CONTEMPORARY PHYSICS CONCEPTS

Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Orientador: Prof. Dr. Julio Santiago Espinoza Ortiz

Stimulating the interest and the curiosity into Physics classes in High school can be facilitated if the contents are closer to the students' everyday experiences. Thus, the technological advances that we are exposed can be used as motivations that contribute with this approach. In this line, a viable proposal is the inclusion of topics of Modern and Contemporary Physics (MCP) in teaching, where should be discussed the benefits and applications of these topics related to physics in different fields of knowledge such as medicine, engineering, computing and art. National Curriculum Standards protect skills of such a nature, but in practice, these contents are still away from many schools in Brazil. Thus, our work aims at the development of an instructional courseware to guide the teacher to treat the contents above here from social, cultural, and political perspectives, where prior knowledge of the student is being considered the most important variable. To this end, the Teaching Unit proposed here is divided in three parts, so as to include concepts such as continuous physical quantities and quantized, wave-particle duality, as well as different "modern" physical processes such as the photoelectric and the photovoltaic effects, and the stimulated emission applied to the LASER, LED and OLED. Our intention is to enable concrete possibilities for students to promote the negotiation and retention of these concepts in a meaningful and critical way. Initially, the topics presented have a high degree of generality, and from there, they are subsequently worked more specifically. So, this dynamic process to build knowledge becomes essential to promote the progressive differentiation and integrative reconciliation of concepts. In this sense, they are suggested various activities such as mind maps, concept maps, reading and reading comprehension, as all summative and recursive evaluation means. Then as a final project proposal, participating students will present topics related to FMC in the form of free works. We conclude that in addition to collaborating with the intellectual growth of all involved, i.e., teacher and student, this proposal allows them to be in continuous contact with recent scientific research.

Keywords: Teaching physics, Modern and Contemporary physics, Potentially Meaningful Teaching Unit, Meaningful learning.

Sumário

1 – Introdução	1
2 – Motivações e objetivos.....	5
2.1 – Objetivo geral	6
2.2 - Objetivos específicos.....	6
3 – Referencial Teórico	8
3.1 – Teoria da aprendizagem significativa	8
3.2 – As revoluções científicas	12
4 – Guia Metodológico.....	16
4.1 – Contextualização	16
4.2 – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.....	17
4.3 – Atividades propostas.....	18
5 – Conjuntura do ambiente mediador	22
5.1 – Aspectos da instituição coparticipante	22
5.2 – Descrição da turma	23
6 – Apresentação e discussão dos resultados.....	26
6.1 – Relatos da implementação da UEPS.....	26
6.2 – O questionário e o mapeamento da estrutura cognitiva.....	33
6.3 – Os mapas mentais	38
6.4 – Os mapas conceituais.....	51
6.5 – Produção de texto e outras atividades	57
7 – Conclusões.....	65
8 – BIBLIOGRAFIA	69
Apêndices	72
Apêndice A - Questionário	73
Apêndice B – Questões sobre o efeito fotoelétrico	74
Anexos	76
Anexo I – TCLE (+18).....	77
Anexo II - TCLE (-18)	80
Anexo III – Infográfico parte 1.....	83
Anexo IV – Infográfico parte 2	84

1 – Introdução

A evolução do conhecimento científico foi, e ainda é, acompanhada por avanços tecnológicos que hoje nos permitem usufruir de situações de conforto e praticidade. A forma como nos envolvemos com o planeta Terra tem se adaptado a um estilo de vida cada vez mais dependente dos aparelhos eletrônicos. São incontáveis as aplicações da ciência no mundo moderno, seja para alimentação, comunicação, transporte, educação, lazer, informação, etc. Para desfrutar dessas e de outras facilidades, é preciso que as pessoas tenham a mínima habilidade para manipular e utilizar os equipamentos envolvidos, por exemplo: o abridor de latas é um tipo de tecnologia, assim como o cartão de crédito, a TV, o computador ou o smartphone. Num curto espaço de tempo, o número de proprietários de aparelhos eletrônicos como smartphones e notebooks aumentou drasticamente, e isso reflete diretamente nas salas de aula espalhadas pelo Brasil. A postura tradicional e conservadora de alguns professores em vetar o uso de qualquer tipo de aparelho eletrônico deve ser sobreposta por estratégias que façam uso dessa tecnologia de modo a colaborar com o processo de ensino e aprendizagem.

As instituições educacionais – enquanto responsáveis pela formação crítica do cidadão – têm o dever de alinhar os conteúdos disciplinares de modo a abranger temas atuais e contextualizados em seus currículos. Em outras palavras, é necessário que se viabilizem problematizações capazes de contribuir com a alfabetização científico-tecnológica (AULER e BAZZO, 2001 *apud*. FRANCO-DOS-SANTOS *et. al.*, 2011). Neste escopo, a disciplina Física possui um amplo espaço para relacionar saberes que envolvam situações da evolução tecnológica nos dias de hoje. Entretanto, é útil lembrar que tais avanços afetam a sociedade de várias maneiras, inclusive causando impactos ambientais que podem ser irreversíveis. Nesse sentido, é importante que o ensino de Física seja conduzido para uma educação que contemple os saberes científicos e sua evolução sob uma perspectiva histórica, social e cultural, valorizando diferentes fatores, dentre eles: ambientais, sociais, políticos e econômicos. Em outras palavras, é necessário que os conteúdos propiciem momentos de relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (QUINATO, 2013).

Grande parte dos saberes de Física organizados para as séries iniciais do Ensino Médio envolvem teorias e experimentos de um período entre os séculos XVII e XIX, excluindo da ementa tópicos como: física de partículas, ondas eletromagnéticas, relatividade, dualidade

onda-partícula, etc. Há alguns anos – ainda na transição entre os séculos XIX e XX – foram desenvolvidas as bases das “teorias” da Relatividade e da Mecânica Quântica (EISBERG e RESNICK, 1994), que hoje conhecemos por compor a Física Moderna. Esse fato constitui um marco na história da ciência, pois ilustra muito bem que o conhecimento científico é uma construção humana dinâmica, e que está sujeito a períodos de crises e mudanças em suas bases conceituais (KUHN, 2003). Esse novo contexto histórico e social da ciência foi rapidamente absorvido pela tecnologia da época, que às vezes se apropriava de equipamentos que funcionavam segundo teorias ainda incompreendidas, como é o caso do uso das células fotovoltaicas em meados de 1800.

A organização dos conteúdos curriculares com a adição de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em turmas de segundo grau, tem se mostrado uma boa estratégia para estreitar os episódios formais de ensino e aprendizagem com a experiência cotidiana dos alunos. Além de conter assuntos que despertam o interesse dos estudantes, o contato com questões atuais e contextualizadas da Física também contribui para facilitar a vivência dos cidadãos no mundo moderno. Ainda no século passado, alguns pesquisadores já enfatizavam a validade dessa proposta, como é o caso de Terrazzan (1992, p. 210): "A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual (...), define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau. ". Segundo Valadares e Moreira (1998), é essencial que o aluno conheça os fundamentos da tecnologia atual através dos princípios da Mecânica Quântica.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) trazem direcionamentos pedagógicos que contribuem para o ensino de Física com destaque à importância ética, social e histórica do conhecimento científico (BRASIL, 2002). Esse documento revela uma mudança na postura das políticas públicas da educação no que tange à inserção de temas contextualizados, organizados de uma perspectiva que permite a valorização das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Esse movimento de incentivo, mesmo que pequeno, ainda permanece nos trabalhos de pesquisa atuais. Conforme Silva *et.al.* (2013, p.80), já que a maioria dos currículos se encontram atualizados, é necessária “a compreensão (...) do uso do conhecimento científico moderno como meio de formação de jovens participantes nas decisões que envolvem ciência e tecnologia. ”. Ainda segundo Schittler e Moreira (2014), conteúdos de FMC tornam as aulas mais interessantes e participativas.

Alguns manuais didáticos de Física em nível médio dispõem dos conteúdos de FMC em sua estrutura curricular. É possível identificar esses temas em obras que fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático divulgado pelo MEC (BRASIL, 2014); isso revela que existe uma tentativa em adequar os livros didáticos às Orientações Educacionais Complementares aos PCN. Em obras como Máximo e Alvarenga (2013), Biscuola *et.al.* (2013) e também Sant'Anna *et.al.* (2013) os tópicos de FMC estão localizados nos capítulos do último volume, onde são tratados assuntos como relatividade e física quântica. Já em Pietrocola *et.al.* (2013), podemos encontrar conceitos relevantes ao estudo da física de partículas e também sobre o Cosmos desde a primeira série do ensino médio. Essas propostas são válidas, visto que a discussão de temas atuais nas aulas de Física deve ser incentivada desde o primeiro ano de ensino médio.

Contudo, é conveniente questionar: se existem aberturas para que o conteúdo seja apresentado a partir de uma perspectiva atual, visando contemplar a educação científica e tecnológica, então porque a Física ainda é considerada uma disciplina tediosa abastada de complexas fórmulas e estranhos símbolos sem significados? Pesquisas em Ensino de Física revelam o despreparo de professores no manejo de temas de FMC. No caso da Mecânica Quântica, a sensação é que existe uma distância entre os conhecimentos de Física do Ensino Médio e aqueles vistos num curso de licenciatura. Talvez porque a falta de interpretações qualitativas frente ao formalismo matemático desmotive o estudante recém-formado na abordagem desse tipo de conteúdo. A carência nas bases conceituais é agravada com essa situação, já que o professor utilizará como material de consulta, os livros de nível médio disponíveis (OSTERMANN, et. al. 2008).

Segundo Ostermann, et. al. (2008), os problemas envolvidos na formação docente são uma linha de pesquisa extensa e sistemática, que deve levar em conta fatores como as condições de trabalho e também as preocupações dos professores. A pesquisa desenvolvida por Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009), contém relatos de professores de Física que alegam jamais terem planejado a inserção de tópicos de FMC em suas aulas. Essa conjuntura colabora somente para que as aulas de Física sejam desatualizadas e recheadas de formalismos matemáticos sem significado algum para o aprendiz.

Diante disso, nossa proposta para o presente trabalho é a organização e aplicação de três Sequências Didáticas em conjunto com um Texto de Apoio, voltados para a aprendizagem significativa de conceitos de Física Moderna e Contemporânea. Esse produto está organizado num formato específico de Unidade Didática, conhecido como Unidade de Ensino

Potencialmente Significativa (UEPS). O “público alvo” foram os alunos do 3º ano do ensino médio do Instituto Federal de Educação Tecnológica no estado de Goiás. Um dos objetivos é encorajar os professores de Física a tratarem os conteúdos de forma atual, interdisciplinar e para que se valorize a relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Os resultados apresentados serão relevantes para que o material proposto seja efetivamente testado, e também para que mudanças e sugestões sejam devidamente inseridas durante todo o processo de ensinagem. A seguir explanaremos com maiores detalhes os objetivos e motivações da pesquisa aqui descrita.

2 – Motivações e objetivos

O papel do ensino de Física deve ser direcionado de forma dinâmica, integradora e cidadã, em oposição à visão de ensino tradicional com apenas cálculos, fórmulas vazias e que resulta num alto e desastroso índice de reprovação. Enquanto disciplina constituinte do processo de formação do aprendiz, a Física deve ser direcionada para que o aluno tenha capacidade de compreender a evolução do conhecimento científico de forma crítica, assim como suas aplicações num contexto histórico, social e político. Com a proposta da inserção de FMC na grade curricular, o professor tem a oportunidade de relacionar os conceitos numa perspectiva interdisciplinar atual, de modo a despertar maior interesse por parte dos estudantes. Daí a importância da nossa proposta.

A forma como o currículo de Física é exposto na maioria dos livros didáticos somente distancia os alunos da discussão de temas atuais da disciplina. Os conteúdos de FMC são trabalhados, geralmente, apenas no terceiro volume. Cabe ao professor promover e intermediar essa aproximação, levando em consideração o conhecimento prévio do aluno (MOREIRA, 2011). Deste modo, não é necessário finalizar os dois volumes (de qualquer coleção habitual contendo três) para que somente no final terceiro livro o estudante tenha a oportunidade de discutir, em sala de aula, os conceitos de Física Quântica ou Relatividade. Por exemplo, é possível que no 2º ano do ensino médio sejam trabalhados conceitos básicos de Mecânica Quântica no curso de Física Térmica; ou mesmo no 1º ano, onde é possível a abordagem de tópicos de Relatividade no curso básico de Mecânica.

Nesse viés, o processo de evolução da ciência em conjunto com os avanços tecnológicos é um tema que possui forte ligação interdisciplinar com a Física. Mas é preciso cautela para que uma educação científica dogmática não se sobreponha ao ensino que contemple as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (FRANCO-DOS-SANTOS, *et.al.* 2011). Isso significa que não basta apenas compreender as possíveis aplicações tecnológicas provenientes do conhecimento científico, também é preciso criticar os impactos de ordem econômica, ambiental, ética e social – como a construção de uma usina hidrelétrica, por exemplo. Uma abordagem temática nesse sentido proporciona ao aluno caminhar rumo à independência intelectual, quer dizer, que seja capaz de analisar e compreender os conteúdos de forma crítica e questionadora.

Por fim, os Parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias mostram que os conhecimentos de FMC devem ser incluídos na grade curricular de cursos em nível médio (BRASIL, 2002). É função do professor organizar métodos e estratégias para inserção dessas competências. Com a escassez de publicações científicas dessa linha, o despreparo de educadores com esse tipo de conteúdo acarreta na ausência de temas atuais e que motive os episódios de ensino e aprendizagem. Decorrente disso, a criação de uma unidade didática contendo sequências instrucionais para tratar tópicos de FMC é o produto principal desta pesquisa. Indo muito além da elaboração de um produto de ensino, a pesquisa é direcionada ao aluno; ele é o responsável pela negociação de conceitos de forma significativa através das interações com materiais didáticos, sejam estes impressos ou digitais. Para complementar, ainda de acordo com Silva Neto (2011), a introdução de temas de FMC desperta nos estudantes um interesse duradouro pela ciência; e esse sentimento deve ser aproveitado e muito bem valorizado pelos educadores da área das ciências exatas como um todo.

2.1 – Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa é a produção de um produto educacional em conjunto com o relato de experiência de sua aplicação num ambiente escolar. O produto deste trabalho consiste num conjunto de três Sequências Didáticas para o ensino de FMC, estruturadas em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Além das sequências didáticas para orientar as atividades, a unidade contém um Texto de Apoio ao aluno, que também pode ser utilizado pelo professor.

2.2 - Objetivos específicos

- Inserir tópicos de FMC em turmas de nível médio numa perspectiva pedagógica atual e interdisciplinar.

- Compreender que o conhecimento científico é uma construção humana em constante evolução, e que pode estar sujeito a mudanças radicais das bases conceituais.

- Situar que os saberes de física atômica e a evolução dos modelos para o átomo, são essenciais para o avanço do conhecimento científico e as tecnologias subjacentes.

- Colaborar para a aprendizagem significativa e crítica de conceitos e processos físicos tais como: grandezas contínuas e discretas, quantum, fóton, efeito fotoelétrico, efeito fotovoltaico, as propriedades básicas de uma junção semicondutora $p-n$, níveis de energia do átomo, emissão espontânea, emissão estimulada.

- Relacionar os conceitos e fenômenos físicos aos equipamentos tecnológicos do cotidiano, como por exemplo: LASER, LED, OLED, transistor, etc.

- Tornar estreitas as relações entre o conhecimento científico e tecnológico, assim como suas consequências para a sociedade e meio ambiente.

- Encorajar os professores à introdução de conteúdos atuais de Física em seus planos de aula.

- Incentivar a renúncia dos métodos de ensino e aprendizagem tradicionais e infrutíferos.

3 – Referencial Teórico

Uma pequena parcela das experiências que vivenciamos desde a infância até agora continuam conosco em forma de lembranças. O nível de clareza e descrição no ato de externalizar uma lembrança está relacionado com o quão marcante, ou o quão recente tenha sido o evento. No âmbito de uma situação formal de ensino, a transposição didática dos conteúdos é facilitada se o indivíduo possui alguma experiência prévia que se relaciona ao tema proposto. Seja em forma de vídeo, texto, reportagem, diálogo informal, uma foto, uma lembrança, qualquer tipo de conhecimento prévio que possa ser aproveitado. Dessa forma, durante o desenvolvimento da pesquisa serão utilizadas estratégias didáticas construtivistas que valorizam o conhecimento prévio do estudante. Nesse direcionamento, a Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel servirá como base teórica aos métodos aqui propostos.

3.1 – Teoria da aprendizagem significativa

O ponto chave da aprendizagem significativa é a valorização do conhecimento prévio do aluno. Tudo se inicia com a interação de novos conhecimentos com aqueles que ele já possui, mas essa relação deve ocorrer de maneira não literal e não arbitrária (MOREIRA, 2011). Sendo assim, é essencial que o professor utilize como ancoragem os conhecimentos prévios do estudante. Segundo Ausubel, *apud* Moreira (2006a, p. 13):

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, dirá o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.

A última sentença da citação anterior é um pedido de atenção aos educadores de todas as áreas ao quesito conhecimento prévio: “Averigue isso e ensine-o de acordo.”. Grande parte das vertentes construtivistas consente que o conhecimento prévio é, de fato, uma condição essencial que colabora para eficiência dos métodos cognitivos. O conjunto de tudo o que o aluno já sabe constitui o que chamamos de estrutura cognitiva; e é nesse ambiente onde estão reunidas todas as informações preexistentes na “cabeça” do estudante (MOREIRA, 2006a). Denominado

por Ausubel de subsunçores, essas informações não são necessariamente conceitos, e podem ser representadas por qualquer tipo de construções mentais, seja através de uma foto, um desenho, um vídeo ou uma frase. Os subsunçores são conhecimentos específicos capazes de se relacionar com novas informações, em outras palavras, funcionam como conhecimento prévio relevante na ancoragem com outros conhecimentos.

A estrutura cognitiva de um indivíduo engloba um processo dinâmico de inter-relações entre os próprios subsunçores, e também entre as novas informações. Segundo Ausubel (2000), essa estrutura dinâmica de conhecimentos está organizada de forma hierárquica, com vários subsunçores subordinados a outros. Durante os episódios de ensino essa organização se modifica, já que na ancoragem com o novo conhecimento os subsunçores adquirem novos significados, tornando-se mais elaborados (MOREIRA, 1999, p. 153). No discurso parece prático, mas é imprescindível que fique claro outro princípio pilar da teoria de aprendizagem aqui resguardada: a assimilação de novos conhecimentos, além de idiossincrático, é um processo gradual e lento (MOREIRA, 2011, p. 32,33). Esse princípio é subjacente às perspectivas piagetianas no que diz respeito ao processo de maturação paulatina das ideias presentes na estrutura cognitiva (CHAGAS e SOVIERZOSKI, 2014, p. 41).

Para que a aprendizagem seja significativa, o tema apresentado deve relacionar-se de forma não literal e não arbitrária com subsunçores específicos e relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. Não ocorrendo dessa maneira, a aprendizagem é mecânica e impossibilita a construção de novos significados. Infelizmente, muito do que ocorre dentro das escolas públicas do país, e principalmente particulares, contribui para disseminação desse tipo de prática. A memorização dos conteúdos deve ser suficiente apenas para cumprir seu papel nas avaliações, que não podem demorar a acontecer, pois o aluno teria que decorar o conteúdo mais uma vez. Existem pessoas que optam pela aprendizagem mecânica de tópicos de Física, apenas memorizando fórmulas que não se conectam a mais nada em sua rede de ideias. Os novos saberes captados mecanicamente vetam o indivíduo de qualquer relação crítica com os conteúdos transversais e até mesmo paralelos.

De acordo com Ausubel (2000), é indispensável que o material a ser utilizado permita que a ancoragem entre os subsunçores específicos com os novos conhecimentos aconteça de maneira não literal e não arbitrária. Para o caso em que o estudante não possua subsunçores, o uso de organizadores prévios possibilita que ele construa uma base de informações mais gerais, e acima de tudo, necessárias à aprendizagem significativa de novas ideias. Um material caracterizado como um organizador prévio pode ser um texto, um vídeo, uma fotografia ou um

software computacional; o pré-requisito é a apresentação do conteúdo de forma geral e inclusiva, isto é, que sirva apenas para modificar os subsunçores de modo a se caracterizarem como conhecimento prévio para temas futuros.

Para auxiliar na aprendizagem significativa é importante que o material seja potencialmente significativo, em outras palavras, que seja relacionável de forma não literal e não arbitrária aos conhecimentos prévios do aprendiz. É importante ressaltar que a assimilação de um material com essas características não implica na aprendizagem significativa, pois o significado atribuído pelo estudante aos temas contidos no material pode não ser adequado para o contexto. Segundo Ausubel (2000, p.1): “A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo.”. Sendo assim, é crucial a existência de mecanismos didáticos capazes de conduzir a negociação de significados e que também sejam capazes de verificar a eficiência dos métodos utilizados.

Outro fator de suma importância que influencia na aprendizagem é a predisposição do indivíduo em aprender. Esse é um pré-requisito que transcende das ações do professor, pois é o próprio aluno quem decide se quer aprender de forma significativa ou não; ele é o responsável por conceitualizar a simbologia inerente à disciplina. Estamos aqui nos aproximando do que Moreira (2011) chama de consciência semântica, ou seja, perceber que o próprio indivíduo é responsável por construir uma rede organizada de significados através da linguagem; “o significado está nas pessoas, não nas palavras.” (*op. cit.* p. 175). Tratando-se de um conceito abstrato, o conhecimento individual pode ser compreendido como construções mentais que surgem de interpretações criadas pelo indivíduo acerca do universo ao seu redor. (LEMOS, 2005, p.42).

Como já foi dito, os subsunçores de um indivíduo adquirem novos significados através da interação com novas informações. A medida que um subsunçor torna-se cada vez mais elaborado existe a possibilidade de que outros subsunçores – menos gerais e menos inclusivos – sejam subordinados a este subsunçor, desta vez, com mais significados do que antes. Vamos imaginar os subsunçores força elástica, força gravitacional, força elétrica, força normal e força de tração; esses conceitos estão subordinados a um conceito muito mais geral, a força. Sendo assim, durante um curso básico de Mecânica, o aluno tem a possibilidade de lapidar o subsunçor *força*, ao compreender que existem forças de origem distintas. Segundo Moreira (1999, p. 158), o processo de criar novas conexões subordinadas a um subsunçor é chamado de diferenciação progressiva, e pode acontecer diversas vezes com um mesmo conceito.

Não parece prático para um processo de ensino e aprendizagem que os conceitos sejam cada vez mais e mais diferenciados sem uma conexão entre si, ou com outros subsunçores. Por isso, na dinâmica da estrutura cognitiva também ocorre um processo chamado reconciliação integrativa dos subsunçores. Para ilustrar esse processo, vamos retomar o exemplo anterior, onde citamos a força elástica, força gravitacional, etc.; mesmo sendo de naturezas diferentes, as forças possuem algo em comum: a forma de atuação, que pode ser *de contato*, ou *ação à distância*. Portanto, o indivíduo pode estabelecer um elo, um ponto em comum entre a força gravitacional e a força elétrica, por exemplo. A reconciliação integrativa consiste nessa recombinação dos subsunçores adquiridos pelo indivíduo, que passa a formular novos conhecimentos através da relação cruzada entre as ideias (MOREIRA, 2006a, p. 37).

