



ANDRESSA GIAROLA ALVES

**MATERIAIS SEMICONDUTORES: UMA
ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO**

LAVRAS – MG

2017

ANDRESSA GIAROLA ALVES

**MATERIAIS SEMICONDUTORES: UMA ABORDAGEM PARA O
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino em Física, área de concentração em Ensino em Física, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Orientador

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Coorientador

LAVRAS – MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Alves, Andressa Giarola.

 Materiais semicondutores: uma abordagem para o ensino médio /
Andressa Giarola Alves. - 2017.

 81 p.

 Orientador: Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva.

 Coorientadores: Antônio Marcelo Martins Maciel

 Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

 Bibliografia.

 1. Física Moderna e Contemporânea. 2. Materiais Semicondutores.
3. Aprendizagem. I. Silva, Antonio dos Anjos Pinheiro da. II. Maciel,
Antônio Marcelo Martins. III. Título.

ANDRESSA GIAROLA ALVES

**MATERIAIS SEMICONDUTORES: UMA ABORDAGEM PARA O
ENSINO MÉDIO**

***SEMICONDUCTOR MATERIALS: AN APPROACH FOR HIGH SCHOOL
EDUCATION***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino em Física, área de concentração em Ensino em Física, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. João anrtônio Corrêa Filho	UFSJ
Prof. Dr. Helena Libardi	UFLA
Prof. Dr. Júlio César Ugucioni	UFLA

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Orientador

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Coorientador

LAVRAS – MG

2017

À minha querida mãe Celeste, com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus. Sem ele, jamais teria imaginado e conseguido chegar até aqui.

Ao Professor Antonio do Anjos, paciência, confiança e oportunidade de trabalhar ao seu lado.

Aos professores Antônio Marcelo, Iraziet Charret e Helena Libardi, por serem os maiores incentivadores na superação dos meus limites desde a graduação.

Aos colegas de mestrados, em especial à Juliana, companheirismo e lealdade. Todos sempre muito gentis, alegres e presentes.

Aos meus pais, os quais sempre me incentivaram.

Aos meus irmão, Frederico e Priscila, carinho.

Ao meu querido Stéfano, sempre um porto.

À equipe Dom Delfim, oportunidade confiança.

À família Colégio Tiradentes, pelo incentivo e sensibilidade nesta etapa.

Aos meus alunos, delicadeza no compartilhamento deste meu aprendizado.

RESUMO

Este trabalho consiste em uma proposta para inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, compreendendo o desenvolvimento, aplicação e análise dos resultados de uma sequência didática para o ensino-aprendizagem de um tema relacionado aos materiais semicondutores. Na escolha do tema foi levado em conta o apelo tecnológico despertado pelo tópico, uma vez que muitas aplicações do cotidiano do aluno resultam desses materiais, presentes em inúmeros dispositivos eletrônicos. A sequência didática produzida nesta dissertação foi desenvolvida com duas turmas de, aproximadamente, trinta alunos do terceiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Dom Delfim, em Itumirim, Minas Gerais. Como resultado e conclusão, observamos que o presente trabalho pode contribuir para o ensino e aprendizagem dos alunos através da relação entre conteúdo programático com os avanços tecnológicos e sociais. Dessa forma, o material aqui apresentado poderá auxiliar o professor na escolha de estratégias de abordagem do assunto, no sentido de facilitar, desafiar e promover o entendimento do conteúdo por parte dos alunos.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Materiais Semicondutores. Aprendizagem. Sequência Didática.

ABSTRACT

This work consists of a proposal to insert Modern and Contemporary Physics to the High School educational system, comprehending the development, application, and analysis of results obtained from an educational sequence created for the teaching-learning process of a topic related to semiconductor materials. Technological appeal was taken into consideration when choosing the topic, since several day-to-day applications by students result from these materials, which are present in many electronic devices. The educational sequence in this thesis was developed with two classes, each with approximately thirty students in their senior year of High School, from the Escola Estadual Dom Delfim, in Itumirim, Minas Gerais. As a result, we observed that this work may contribute to the students' teaching-learning process by relating their theoretical content to technological and social advancements. Thus, the material in this thesis may help the teacher choose strategies to approach the topic, as well as ease, challenge, and promote the students' understanding on the content.

Keywords: Modern and Contemporary Physics. Semiconductor Materials. Learning. Educational Sequence.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BC	Banda de Condução
BV	Banda de Valência
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FC	Física Clássica
FMC	Física Moderna e Contemporânea
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
PCN +	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático

SOBRE A AUTORA DA PROPOSTA

Sou professora de Física do Ensino Médio, natural de São João del Rei, Minas Gerais, onde fiz todo meu ensino básico em escolas estaduais. Em agosto de 2008 ingressei no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Lavras. Nessa etapa da minha vida tive a oportunidade de trabalhar com duas iniciações científicas e ser bolsista do PIBID-UFLA Física por três anos. Com as experiências adquiridas na graduação, percebi que minha inclinação estava voltada à área do Ensino, pois seus desafios me traziam alegria e muita satisfação, apesar de muito professores do ensino médio aconselharem não seguir por esse ramo. Foi então que, quando encerrei minha graduação em 2013, projetei entrar no Programa de Pós-Graduação em Ensino em Física da UFLA – o MNPEF polo UFLA. Como exigências do Programa de Mestrado Profissional, o discente deveria atuar na área, foi assim que, antes de participar do processo seletivo do Mestrado, em fevereiro de 2014, entrei para a equipe de professores da Escola Estadual Dom Delfim, em Itumirim, Minas Gerais, onde atuo até o presente momento. Em agosto de 2014, consegui ingressar no MNPEF polo UFLA. Neste último ano do mestrado, em 2016, também tive a oportunidade de, além de lecionar em Itumirim, exercer a docência no Colégio Tiradentes da PMMG de Lavras, onde trabalhei como professora regente de três turmas do terceiro ano e professora de laboratório para duas turmas do primeiro ano e duas turmas do segundo ano. Apesar de todas as dificuldades que tive em trabalhar em duas escolas e, concomitantemente, realizar este mestrado, a minha opção em conciliar mais um cargo neste último ano, esteve em ansiar uma oportunidade única, onde lecionar em um colégio militar me proporcionaria – e proporcionou – vivenciar outra realidade em que não estava habituada até aquele momento.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	O desenvolvimento e a aprendizagem segundo Vygotsky	15
2.2	Semicondutores e a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	17
2.3	Revisão Bibliográfica sobre o conteúdo	22
2.4	Análise sobre a abordagem do tema Semicondutor em sete livros de Física do PNL D 2015	27
3	METODOLOGIA E MÉTODOS	33
3.1	Apresentação Geral	33
3.2	Natureza da pesquisa	33
3.3	Pesquisa qualitativa – Pesquisa-ação	34
3.4	Contexto da pesquisa	35
3.5	Procedimento de coleta de dados	36
3.6	Instrumento de Pesquisa	36
3.7	Sequência Didática - Conceito e Estrutura	37
3.7.1	Descrição das Atividades	40
4	RESULTADOS E ANÁLISE	47
4.1	Atividade 1	48
4.2	Atividade 2	52
4.3	Atividade 3	56
4.4	Atividade 4	57
4.5	Atividade 5	59
4.6	Atividade 6	64
4.7	Atividade 7	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

A manifestação da eletricidade ligada à matéria está relacionada com a propriedade de condução de cargas elétricas – corrente elétrica – denominada condutividade elétrica. A propriedade decorrente à circulação de cargas pode ser usada para classificar os materiais quanto a sua maior ou menor capacidade para conduzir eletricidade, ordenando-os em bons e maus condutores de corrente elétrica. No entanto, alguns materiais apresentam propriedades de condução elétricas intermediárias entre os isolantes – maus condutores – e os condutores – bons condutores, tais materiais são chamados de semicondutores.

Os materiais semicondutores constituem a matéria-prima da fabricação dos dispositivos eletrônicos e têm extrema importância nas transformações da sociedade e do modo de vida atual. Apesar de aparentemente não visíveis nos dispositivos, os materiais semicondutores constituem a base da eletrônica.

A eletrônica é o ramo da tecnologia mais marcante do século XX. Ela surgiu em 1906 com a invenção, por Lee de Forest, nos Estados Unidos, da válvula tríodo, um dispositivo que tornou possível a amplificação de sinais elétricos. Há outros tipos de válvulas como o diodo e os pêntodos. O funcionamento de todas elas é baseado no controle do movimento dos elétrons entre os eletrodos por meio da ação de um campo elétrico sobre sua carga elétrica (REZENDE, 2006). Essa é a origem do nome ELETRÔNICA.