Para David Ausubel (*apud*. MOREIRA, 1999), os conceitos devem ser apresentados de forma geral e inclusiva, e em seguida devem ser diferenciados de acordo com suas características e peculiaridades. A organização do material instrucional também deve ser coerente com esses processos. Ausubel parte do princípio de que as informações na estrutura cognitiva do indivíduo estão organizadas de forma hierárquica. Enquanto a diferenciação progressiva expande o leque de ideias, a reconciliação integrativa faz conexões e aponta semelhanças e diferenças entre elas. Caso o estudante apenas diferencie os conceitos, passa a perceber tudo diferente, se apenas os integra, percebe-se tudo igual. Sendo assim, a diferenciação progressiva é concomitante à reconciliação integrativa; tratam-se de processos ativos na estrutura cognitiva durante a aprendizagem significativa de algum conteúdo (*ibid.*, p.160).

Em suma, podemos dizer que a aprendizagem é significativa quando o aluno consegue assimilar as novas informações propostas pelo professor através de um material potencialmente significativo. Essa assimilação se dá pela interação, não literal e não arbitrária, da nova informação com subsunçores prévios específicos da estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse processo, os subsunçores se modificam e adquirem maior estabilidade cognitiva, se tornando mais elaborados e até incorporando novos subsunçores à estrutura dinâmica de ideias. É papel do professor verificar se o aluno foi capaz de compreender os conhecimentos de forma aceitável, para que também possa aplicar esse conhecimento em diferentes contextos. Ainda de acordo com Moreira (2011, p. 173) a aprendizagem significativa deve ser crítica e subversiva, isto é, propiciando ao estudante a capacidade de criticar e integrar-se à sociedade utilizando os novos conhecimentos assimilados de forma significativa.

Por fim, é importante lembrar que a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta (MOREIRA, 1999, p. 196). O professor deve ter discernimento de que, enquanto mediador e fornecedor de situações-problema, sua principal função é a de facilitar a aprendizagem significativa. O ambiente criado ao redor do reconhecimento desse processo cognitivo e suas funcionalidades (lento, progressivo, construtivista, somativo e recursivo) viabiliza ao aluno a conquista da autonomia intelectual. Ainda de acordo com Lemos (2005, p. 42): “Uma situação de ensino corresponde ao momento em que uma pessoa, intencionalmente, ajuda outra a aprender alguma coisa. ”. Insistindo na valorização de uma educação crítica e não-dogmática, a aprendizagem significativa revelará sua eficiência perante uma revolução da estrutura didática da sala de aula; a aprendizagem pelo erro, o abandono da narrativa e a priorização por atividades em grupos são alguns dos princípios desse tipo de aprendizagem (MOREIRA, 2011, p. 174). Além disso, o contexto social e histórico em torno da evolução do conhecimento científico é um elemento essencial na elaboração de atividades que priorizam a aprendizagem significativa dos conceitos. Como será exposto no próximo tópico, a epistemologia científica de Thomas Kuhn pode ser muito útil em aulas de Física.

3.2 – As revoluções científicas

“A verdade que não é a mesma para todos será a verdade? ”.
Henri Poincaré, (POINCARÉ, 1995)

Dos diversos escritores da História da Ciência, são incomensuráveis as contribuições do filósofo e historiador francês Alexandre Koyrè (1892-1964). O termo *revolução científica* ganhou um novo significado através de seus estudos (SILVA, 2010, p.24). Koyrè enfatiza o fato de que o progresso da ciência se dá através de uma alteração na estrutura de pensamento, e não pelo acúmulo lento e linear de conhecimento em direção ao progresso. Muitos autores deram continuidade a visão koyreniana da dinâmica e desenvolvimento científico; um deles foi o estadunidense, físico e historiador da ciência, Thomas S. Kuhn (1922-1996). Em sua afamada obra: *A Estrutura das Revoluções Científicas (1962)*, Kuhn estende a expressão *revolução*

científica às várias ocasiões marcadas por impetuosas rupturas na estrutura do conhecimento (SILVA, 2010, p. 50).

Para Kuhn (2003), o avanço científico segue um modelo que passa por períodos onde a ciência normal articula teorias e experimentos fornecidos pela adesão a um paradigma. Em seguida, episódios são marcados por momentos de crise devido a falhas do paradigma, que é substituído por outro. A teoria kuhniana é marcada por conceitos como: paradigma, ciência normal, crises e revolução científica, que serão esclarecidos a seguir. Nos parágrafos seguintes serão evidenciados os pontos específicos da teoria de Thomas Kuhn que justificam o espaço das Revoluções Científicas no referencial teórico deste trabalho.

O termo paradigma pode ser utilizado para designar o conjunto de crenças, valores e técnicas compartilhadas pela comunidade científica. Ao aderir a um paradigma, o grupo recai no que Kuhn (2003) chama de ciência normal, isto é, um período onde os cientistas – limitados pelo paradigma vigente – se empenham em resolver problemas, propor teorias e experimentos. A adoção de um paradigma está vinculada aos tipos de desafios (quebra-cabeças) enfrentados nesse período (OSTERMANN, 1996 p. 3;5). Os ensejos de insegurança e insatisfação profissional ocorrem quando um paradigma não produz resultados esperados, ou seja, deixa de funcionar onde deveria. Esses problemas, agora encarados como anomalias perante o paradigma que vigora, são responsáveis por dar início a momentos de crise na comunidade científica, que agora busca por um novo paradigma. De acordo com Kuhn (2003, p. 105): “O significado das crises consiste exatamente no fato de que indicam que é chegada a ocasião para renovar os instrumentos”. O fracasso das regras obriga os cientistas a buscarem um novo paradigma. Assim, o desencadeamento de uma crise no(s) paradigma(s) é um evento necessário para a ocorrência da revolução científica¹, que tem como ápice a adoção de um novo paradigma. Nas palavras de Kuhn (2003, p. 125):

[...] consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior.

De antemão, para que um novo paradigma seja aceito, este não deve por obrigatoriedade explicar a teoria por completo, mas deve ser melhor que o paradigma vigente.

¹ O artigo *Crises e Revoluções: A revolução Copernicana Segundo Thomas Kuhn* (2004), de Marcelo Moschetti, ressalta a importância das crises para a revolução científica.

Se a quantidade de adeptos ao novo paradigma se eleva, as escolas científicas estruturadas no paradigma passado vão sendo extintas (KHUN, 2003, p. 38,39). Podemos elucidar esse processo através de uma análise histórica dos fatos que levaram a conclusões sobre a natureza da luz. Esse debate – que envolve a dicotomia discreto *versus* contínuo – se alastrou por décadas sem possibilitar uma conclusão efetiva à questão: a luz é composta por ondas ou partículas materiais? Existem casos onde o novo paradigma leva anos para ser absorvido pela comunidade científica; os quanta de luz propostos por Albert Einstein entre 1905 e 1910 só passaram a ter relevância alguns anos depois, quando em 1914, Millikan estabeleceu o valor experimental da constante de Planck (CARUSO e OGURI, 2006, p. 333).

Mesmo que a epistemologia de Thomas Kuhn seja amplamente criticada por diversos filósofos e historiadores da ciência², existem elementos dessa teoria que podem ser transpostos juntamente com os conteúdos de Física do ensino médio. Ao considerar as inúmeras revoluções científicas na estrutura do conhecimento, o estudante expurga o construto surreal de cientista que carrega consigo, uma pessoa que usa óculos e jaleco, e se aproxima de uma visão realista do empreendimento. A forma como assimilamos o significado de certos conceitos utilizando os manuais convencionais é comparada a maneira como um indivíduo produz a imagem de uma cultura estrangeira através de um panfleto turístico (KUHN, 2003, p.19). O progresso científico é adjacente à história da humanidade de forma muito diferente do que comumente é divulgado em livros escolares. O conhecimento é compactado nesses manuais didáticos, que geralmente negligenciam conjunturas históricas de ordem social e política. É como se da noite para o dia Copérnico fosse contemplado com uma dádiva particular que o permitisse refutar a teoria Geocêntrica vigente na época. O encobrimento do fato de que a teoria Heliocêntrica já havia sido proposta antes mesmo de Copérnico (DAMASIO, 2011, p.2), tem um papel pedagógico negativo no processo de ensino e aprendizagem. Isso faz com que o aprendiz construa uma imagem do desenvolvimento científico de forma linear, que *não* abrange a ampla colaboração humana presente nesses processos.

Como descrito no próximo capítulo, as propostas metodológicas na inserção dos tópicos de FMC foram adequadas de modo a abranger os períodos de crises e revoluções, necessários ao desenvolvimento da Mecânica Quântica. As anomalias como o espectro de emissão dos corpos negros e o efeito fotoelétrico são exemplos que demonstram a insatisfação da comunidade científica perante um paradigma. Sendo assim, serão valorizadas as concepções

² As atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência (Londres, 1967) foram estruturadas na obra *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento* (1979), organizada por Imre Lakatos e Alan Musgrave.

e a natureza do progresso científico no âmbito das revoluções científicas de Thomas Kuhn. Para fins didáticos, a eficiência encontra-se no que tange à percepção do contexto histórico em torno dos pensadores e dos fatos externos que também contribuíram/contribuem para o avanço da ciência. Ainda de acordo com Ostermann (1996, p.11): “Adotando essa postura epistemológica, estaremos questionando a imagem que cientistas e leigos têm da atividade científica, que disfarça a existência e o significado das revoluções no campo da ciência”.

4 – Guia Metodológico

“A tão propalada ciência é uma extensão, um refinamento, da habilidade humana de perceber o mundo. Aprendê-la implica aprender sua linguagem e, em consequência, falar e pensar diferentemente sobre o mundo ”.

Prof. Marco A. Moreira (MOREIRA, 2010)

4.1 – Contextualização

A primeira ação do professor, antes mesmo de iniciar o desenvolvimento do produto educacional, foi distribuir a todos os alunos um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este projeto de ensino contempla os episódios corriqueiros da disciplina Física ministrada pelo pesquisador, que tendo em vista a publicação dos resultados da pesquisa, garantiu a proteção dos estudantes (via documento supracitado) contra qualquer possível dano moral, seja relacionado à sua imagem ou sua participação na pesquisa. O documento foi entregue aos alunos em duas vias, e, além disso, foram feitos dois modelos, visando contemplar os indivíduos com mais de 18 anos (ANEXO I) e os menores de 18 anos (ANEXO II), onde é solicitada a assinatura dos responsáveis legais. Em contato com a coordenação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IF Goiano, foi esclarecido que apenas a aplicação do TCLE seria suficiente para resguardar a integridade dos envolvidos. Por fim, foram utilizados pseudônimos como: Aluno A, Aluno B, Aluno C, Aluno D, etc., em ordem crescente de surgimento dos fatos, sem intenção nenhuma de conectar as letras aos nomes dos estudantes, como por exemplo, na descrição dos depoimentos e comentários.

Voltando as atenções aos métodos didáticos, é possível afirmar que as propostas avaliativas vigentes em muitas instituições educacionais se destinam ao treinamento do aluno para assimilar muitas respostas certas em um curto espaço de tempo. De forma mecânica e as vezes sem o menor raciocínio, o aprendiz reproduz um conhecimento que, para ele, não tem significado algum. Ao modificar a data de uma avaliação sem aviso prévio, o professor é rechaçado por grande parte da turma; isso porque não conseguem reter os conteúdos adquiridos de forma mecânica por muito tempo. De forma infeliz, essa prática é motivada por processos avaliativos em âmbito nacional, como é o caso do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM),

que apesar de possibilitar uma relação transversal entre as áreas do conhecimento, engessa os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula. Sendo delineado pela Teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel, as avaliações aqui propostas são de caráter somativo e recursivo, ou seja, serão avaliadas todas as manifestações do aluno capazes de evidenciar a aprendizagem significativa (LEMOS, 2005, p. 47).

4.2 – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

Visando maior efetividade durante a aplicação da proposta didática em sala de aula, o produto final está organizado na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). A negociação de significados é facilitada com a estruturação dos conteúdos no formato de uma UEPS, pois as estratégias e avaliações estão definidas de modo a contemplar os pontos principais da aprendizagem significativa de David Ausubel. Em Moreira (2011, p. 44) são esclarecidos alguns princípios intrínsecos necessários à confecção e execução da UEPS:

- O conhecimento prévio é a variável mais importante para a ocorrência da aprendizagem significativa.
- É o aluno quem decide se quer aprender de forma significativa.
- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados.
- Os organizadores prévios relacionam novos conhecimentos com o conhecimento prévio do aprendiz.
- As situações-problema – que dão sentido aos novos conhecimentos – devem ser propostas em ordem crescente de complexidade, de modo que funcionem também como organizadores prévios.
- A diferenciação progressiva, reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino.
- As avaliações devem ser feitas de modo a buscar evidências da aprendizagem significativa.
- Ao professor, cabe o papel de prover as situações-problema, além de organizar o ensino e mediar a captação de significados por parte do aluno.

- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino.
- A aprendizagem deve ser significativa e *crítica*, não mecânica. A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

Dando continuidade à estruturação de uma UEPS, Moreira (2011, p. 45,46) esclarece alguns aspectos sequenciais a serem cumpridos. São um conjunto de passos que, em suma, delineiam a aplicação da sequência didática. Após a definição do tópico a ser abordado, o professor deve sugerir atividades que facilitem ao aluno a externalização de seu conhecimento prévio (ou sua ausência). A proposição de situações-problema em um nível crescente de complexidade é a chave para o sucesso da UEPS. Para isso, o professor deve preparar a estrutura cognitiva do aprendiz com o uso de organizadores prévios e aprofundar o conteúdo gradativamente, de modo que sejam mútuos os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Por fim, a UEPS cumprirá seu papel enquanto produto educacional caso os alunos forneçam evidências de que aprenderam de forma significativa. Essa verificação é mais eficiente quando o aluno passa por avaliações de caráter somativo e recursivo durante todos os episódios formais de ensino, e não apenas um “certo” ou “errado” em uma avaliação final. O aspecto qualitativo das atividades será altamente valorizado, tais como as interações da turma nos trabalhos de leitura, compreensão e produção textual; construção de mapas mentais e conceituais, apresentação de trabalhos orais, atividades experimentais, etc.

4.3 – Atividades propostas

Em consonância com uma das propostas da UEPS, durante e após a negociação de significados, o professor tem o papel de apurar o rigor dos novos saberes adquiridos pelo estudante, assim como sua externalização. Esse processo depende de muitas variáveis, e uma delas é considerar o que o aluno já sabe. Sendo assim, um *Questionário* (Apêndice A) será

aplicado à turma como organizador prévio inicial. Contendo apenas sete questões (sendo uma delas de múltipla escolha), esse questionário tem o breve objetivo de verificar a concepção inicial dos estudantes a respeito do progresso científico e a importância em suas atividades do cotidiano. As questões finais mostrarão se os alunos possuem algum conhecimento prévio superficial de temas de FMC. A opção por uma maior quantidade de questões abertas aumenta a possibilidade na coleta dos dados, já que não se restringem a respostas fechadas e sem espaço para justificativas.

Após a aplicação do questionário e a contextualização dos principais temas junto à classe, a primeira ferramenta avaliativa utilizada serão os *mapas mentais*. Por se tratar de um esquema que permite liberdade na externalização das ideias, os mapas mentais são úteis no aperfeiçoamento da estrutura cognitiva do aprendiz, dando forma aos primeiros subsunçores relevantes à continuidade da sequência didática. Em geral, os mapas mentais são associações livres, com várias ramificações aleatórias em torno de uma ideia chave, que pode ser tanto uma palavra quanto uma imagem. No material didático produzido por Hermann e Bovo (2005) existem diversas estruturas de mapas mentais a servirem de exemplo. É claro que cada indivíduo deve ser encorajado a prover seu próprio mapa mental sem nenhum guia ou modelo, garantindo o caráter idiossincrático no desenvolvimento da atividade.

Outra ferramenta muito útil na organização significativa das ideias são os *mapas conceituais*. De maneira geral, mapas conceituais são preciosos diagramas que indicam associações (com significado) entre palavras que usamos para representar os conceitos (MOREIRA, 2011, p. 123). Nos mapas conceituais são estabelecidas conexões significativas entre esses conceitos, diferente dos mapas mentais, onde as conexões não são justificadas. As junções entre as ideias são feitas com uma palavra ou um conjunto de palavras que sejam suficientes para justificar a conexão. É comum o uso de figuras geométricas como forma de mensurar a importância de um conceito perante outro. Entretanto, conforme Moreira (*op. cit.* p. 126), as formas geométricas não são elementos necessários, desde que fique claro quais são os conceitos mais importantes e quais os secundários. Segundo Moreira (2006b, p. 45), na construção dos mapas conceituais devem ser favorecidos os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa – elementos essenciais na aprendizagem significativa. Ainda de acordo com Tavares (2007, p. 74), o mapa conceitual viabiliza ao indivíduo exercitar sua independência intelectual, já que na hierarquização dos conceitos, podem surgir lacunas a serem preenchidas através da pesquisa em outros materiais como livros, artigos virtuais e impressos, interação com softwares educacionais, etc.

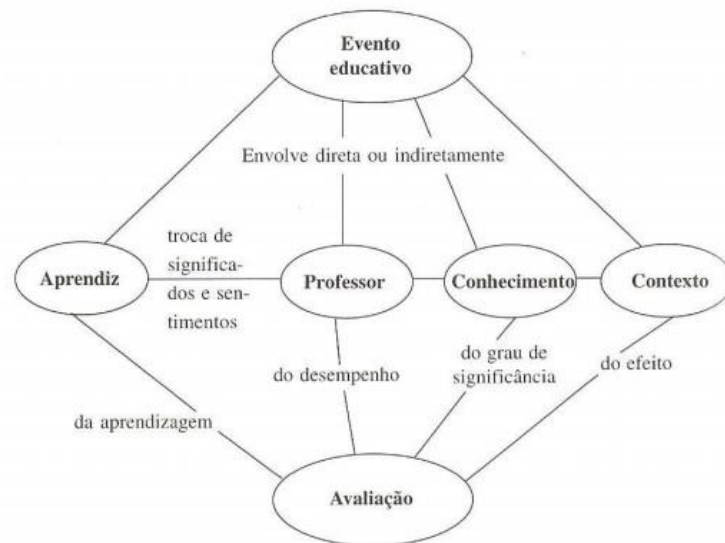


Figura 1 – Exemplo de mapa conceitual (MOREIRA, 1999, p. 170)

Após a confecção dos mapas, o professor deve utilizar um encontro para comparar os trabalhos desenvolvidos entre os próprios alunos. Isso é eficaz no sentido de que cada grupo deve esclarecer o mapa a outro grupo, e também ao professor mediador.

Além dos mapas mentais e mapas conceituais foram propostas atividades de interpretação e produção textual, realizadas tanto individualmente quanto em grupo. Pela breve experiência como professor da educação básica (05 anos), nota-se que a nova geração de ingressantes do ensino médio exercitam cada vez menos atividades de leitura e escrita, dando preferência à materiais com respostas semi-prontas; uma geração “*fast food*”. Enquanto elemento indispensável no compartilhamento de significados, a linguagem deve ser aprimorada em todos os sentidos, tanto no conhecimento da simbologia, quanto na disciplina (mínima) inerente à escrita científica. Um estudante que assimila um conteúdo de forma crítica deve ser capaz de utilizar a linguagem – fala ou escrita – e aprender a perguntar antes de aprender a responder (MOREIRA, 2011, p. 173).

Para finalizar, as propostas metodológicas durante os episódios formais de ensino priorizarão o diálogo entre professor e o grande grupo, e entre os próprios alunos. A relação triádica entre professor, aluno e materiais educativos é essencial para obtermos bons resultados na verificação de resquícios da aprendizagem significativa (GOWIN, *apud*. MOREIRA, 1999). A diversificação dos métodos educativos estimula o abandono da postura docente tradicional (monólogos narrativos e quadro de giz). Para este trabalho são sugeridas estratégias como: o

uso de vídeos e arquivos de áudio, *infográfico*³, além da utilização de softwares que simulam arranjos experimentais⁴. A preferência por slides, em substituição ao “quadro e giz”, deve privilegiar ao máximo a interação do grande grupo, pois de outra forma, não estaríamos promovendo o abandono da narrativa. Como proposta de atividade final, os alunos serão livres para se organizarem em grupos e definirem temas a serem apresentados em trabalhos como cartazes, painéis, apresentações orais, exposição de imagens, etc.

³ Os três volumes de *Física: contextos e aplicações*, de Máximo e Alvarenga (2014) contêm infográficos referentes a um tópico interdisciplinar e contextualizado.

⁴ O site *Phet Colorado* contém diversas simulações disponíveis gratuitamente para download.

5 – Conjuntura do ambiente mediador

“Cada pedaço ou parte da natureza total é sempre uma mera aproximação da verdade completa, ou da verdade completa até onde a conhecemos”.

Richard P. Feynman (FEYNMAN, 2004)

5.1 – Aspectos da instituição coparticipante

A aplicação do produto educacional realizou-se em uma turma do 3º ano de ensino médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), localizado na zona rural do município de Morrinhos, na região sudeste de Goiás. A escola recebe também vários alunos de outros municípios como Edealina, Buriti Alegre, Goiatuba, Pontalina, Caldas Novas, Rio Quente e Goiânia. A instauração do CEFET Morrinhos enquanto Instituto Federal ocorreu no ano de 2008, e a partir daí houve uma enorme revolução no que se refere à infraestrutura e o quadro de servidores, tanto docente, quanto técnico administrativo. Mesmo sendo um pouco afastada da cidade (20 km de Morrinhos), o número de alunos matriculados na escola vem crescendo; do ano de 2014 para 2015 a quantidade de alunos ingressantes aumentou consideravelmente. Isso significa que a população regional tem se conscientizado de que existe um grupo de profissionais dedicados e que assumem um compromisso com o ensino público de qualidade.

Devido às experiências passadas em outras instituições, a maior parte dos alunos tem dificuldade na adaptação ao novo ritmo de vida escolar. O período do ensino médio é das 7:00 às 17:00, bem diferente do que estavam acostumados nas séries iniciais do ensino fundamental. Existem também os alunos *residentes*, isto é, aqueles que não são do município de Morrinhos e residem em moradias estudantis dentro da escola. O instituto possui um refeitório que conta com duas profissionais em nutrição para planejar o cardápio e organizar o espaço. É oferecido almoço e jantar gratuito aos estudantes e com custo de R\$ 5,00 para servidores. Os alunos desfrutam de uma biblioteca, que foi transferida para o novo prédio recentemente inaugurado.

Apesar de alguns problemas estruturais, o prédio é espaçoso e contém salas de estudo individual e também um bom espaço para estudos em grupo. Fora da sala de aula, os alunos gozam alguns espaços arborizados para socialização durante os intervalos e também utilizam um pequeno centro de convivência.

O bloco pedagógico é o local onde os estudantes do ensino médio assistem a maioria das aulas. Em média, as salas não suportam mais que 35 alunos, e são equipadas com ar condicionado, lousa de vidro e data show. O laboratório de Física é um ambiente organizado para atuar em parceria com as práticas educativas desenvolvidas no ensino médio (e alguns cursos de nível superior). Localizado em uma antiga sala de aula, com outra sala menor adjacente, o espaço não é capaz de suportar uma turma com mais de 20 alunos, pois o laboratório possui apenas cinco bancadas com quatro cadeiras cada uma. Apesar de novos, os kits experimentais são em pequena quantidade, o que inviabiliza as atividades com toda a turma. Existem projetos para a aquisição de novos materiais, além de melhorias na estrutura, como a aquisição de novas bancadas, mas devido aos cortes orçamentários do Governo Federal na educação, muitas solicitações foram, e certamente serão indeferidas.