O rádio foi a primeira conquista da Eletrônica na primeira metade do século XX. Ele possibilitou a comunicação e a propagação de comunicação e de informações à distância, através da voz e da música. Mais tarde foi desenvolvido o sistema para transmissão à distância de imagens em movimento: a televisão. Depois, vieram os computadores e também uma grande variedade de equipamentos para diversas finalidades.

No início, equipamentos eletrônicos eram produzidos por válvulas a vácuo. Essas apresentavam algumas particularidades quanto a sua fabricação e

seu funcionamento. Essas válvulas tinham um tamanho consideravelmente “grande”, e ocupavam um amplo espaço. Quando usadas por um longo período de tempo, produziam superaquecimento e os materiais de que eram feitas não resistiam às altas temperaturas, portanto, eram susceptíveis ao mau funcionamento e, sua fabricação, demandava alto custo de produção. Em razão disso, durante a época que antecedeu a Segunda Guerra Mundial, a busca por um equipamento que pudesse suprir as características das válvulas em um dispositivo eletrônico era intensa. Em 1947, os físicos J. Bardeen, W. Brattain e W. Shockley, que representavam o laboratório Bell Telephone, alavancaram as pesquisas que eram desenvolvidas na área de condução eletrônica em semicondutores, descobrindo a partir daí um novo dispositivo que superasse a capacidade de trabalho das válvulas a vácuo, que foram os transistores (REZENDE, 2006).

A década de 50 foi um período em que se buscou sofisticar a qualidade dos transistores e adequá-los às diversas aplicações em circuitos eletrônicos. Na década seguinte, já podia ser observado o surgimento dos circuitos integrados, que são um conjunto de transistores e diodos em um tamanho micro reduzido, aos quais são interligados com resistores e capacitores, construídos na mesma pastilha do material semicondutor. A descoberta desse dispositivo foi o marco do avanço da tecnologia da microeletrônica, que anos mais tarde seria importante na fabricação dos microcomputadores usados atualmente.

As frequentes melhorias dessa tecnologia têm provocado mudanças nos hábitos e costumes diários das pessoas. Pode-se considerar que a Eletrônica é um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento da sociedade nos séculos XX e XXI (HAVILAND, 2002). Os dispositivos eletrônicos atuais, como celulares, tablets e computadores, estão sendo utilizados cada vez mais cedo, uma vez que, a cada dia, mais pessoas são influenciadas pelo uso da tecnologia no mundo inteiro. Idosos, adultos, jovens, adolescentes e crianças são

apreciadores ao uso de eletrônicos em geral. Voluntariamente ou não, a sociedade vive numa era em que o mundo requer que seja mais receptiva ao uso de tais equipamentos.

Dessa forma, do ponto de vista do ensino, em particular o ensino em Física, e considerando o papel da escola como um ambiente que favorece a inserção do aluno numa sociedade em constante evolução, para que os alunos possam entender e se relacionar melhor com essas tecnologias, é preciso que o ensino oferecido contemple, em algum momento em seu planejamento, os princípios básicos de funcionamento dos dispositivos semicondutores, buscando a reflexão desse avanço tecnológico com o conhecimento científico, a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

No ensino de Física, especificamente, a descrição dos materiais semicondutores e suas aplicações encontram-se nos conteúdos presentes na chamada Física Moderna e Contemporânea – FMC. Vários documentos oficiais e trabalhos acadêmicos que abordam esse tema sempre ressaltam a necessidade de se ensinar conceitos de FMC, em especial aqueles ligados à teoria quântica para alunos do Ensino Médio (GRECA; MOREIRA, 2001; LOBATO; GRECA, 2005; OSTERMANN; RICCI, 2005).