É importante esclarecer que IF Goiano e IFG são instituições diferentes, sendo o IF Goiano voltado para área técnica rural e o IFG para a área industrial. Atualmente o IF Goiano de Morrinhos oferece o ensino médio integrado aos cursos: Técnico em Alimentos, Técnico em Informática e Técnico em Agropecuária, além da modalidade PROEJA integrado ao curso Técnico em Agroindústria. O campus conta também com os cursos superiores em Pedagogia, Agronomia, Zootecnia, Técnico superior em Informática e Alimentos, Licenciatura em Química, e o Mestrado Profissional em Olericultura. Mesmo que os Institutos Federais direcionem cursos técnicos e superiores nas áreas de informática, agronomia, engenharia, etc., o campus Morrinhos é privilegiado pelo incentivo à área de ensino.

5.2 – Descrição da turma

A turma participante da pesquisa é formada pela junção de dois cursos técnicos: Alimentos e Informática. Devido ao baixo número de alunos – 10 do curso de Alimentos e 20 de Informática – criou-se somente uma turma de 3º ano para atender a demanda. Esta prática foi exercida no ano anterior (2014) na formação do 2º ano do ensino médio. Desta forma, a turma em questão possui convivência escolar há mais de um ano, onde compartilham do mesmo espaço físico durante as aulas da área geral, ou “núcleo comum” (Português, Matemática,

História, Biologia, Física, Sociologia, ...). Por conseguinte, apesar de cursos técnicos distintos, a turma deve ser tratada de forma homogênea, como um grupo de alunos que estudam no 3º ano do ensino médio. O interessante é que eles próprios não fazem essa separação, muito pelo contrário, trata-se de um grupo coeso.

O primeiro contato do professor com a turma aconteceu no segundo semestre do ano de 2014, quando o mesmo foi aprovado num concurso público da instituição para o quadro efetivo dos docentes. Os alunos estavam curiosos quanto à postura do novo professor de Física, mas logo se mostraram interessados nas propostas de conteúdos e avaliações. Ainda no 2º ano do ensino médio, essa mesma turma teve a oportunidade de realizar atividades alternativas, como Diagrama “V” e também mapas conceituais. Sendo assim, podemos certificar que *todos* os indivíduos participantes possuem algum conhecimento prévio desses métodos e estão cientes da existência de outros tipos de instrumentos avaliativos. A experiência de trabalho com a turma pelo período de um semestre revelou a capacidade intelectual avançada de alguns estudantes, um deles (já envolvido na iniciação científica) afirma que fará o curso de Física ao concluir o ensino médio.

A maior parte dos alunos estão engajados nos estudos devido a uma preocupação com o ENEM. O ponto positivo é que esses alunos têm maior interesse em cumprir as atividades, no desejo de adquirir novas e preciosas informações. O lado negativo é que muitos preocupam-se na assimilação dos conteúdos de forma mecânica, apenas pelo tempo necessário para utilizá-lo na prova. Em contrapartida, quando as estratégias de ensino são diferenciadas, os próprios estudantes, antes desmotivados, envolvem-se na construção das atividades. Através da realização periódica de um Simulado do ENEM, a escola favorece àqueles estudantes que desejam fazer parte deste processo. Composta por professores do chamado “Núcleo Comum”, a Comissão Permanente Estruturante do Ensino Médio (CPEEM) é responsável por encaminhar e executar as propostas por detrás da realização deste simulado.

Lamentavelmente as aulas de Física ocorrem no período vespertino; três horários consecutivos após o almoço não se mostram atrativos. No início das aulas discute-se com a turma se preferem um intervalo ou seguir direto. No geral, é possível assegurar que a turma é participativa e comprometida durante a realização das atividades, principalmente em grupo. A adoção de estratégias diversificadas é um atrativo para aqueles alunos cansados de estudarem Física de maneira enfadonha, apenas decorando fórmulas e resolvendo vários exercícios semelhantes. É notável que muitos deles entram em sala de aula com muita predisposição em aprender estudar *coisas* interessantes. No início do ano uma aluna disse algo que passou esse

sentimento: “*Professor, eu gostaria muito de entender Física...*”. Aspectos dessa natureza também influenciam no amadurecimento da pesquisa, pesquisador e pesquisados. Segundo Moreira (2006b, p. 81), o sujeito não é capaz de blindar seus sentimentos quando inserido nos processos de *ensinagem*.

6 – Apresentação e discussão dos resultados

“A Educação de que precisamos há de ser a que liberte pela conscientização. A que comunica e não a que faz comunicados”.

Paulo Freire, (FREIRE, 1963)

Grande parte das atividades foram concluídas ou pelo menos iniciadas em sala de aula, deixando o mínimo de tarefas para serem trabalhadas em casa. Para muitos alunos não é fácil encontrar-se com os colegas fora do ambiente escolar, tanto é que vários são de cidades distintas. Dessa forma, o incentivo é que desenvolvam os trabalhos em classe. Essa dinâmica incentiva o uso de outros espaços da instituição, como a biblioteca, as salas de informática, ou os raros espaços arborizados. Já que são apenas três aulas de Física por semana, as estratégias visam o máximo de aproveitamento e interação com os conteúdos durante as situações formais de ensino.

Os tópicos de FMC foram introduzidos ainda no 1º Semestre do ano de 2015, no início do mês de maio; isso porque os conteúdos de Eletricidade – especificamente Eletrostática e Eletrodinâmica – foram desenvolvidos durante os meses iniciais. Ao transpor “uma nova realidade” com os tópicos de FMC foi necessária muita cautela para que os alunos não se sentissem desorientados frente a um mar de novas informações, novos conceitos. Felizmente existem inúmeras formas de contextualizar os temas principais da Eletricidade do século retrasado utilizando tópicos de FMC, um bom exemplo está na discussão da *condutibilidade* dos materiais, o que dá margem para inserção dos sólidos *semicondutores*. Em conformidade com as propostas de Moreira (2011) para elaboração de uma UEPS, serão relatadas a seguir todas as atividades executadas em sala de aula, tanto pelo docente, quanto pelos discentes.

6.1 – Relatos da implementação da UEPS

1º encontro:

Na primeira aula da aplicação do produto, o professor iniciou com uma discussão sobre a necessidade conceber a evolução da ciência graças ao comprometimento de várias pessoas espalhadas pelo mundo. A abordagem de fatos históricos dessa perspectiva é útil na

desconstrução de ciência enquanto empreendimento que evolui de forma linear. Neste debate foram expostos todos os temas a serem trabalhados no decorrer das Sequências Didáticas (contidas no Produto Educacional). Os alunos demonstraram muito interesse nos temas e queriam discutir todos ao mesmo tempo, além de situações como teletransporte, buracos negros, um deles chegou a indagar a respeito da composição *mínima* da luz e de toda a matéria no Universo. Com a turma mais calma, o professor distribuiu o *Questionário* presente no Apêndice A para que os alunos externalizassem seus subsunçores sobre o empreendimento científico e também sobre FMC.

Após recolher os questionários, foram expostas de forma introdutória as relações da Física com as tecnologias de comunicação e informação. Foram utilizados como exemplos o transistor e o computador quântico. Sem aprofundar-se nos conceitos propriamente ditos, esse tópico foi apresentado em slides, com amplo debate entre o grande grupo, que ficou bastante impressionado com a revolução tecnológica “atual”. Já bastante entusiasmados, os alunos foram orientados a escrever algumas linhas a respeito do tema abordado. Ao fim da aula, eles receberam a primeira parte do Texto de Apoio, que está contido no produto deste trabalho. Este texto é uma união de conteúdos (parcialmente adaptados) de diversos livros de nível médio e superior, e também de artigos e periódicos publicados online. Não que seja único e ideal, mas levando em conta a carência de materiais didáticos exclusivos para tratar tópicos de FMC, este texto é um bom guia no desenvolvimento da UEPS. Para essa dinâmica, foram utilizadas 03 aulas, que equivale ao total das aulas semanais com essa turma.

2º encontro:

Uma semana depois, as três aulas da terça-feira foram necessárias para uma *revisão* sobre os modelos atômicos clássicos, dos gregos até Rutherford, deixando o modelo quântico de Bohr para a parte final da UEPS. Nessa oportunidade o professor aproveitou para enriquecer a discussão ao incorporar a visão atômica para a condução de energia nos materiais. Esse foi um tema muito tranquilo, já que a maioria dos alunos conheciam os modelos apresentados na Química. Em seguida, foram discutidas algumas aplicações tecnológicas que fazem uso da nanotecnologia, como o *grafeno*. Tirando proveito da empolgação dos alunos após o debate, o professor pediu para que iniciassem a confecção dos *mapas mentais*, mas antes disso, o material de Hermann e Bovo (2005) foi exibido através de um projetor multimídia para que todos pudessem ver os exemplos de vários mapas. Com a mediação do professor, os alunos tiveram duas aulas para construir o mapa mental. Durante a atividade, um grupo de alunos pediu que o

professor conseguisse lápis de cor para que os mapas ficassem mais destacados. Ao fim da atividade foram formados grupos para comparar os trabalhos, e em seguida os mapas foram entregues ao professor, que mais uma vez reforçou ao grande grupo a necessidade da leitura dos tópicos contidos no Texto de Apoio. Alguns alunos preferiam realizar a leitura em sala de aula, outros, fora dela.

3º encontro:

Nessa aula o professor propõe questões um pouco mais complexas, cujas respostas fazem parte do campo conceitual que determina o início da Mecânica Quântica. Essas questões estão descritas nas *Situações-problema*, na primeira parte das Sequências Didáticas do Produto Educacional. Durante a aula discutiu-se o contexto histórico necessário para o surgimento de uma “nova” Física, promovendo a modificação dos paradigmas vigentes na perspectiva de sistemas muito rápidos (Relatividade) ou microscópicos (Mecânica Quântica). Antes de aprofundar nesse assunto, cerca 90% da turma desconheciam as questões e não sabiam as respostas, os outros 10% responderam parcialmente metade, ou pelo menos uma das questões propostas. O professor utilizou uma apresentação de slides para facilitar a exemplificação de grandezas físicas *discretas* e *contínuas*. O problema da radiação dos corpos negros e a proposta de Max Planck, foram apresentados através da interação com um software computacional do site Phet Colorado (Blackbody Spectrum)⁵. No decorrer das atividades, as questões iniciais foram respondidas nas “entrelinhas” do debate, sendo assim, os alunos já tinham capacidade de elaborar as respostas por completo. O professor tentou enfatizar o quão absurdo (para aquele período) foi a proposta de Max Planck para resolver o problema da emissão de radiação dos corpos negros. Essa situação retrata a crise sofrida pela comunidade científica perante as falhas de uma base conceitual comum. Por fim, os alunos foram orientados a se organizarem em grupos de leitura e discussão de tópicos específicos do Texto de Apoio. Duas aulas foram necessárias para o desenvolvimento das atividades.

4º encontro:

A proposta desse encontro foi estimular o grande grupo a produzir um *mapa conceitual* integrando o conceito dos *quanta* de Max Planck. A orientação foi para que os novos conceitos fossem incorporados aos mapas mentais feitos na última aula. Para isso, o professor devolveu

⁵ Disponível em: <http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html>.

os mapas mentais para que os alunos iniciassem os trabalhos. Essa foi uma atividade realizada em grupos, para que todos tenham a oportunidade de contribuir com elementos extraídos de seus mapas mentais (construídos individualmente). As três aulas do encontro foram utilizadas, e mesmo assim alguns grupos não concluíram o trabalho, e os que supostamente finalizaram foram recolhidos. Os mapas conceituais foram trabalhados com essa turma nos dois primeiros bimestres durante a exploração de alguns tópicos de Eletrostática. Além disso, nas primeiras aulas do ano, o professor introduziu o estudo dos mapas conceituais com um exercício muito simples; neste exercício, os alunos se organizaram em grupos e produziram um mapa conceitual utilizando os conceitos: voto, cidadão, urna eletrônica, representantes políticos, eleições.

5º encontro:

O encontro da semana posterior à construção dos mapas conceituais fora utilizado para o estudo dos tópicos de Eletricidade, mas mesmo assim, ao final da aula, o professor discutiu com alguns grupos os mapas conceituais que ainda não haviam sido finalizados. Na oportunidade, os mapas recolhidos no último encontro foram devolvidos aos grupos para que pudessem pensar em novas formas de organizar os conceitos. Dessa maneira, a continuidade da UEPS se deu após duas semanas. Esse encontro iniciou-se com uma breve revisão dos conceitos de grandezas contínuas e discretas, para isso, o professor incitou os alunos a exemplificarem algumas dessas grandezas. Enquanto pensavam – e alguns alunos retomavam o Texto de Apoio – o professor reproduziu a música *Music of Quantum*, de Jaz Coleman. Essa faixa tem como característica principal a execução de notas contínuas e discretas, inseridas num belo arranjo musical. A audição da faixa musical facilitou a ativação dos subsunçores prévios assimilados no último encontro, e que continuam sendo utilizados na construção dos mapas conceituais. Nessa aula os alunos formaram grupos para leitura e interpretação de texto; as Questões para interpretar e criticar encontram-se ao fim da primeira parte do Texto de Apoio. As questões foram respondidas com a mediação do professor e do material didático disponível. Ao fim do encontro, todos os grupos revisaram os mapas conceituais e o entregaram ao professor.

6º encontro:

Nessa aula deu-se início a segunda parte da UEPS, que trata de dois efeitos físicos muito importantes para a evolução da FMC: os efeitos fotoelétrico e fotovoltaico. Esse tema foi transposto utilizando o problema Energético Global; para isso, foi exibido o vídeo *Maravilhas Modernas - Energia Renovável*, do canal History Channel, com duração de 45 minutos. Em

seguida, os alunos receberam um *infográfico* (disponível no Anexo III e IV) retirado de Máximo e Alvarenga (2014, p. 226,227). O infográfico é referente aos impactos ambientais e sociais causados pela criação de uma Usina Hidrelétrica. Essa atividade chamou a atenção dos alunos, pois muitos não sabiam das consequências decorrentes do uso desse tipo de energia. O infográfico contém 06 questões, as quais foram respondidas pelos alunos durante as duas aulas do encontro que foram utilizadas. A última aula foi para debater a proposta de formas alternativas de transformação de energia elétrica e também para esclarecer como funciona e o que é o Sistema de Compensação de Energia (ANEEL, 2014), norma criada pela ANEEL em 2012. Muitos alunos mostraram-se indignados com esse sistema, já que deixa longe a possibilidade de um cidadão gerar sua própria energia elétrica com baixo custo. Nesse contexto, o efeito fotoelétrico e fotovoltaico foram discutidos de uma perspectiva inicialmente qualitativa. Ao fim da aula os alunos receberam a segunda parte do Texto de Apoio para realizarem a leitura dos temas.

7º encontro:

Esse encontro foi utilizado para discutir o *efeito fotoelétrico* e seus problemas à luz da Física Clássica. Para facilitar a compreensão foi utilizado mais um software computacional do site Phet Colorado, dessa vez a simulação de nome Photoelectric. Após ter ficado bem claro como ocorre o efeito fotoelétrico e quais os problemas enfrentados pelos cientistas em sua explicação, o professor introduz a *quantização da luz* proposta por Albert Einstein, assim como sua famosa equação. Ainda fazendo uso da simulação computacional para o efeito fotoelétrico, os alunos puderam compreender quais os parâmetros que realmente influenciam na ocorrência do efeito de maneira satisfatória. Por fim, foram propostas duas questões para a compreensão do efeito fotoelétrico e aplicação a equação de Einstein, e também para discutir neste estágio a unidade de medida *elétron-volt*.

8º encontro:

Para iniciar a discussão a respeito do *efeito fotovoltaico*, o professor aproveitou os temas de Eletricidade vistos no bimestre anterior para fazer a introdução dos materiais *semicondutores* no contexto da disciplina. Na oportunidade, os conceitos trabalhados foram: banda de condução, banda de valência, gap, portadores de carga (elétrons-buraco) e junções semicondutoras do tipo p-n. A explicação para o efeito fotovoltaico se deu através de uma aplicação direta de junções do tipo p-n dopadas. A *Figura 26*, na página 45 do Texto de Apoio

foi usada para facilitar a negociação de significados. Após a análise e discussão da figura, os alunos foram orientados a escreverem algumas linhas a respeito do efeito fotovoltaico e seu funcionamento básico. Ao término da atividade, o professor fez uma revisão de todos os eventos e situações experimentais não explicadas de maneira satisfatória pela Física Clássica, como por exemplo: o problema da radiação dos corpos negros, o efeito fotoelétrico e o espectro de luz emitido por alguns gases. Nesse momento, o grande grupo foi questionado quanto a natureza do elemento que compõe a luz, é um conjunto de ondas eletromagnéticas ou um conjunto de *fótons*? A discussão deu início com o contexto histórico em torno da questão, cujo recorte de maior destaque está presente na dicotomia entre as opiniões de Isaac Newton e Christiaan Huygens a respeito da composição da luz. Para relembrar o experimento da Fenda Dupla, o professor utilizou o software Interferência Quântica, do site Phet Colorado. Como atividade final, os alunos reuniram-se em grupos para discutir as *Questões para interpretar e criticar*, presente página 35 do Texto de Apoio.

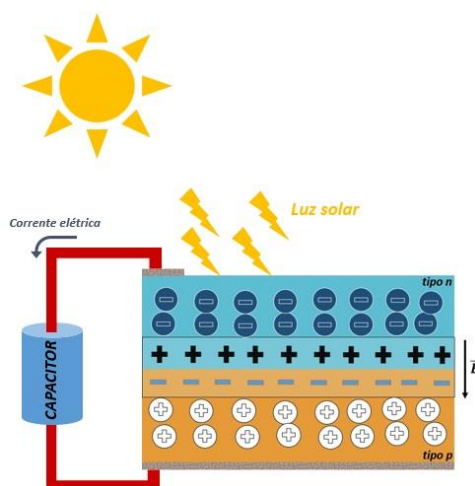


Figura 2 – Esquema de uma célula fotovoltaica.

9º encontro:

A aplicação da UEPS ficou suspensa devido ao período de Greve no IF Goiano campus Morrinhos entre os meses de agosto e setembro de 2015. Nesse reencontro, o professor utilizou duas aulas para revisar todo o conteúdo de FMC trabalhado até o momento. Para isso, os alunos foram incitados a ativarem o conhecimento prévio do assunto citando quaisquer conceitos que pudessem recordar. No início foi uma tarefa difícil, mas com a colaboração do professor ao relembrar os tópicos específicos, muitos alunos recordaram-se de alguns conceitos. O professor fez uma lista na lousa de todos esses conceitos, e em seguida iniciou a revisão dos tópicos

fazendo uso dessa lista. Com o Texto de Apoio em mãos, os alunos foram capazes de acompanhar a discussão e sanar as dúvidas recorrentes à obliteração de alguns elementos necessários para definir um conceito por completo. Quando questionados sobre a natureza da luz, cerca de 70% da turma foi capaz de ativar o conhecimento prévio a respeito da *dualidade onda-partícula*, utilizando o efeito fotoelétrico e o experimento da fenda dupla como exemplos. Na última aula desse encontro, os alunos foram orientados a escrever um texto direcionado à presidência da República com o intuito de convencer os líderes que o uso da Energia Fotovoltaica é a melhor opção para o país, se comparada com as Hidrelétricas. Na produção de texto, os alunos devem integrar os conceitos da matéria de ensino, como semicondutores, teoria de bandas, junções p-n, etc. Praticamente metade da turma finalizou a atividade em sala de aula, os outros entregaram em momentos posteriores.

10º encontro:

Essa semana deu-se início a aplicação da terceira sequência didática que compõe a UEPS (vide Produto Educacional). Nessa parte, conceitos como: níveis de energia do átomo, emissão espontânea e estimulada de fótons, foram introduzidos durante a discussão do modelo atômico quântico proposto por Niels Bohr. O professor usou como *situação problema* o espectro de luz emitido por alguns gases, que de acordo com a Física Clássica, deveriam ser contínuos e não discretos. Como forma de aprofundar o conteúdo, foram propostas questões de nível introdutório para debater sobre a luz gerada por dispositivos LASER. A maior parte da turma não sentiu dificuldades no tratamento desse tópico, já que foram utilizadas estratégias como: aula expositiva com o uso de slides contendo fotos e vídeos, o Texto de Apoio, e a constante interação entre professor e o grande grupo. Na exibição de um vídeo que mostra a remoção de tatuagens com o uso da luz LASER, a turma ficou bastante impressionada e vieram com vários questionamentos a respeito do que viram. Ainda nessa aula, o professor faz o lembrete de que 2015 é o Ano Internacional da Luz e das tecnologias baseadas em luz. Nesse contexto, deu-se início à discussão sobre os *diodos emissores de luz*, com uma breve revisão das propriedades básicas de uma junção semicondutora do tipo p-n. Para finalizar, os alunos foram orientados a responder a última fase das Questões para interpretar e criticar, contidas página 48 do Texto de Apoio.

Esclarecimentos

A paralisação das atividades no período da Greve causou um atraso no desenvolvimento e aplicação do produto educacional. Sendo assim, a parte final da implementação da UEPS – que diz respeito à produção de um trabalho livre e a apresentação do tema direcionador – não será relatada neste capítulo. Por outro lado, as discussões dos resultados apresentados até agora são suficientes para detectar, de maneira aproximada, qual a porcentagem do grande grupo foi capaz de assimilar conceitos de FMC de forma significativa e crítica. Diante de tantos encontros e tantas tarefas realizadas pelos alunos, a exclusão da atividade final (trabalho livre) da análise de dados não afetará a conclusão do presente trabalho. Um total de 30 aulas colaboraram para a aplicação da UEPS até o ponto considerado nas descrições anteriores. De todas as atividades descritas serão analisadas: o *questionário*, os *mapas mentais* e *mapas conceituais*, as *produções textuais*, além da interação do grande grupo durante os debates e realização das tarefas propostas. Vários comentários foram observados e alguns anotados em um caderno para análise posterior.

6.2 – O questionário e o mapeamento da estrutura cognitiva

O encontro que marcou o início da implementação da UEPS foi basicamente uma tentativa de mapear a estrutura cognitiva dos estudantes envolvidos no processo. A intenção desse mapeamento é detectar a presença de subsunçores relevantes relativos ao estudo dos tópicos de FMC propostos pela UEPS. Em todos os encontros, diversas estratégias didáticas diferenciadas foram usadas na tentativa de detectar essas informações capazes de se relacionar de maneira não-literal e não-arbitrária. Mapear a estrutura cognitiva de um indivíduo não é uma tarefa simples, muito menos de um grupo de indivíduos; é preciso que o professor conheça bem a turma e seja capaz de interpretar as questões e dúvidas propostas pelos alunos.

Na curta fala do professor sobre a epistemologia kuhniana da ciência, vários alunos mostraram interesse e gostaram dessa maneira de pensar o desenvolvimento científico. Alguns até questionaram a forma como os livros retratam esses fatos. De acordo com a Aluna A: “*Dependendo do livro, a impressão que dá é que a pessoa inventa uma teoria do nada*”. Esse tipo de visão é prejudicial na assimilação da linguagem científica e suas metáforas, pois é contrária à ideia de colaboração humana. Ao questionar a turma a respeito das teorias científicas “atuais”, a maioria passou a ideia de que esse tipo de conhecimento é aplicado em tecnologias de ponta. Um pequeno número de alunos relatou que a busca por respostas a questões como:

“De onde viemos? Para onde vamos?”, encorajam o progresso da ciência. Somente uma pessoa dirigiu seu pensamento no sentido de valorizar as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Na fala do discente, que aqui vamos tratar por Aluno B: “*Professor, mas tem coisas que talvez não sejam tão boas para a natureza e a ‘pras’ pessoas. Pensa na usina nuclear...*”.

Antes de iniciar com a análise qualitativa do questionário é importante frisar que o mesmo não foi aplicado na forma como se apresenta no Apêndice A. O questionário foi entregue com as questões organizadas em duas páginas, de modo que os alunos utilizaram os espaços em branco para escrever as repostas. Na maioria das vezes os alunos se queixam de avaliações sem o devido espaço para responder as questões. De acordo com relatos e testes realizados em algumas turmas, foi possível perceber que os estudantes preferem trabalhar com as questões enquanto estão “de olho” nelas. Foram analisadas a quantidade de alunos que assinalaram as opções específicas da primeira pergunta, assim como a justificativa por escrito. A tabela abaixo mostra o cruzamento da quantidade de alunos com as alternativas disponíveis. A pergunta tem o objetivo de verificar a opinião do aluno sobre a proximidade da Física com o seu cotidiano.

1 - De um modo geral, os tópicos de Física que você estudou até agora estão distantes ou próximos de situações do seu dia a dia? Assinale a opção que melhor se enquadra na perspectiva e escreva algumas linhas como justificativa.

- i) Muito próximo;
- ii) Pouca proximidade;
- iii) Conteúdos distantes;
- iv) Nunca percebi a Física em meu cotidiano;

Tabela 01 – Primeira questão.

Alternativa	Nº de alunos que assinalou a alternativa
i) Muito próximo.	18
ii) Pouca proximidade.	05
iii) Conteúdos distante.	03
iv) Nunca percebi a Física em meu cotidiano.	0
TOTAL DE ALUNOS PRESENTES	26

Tabela 02 – Número de opções assinaladas pelos alunos na primeira questão.

Nessa questão é sugerido ao aluno que escreva algumas linhas justificando sua marcação. Enquanto a turma respondia o questionário, o professor observou que alguns alunos não estavam comprometidos com o processo, copiando as respostas de outros sem dar-se o trabalho de pensar. Abaixo temos a justificativa do Aluno F, que por sinal, optou pela alternativa iii). Apesar disso, o comprometimento e a *sinceridade* da maioria dos alunos facilitaram ao professor o acesso às construções mentais e os subsunçores prévios relevantes para a matéria de ensino.

Aluna C: *“A física só está presente nas questões de eletrostática”*.

Aluno D: *“Tudo envolve Física, até o atrito desta caneta na folha, que libera a tinta nas ranhuras do papel”*.

Aluno E: *“O mais interessante é tentar entender os fenômenos físicos existentes no cotidiano com os conteúdos já apresentados”*.

Aluno F: *“É pouca, pois ela é lecionada de forma que não fica claro onde ‘ela’ está relacionada, ninguém te fala pra que estudar termodinâmica”*.

Aluna G: *“Todos os fenômenos que ocorrem no nosso dia-a-dia têm relação com a física”*.

No depoimento do *Aluno E* percebe-se a ideia de que é preciso aprender a teoria para compreender a natureza. Essa noção foi desconstruída gradativamente nos episódios formais de ensino no tratamento de leis e equações; as leis devem se adequar à maneira dos fenômenos naturais, e não o contrário. Já no depoimento do *Aluno F* vemos uma clara insatisfação no contato com os conteúdos de Termodinâmica, e estende sua opinião à maneira como os conteúdos são tratados em sala de aula. Diferente da visão do *Aluno D*, algumas justificativas foram simplistas e não demonstraram uma relação mais estreita entre conhecimento científico e fenomenologias, como mostra o depoimento da *Aluna G*. As questões 2 e 3 do questionário tentam estender a investigação sobre a opinião dos alunos a respeito do empreendimento científico, no caso particular, a Física. Da análise dessas respostas constatou-se que muitos alunos concordam com o fato de que o papel de um *físico* na sociedade (além de professor) está voltado ao aperfeiçoamento de teorias para serem aplicadas na tecnologia, e também para

explicar fenômenos ainda não desvendados, como os buracos negros, origem do universo, a possibilidade de vida fora do planeta Terra, etc.

2 - Você acha que existem situações/fenômenos os quais a comunidade científica (físicos, químicos, historiadores, filósofos, biólogos, matemáticos, etc.) ainda não consegue explicar por completo? Cite um exemplo e escreva mais a respeito.

3 – Em que tipo de atividades profissionais você acha que os físicos se envolvem nos dias de hoje?

Tabela 03 – Questões 02 e 03.

As questões 4, 5, 6 e 7 foram analisadas com o intuito de captar resquícios de subsunçores relevantes ao estudo de tópicos de FMC. Por ser um assunto tão excluído do currículo escolar, 99% dos alunos afirmaram que nunca leram ou estudaram nada sobre conhecimentos de Física mais atuais. Pela expectativa do grande grupo quanto aos conceitos relacionados no estudo da FMC, muitos alunos concebem visões distorcidas desse processo, como se todo conhecimento fosse única e exclusivamente produzido para aplicações tecnológicas. Sobre a importância da luz, muitos estudantes utilizaram o conhecimento prévio dos conteúdos de Óptica trabalhados no ano anterior. Apenas um indivíduo relacionou a importância da luz ao citar um efeito cuja explicação depende de conceitos de FMC, de acordo com a sua justificativa “*A luz é grande responsável por geração de eletricidade através da luz solar*”.

4 - Você conhece, ou já leu algum material sobre Física Moderna e Contemporânea? Onde acha que esse tipo de conhecimento é aplicado?

5 - Qual a importância da luz na nossa interação com aparelhos eletrônicos?

6 – O estudo dos fenômenos naturais pode ser feito sob duas perspectivas: microscópica e macroscópica. Qual(is) a(s) diferença(s) entre elas?

7 – O que você entende por quantum? E fóton?

Tabela 04 – Questões 04, 05, 06 e 07 do Questionário.

Na diferenciação entre microscópico e macroscópico, grande parte da turma utilizou as noções de “muito pequeno” e “muito grande” para tais associações. Também é muito forte a opinião de que o microscópico é o que não podemos ver, como os átomos, e o macroscópico são as coisas palpáveis ou de extensões gigantescas, como planetas. Em sua resposta, o *Aluno D* tenta transparecer que essas definições possuem uma dependência com o referencial adotado: *“Análise de acontecimentos e seus motivos, de duas perspectivas ou olhares: atômico e planetário.”*. Por fim, observou-se que cerca de 60% da turma *não* possuía conhecimento prévio dos conceitos *quantum* e *fóton*. Os 40% que responderam a questão de número 7 associaram o conceito de fóton à luz, especificamente: *“partícula de luz”*, *“quantidade de luz”*, *“algo relacionado com a luz”*, *“uma medida relacionada com a luz”*. Já o conceito de quantum foi respondido apenas pela metade desses 40%, ou seja, 20%; e mesmo assim apenas dois estudantes conseguiram se aproximar das definições aceitas no contexto da matéria de ensino, como mostram as respostas abaixo.

Aluno F: “Fóton é partícula de luz. Quantum é a partícula desenvolvida na teoria quântica para explicar seus efeitos”.

Aluno H: “Quantum: acredita-se ser a menor parte da matéria. Fóton: luz, ora matéria, ora energia”.

Nesse encontro foram observados o comportamento do grande grupo diante dos debates entre professor-aluno e aluno-aluno, tanto na atividade do questionário, quanto nas discussões a respeito do conhecimento científico e sua evolução. Apesar de grande parte dos alunos afirmar não possuir subsunçores prévios sobre o assunto, esse encontro foi repleto de comentários curiosos e cheios de empolgação. Essa postura é comum no tratamento de temas diferenciados daqueles propostos na ementa; e disso o professor deve tirar proveito. A predisposição do estudante em assimilar novos conhecimentos em conjunto com estratégias capazes de valorizar o seu conhecimento prévio são situações valiosas em qualquer processo de ensino e aprendizagem.

6.3 – Os mapas mentais

Essa atividade ocorreu logo após desenvolvermos uma revisão a respeito dos modelos atômicos e sua importância na construção do conhecimento científico, e também aplicações tecnológicas em engenharia, medicina, meio ambiente, etc. Dos 26 mapas produzidos, somente 14 serão utilizados na discussão dos resultados, isso porque os demais mapas exibem padrões semelhantes aos que serão apresentados na análise. Por ser o primeiro contato dos estudantes com esse tipo de atividade, muitos deles mostraram dificuldades em começar os trabalhos com o mapa e também em pensar num formato para o mesmo. O material utilizado como subsídio (o qual traz exemplos de mapas mentais) colaborou para que o grupo sanasse suas dúvidas iniciais e, a partir disso, o professor colaborou com a sua mediação em todos os trabalhos. A investigação foi dividida em duas partes: os mapas mentais que retratam apenas conceitos referentes ao atomismo clássico, e os mapas que englobam conceitos e aplicações da Física Clássica e FMC.

Categoria A – Mapas mentais sobre a teoria atômica clássica.

Para essa categoria foram selecionados oito mapas com características distintas no que tange a abordagem do atomismo clássico. Os dois mapas apresentados a seguir revelam uma tentativa por parte dos estudantes em representar alguns princípios do modelo atômico de Rutherford. O que mais chamou a atenção da turma nesse modelo atômico, é a proposta de que o átomo é praticamente vazio. Na Figura 3 o aluno reproduziu o experimento da lâmina de ouro, deixando claro que o objetivo é compreender as dimensões do átomo. Durante a produção do mapa, este mesmo aluno fez um questionamento pertinente para o contexto; colocando em suas palavras:

Aluno H: “*Professor, então a gente pode aplicar as leis de Newton para esse caso? Por exemplo, ‘ação-reação’?*”.

Isso mostra a capacidade do indivíduo em relacionar os subsunçores prévios – que foram assimilados nos anos anteriores – com o contexto “atual” da matéria de ensino. Naquele momento o aluno percebeu que poderia tratar as “entidades” atômicas como se fossem partículas, que possuem momento, etc. Na Figura 4 temos o mapa mental elaborado por outro

estudante; aqui houve uma tentativa de reproduzir o átomo de Rutherford e alguns princípios que foram inovadores perante o modelo de Thomson. Uma dúvida do aluno (autor deste mapa) foi justamente na determinação da “menor partícula” no modelo de Rutherford, segundo ele, a solução mais plausível seria:

Aluno D: “... então vou colocar que o elétron ‘seria’ a menor partícula para esse tipo de átomo, porque eu sei que não é a menor, mas nesse caso é...”.

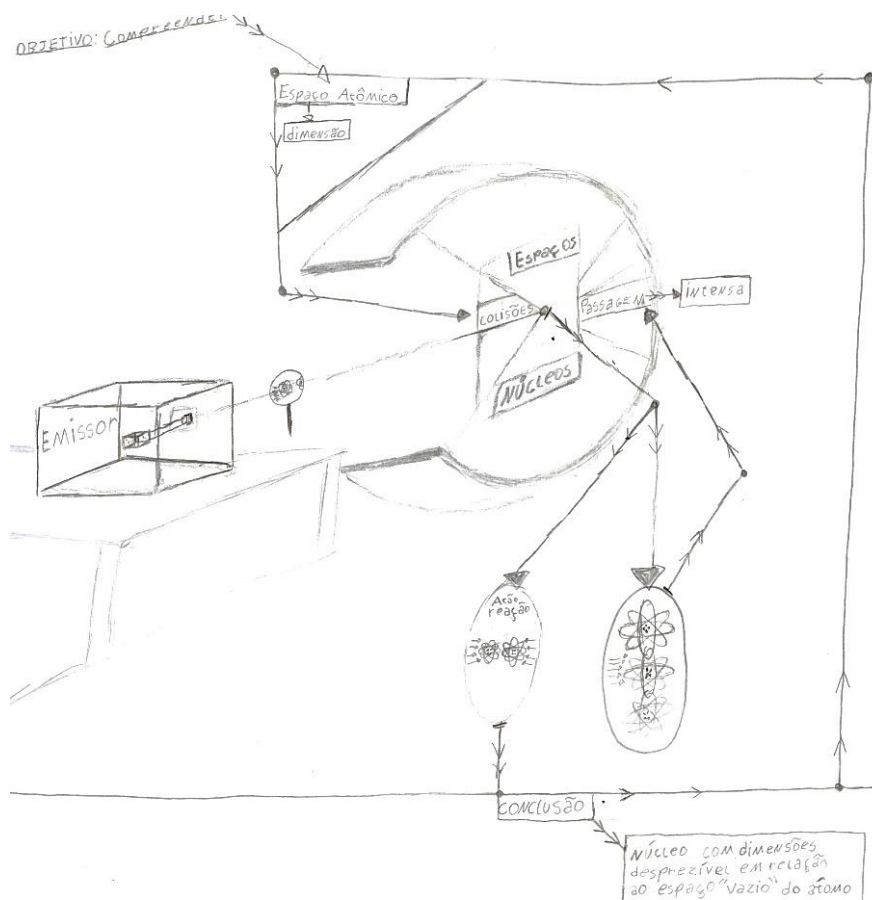


Figura 3 – Mapa mental elaborado pelo Aluno H.

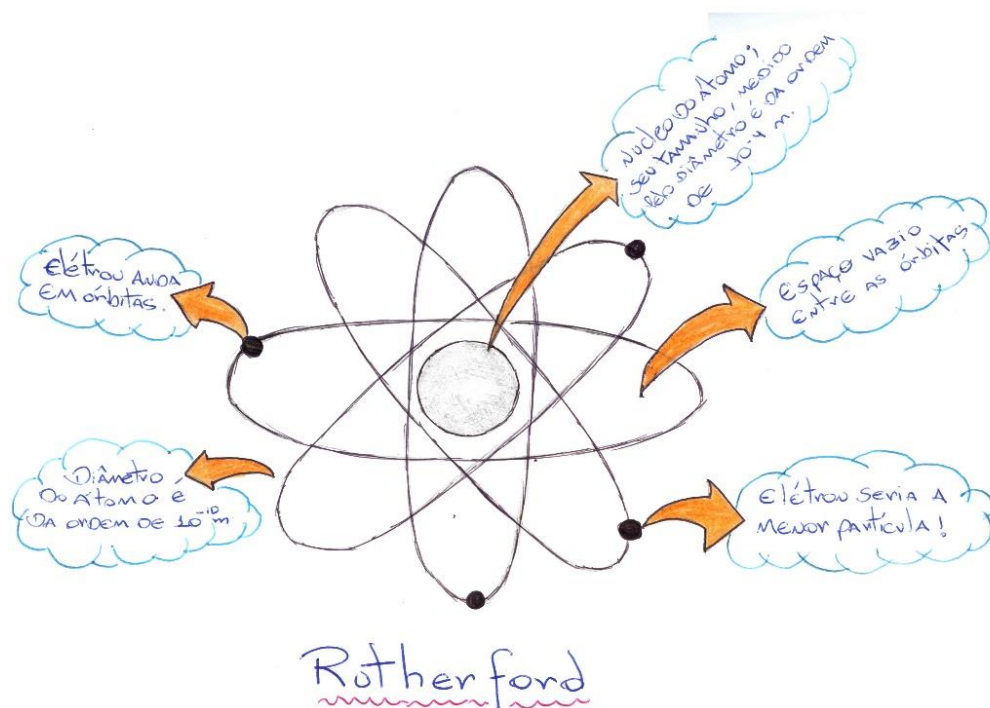


Figura 4 – Mapa mental elaborado pelo Aluno D.

No mapa mental da Figura 5 temos uma representação do pensamento do homem a respeito da estrutura da matéria desde o século V a.C. Um ponto que chamou a nossa atenção neste mapa é a presença do termo “mudanças” logo acima de uma lâmpada. Questionada pelo uso do termo, a aluna justificou a necessidade da mudança das ideias vigentes, revelando aqui o sentimento de revolução dos paradigmas da época. Na Figura 6 o autor fez a mesma tentativa, a de valorizar o pensamento grego a respeito da composição da matéria. Aqui percebe-se que o formato do mapa metal é semelhante ao mapa conceitual, mas sem uma conexão lógica entre os termos representados dentro das formas geométricas, como por exemplo a ligação entre “John Dalton” e “Robert Brown”.

Estrutura da matéria e o atomismo clássico

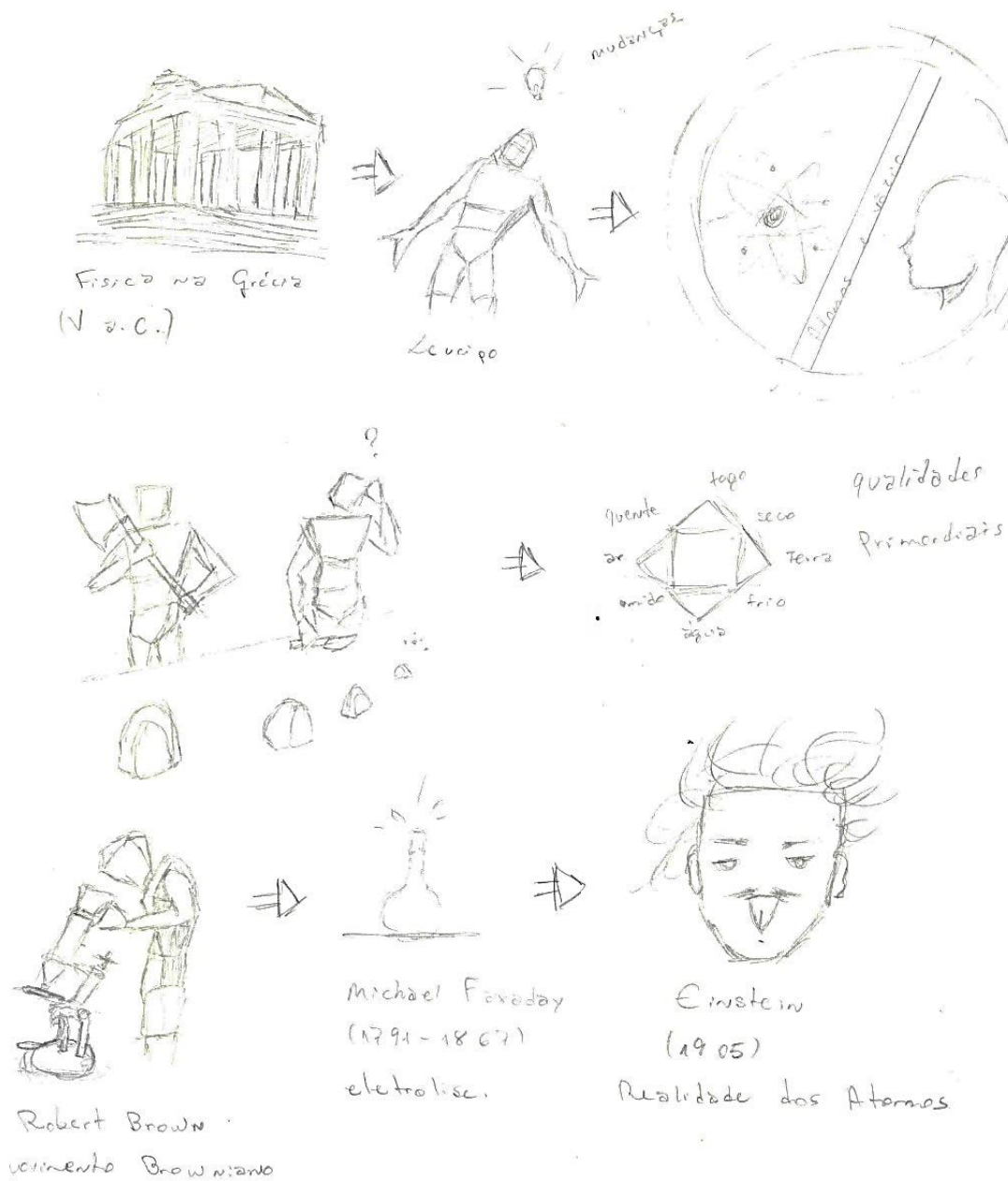


FIGURA 5 – Mapa mental elaborado pela Aluna I.

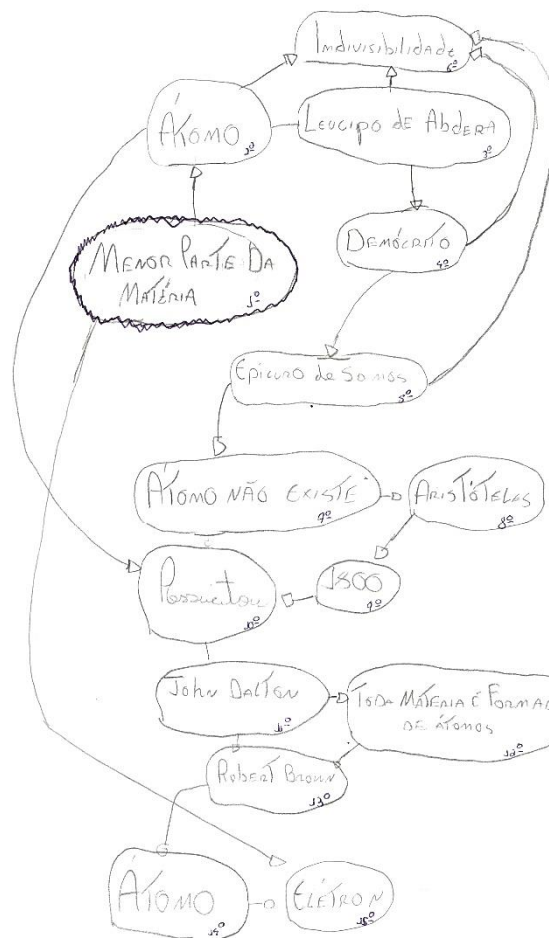


Figura 6 – Mapa mental elaborado pelo Aluno J.

Os mapas a seguir fazem uma síntese dos modelos atômicos clássicos, sendo dois deles de formatos semelhantes, e com um deles apenas reestruturando os temas do Texto de Apoio. Na figura 6 estão representados vários conceitos do atomismo clássico também organizados em uma estrutura semelhante a um mapa conceitual. Mas nota-se que a diferença deste mapa, com o mapa mental da Figura 7, está na disposição destes conceitos. Mesmo não existindo termos lógicos de conexão entre cada uma das formas geométricas, existe um certo fluxo natural e racional na leitura deste mapa. Do conceito “Átomo” é possível identificar uma ramificação com duas possibilidades epistemológicas: acreditar ou não acreditar no átomo? Além disso, o aluno considera o termo “Toda a matéria”, como o conceito mais importante do seu mapa.