A escola possui uma função específica que é ensinar. Segundo Libâneo (2002), ensinar significa ajudar os alunos a desenvolver suas capacidades intelectuais e capacidades reflexivas em face da complexidade do mundo moderno, da influência forte das mídias e de todo o conjunto de problemas sociais que afetam a juventude. Nesse aspecto, um bom professor, ainda segundo Libâneo (2002), é aquele que consegue organizar os seus conteúdos levando em conta as características dos alunos, reconhecendo que seus alunos trazem para a escola uma variedade de saberes que eles encontram fora da escola. Diante disso, a escola de hoje não detém o monopólio do saber, ela precisa ser pensada numa escola que ensina, mas uma escola em que os professores saibam

organizar seus conteúdos tendo em vista as características individuais, sociais e culturais que os alunos trazem para a sala de aula.

Isto é, um bom professor precisa ter domínio dos conteúdos, ter noção clara de como é que os alunos aprendem a pensar e desenvolver suas capacidades intelectuais através dos conteúdos, mas ao fazer isso, ele leve em conta as características individuais dos alunos, a relação que os alunos terão com o que ele vai ensinar, o modo de vida que os alunos levam na sua cidade e no seu grupo de referência.

Assim sendo, o objetivo do presente trabalho foi investigar o processo de ensino-aprendizagem durante o desenvolvimento de uma sequência didática sobre materiais semicondutores e relacioná-los com os avanços tecnológicos e sociais. A motivação desta pesquisa é também devido ao fato de que os autores encontraram na literatura poucos trabalhos pertinentes ao tema, direcionado ao ensino médio. Além disso, também foram analisados sete livros do Plano Nacional do Livro Didático – PNLD 2015, onde se observou que esse conteúdo é tratado de forma incipiente.

A sequência didática produzida neste trabalho foi desenvolvida com duas turmas de, aproximadamente, trinta alunos do terceiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Dom Delfim, em Itumirim, Minas Gerais.

A dissertação aqui apresentada contempla as seguintes capítulos: 1) Introdução, 2) Referencial Teórico; 3) Metodologia e Métodos; 4) Resultados e Análise e 5) Considerações Finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico onde será desenvolvido ideias com base em referências bibliográficas, visando o embasamento teórico deste estudo, assim como apresentar quais são os teóricos que já estudaram sobre o assunto deste trabalho. Na seção 2.1 é apresentado o desenvolvimento e a aprendizagem segundo Vygotsky. A seção 2.2 retrata a relação dos tema Materiais Semicondutores com a Inserção de Física Moderna e Contemporânea. Na seção 2.3, é mostrada uma revisão bibliográfica realizada em quatro artigos que abordam o tema Materiais Semicondutores direcionado ao Ensino Médio. A seção 2.4, por sua vez, contempla um levantamento feito em sete livros aprovados pelo PNLD 2015.

2.1 O desenvolvimento e a aprendizagem segundo Vygotsky

Para Vygotsky (1984), as características humanas não estão presentes desde o nascimento, nem são simplesmente resultados das pressões do meio externo, elas são resultados das relações homem e sociedade, pois, quando o homem transforma o meio na busca de atender suas necessidades básicas, ele transforma-se a si mesmo.

A aprendizagem para Vygotsky é um processo contínuo e a educação é caracterizada por saltos qualitativos de um nível de aprendizagem a outro, daí a importância das relações sociais. Dois tipos de desenvolvimento foram identificados por ele: o *desenvolvimento real*, que se refere àquelas conquistas que já são consolidadas na criança¹, aquelas capacidades ou funções que realiza

1 As pesquisas de Vygotsky foram realizadas com a criança na fase em que começa a desenvolver a fala, pois se acreditava que a verdadeira essência do comportamento se dá a partir da mesma. É na atividade prática, ou seja, na coletividade que a pessoa se aproveita da linguagem e dos objetos físicos disponíveis em sua cultura, promovendo assim seu desenvolvimento, dando ênfase aos conhecimentos histórico-cultural, conhecimentos produzidos e já existentes em seu cotidiano.

sem auxílio de outro indivíduo; e *desenvolvimento potencial*, que por sua vez, se refere àquilo que a criança pode realizar com auxílio de outro indivíduo. Nesse caso, as experiências são muito importantes, pois ela aprende através do diálogo, colaboração, imitação. A distância entre os dois níveis de desenvolvimentos chamamos de *zona de desenvolvimento potencial* ou *proximal*, o período que a criança fica utilizando um ‘apoio’ até que seja capaz de realizar determinada atividade sozinha. Por isso, Vigotsky (1984, p. 98) afirma que

aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã.