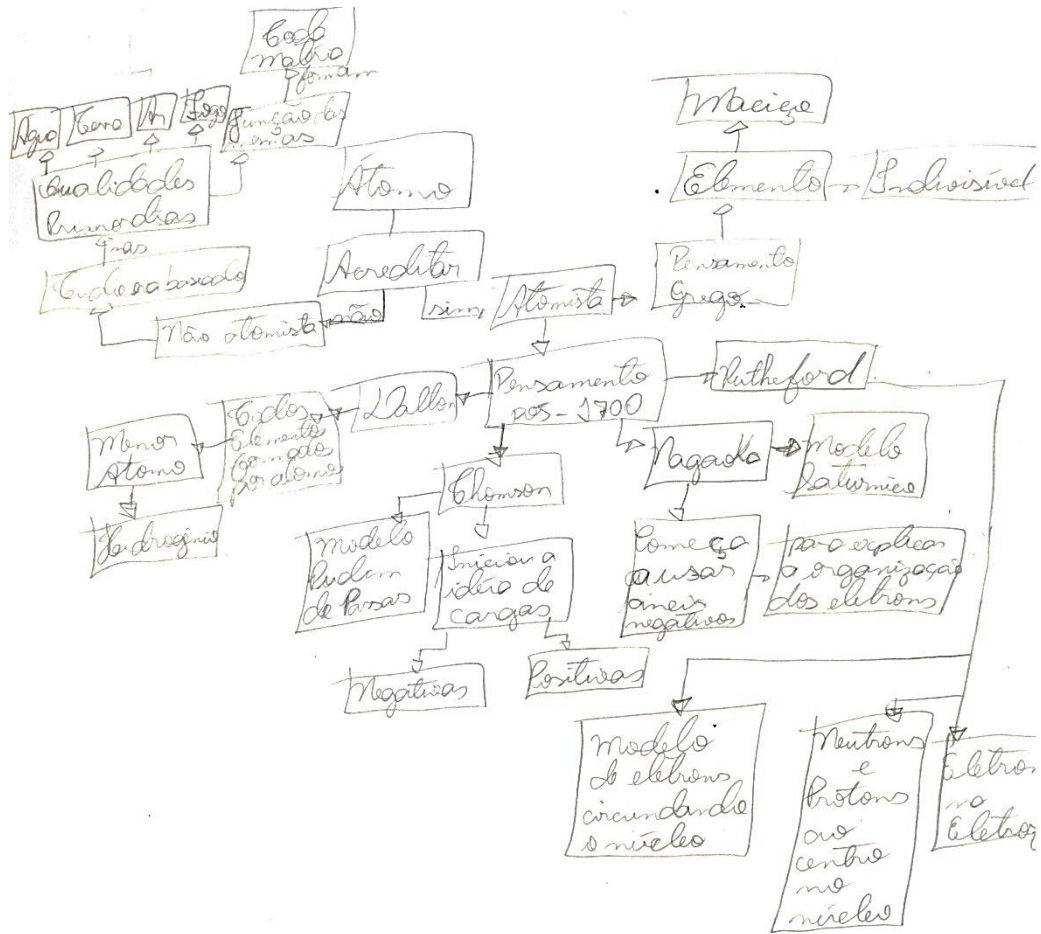


Figura 7 – Mapa mental elaborado pelo Aluno E.

Na Figura 8 o aluno apenas transcreveu alguns dos princípios mais importantes sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Nagaoka, deixando o modelo nuclear fora da sua representação. Já na Figura 9, o estudante propõe uma divisão dos modelos atômicos em duas perspectivas, “Clássica” e “Contemporânea”. Considerando como clássica, o aluno propõe o pensamento grego do átomo e o modelo de Dalton, atribuindo à visão contemporânea o modelo de Rutherford e o fato da impossibilidade de enxergar os átomos, associando este problema com a relatividade. Por fim, na Figura 10, temos uma representação simples, mas que traz consigo uma reflexão muito profunda acerca do tema proposto: Prótons e elétrons são as menores partículas do mundo? De acordo com o mapa deste aluno *não* são, mas tratam-se de partículas invisíveis, mesmo na ótica de um microscópio. O interessante é que, mais uma vez, os conceitos foram organizados e ligados como se fosse um mapa conceitual, e inclusive utiliza palavras de conexão entre as formas geométricas.

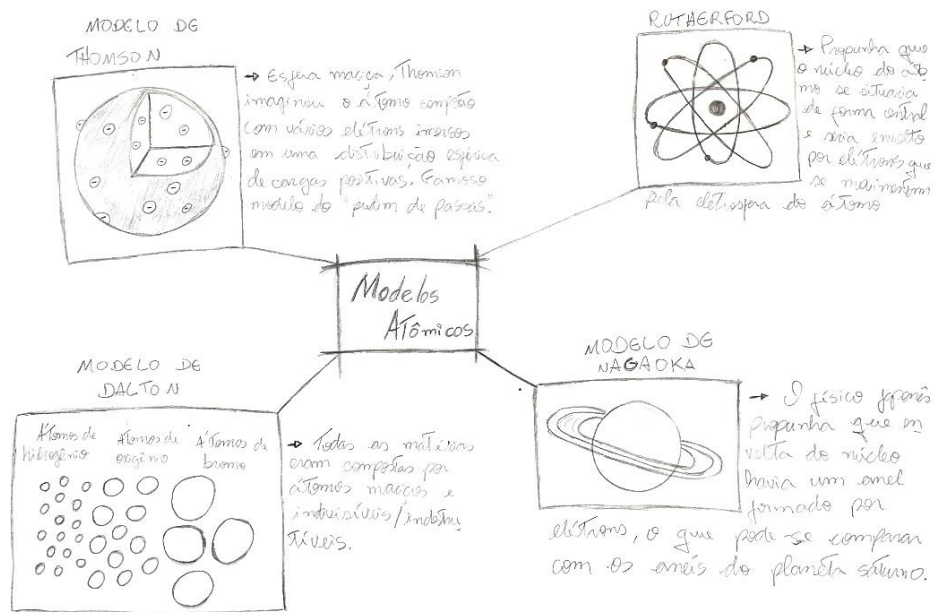


Figura 8 – Mapa mental elaborado pela Aluno K.

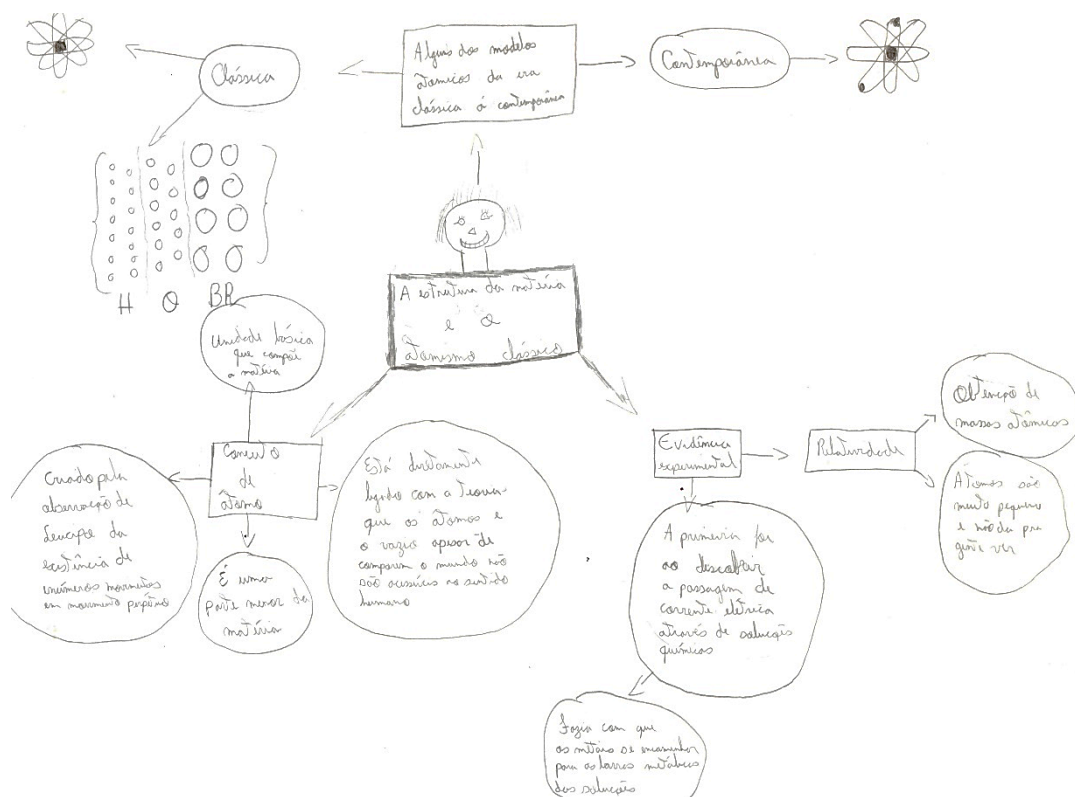


Figura 9 – Mapa mental elaborado pelo Aluno L.

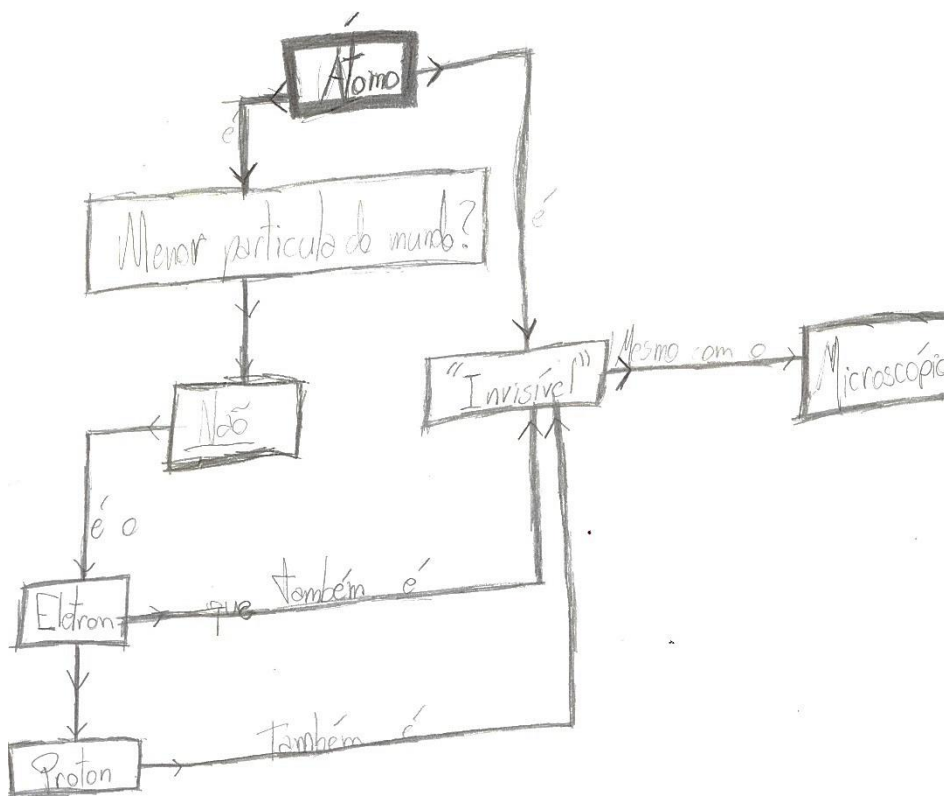


Figura 10 – Mapa mental elaborado pelo Aluno M.

Categoria B – Mapas mentais sobre Física Clássica e FMC.

A seguir são apresentados os mapas mentais que envolvem outros termos e conceitos além dos utilizados para o atomismo clássico. Nos três primeiros mapas é predominante a ideia de que o conhecimento científico é utilizado, única e exclusivamente, para o desenvolvimento de novas tecnologias. Na Figura 11 temos a representação do que seria um aparelho celular destacando o uso da Física nas tecnologias. Apesar da disposição irregular das informações, é possível notar conceitos como “computador quântico” e “quantum bit”. Um esquema semelhante está representado na Figura 12, onde o aluno utiliza de formas lúdicas para mostrar algumas aplicações da FMC. Já no mapa ilustrado na Figura 13, percebemos o uso do termo “Mecânica Quântica” para fazer referência ao computador quântico e o quantum bit. Algumas setas indicam o sentido da leitura do mapa, e outras conectam conceitos sem significado, apenas sugerindo uma relação mais estreita entre eles. Talvez por fazer parte do curso técnico na área de informática, não apenas esse aluno, mas também outros demonstraram bastante interesse pelo computador quântico.

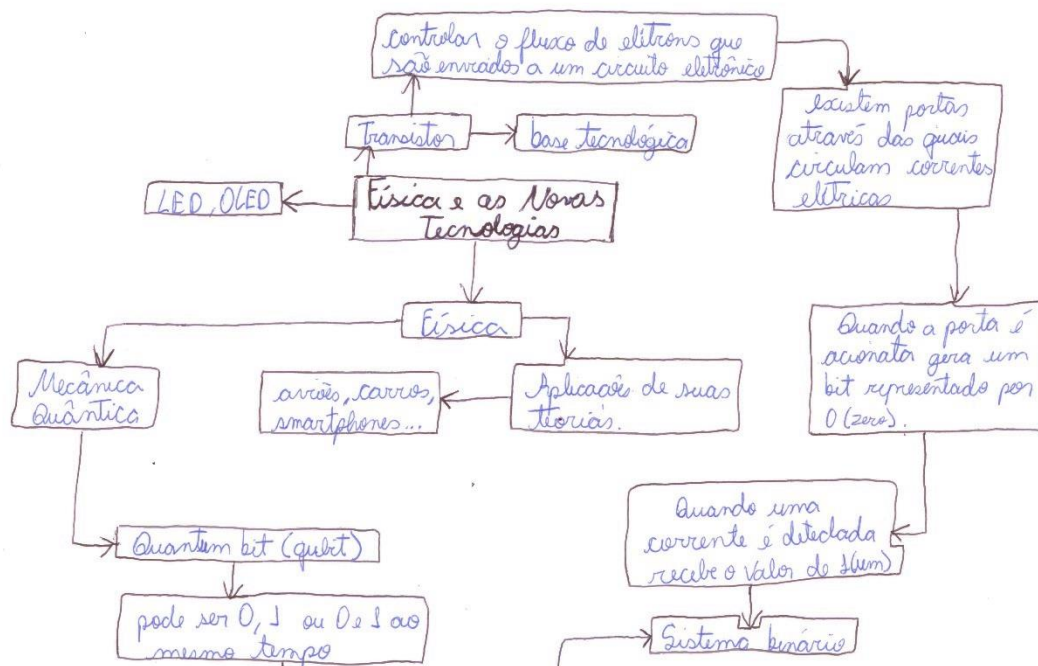


Figura 13 – Mapa mental elaborado pelo Aluno P.

No mapa apresentado na Figura 14 percebe-se um grande número de informações, que vão desde conceitos que englobam o atomismo clássico até as aplicações tecnológicas do conhecimento científico. Cada um dos modelos atômicos (do lado esquerdo) estão cercados de ideias principais referentes a esses modelos. Do lado direito do mapa o aluno ressalta a importância do desenvolvimento do LED azul, mostrando que a produção de novas tecnologias gera lucros financeiros; nele faltou apenas esclarecer para *onde/quem* esses lucros são direcionados. Outro ponto importante neste mapa mental é a presença do termo “novos conceitos” na extremidade direita; na justificativa do aluno, o mesmo deixa claro a presença das Revoluções Científicas no desenvolvimento da ciência, e por isso escreve termos como “*crise*” para ilustrar seu mapa.

Aluno E: “*Esses novos conceitos vieram para substituir alguns que não funcionavam*”.

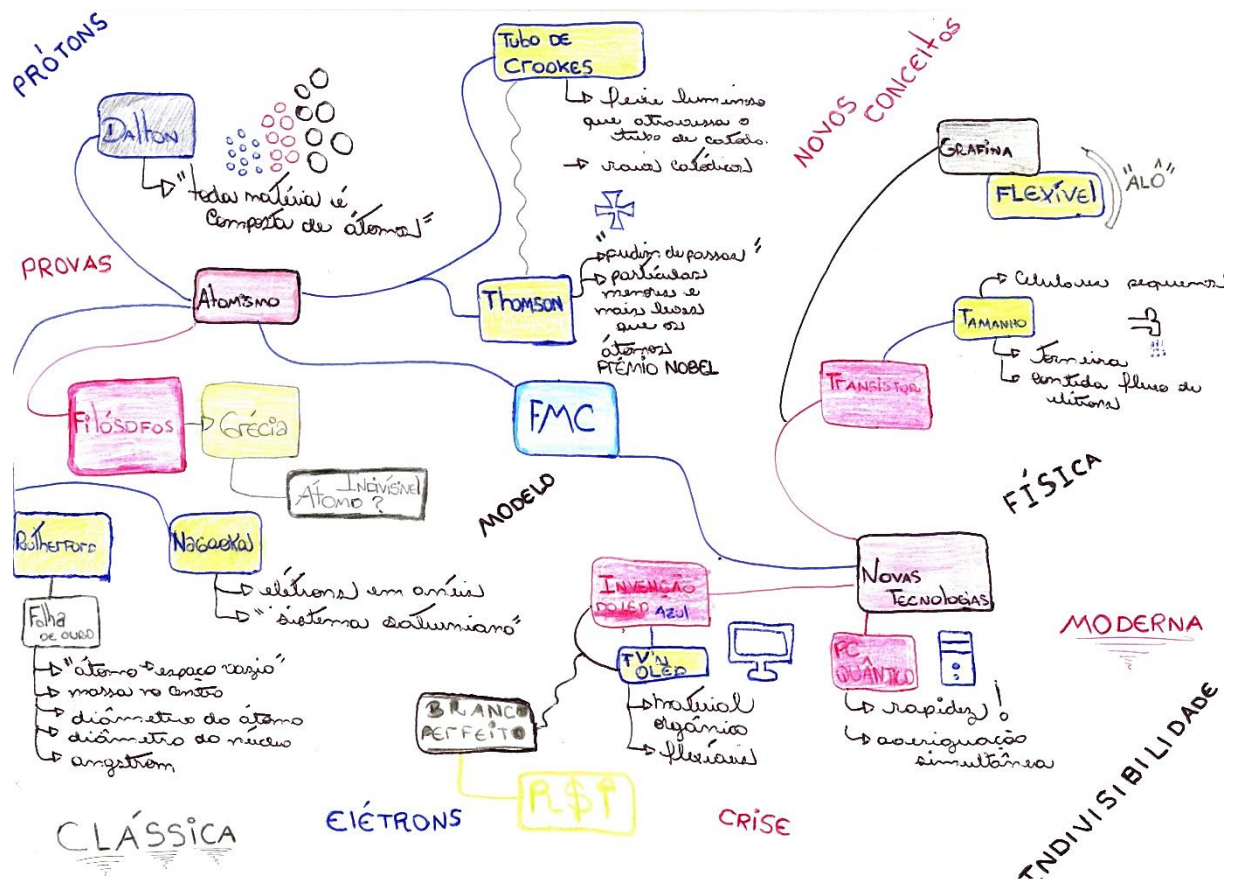


Figura 14 – Mapa mental elaborado pelo Aluno E.

Na Figura 15 vemos que a aluna desenvolve uma visão um tanto linear ao representar os modelos atômicos na parte inferior do seu mapa. É como se um modelo teve que ser finalizado, ou problematizado, para que outro pudesse surgir. Mas é claro que no caso dos modelos atômicos, muitos foram propostos perante a inconsistência de outros. Na abordagem de aspectos que envolvem a FMC, a aluna utiliza o termo “Revolução Científica” e “paradigmas” para representar as mudanças ocorridas nas bases do conhecimento científico, e aproveita para citar as Equações de Maxwell. Por fim, no mapa da Figura 16, a aluna faz três subdivisões conectadas ao conceito FMC. O interessante é que uma dessas conexões é feita com as leis de Newton (Física Clássica) e a outra com a FMC, e na parte final de cada uma dessas ramificações, a aluna exhibe, no seu ponto de vista, a vantagem da abordagem de tópicos atuais na disciplina Física, à direita, uma sala de aula tradicional, onde o professor utiliza apenas a lousa e o giz, do lado esquerdo uma sala de aula mais interativa e com recursos tecnológicos.

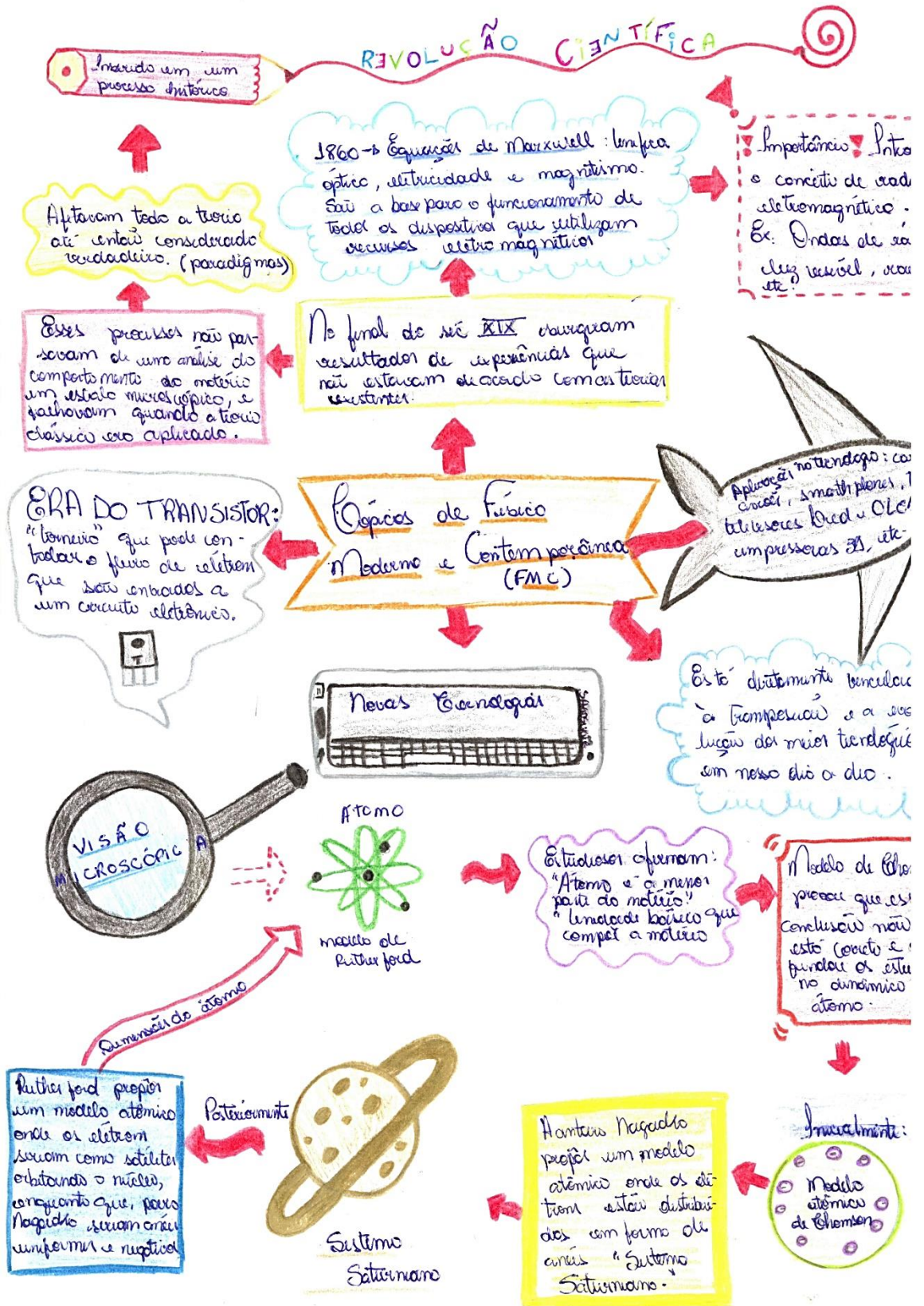


Figura 15 – Mapa mental elaborado pela Aluna Q.

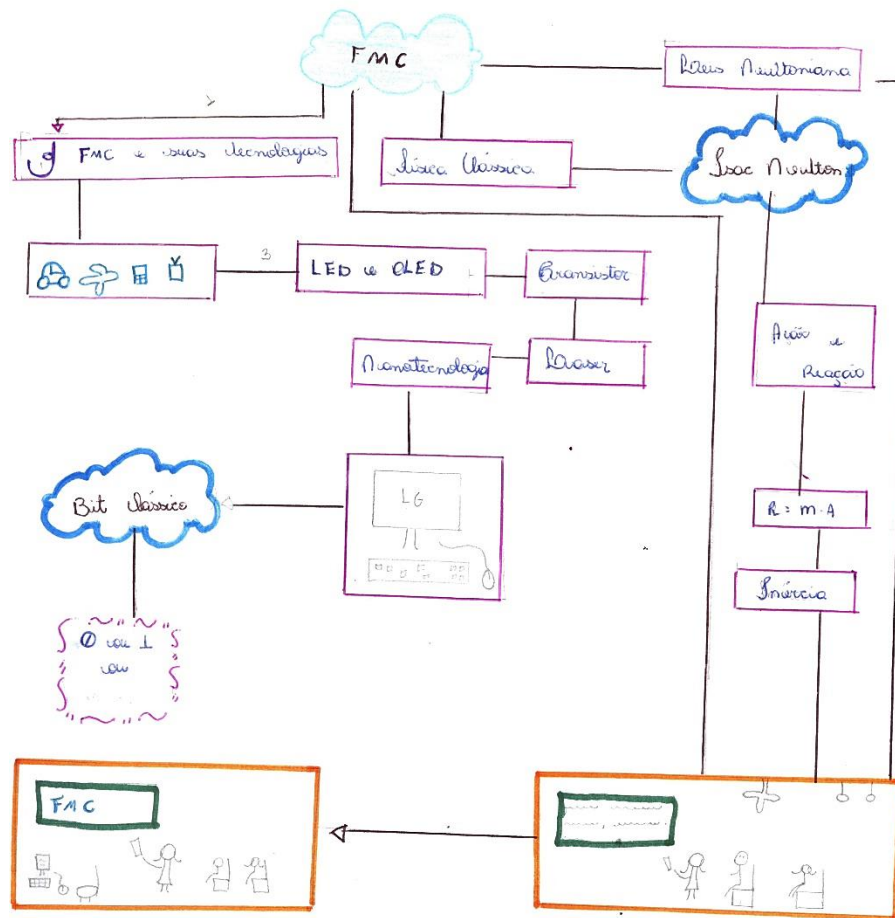


Figura 16 – Mapa mental elaborado pela Aluna G.

É importante destacar que os alunos confirmaram o contato com a história da estrutura do átomo abordada na disciplina Química, mas que não se recordavam de alguns conceitos. Portanto, esta atividade foi muito importante para esclarecer uma pequena parte do contexto histórico por detrás da determinação de uma melhor representação para a matéria em sua menor escala. Essa estratégia de revisão dos modelos atômicos clássicos facilita a introdução da proposta de Bohr para o átomo. Apesar de demonstrarem algumas irregularidades, o uso dos mapas mentais mostrou-se útil no momento de fazer a comparação entre os trabalhos. Durante a formação dos grupos para explicação, o professor fez uma intermediação e colaborou para que algumas inconsistências conceituais fossem repensadas. Os alunos foram instigados a repensarem seus trabalhos de forma crítica, principalmente aqueles que se preocuparam apenas com os avanços tecnológicos sem dar a atenção a outros fatores subjacentes, seja de origem ambiental, social, histórico, etc.

6.4 – Os mapas conceituais

Para a construção dos mapas conceituais, os alunos ficaram livres para formarem grupos de até quatro integrantes. Dos 7 trabalhos entregues, somente 6 serão analisados, já que não houve comprometimento dos integrantes de um dos grupos formados. Além da interação e participação de todos os membros do grupo na realização da tarefa, outros elementos foram observados na análise dos mapas, como por exemplo: a quantidade de conceitos utilizados, assim como sua diferenciação e reconciliação. De todos os mapas que fizeram parte da análise, somente um deles foi composto por oito conceitos, ou palavras-chave, já o restante foi construído com sete deles.

No mapa conceitual da Figura 17 vemos que o grupo organizou os termos de forma linear, sugerindo apenas um sentido para a leitura do mapa. Apesar da tentativa do grupo em mostrar que a incompatibilidade da teoria da Física Clássica fez emergir o *quantum* proposto por Max Planck, não é possível detectar a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos propostos. Na Figura 18 o grupo fez uso de quatro ramificações partindo do conceito “Mecânica Quântica”, mas de forma infeliz, os termos diferenciados (aparentemente subordinados) não são reintegrados com nenhuma conexão. Os dois mapas revelam uma tentativa de formalizar uma dicotomia entre os conceitos “contínuo” e “quantizado”, mas ambos ainda transparecem a essência dos mapas mentais, que são *livres* para externalizar ou organizar certo conteúdo, sem a necessidade de uma conexão lógica entre os termos. Num momento posterior a análise dos mapas, o professor se reuniu com os dois grupos e pediu para que explicassem seus trabalhos. Diante disso, foram detectadas dificuldades por parte dos alunos em compreender como as incompatibilidades da Física Clássica contribuíram para o surgimento da Física Moderna.

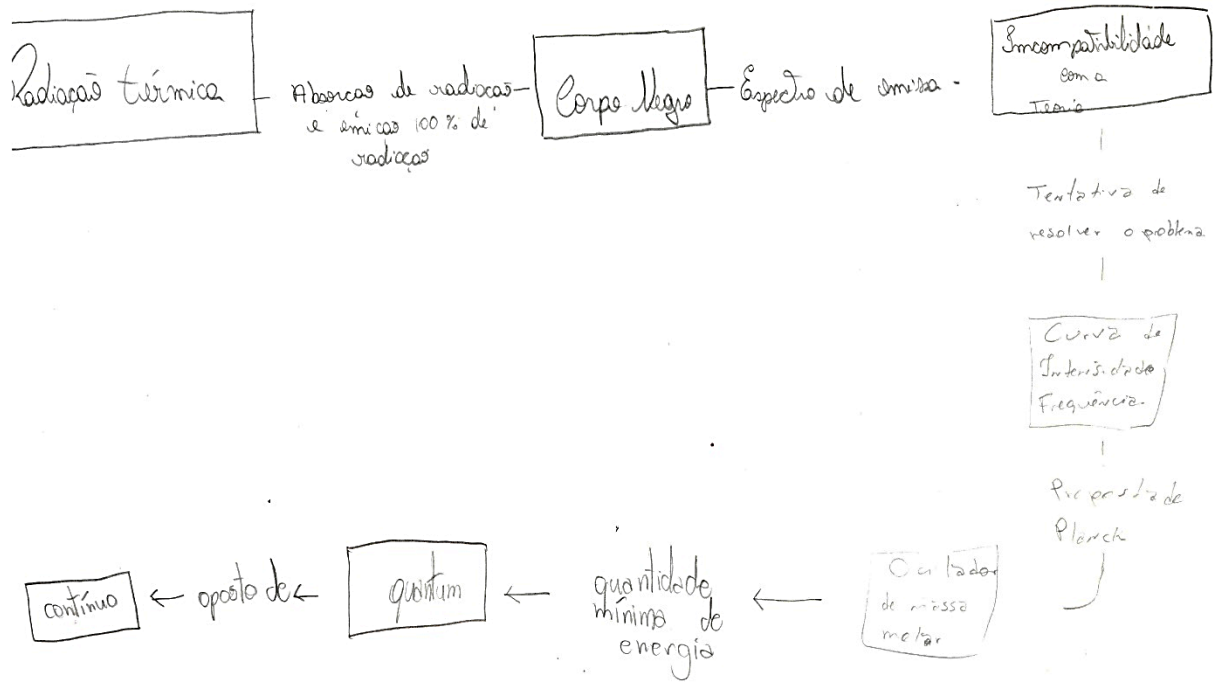


Figura 17 – Mapa conceitual elaborado pela Grupo 01.

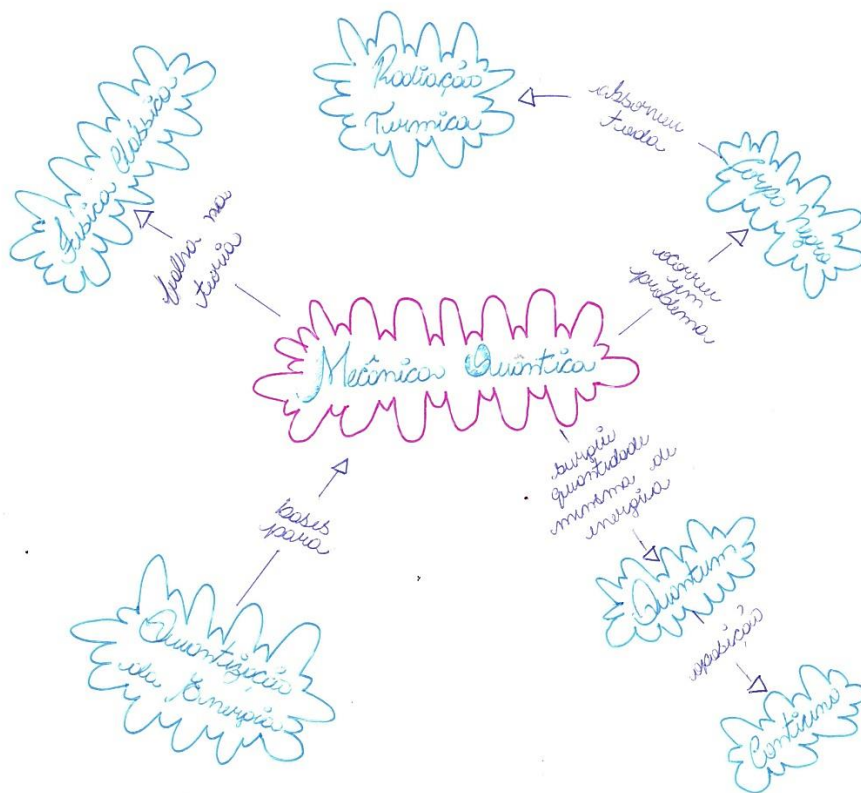


Figura 18 – Mapa conceitual elaborado pela Grupo 02.

A Figura 19 mostra que os alunos utilizaram o conceito “Radiação Térmica” como termo central do mapa. Em conversa com o grupo, a justificativa foi que os problemas da Física Clássica foram devido às ondas eletromagnéticas na forma de radiação térmica, e que todo esse conhecimento era aplicado no “... mundo microscópico.”. Isso justifica o conceito “Física Atômica” na parte superior do mapa. É possível identificar vários conceitos com mais de uma conexão, como “Corpo Negro”, que foi ligado a “Energia”, “Radiação Térmica” e “Ondas Eletromagnéticas”. Existem algumas incoerências nas conexões entre os conceitos, como em “Energia” e “Quantização” que são conectados com o termo “*medir a*”. Durante a explicação do mapa, o grupo demonstrou domínio de subsunçores associados com grandezas quantizadas e contínuas e a radiação térmica emitida pelos corpos negros, mas demonstraram dificuldades na quantização da energia proposta por Planck.

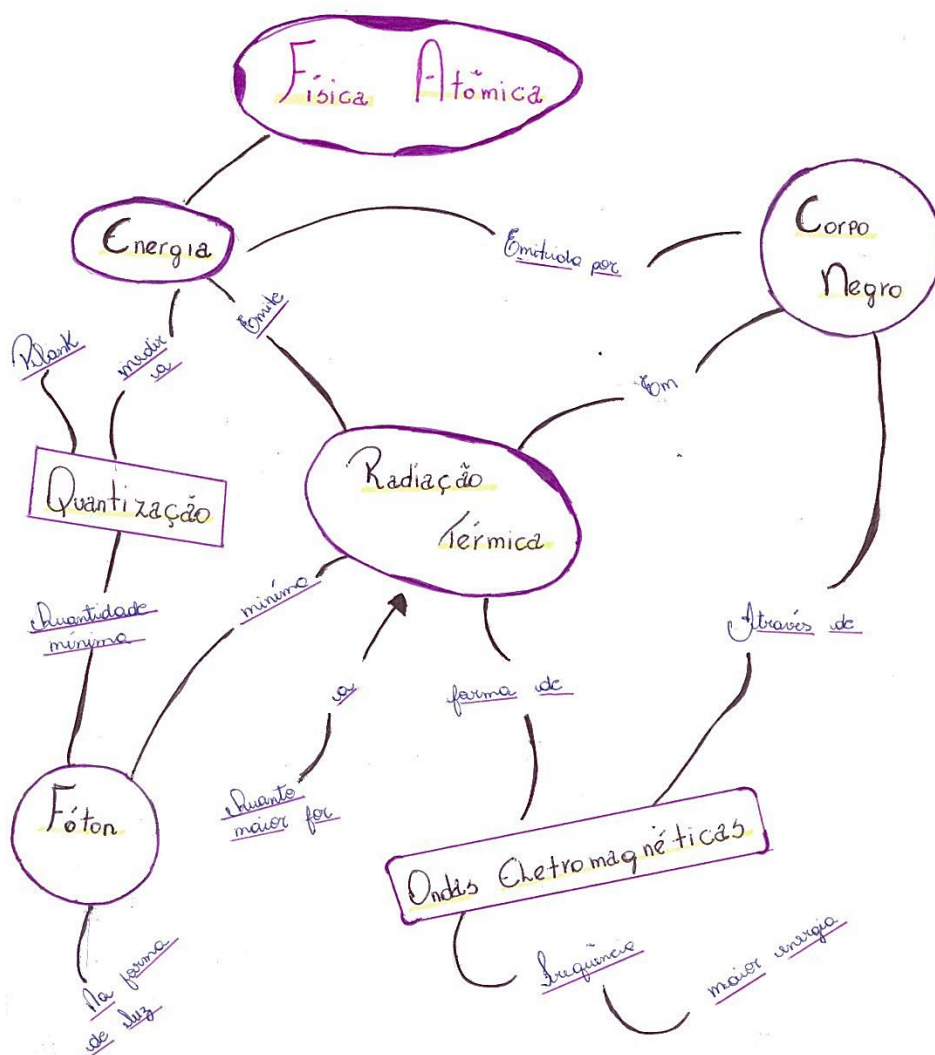


Figura 19 – Mapa conceitual elaborado pela Grupo 03.

No mapa da Figura 20 o grupo posiciona a “Constante de Planck” como o conceito mais importante para o desenvolvimento desse ‘novo’ conhecimento. Em reunião com o grupo, a justificativa para isso é que essa constante da natureza ainda era desconhecida. Outro conceito de destaque no mapa é a “Quantização da Energia”, que aparece ligada com outros três conceitos, inclusive à “Grandeza Contínua”, bem abaixo do mapa. Uma das dificuldades deste grupo foi justamente na compreensão de que o *quantum* corresponde à associação entre constante de Planck e a frequência de certa radiação eletromagnética, e não apenas à constante de Planck. Em outras palavras, a constante de Planck em si, não representa o *quantum*, mas uma condição singular da natureza que quantiza a energia em sistemas microscópicos.

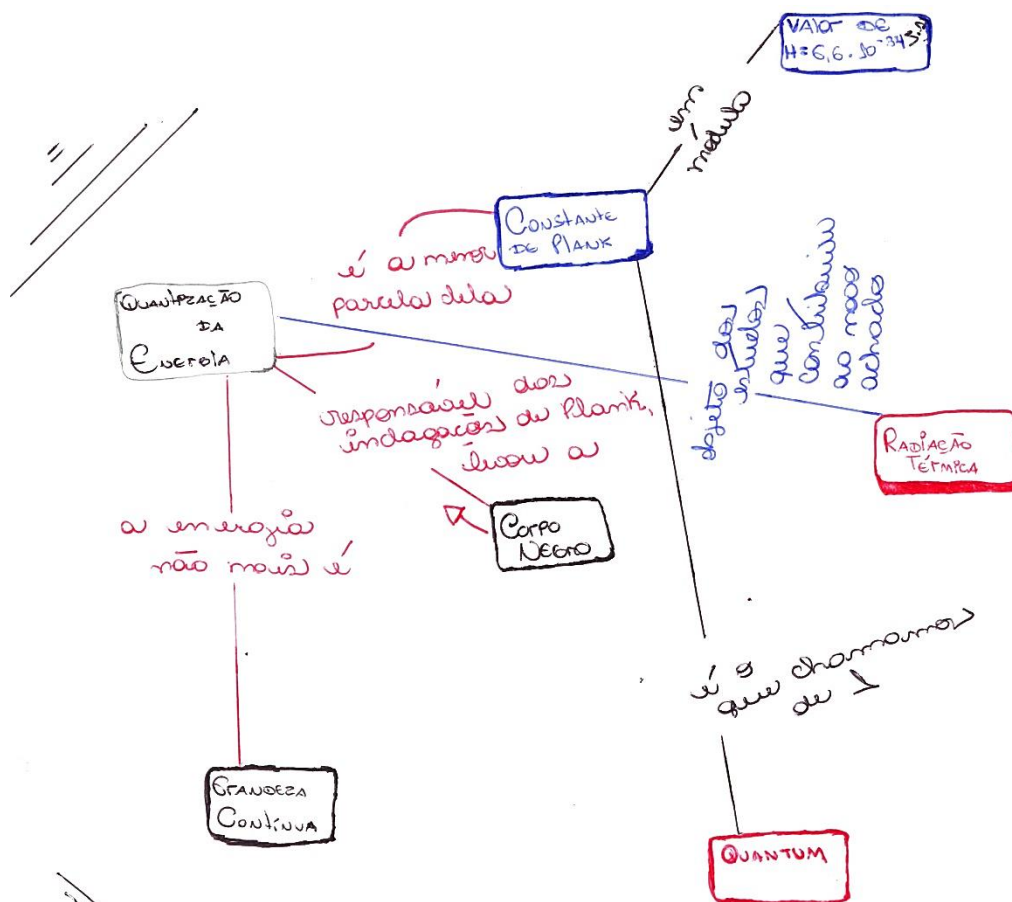


Figura 20 – Mapa conceitual elaborado pela Grupo 04.

Na Figura 21 os alunos estruturaram o mapa conceitual de maneira hierárquica, revelando a ocorrência dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A servir de exemplo, a conexão triádica entre os conceitos “Energia”, “Grandeza Quantizada” e “Frequência”. Ainda no termo “Grandeza Quantizada”, são feitas duas conexões a mais com

os conceitos “Fóton” e “Constante de Planck”. Numa explicação informal do mapa, o professor percebeu que grande parte dos alunos deste grupo assimilaram os aspectos importantes da constante de Planck para a *mudança* no tratamento da Energia, uma quantidade vista como contínua. Ainda como pontuação relevante, o conceito “Fóton” é exposto de modo a abranger somente o *quantum* (quantidade mínima) de Energia, e não o fóton de luz em específico.

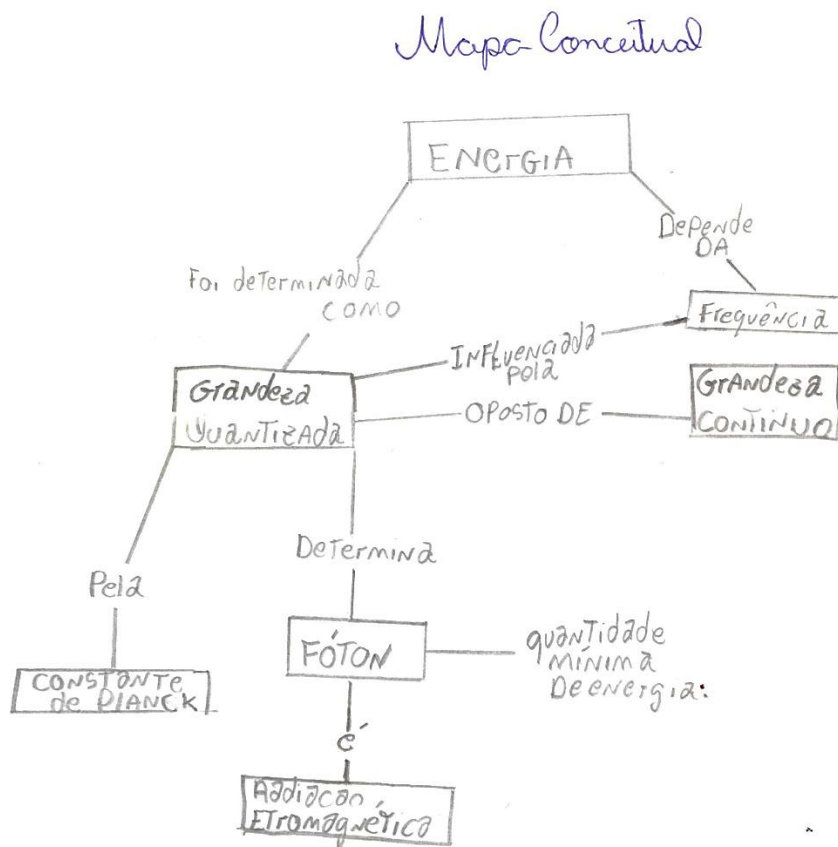


Figura 21 – Mapa conceitual elaborado pela Grupo 05.

O mapa da Figura 22 demonstra ser mais elaborado, pois, além de envolver termos que não aparecem nos outros trabalhos, como “Luz” e “Temperatura”, demonstra ser intencional na disposição hierárquica dos conceitos. As setas utilizadas nas conexões sugerem as várias formas de leitura do mapa. Para os integrantes do grupo, esse mapa conceitual foi construído para explicar um pouco sobre as bases teóricas da “Física Quântica”, o conceito central do mapa. De acordo com o Aluno H, o conceito “Luz” é o mais elementar de todos, por isso ocupa uma posição no topo do mapa, acima do conceito “Fóton”. Apesar de não haver conexão entre os conceitos “Luz” e “Fóton”, este mesmo aluno demonstrou certo conhecimento prévio sobre essa relação.

Aluno H: “... eu sei que fóton é luz ‘pra’ física quântica, mas não sei explicar como”.

A manobra de quantizar a luz é proposta por Einstein em seu artigo sobre o efeito fotoelétrico, tema a ser trabalhado nas aulas futuras, mas mesmo assim o *Aluno H* demonstra interesse em passar esse sentimento de que “Luz” e “Fóton” (enquanto unidade mínima de energia) possuem uma conexão. Diante da dúvida a respeito do termo de conexão a ser utilizado, o grupo decidiu por retirar a conexão entre esses dois conceitos. Outra negociação significativa é mostrada na conexão entre os conceitos “Energia” e “Temperatura”, noção aprofundada num encontro onde foi utilizado um software do site *Phet Colorado*.