Assim, transpondo os estudos de Vygotsky (1984) para adulto, a aprendizagem decorre da compreensão do homem como um ser que se forma em contato com a sociedade. Para Vygotsky (1984), a formação se dá na relação dialética do homem com a sociedade que ele habita. O que interessa é a interação que cada pessoa estabelece com determinado ambiente. Outro conceito-chave de Vygotsky é a mediação. Segundo a teoria vygotskiana, toda relação do indivíduo com o mundo é feita por meio de instrumentos técnicos - como as ferramentas agrícolas, que transformam a natureza - e da linguagem - que traz consigo conceitos consolidados da cultura à qual pertence o sujeito. A mediação é vista como central no processo de aprendizagem, pois é através dessa que as funções psíquicas superiores² se desenvolvem.

Sobre o papel da escola e do professor, para Vygotsky o trabalho pedagógico deve estar associado à capacidade de avanços no desenvolvimento do aluno, valorizando o desenvolvimento potencial e a zona de desenvolvimento

² Para Vygotsky funções psíquicas superiores são aquelas funções mentais que caracterizam o comportamento consciente do homem - atenção voluntária, percepção, a memória e pensamento - que constituiria uma perspectiva metodológica que acenava para a compreensão de diversos aspectos da personalidade do homem.

proximal. Assim, a escola deve estar atenta ao aluno, valorizar seus conhecimentos prévios, trabalhar a partir deles, estimular as potencialidades, dando a possibilidade ao aluno de superar suas capacidades e ir além, buscando seu desenvolvimento e aprendizado. Para que o professor possa fazer um bom trabalho, ele precisa conhecer seu aluno, suas descobertas, hipóteses, crenças, opiniões, desenvolvendo diálogos e criando situações onde o aluno possa expor aquilo que sabe. Assim, os registros, as observações são fundamentais, tanto para o planejamento e objetivos quanto para a avaliação.

Considerando a situação acima descrita, como podemos inserir os tópicos relacionados aos Materiais Semicondutores no currículo do ensino médio? Quando devemos desenvolvê-los? Que requisitos básicos os alunos devem ter para iniciar o estudo desse tópico? Essas e outras perguntas devem ser levadas em consideração no momento de estruturação do planejamento anual do professor na disciplina. Ainda considerando os argumentos apresentados por Ostermann e Moreira (2000) e respeitando as especificidades dos alunos, acreditamos que este trabalho se enquadra naquela vertente que a FMC deve ser inserida nos limites da física clássica. Assim, sugere-se que a sequência didática proposta neste trabalho seja realizada após o desenvolvimento das aulas de processos de eletrização da matéria, em particular, no momento em que o professor estiver diferenciando os materiais condutores dos materiais isolantes.

2.2 Semicondutores e a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

Quando se refere ao processo de ensino e aprendizagem, são inúmeras as dificuldades encontradas pelo professor, especificamente, na área da Física, por exemplo, a qualidade dos cursos voltados à formação continuada na área, a formação inicial dos professores de Física – a maioria dos professores

designados nas escolas públicas são profissionais oriundos de outras áreas – e, a carência de materiais voltados à inserção de FMC (ALVES, 2013).

Na Lei de Diretrizes e Base da Educação do Brasil, de 1996 (BRASIL, 1996), é possível verificar que o ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

- a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores [...].
- a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina [...].
- domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna [...].

Dessa forma, para que a escola cumpra seus objetivos, ela deve priorizar uma formação pelo qual o indivíduo possa conhecer e interagir criticamente com os fenômenos que o rodeiam. Mais especificamente, a disciplina de Física no Ensino Médio – EM deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato, quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (BRASIL, 2006, p. 2).

A presença e a utilização crescente de dispositivos eletrônicos no dia a dia torna o papel da tecnologia cada vez mais importante na vida dos alunos (CARMONA, 2008), portanto a responsabilidade pela inserção de conteúdos que abordam e explicam tais tecnologias é fundamental para o cumprimento dos objetivos da escola. No ensino de Física, especificamente, esses conteúdos fazem parte da chamada Física Moderna e Contemporânea – FMC.