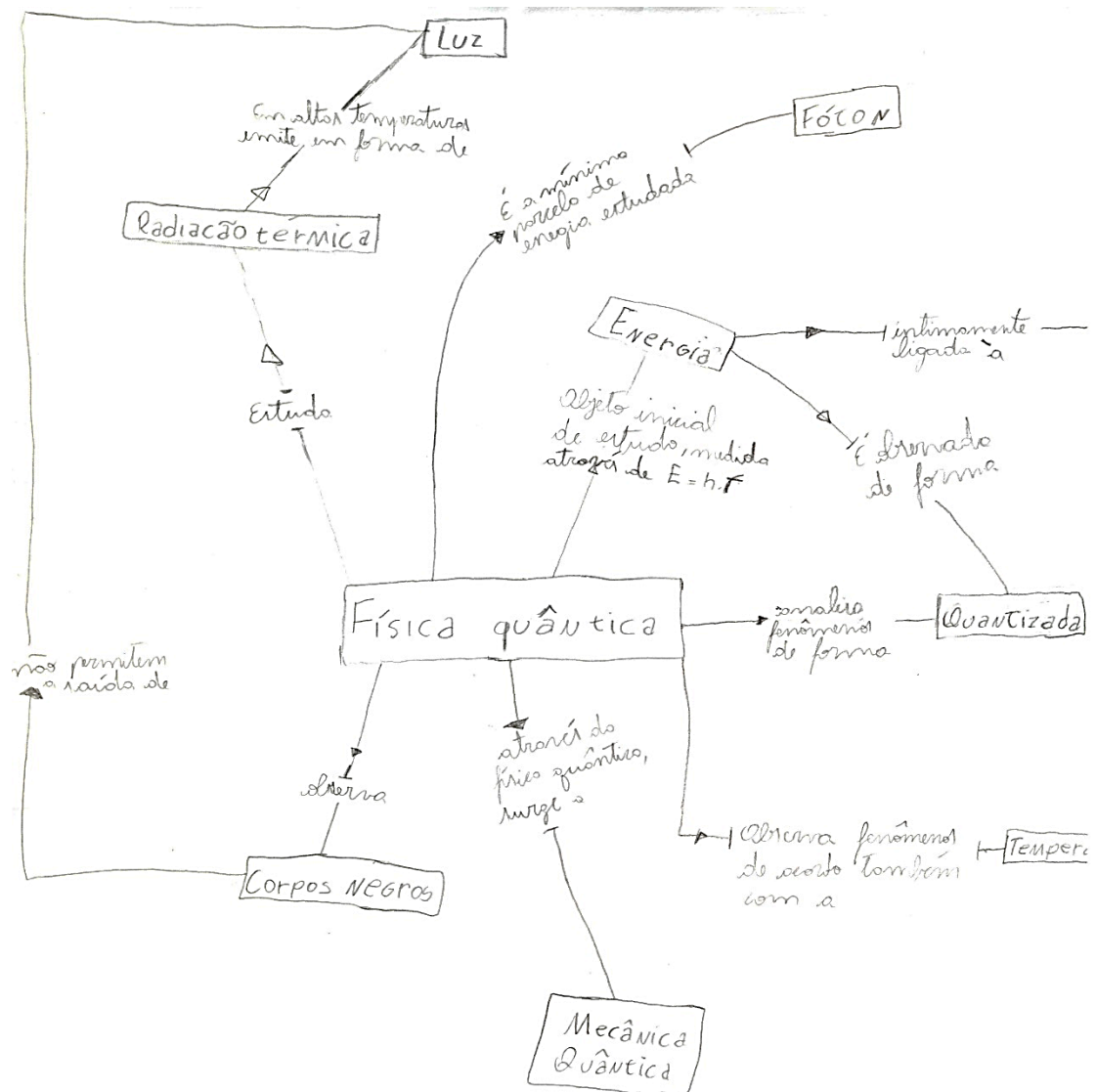


Figura 22 – Mapa conceitual elaborado pelo Grupo 06

Após analisar todos os trabalhos, o professor utilizou parte de um encontro para retornar os mapas conceituais aos grupos e aproveitar para discutir os pontos de irregularidades detectados em cada um deles. Durante a aula, os grupos puderam identificar formas de melhorar os mapas, adicionando e modificando conceitos, e alterando também os termos utilizados nas conexões. Dois grupos se dispuseram a refazer o trabalho a partir deste encontro, mas infelizmente os mapas não foram entregues até o fechamento desta análise. A atividade com os mapas conceituais foi importante no sentido de proporcionar aos estudantes a oportunidade de assimilar conceitos como: grandezas contínuas e discretas, radiação térmica, corpos negros, *quantum*, constante de Planck, quantização da energia e fóton.

6.5 – Produção de texto e outras atividades

Neste tópico discutiremos mais cinco tarefas desenvolvidas durante a aplicação das Sequências Didáticas. A primeira delas trata-se de uma atividade de demonstração utilizando o software *Blackbody Spectrum*, que possui uma interface como mostra a Figura 23. Este, e outros softwares educacionais estão disponíveis gratuitamente no site *Phet Colorado*. Com a ajuda do software, os alunos reforçaram a noção de continuidade no espectro eletromagnético para o caso da luz branca. Outro fator observado foi a emissão de radiação e sua dependência com a temperatura do corpo, isso fez com que alguns alunos ativassem seus subsunçores prévios sobre Óptica, Ondas e Termologia, já que a emissão de radiação térmica no comprimento de onda da luz ocorre para altas temperaturas.

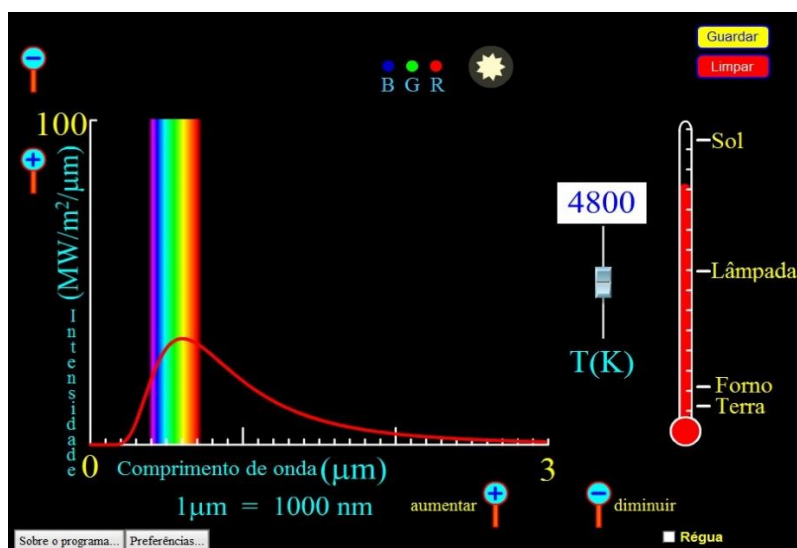


Figura 23 – Software Blackbody Spectrum.

Após incorporar o conceito *quantum* na matéria de ensino os estudantes foram instigados a encontrar uma relação entre a faixa musical intitulada *Music of the Quantum* e as grandezas quantizadas e contínuas. De início, nenhum deles conseguiu diferenciar instrumentos ou notas musicais, mas na medida em que o ruído da sala de aula foi se exaurindo, alguns foram capazes de perceber a existência de notas musicais contínuas e discretas. Os que ainda não haviam percebido demonstraram dificuldades na assimilação dos conceitos *discreto* (*quantizado*) e *contínuo*. Essas dúvidas foram rapidamente sanadas com a ajuda daqueles alunos que se mostraram confortáveis com a atividade.

A próxima atividade ocorreu em uma aula onde o tema era o *efeito fotoelétrico*. Após uma introdução básica a respeito das ondas eletromagnéticas e a relação proporcional entre Intensidade da onda versus Energia, o professor utilizou de outro software do site *Phet Colorado* para discutir o fenômeno. A interface do programa é mostrada na Figura 24. Durante a demonstração do software, foram realizados testes para diferentes frequências e intensidades luminosas, assim como para diferentes metais. As observações dos alunos foram, gradativamente, anotadas na lousa.

Aluna G: “Acho que para o elétron soltar da placa, depende da cor da luz. ”

Aluno B: “Se a cor é mais para o lado do UV as partículas saem mais rápido. ”

Aluno J: “Professor, ‘pra’ cada tipo de material é uma cor de luz diferente? ”

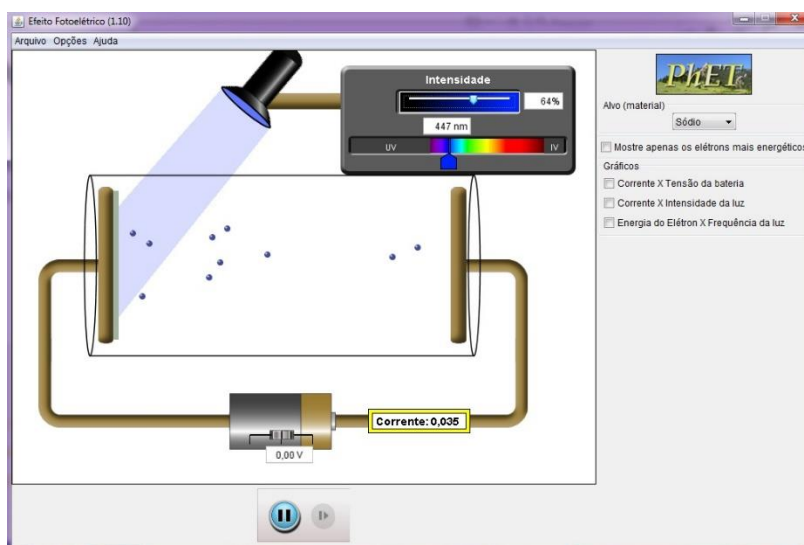


Figura 24 – Software O Efeito Fotoelétrico.

Fazendo uso desses e de outros comentários com a mesma intenção, o professor formalizou os problemas apresentados pelo efeito fotoelétrico à luz da teoria clássica, e assim introduziu a proposta de Albert Einstein. A equação de Einstein para o efeito fotoelétrico foi discutida em harmonia com os conceitos *frequência de corte*, *função trabalho*, *quantização da luz (fóton de luz)* e *dualidade da luz*. Ao término desta atividade, o professor propôs duas questões com o intuito de aplicar os conceitos assimilados até o momento. As questões estão disponíveis no Apêndice B; a primeira delas de cunho quantitativo e a segunda qualitativo. A proposta foi que os alunos se reunissem em duplas para realizar a atividade. Para responder a primeira questão o indivíduo deve ser capaz de relacionar a grandeza física *velocidade da luz* com os conceitos *frequência* e *comprimento de onda*. Esse tópico foi trabalhado no ano anterior, no curso de Ondulatória para o 2º ano do ensino médio. Na ocasião, o professor apresentou outra unidade de medida para energia, o *elétron-volt* (eV). Durante o exercício alguns alunos fizeram uma comparação com o módulo da carga elementar e a relação existente entre as unidades *joule* e *elétron-volt*. De acordo com um deles:

Aluna C: “*Professor, mas esse valor de $1,6 \cdot 10^{-19}$ não é a carga do elétron?*”.

O cuidado com as unidades de medida nesse exercício foi crucial para evitar precipitações incorretas em relação à resposta do problema. O cálculo da energia do feixe luminoso, em joules, é igual a $4,5 \cdot 10^{-19}$ J, isso fez com que alguns alunos respondessem de forma semelhante ao depoimento a seguir:

Aluno R: “*Professor, eu acho que vai arrancar elétrons, pois 4,5 é maior do que 3,0.*”

O comentário anterior revela uma falta de atenção na leitura das duas quantidades, e além do mais, diferem de uma potência de dez 19 vezes menor. Após a conversão das unidades e do manejo com as ordens de grandeza, a maior parte das dúvidas com relação as unidades foram esclarecidas. Nesta ocasião, os alunos pediram ao professor que revisasse as operações básicas dos números na forma de potência de dez. Foi possível notar que alguns alunos ainda demonstram dificuldades em trabalhar com notação científica e ordens de grandeza. Alguns deles visualizam as potências de dez como algo sem significado algum, e é nesse momento onde teoria e a linguagem não se encaixam. Sendo assim, o professor (mais uma vez) falou

rapidamente sobre as diversas formas de representar e operar com números utilizando as potências de dez.

A última atividade que aqui descreveremos são as produções de texto feitas pelos alunos, em particular, as cartas endereçadas à presidência da República. Esta atividade tinha por objetivo estimular os estudantes a produzirem um texto de modo a convencer as autoridades do Estado que o uso da energia solar fotovoltaica é uma melhor opção, se comparada com as hidrelétricas. A ideia é que os alunos utilizassem os conceitos assimilados no decorrer da sequência para compor um texto coeso e estruturado. Além dessa perspectiva, foram detectadas muitas irregularidades em ortografia e gramática, mostrando que muitos alunos ainda sentem dificuldades na escrita - problema que se arrasta desde a primeira série do ensino médio.

Durante a análise dos textos foram identificados diversos conceitos dentro do contexto da matéria de ensino, tais como: células fotovoltaicas, efeito fotovoltaico, fótons, “buracos”, semicondutores, junções *p-n*, dentre outros. Dos 24 trabalhos entregues, em 22 houve tentativas de explicar o funcionamento das células fotovoltaicas, assim como algumas características dos materiais semicondutores. Os excertos abaixo transmitem essa ideia:

Aluno T:

“O efeito fotovoltaico ocorre quando fótons de luz incidem sobre os átomos de silício, fazendo os elétrons produzirem uma corrente elétrica.”

Aluno D:

“(...) a energia do sol é necessária para locomover os elétrons presentes nas placas fotovoltaicas, que são materiais semicondutores. Essa energia é usada para a banda proibida, uma divisão que atrapalha a locomoção dos elétrons dentro desses materiais.”

Aluno O:

“Uma das características dos semicondutores é que a banda proibida, que atrapalha a locomoção dos elétrons, é pequena, sendo ultrapassada facilmente com a incidência da radiação solar.”

Aluno H:

“Placas fotovoltaicas são uma tecnologia que utilizam de semicondutores em sua composição. O primeiro tipo de semicondutor é o n, que é portador de cargas negativas; o segundo é o p, composto de “cargas” positivas, ou falta de cargas negativas (buracos).”

Vemos que o Aluno H demonstra total domínio e confiança em sua produção textual, com destaque para o cuidado no tratamento dos conceitos e as relações estabelecidas entre eles. Cabe ressaltar que este aluno se predispõe de forma positiva frente aos desafios da disciplina: curioso, visionário, preocupado com o ensino. O mesmo possui um horário de estudo rigoroso, no qual revisa todos os assuntos de Física que estudou até o momento, e outros que ainda não aprendeu na escola.

Além de esclarecimentos em relação ao funcionamento das células solares, muitos trabalhos demonstraram preocupações para com os impactos (positivos e negativos) provenientes do uso dessa modalidade de usinas. A percepção dos alunos de que o conhecimento científico influencia na dinâmica da sociedade como um todo, é uma evidência de que a aprendizagem significativa crítica desperta olhares capazes de valorizar as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Os trechos a seguir mostram que alguns alunos foram mais discretos no envolvimento das questões sociais e ambientais na adoção das usinas de energia fotovoltaica.

Aluno S:

“As células solares são os dispositivos responsáveis por receber a incidência luminosa proveniente do Sol, dando início ao processo [efeito fotovoltaico]. Tais células são construídas de semicondutores, uma vez que apresentam alta sensibilidade à luz solar. (...) usando a natureza de maneira que não a prejudique (...).”

Aluno P:

“(...) das vantagens desse tipo de energia, a principal é que a luz solar é abundante, e sua utilização é limpa, ou seja, não causa prejuízos ambientais.”

Aluno M:

“(...) uma forma de energia que é produzida sem causar nenhum malefício para o meio ambiente, da qual é utilizada apenas a incidência da luz nas chamadas placas fotovoltaicas.”

Aluno F:

“(...) a energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa (não emite poluentes).”

Foram 16 o número de textos onde destacam-se citações semelhantes às anteriores; isso revela um tratamento superficial das questões ambientais devido ao uso das usinas de energia fotovoltaica. No manuseio de temas como esse, os indivíduos deixam passar o fato de que a produção das placas fotovoltaicas depende de processo que agride o meio ambiente de formas irreversíveis, que é a extração mineral. Sem essa perspectiva, os trabalhos citados traduzem uma sensação de que a energia fotovoltaica é 100% limpa. Podemos falar também dos impactos econômicos que obstruem a implantação de micro usinas de energia solar no Brasil, temas que surgem em 05 produções de texto, uma delas do Aluno F, que ressalta a importância da pesquisa de materiais alternativos ao silício.

Aluno F:

“Apesar de todos os aspectos positivos da energia solar (abundante, renovável, limpa, etc.) ela é pouco utilizada, pois os custos financeiros para a obtenção são elevados, não sendo viável economicamente. Necessita-se de pesquisa e maior desenvolvimento tecnológico para aumentar sua eficiência e baratear seus custos.”

Nos fragmentos que seguem os alunos novamente destacam este mesmo problema econômico: a matéria prima. Como assinalado pelo Aluno U, mesmo que o Brasil seja uma das maiores reservas de quartzo do mundo (BRASIL, 2009), o valor comercial das células solares é elevado. Aluno J expõe ainda em seu texto a problemática da extração do silício em território nacional, fator que pode ser amenizado se novos materiais substituíssem o silício. O Aluno D apropria-se da posição geográfica do território nacional para justificar o uso da energia solar no Brasil; e faz também uma comparação com os impactos sociais causados pela instalação de usinas hidrelétricas.

Aluno E:

“Essa ação [uso de energia fotovoltaica] seria benéfica ao país porque, assim, diminuiriam as necessidades de hidrelétricas e termelétricas. O Brasil diariamente recebe

muita irradiação solar, o combustível deste artifício. Temos também reservas de materiais semicondutores em nosso solo, os constituintes das células solares.”

Aluno U:

“Com a baixa incidência de chuvas no país as usinas hidrelétricas estão diminuindo sua capacidade de geração de energia, causando, assim, um alto custo para a população (...).

(...) o Brasil tem uma reserva abundante de silício, que um desses metais [semicondutores], só que não temos em estado puro, é preciso exportá-lo para depois comprar purificado a um custo maior (...).”

Aluno J:

“Uma usina hidrelétrica em sua construção alaga grande parte do território, matando a flora e fauna local (...).

A energia por meio de células fotovoltaicas não acarretam muito danos ambientais, e conseguem suprir grades cidades. O único problema causado seria a extração dos materiais necessários para a produção de células fotovoltaicas, como o silício (...).”

Aluno D:

“Excelentíssima Presidente, venho através desta convencê-la do importante uso da energia solar, uma das fontes energéticas menos utilizadas no país, o qual se localiza próximo a linha do Equador, ou seja, um local onde tem grande incidência solar o ano todo. Não dependendo de ciclos como as estações do ano, já as hidrelétricas dependem delas, por depender das chuvas, as quais só acontecem em determinados meses do ano.

Além de ser renovável e alternativa, deixa poucos impactos ambientais, não desmatando a natureza, sem ser necessário mudar de cidade, de local, como já feito para implantação de uma hidrelétrica. ”

Alguns dias após a análise minuciosa de todas as produções de texto, o professor retorna à classe com alguns apontamentos que foram separados em duas categorias: a) os impactos sociais, ambientais e econômicos de usinas geradoras de eletricidade, b) os conceitos de Física utilizados nos textos. Durante a discussão foram utilizados exemplos dos impactos da mineração em alguns pontos do território brasileiro mais próximos da região, como Catalão-GO e Paracatu-MG. Por fim, o professor revisou conceitos como: banda de valência, banda de

condução, junção $p-n$, emissão espontânea, emissão estimulada, etc. Essa dinâmica foi necessária para falar novamente do funcionamento interno dos materiais fotossensíveis quando no escuro, e quando iluminados. No decorrer da aula, alguns alunos demonstraram que a assimilação dos conceitos foi de forma significativa, pois participaram atentamente à todas as discussões e questionamentos. Nesse momento o professor pediu para que um dos grupos interessados tomassem a frente na discussão, a fim de expor o ponto de vista a respeito do tema. A atividade foi um sucesso, visto que mais alunos tomaram a iniciativa em colaborar com o andamento da aula.

7 – Conclusões

O apoio dos coordenadores e membros ligados à Direção de Ensino do Instituto Federal Goiano (Morrinhos) foi essencial para o respaldo da pesquisa, haja visto que é de interesse dos mesmos que os professores utilizem de instrumentos inovadores no cotidiano da sala de aula. No início de cada ano letivo, todos os professores da instituição devem produzir um Plano de Ensino, descrevendo a ementa da disciplina e informações como: carga horária, objetivos, métodos, cronograma de atividades, formato e critério das avaliações, horário de atendimento ao aluno e bibliografia. A maleabilidade e autonomia concedidas ao professor na criação deste plano, permitem a inserção de conteúdos atuais no currículo, como tópicos de FMC. Devido ao apoio de toda a comunidade escolar envolvida, não houve críticas desconstrutivas quanto ao Plano de Ensino submetido às coordenações dos cursos técnicos da turma participante.

Uma parte considerável do sucesso da aplicação da UEPS é mérito do consentimento e a participação de todos os alunos da turma, já que de acordo com David Ausubel, além do conhecimento prévio, a predisposição do indivíduo é pré-requisito fundamental para que a aprendizagem seja significativa. E mesmo que 99% dos estudantes se envolvam com o ENEM, não houve questionamentos direcionados para o cumprimento, ou não, da ementa estipulada pelo programa, muito pelo contrário, sem maiores cobranças, a turma mostrou-se aberta a discussão dos novos temas propostos. Em diversos momentos o professor deixou claro para a turma que eles não estão sendo treinados para nenhum tipo de vestibular. Processos como o ENEM passam a ser meros exercícios de aplicações do conteúdo, e não uma exclusividade do Plano de Ensino da disciplina Física.

Um fator essencial para a ampla aceitação das propostas didáticas deve-se aos métodos avaliativos. A disparidade das avaliações tradicionais atrai a maioria dos alunos, pois, em alguns casos, vemos exaurir sensações como: impotência, tensão e insegurança. De todas as estratégias avaliativas, a dinâmica com os mapas certamente foi a atividade na qual houve mais dedicação por parte da turma. Diferente de uma tarefa habitual, os alunos puderam comparar seus trabalhos com os de outros colegas, e num momento posterior, compartilhar significados organizados na forma de um mapa conceitual. O ápice da dinâmica ocorreu quando cada aluno tentou integrar algum elemento do seu mapa mental ao mapa conceitual a ser construído. Neste momento, todos os componentes do grupo foram obrigados a discutir os conceitos utilizados

antes de sugeri-los como elemento do mapa. Os alunos perceberam também que os trabalhos foram avaliados de maneira não habitual, a qual o indivíduo recebe a avaliação com um número insinuando quanto vale o que ele sabe.

O caráter somativo e recursivo das avaliações chamam a atenção e despertam mais interesse no aluno, que passa a fazer uso do *erro* como elemento consolidador na assimilação de novos subsunçores pela estrutura cognitiva. Esta postura é fundamental, pois transpõe ao estudante a ideia de que o conhecimento evolui de forma ampla, e é produto da colaboração de muitas pessoas. Outro ponto importante, está na conexão existente entre os tópicos de FMC propostos e o conteúdo regular do terceiro ano, no caso, Eletricidade. A discussão sobre a condutividade dos materiais semicondutores chamou a atenção da maioria dos alunos, justo por ser um tema de fácil contextualização. As características físicas da junção *p-n* foram facilmente compreendidas pelo grupo, que demonstrou dificuldades apenas no momento em que essas junções são expostas à luz do Sol.