Historicamente, a evolução da Física pode ser dividida em duas etapas: Física Clássica (FC) e Física Moderna e Contemporânea (FMC). A FC

compreende a ciência desenvolvida desde Copérnico, Galileu e Newton até a teoria clássica sobre Eletromagnetismo, no final do século XIX. A Física Moderna surge com as teorias desenvolvidas a partir do século XX, com a Física Quântica e a Relatividade, mesclando-se à Física Contemporânea, que tem sua origem no final da Segunda Guerra Mundial e que se caracteriza principalmente com os estudos das partículas subatômicas (DOMINGUINI, 2010).

De modo geral, a Física presente no ensino médio prioriza a abordagem da FC, que possui uma grande importância na história e até hoje é útil na resolução de problemas específicos. No entanto, a Física Clássica não abrange toda a Física necessária para a compreensão da ciência moderna que está inserida no cotidiano dos alunos. Os avanços tecnológicos presentes na sociedade atual são frutos do desenvolvimento científico presente na FMC.

A inserção de FMC na educação básica começou a se consolidar como linha de pesquisa em meados da década de 1980, quando a preocupação com o currículo defasado em comparação com o desenvolvimento da própria Física tornou-se evidente (TERRAZZAN, 1994). Atualmente, a FMC já possui um número considerável de trabalhos para que possa ser reconhecida como uma área de pesquisa inserida dentro do contexto do Ensino da Física (GRECA; MOREIRA, 2001; LOBATO; GRECA, 2005; OSTERMANN; RICCI, 2005).

Embora os pesquisadores da área reconheçam a importância e a necessidade da inserção de elementos de FMC no Ensino Médio, Menezes (2000) alerta que a inclusão de novos conteúdos deve ser cautelosa, pois implica em desafios didáticos que se esbarram no despreparo dos professores e na insistência dos exames de ingresso ao ensino superior (vestibular e ENEM) em não incorporar o assunto de uma forma mais abrangente. Em vista desse cenário, a inserção de conteúdos e práticas voltadas ao ensino da FMC nas escolas pode ser considerada uma prática transformadora.

Em particular, acreditamos que a inserção de conceitos que envolvam Materiais Semicondutores no planejamento das aulas de Física, de acordo com nossa proposta, possa possibilitar ao aluno algum conhecimento e pensamento crítico e social sobre a fabricação, manuseio e funcionamento da maioria dos dispositivos eletrônicos que eles utilizam no dia a dia.

Como previstos nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) no tema estruturador Matéria e Radiação (BRASIL, 2006):

[...] São esses modelos explicativos de matéria que [...] possibilitam o desenvolvimento de [...] novos sistemas tecnológicos como microcomputadores, combustíveis nucleares, rastreamento por satélite, lasers e cabos de fibra óptica [...]. A compreensão desses aspectos pode propiciar, ainda, um novo olhar sobre o impacto da tecnologia nas formas de vida contemporâneas, além de introduzir novos elementos para uma discussão consciente da relação entre ética e ciência [...] (BRASIL, 2006, p. 28).

Ainda nos documentos oficiais (PCN+), pode-se notar o incentivo à abordagem de tal tema, como observado na Unidade 5.4 sobre as habilidades que devem ser desenvolvidas com os alunos no que se refere à Eletrônica e Informática (BRASIL, 2006):

- identificar a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, e suas propriedades nos equipamentos contemporâneos;
- identificar elementos básicos da microeletrônica para compreender o processamento de informação (processadores, microcomputadores etc.), redes de informática e sistemas de automação;
- acompanhar e avaliar o impacto social e econômico da automação e informatização na vida contemporânea (BRASIL, 2006, p. 30).

No que se refere a inserção de FMC no EM, Ostermann e Moreira (2000) apontam algumas justificativas:

- a) despertar a curiosidade dos alunos;
- b) carreira científica, uma possibilidade para jovens como futuros professores e pesquisadores;
- c) apresentar a física desenvolvida além de 1900.

Terrazzan (1992), ao escrever sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, destaca a relevância de assuntos do cotidiano dos estudantes e aponta que:

O cotidiano a que nos referimos inclui não só aspetos derivados do sistema produtivo e da realidade geral em que vivemos, mas também a satisfação da curiosidade natural inerente ao ser humano, que o impulsiona na busca do conhecimento, e a satisfação das solicitações incentivadas pelos meios de comunicação (TERRAZZAN, 1992, p. 209).