O ambiente de interações pessoais e questionamentos possuem uma forte dependência com a compreensão da linguagem científica intrínseca ao desenvolvimento da UEPS. A linguagem utilizada pelos humanos, em alguns aspectos mais específicos, pode *não* fazer sentido para um determinado grupo de pessoas. É o que geralmente acontece com as Ciências Exatas, pois a falta de compreensão do significado dos conceitos, das palavras, dos símbolos, acarreta num bloqueio cognitivo dos principais elementos da disciplina. A opção por métodos avaliativos diversificados contribui para que o estudante possa ter acesso a outras formas de compreender a linguagem da disciplina. Na atividade onde o professor reproduziu para a classe a faixa *Music of the Quantum*, muitos indivíduos assimilaram de modo significativo as diferenças entre grandezas quantizadas e grandezas contínuas. As articulações da linguagem são elementos fundamentais na negociação de significados, e associa-la à diferentes formas de expressão do ambiente que nos rodeia, é associa-la de forma significativa.

A preocupação com os impactos ambientais, sociais e econômicos devido ao avanço tecnológico, foram temas de calorosos debates, principalmente no que diz respeito às matrizes energéticas do Brasil. Muitos estudantes demonstraram não ter conhecimento de todas essas modificações impostas pela instalação de usinas hidrelétricas, tema exposto na análise do *infográfico* e do vídeo exibido durante a aula. Na proposta e defesa de fontes energéticas alternativas e menos poluentes, poucos alunos foram capazes de associar os impactos da instalação das usinas à matéria prima necessária para construção dos geradores, como é o caso da energia fotovoltaica.

A aplicação da UEPS foi útil no sentido de revelar uma nova perspectiva do pensamento científico que é estabelecido através das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). A execução das atividades aqui descritas foi importante para reforçar a aprendizagem significativa de conceitos de FMC e suas relações com o ambiente externo ao “mundo escolar”.

Mesmo diante a interposição de um período legítimo de greve das instituições federais de ensino, os estudantes não perderam o foco nem o interesse diante das tarefas propostas. Até o atual momento, não foram aplicadas as atividades previstas na última Sequência Didática, que diz respeito a tópicos como: as características do modelo atômico de Bohr, emissão espontânea e estimulada, diodos emissores de luz, assim como suas aplicações. A proposta final de trabalho para turma foi organizada da seguinte forma: cada grupo (num total de cinco) ficou responsável por um tema relacionado com à disciplina. Os temas escolhidos foram:

- a) As influências da FMC nas expressões artísticas do séc. XX.
- b) LED e OLED, aplicações e potencialidades.
- c) Os impactos sociais e ambientais das usinas geradoras de energia elétrica.
- d) LASER, funcionamento e aplicações.
- e) Energia solar fotovoltaica: vantagens e desvantagens.

A ideia para fechamento da UEPS é estabelecer encontros regulares com os grupos para orientar na produção do trabalho final, que poderá ser apresentado no formato que os alunos desejarem. Todos os grupos deverão apresentar seus trabalhos para os alunos da outra turma de 3º ano do ensino médio, e se possível para o 1º e 2º ano. Esse processo será importante para que o estudante possa aplicar o conhecimento negociado durante o desenvolvimento da UEPS, e talvez, de repente, despertar maior interesse nos alunos de outras séries do nível médio.

Por fim, asseguramos que é possível a inserção de tópicos de FMC em turmas de nível médio, desde que estratégias sejam orientadas a propiciar a aprendizagem significativa dos conteúdos apresentados. Esperamos também que nossa proposta motive professores de Física de todo o Brasil, no sentido de identificar possibilidades e aplicabilidades de conhecimentos atuais e contextualizados. Vale lembrar que o produto desta dissertação foi desenvolvido para atender as demandas locais do professor pesquisador, portanto, tanto o Texto de Apoio, quanto as Sequências Didáticas, são livres para serem modificadas. Sem dúvida, tanto o professor pesquisador, quanto os alunos envolvidos no processo, foram satisfatoriamente beneficiados

com a certeza de que a flexibilidade das dinâmicas em sala e aula, e também das avaliações, favorecem a aprendizagem significativa dos conteúdos de qualquer disciplina.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. *Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica* / Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2014.

AUSUBEL, D.A. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1ª ed. Paralelo Editora LTDA. Lisboa, 2000.

BISCUOLA, G.J., VILLAS BÔAS, N., DOCA, R.H. **Física 3**. 2ª ed. Editora Saraiva. São Paulo, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento: A Mineração Brasileira. Produto 27: Quartzo*. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. *Programa Nacional do Livro Didático 2015*. Guia de livros didáticos para o ensino médio. Componente curricular: Física. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Básica. Brasília, 2014.

CARUSO, F. OGURI, V. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro. Editora Campus 2006.

CHAGAS, J.J.T, SOVIERZOSKI, H.H. Um diálogo sobre aprendizagem significativa, conhecimento prévio e ensino de ciências. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 4, n. 3, p. 37-52, 2014. Disponível em: <[ww.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID67/v4_n3_a2014.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID67/v4_n3_a2014.pdf)>. Acesso em 26-08-2015.

DAMASIO, F. Início revolução científica: questões acerca de Copérnico e os epiciclos, Kepler e as órbitas elípticas. **Rev. Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3602-1 – 3602-7, Aranguá-SC, 2011.

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física Quântica**. 9ª ed. Editora Campus. 1994.

FRANCO-DOS-SANTOS, P.G., LOPES, N.C. PISA, M., PACHECHO, W. L. Abordagem de questões sociocientíficas no Ensino de Ciências: uma compreensão das sequências didáticas propostas por pesquisa na área. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, n. 5. Universidade Estadual de Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0847-1.pdf>>.

HERMANN, W., BOVO, V. **Mapas mentais: enriquecendo inteligências: captação, seleção, organização, síntese, criação e gerenciamento de informação**. 2ª ed. Campinas-SP. 2005. Disponível em: <<http://www.mapasmentais.idph.com.br/conteudos.php#download>>. Acesso em: 06-09-2015.

KUHN, T. **A estrutura das Revoluções Científicas**. 7ª ed. São Paulo. Editora Perspectiva, 2003.

LAKATOS, I., MUSGRAVE, A. (Orgs.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix/Edusp, 1979.

LEMOS, E.S. (Re)Situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas em ciências. ABRAPEC. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 3, p. 38-51, 2005. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/88/80>>. Acesso em 15-08-2015.

MÁXIMO, A., ALVARENGA, B. **Física: contexto e aplicações**. Volume 03. 1ª ed. Editora Scipione. São Paulo, 2014.

MONTEIRO, M.A., NARDI, R., BASTOS-FILHO, J.B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580. Bauru, 2009.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. 1ª ed. Editora Livraria da Física. São Paulo, 2011.

_____. **A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Editora de Brasília. Brasília-DF, 2006a.

_____. **Mapas conceituais e Diagramas V**. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2006b.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. Editora Pedagógica e Universitária (EPU). São Paulo-SP, 1999.

_____. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em 15-08-2015.

MOSCHETTI, M. Crises e revoluções: A revolução copernicana segundo Thomas Kuhn. **Rev. Analecta**, v. 5, n. 1, p. 45-54. Guarapava-PR, jun.2004.

OSTERMANN, F., PRADO, S.D., RICCI, T.S.F. Investigando a aprendizagem de professores de Física acerca do fenômeno da interferência quântica. **Ciência e Educação**, v. 14, n. 1, p. 35-54, 2008.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Cad. Cat. Ens. Fís.** v. 13, n. 3: p. 184-196. Dezembro, 1996.

PIETROCOLA, M., POGIBIN, A., OLIVEIRA, R.C., ROMERO, T.R. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. Volume 03. 2ª ed. FTD editora. São Paulo, 2013.

QUINATO, G.A.C. **Educação científica, CTSA e Ensino de Física: contribuições ao aperfeiçoamento de situações de aprendizagem sobre entropia e degradação de energia**. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de São Paulo. UNESP Bauru, 2013.

SANT'ANA, B., SPINELLI, W., MARTINI, G., REIS, H.C. **Conexões com a Física**. Volume 03. 2ª ed. Editora Moderna. São Paulo, 2013.

SCHITTLER, D., MOREIRA, M.A. Laser de rubi: uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativa (UEPS). **Latin. Am. J. Phys. Educ.**, v. 8, n. 2, p. 263-273. Junho, 2014.

SILVA, F. A. **Historiografia da Revolução Científica: Alexandre Koyrè, Thomas Kuhn e Steven Shapin**. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2010.

SILVA NETO, J.L. **Partículas elementares no ensino médio**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2011.

SILVA, J. R., ARENGHI, L.E. LINO, A. Por que inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Rev. Bras. de Ens. de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 69-83. Jan-Abr, 2013.

VALADARES, E.C., MAGALHÃES-MOREIRA, A. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 15, n. 2: p. 121-135. Agosto, 1998.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciência e Cognição**, v. 12, p. 72-85. Dezembro, 2007.

TERRAZAN, E.A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola do 2º grau. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 9, n. 3: p. 209-214. Dezembro, 1992.

Apêndices

Apêndice A - Questionário



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
Campus Morrinhos – GO

Questionário – 3º ano ALI/TII

Estudante: _____

Componente curricular: Física

Turma: _____

Data: _____

Professor: Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

1 - De um modo geral, os tópicos de Física que você estudou até agora estão distantes ou próximos de situações do seu dia a dia? Assinale a opção que melhor se enquadra na perspectiva e escreva algumas linhas como justificativa.

- i) Muito próximo;
- ii) Pouca proximidade;
- iii) Conteúdos distantes;
- iv) Nunca percebi a Física em meu cotidiano;

2 - Você acha que existem situações/fenômenos os quais a comunidade científica (físicos, químicos, historiadores, filósofos, biólogos, matemáticos, etc.) ainda não consegue explicar por completo? Cite um exemplo e escreva mais a respeito.

3 – Em que tipo de atividades profissionais você acha que os *físicos* se envolvem nos dias de hoje?

4 - Você conhece, ou já leu algum material sobre Física Moderna e Contemporânea? Onde acha que esse tipo de conhecimento é aplicado?

5 - Qual a importância da luz na nossa interação com aparelhos eletrônicos?

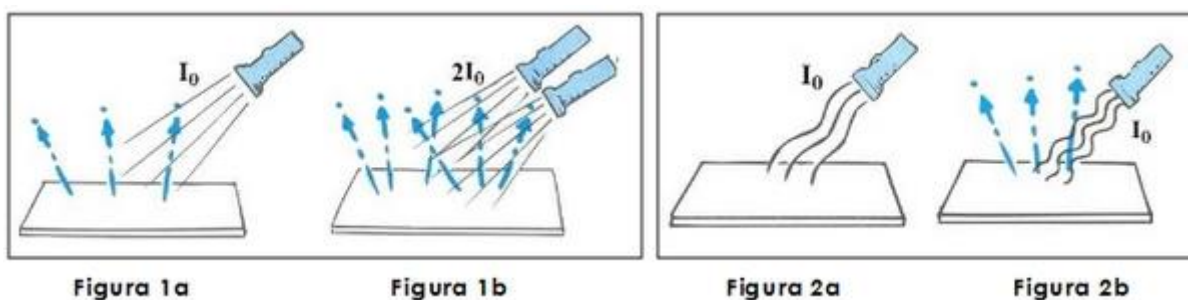
6 – O estudo dos fenômenos naturais pode ser feito sob duas perspectivas: microscópica e macroscópica. Qual(is) a(s) diferença(s) entre elas?

7 – O que você entende por *quantum*? E *fóton*?

Apêndice B – Questões sobre o efeito fotoelétrico

Questão 01- Sabendo que função trabalho para o alumínio vale aproximadamente 4,0 eV, descubra se é possível a ocorrência do efeito fotoelétrico para uma radiação com comprimento de onda igual a 400 nm? Considere a velocidade da luz $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, e a constante de Planck $h = 6,0 \cdot 10^{-34}$ J.s.

Questão 02- (UFRN 2009) No final do século XIX, vários pesquisadores perceberam que a luz era capaz de ejetar elétrons quando incidia em superfícies metálicas. Esse fenômeno, que ocorre sob certas condições, foi chamado de efeito fotoelétrico. A Figura 1a mostra luz policromática de intensidade I_0 , cujos fótons possuem energia entre 2,0 eV e 6,0 eV incidindo sobre uma superfície metálica. Observa-se que, dessa superfície, são ejetados elétrons com energia cinética máxima, E_{max} . A Figura 1b mostra, também, luz policromática de intensidade $2I_0$, cujos fótons possuem energia entre 2,0 eV e 6,0 eV incidindo sobre a mesma superfície metálica. Observa-se, ainda, que também são ejetados elétrons com energia cinética máxima, E_{max} .



A Figura 2a, por sua vez, mostra luz monocromática de intensidade I_0 , cujos fótons possuem energia de 3,0 eV incidindo sobre a mesma superfície metálica. Nesse caso, não se observam elétrons ejetados da superfície. Por outro lado, a Figura 2b mostra luz monocromática de intensidade I_0 , cujos fótons possuem energia de 6,0 eV incidindo sobre a mesma superfície metálica. Nesse caso, observam-se elétrons sendo ejetados da superfície.

Com base na teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico,

a) explique por que a energia cinética máxima dos elétrons, E_{max} , independe da intensidade da luz policromática incidente;

b) explique por que, para essa superfície metálica, o efeito fotoelétrico ocorre apenas quando incide luz cujos fótons possuem energia de 6,0 eV.

Anexos

Anexo I – TCLE (+18)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) +18

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa: intitulada “PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA”. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, este documento deverá ser assinado em duas vias, sendo a primeira de guarda e confidencialidade do pesquisador responsável e a segunda ficará sob sua responsabilidade para quaisquer fins.

Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Para esclarecer dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável, *Thiago Sebastião de Oliveira Coelho*, através do telefone: (64) 8157-3810, através do e-mail *thiago.coelho@ifgoiano.edu.br*, ou pessoalmente no Laboratório de Física – sala 14 do bloco pedagógico – no IF Goiano, Campus Morrinhos - GO. Em caso de dúvida sobre a ética aplicada a pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Goiano (situado na Rua 88, nº310, Setor Sul, CEP 74085-010, Goiânia, Goiás. Caixa Postal 50) pelo telefone: (62) 3605 3664 ou pelo e-mail: *cep@ifgoiano.edu.br*.

1. Justificativa, os objetivos e procedimentos:

A presente pesquisa é motivada pela oportunidade de utilizar a Física como conteúdo disciplinar capaz de valorizar saberes que contribuem para alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos. Ela se justifica pela necessidade da inserção de temas atuais e contextualizados nas aulas de Física, principalmente relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A evolução do conhecimento científico foi, e ainda é acompanhada por avanços tecnológicos que hoje nos permite gozar de situações de conforto e praticidade. A inserção de tópicos de FMC é uma ótima oportunidade para discutir questões sobre a evolução da ciência e seus efeitos na sociedade e meio ambiente.

O objetivo desse projeto é a elaboração de uma Unidade Didática com tópicos de FMC, contendo *sequências* instrucionais para o professor e um *texto de apoio* ao estudante. Para a coleta de dados serão feitas observações e análises de todas as aulas, assim como a valorização

de atividades como: mapas mentais e mapas conceituais; lista de exercícios e leitura (individual e em grupos); uso de softwares para simulação de experimentos; apresentação de trabalhos.

2. **Desconfortos, riscos e benefícios:**

Os benefícios oriundos da participação na pesquisa estão diretamente ligados à expansão e independência intelectual de todos os envolvidos. Além da discussão de temas atuais nas aulas de Física, o estudante terá a oportunidade de discutir problemas relacionados com outras áreas do conhecimento. Os participantes da pesquisa poderão aprimorar aspectos relacionados à leitura, fala e escrita.

O envolvimento com a pesquisa **não** é acompanhado por nenhum tipo de desconforto ou risco, tanto para a saúde, quanto à integridade moral.

3. **Forma de acompanhamento e assistência:**

Aos participantes será assegurada a garantia de assistência integral em qualquer etapa do estudo. Você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. Caso você apresente algum problema será encaminhado para tratamento adequado no Centro de Assistência Estudantil (CAE), com estrutura no bloco pedagógico do IF Goiano campus Morrinhos – GO.

4. **Garantia de esclarecimento, liberdade de recusa e garantia de sigilo**

Você será esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer tempo e aspecto que desejar, através dos meios citados acima. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento *ou interromper a participação a qualquer momento*, sendo sua *participação voluntária* e a recusa em participar **não** irá acarretar qualquer penalidade.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e todos os dados coletados servirão apenas para fins de pesquisa. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Nas situações onde os estudantes precisem ser identificados, serão usados símbolos como: ALUNO A, ALUNO B, ALUNO C, etc., sendo escolhidos aleatoriamente – **não** seguindo nenhum tipo de listas, números de matrículas ou a forma como se posicionam em sala de aula.

5. Custos da participação, ressarcimento e indenização por eventuais danos

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo nem receberá qualquer vantagem financeira. Caso você, participante, sofra algum dano decorrente dessa pesquisa, o pesquisador garante indenizá-lo por todo e qualquer gasto ou prejuízo.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____ estou de acordo em participar da pesquisa intitulada “PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA”, de forma livre e espontânea, podendo retirar a qualquer meu consentimento a qualquer momento.

_____, de _____ de 2015.

Prof. Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Responsável pela pesquisa

Participante

Anexo II - TCLE (-18)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) -18

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa: intitulada “*PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA*”. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, este documento deverá ser assinado em duas vias, sendo a primeira de guarda e confidencialidade do pesquisador responsável e a segunda ficará sob sua responsabilidade para quaisquer fins.

Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Para esclarecer dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável, *Thiago Sebastião de Oliveira Coelho*, através do telefone: (64) 8157-3810, através do e-mail *thiago.coelho@ifgoiano.edu.br*, ou pessoalmente no Laboratório de Física – sala 14 do bloco pedagógico – no IF Goiano, Campus Morrinhos - GO. Em caso de dúvida sobre a ética aplicada a pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal Goiano (situado na Rua 88, nº310, Setor Sul, CEP 74085-010, Goiânia, Goiás. Caixa Postal 50) pelo telefone: (62) 3605 3664 ou pelo e-mail: *cep@ifgoiano.edu.br*.

6. Justificativa, os objetivos e procedimentos:

A presente pesquisa é motivada pela oportunidade de utilizar a Física como conteúdo disciplinar capaz de valorizar saberes que contribuem para alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos. Ela se justifica pela necessidade da inserção de temas atuais e contextualizados nas aulas de Física, principalmente relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A evolução do conhecimento científico foi, e ainda é acompanhada por avanços tecnológicos que hoje nos permite gozar de situações de conforto e praticidade. A inserção de tópicos de FMC é uma ótima oportunidade para discutir questões sobre a evolução da ciência e seus efeitos na sociedade e meio ambiente.

O objetivo desse projeto é a elaboração de uma Unidade Didática com tópicos de FMC, contendo *sequências* instrucionais para o professor e um *texto de apoio* ao estudante. Para a coleta de dados serão feitas observações e análises de todas as aulas, assim como a valorização

de atividades como: mapas mentais e mapas conceituais; lista de exercícios e leitura (individual e em grupos); uso de softwares para simulação de experimentos; apresentação de trabalhos.

7. Desconfortos, riscos e benefícios:

Os benefícios oriundos da participação na pesquisa estão diretamente ligados à expansão e independência intelectual de todos os envolvidos. Além da discussão de temas atuais nas aulas de Física, o estudante terá a oportunidade de discutir problemas relacionados com outras áreas do conhecimento. Os participantes da pesquisa poderão aprimorar aspectos relacionados à leitura, fala e escrita.

O envolvimento com a pesquisa **não** é acompanhado por nenhum tipo de desconforto ou risco, tanto para a saúde, quanto à integridade moral.

8. Forma de acompanhamento e assistência:

Aos participantes será assegurada a garantia de assistência integral em qualquer etapa do estudo. Você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. Caso você apresente algum problema será encaminhado para tratamento adequado no Centro de Assistência Estudantil (CAE), com estrutura no bloco pedagógico do IF Goiano campus Morrinhos – GO.

9. Garantia de esclarecimento, liberdade de recusa e garantia de sigilo

Você será esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer tempo e aspecto que desejar, através dos meios citados acima. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento *ou interromper a participação a qualquer momento*, sendo sua *participação voluntária* e a recusa em participar **não** irá acarretar qualquer penalidade.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e todos os dados coletados servirão apenas para fins de pesquisa. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Nas situações onde os estudantes precisem ser identificados, serão usados símbolos como: ALUNO A, ALUNO B, ALUNO C, etc., sendo escolhidos aleatoriamente – **não** seguindo nenhum tipo de listas, números de matrículas ou a forma como se posicionam em sala de aula.

10. Custos da participação, ressarcimento e indenização por eventuais danos

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo nem receberá qualquer vantagem financeira. Caso você, participante, sofra algum dano decorrente dessa pesquisa, o pesquisador garante indenizá-lo por todo e qualquer gasto ou prejuízo.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____ CPF _____, responsável legal pelo (a) _____ autorizo sua participação no estudo intitulado “PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA”, desde que o (a) mesmo (a) aceite de forma livre e espontânea, e que possa se retirar a qualquer momento.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____ estou de acordo em participar desta pesquisa acima descrita. _____, de _____ de 2015.

Participante

Responsável legal

Prof. Thiago Sebastião de Oliveira Coelho

Responsável pela pesquisa

Anexo III – Infográfico parte 1

INFOGRÁFICO

O infográfico desta unidade apresenta as principais informações sobre o impacto ambiental da construção de uma usina hidrelétrica. Antes de responder às questões, faça a leitura deste infográfico observando como os textos e as imagens se relacionam e permitem a compreensão das informações abordadas neste capítulo.

1. Cite alguns impactos ambientais e sociais que surgem na área que recebe o lago que serve de reservatório para uma usina hidrelétrica.
2. Qual é a função das escadas nos lagos das usinas?
3. O nível do reservatório das hidrelétricas precisa ser mantido num patamar constante. Como isso é feito e quais os problemas decorrentes desse procedimento?
4. Quais são as consequências para a fauna da região onde foi criado o lago do reservatório?
5. Quais são os principais problemas com a flora na região alagada para a criação do reservatório? Como esses problemas podem ser amenizados?
6. O apodrecimento da madeira das árvores submersas libera gás metano. Cite alguns problemas causados por esse gás.

QUAL O IMPACTO AMBIENTAL DA INSTALAÇÃO DE UMA HIDRELÉTRICA?

LAGO DA USINA

EVAPORAÇÃO DEPOIS DO LAGO

EVAPORAÇÃO ANTES DO LAGO

GÁS METANO

CAOS CLIMÁTICO
O que antes era uma floresta vira, de uma hora para outra, um lago. Essa mudança aumenta a quantidade de água que evapora e, por consequência, mexe em outros três fatores climáticos: o total de chuvas, a umidade e a temperatura, que sofre variações de até 3 °C. Com todas essas alterações, as plantações que sobreviveram à inundação podem ser prejudicadas.

BOLHAS PERIGOSAS
Submersas no lago por vários anos, árvores e plantas apodrecem e liberam bolhas de gás metano, um poluente que corrói turbinas, impede a reprodução de alguns peixes e permite a proliferação de algas, causando desequilíbrio aquático. Algumas bolhas de metano são tão grandes que chegam a virar um barco pequeno de alumínio!

SALVAMENTO IMPROVISADO
Parte da fauna que ocupava a região do lago fica ilhada com a inundação. Quando o lago da barragem de Itaipu foi formado, por exemplo, 30 mil animais foram resgatados e levados a áreas de reserva. Alguns morreram por não se adaptar ao novo habitat. O salvamento ocorre até hoje: quando as turbinas param para manutenção, os peixes que entram nos dutos são retirados.

Anexo IV – Infográfico parte 2