De acordo com Ostermann e Moreira (2000), para a inserção dos tópicos de física moderna no ensino médio, deve ser considerada três vertentes principais: Exploração dos limites clássicos; Não utilização de referências aos modelos clássicos; e Escolha de tópicos essenciais.

A abordagem com base na exploração dos limites da física clássica deve-se aos trabalhos de Gil e Solbes (1993), que sugerem uma abordagem construtivista para o ensino de FMC, na qual a orientação tradicional de ensino-aprendizagem, que enfatiza a simples transmissão/recepção de conhecimento, é substituída por um currículo que envolva os alunos em “atividades” e os coloque em situações problemáticas através das quais o conhecimento pode ser (re)construído. Assim, os conceitos de FMC podem ser introduzidos, tendo-se como referencial um modelo construtivista de ensino-aprendizagem na perspectiva de mudança conceitual e metodológica (GIL; SOLBES, 1993).

A inserção da FMC sem fazer referência aos conteúdos clássicos é atribuída às pesquisas de Fischler e Lichtfeldt da Universidade Livre de Berlim, Alemanha, onde os autores consideram que a aprendizagem de Física Moderna é dificultada porque o ensino, frequentemente, usa analogias clássicas (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

A terceira vertente atribuída a Arons, da Universidade de Washington, Estados Unidos, propõe que alguns conceitos de física moderna devem ser ensinados no ensino médio, onde os alunos deverão ter somente percepções sobre os conceitos. Considera a Física Clássica como suporte para inserção de tópicos de FMC e ainda afirma que existem lacunas na programação escolar pois sempre é preciso "deixar algo de fora" ao organizar-se um currículo. Na abordagem de tópicos de FMC, deve-se buscar na Física Clássica apenas o essencial para que o tópico proposto seja compreendido. De certa forma, a seleção de pré-requisitos permeia presente proposta (ARONS, 1990).

2.3 Revisão Bibliográfica sobre o conteúdo

Nesta seção é apresentada uma revisão bibliográfica realizada em quatro artigos que abordam o tema Materiais Semicondutores direcionado ao Ensino Médio.

A escolha para os artigos consistiu inicialmente em uma varredura no Google Acadêmico³ sobre trabalhos que envolvesse o tema *Materiais Semicondutores no Ensino Médio*. Inicialmente, foi encontrado o primeiro artigo, dos autores Freitas e Oliveira (2015), onde esses autores utilizaram de bibliografias que continham o mesmo tema. Constatamos uma dificuldade em encontrar outros trabalhos que envolvesse o mesmo assunto, dessa forma, optamos em selecionar das referências de Freitas e Oliveira (2015) mais três artigos que completaram esta revisão bibliográfica.

³ <https://scholar.google.com.br/>

Como primeiro trabalho para compor o corpo desta revisão, foi escolhido o artigo intitulado *O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores*, dos autores Freitas e Oliveira (2015). Nesse trabalho, os autores relatam que o trabalho tinha como objetivo investigar a potencialidade do uso de uma sequência de quatro vídeos curtos para o ensino de tópicos de semicondutores no Ensino Médio. A sequência foi aplicada em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio, envolvendo em torno 72 estudantes. Após a exibição de cada vídeo, foi entregue um questionário com 16 itens de Likert⁴, a fim de medir as atitudes dos estudantes em relação a alguns conceitos abordados nos vídeos. Os autores afirmam que, analisando os resultados obtidos nos questionários, foi possível concluir que a proposta era eficiente, principalmente no que dizia respeito à motivação dos alunos em estudar o assunto. Grande parte dos conceitos foram bem assimilados, e as poucas dificuldades apresentadas estavam de acordo com a literatura. O resultado dessa pesquisa sugere que o uso de vídeos curtos é uma estratégia que pode ser mais utilizada, principalmente devido a sua versatilidade e a pequena demanda de recursos técnicos.

O segundo trabalho escolhido foi o artigo denominado *Uma sequência de ensino sobre dispositivos condutores e semicondutores de nosso dia a dia*, dos autores Paula e Alves (2007). Esse artigo descreve parte de uma sequência de atividades concebida para envolver alunos de ensino médio no estudo e investigação de alguns dispositivos condutores e semicondutores muito utilizados em seu dia a dia. Nele, descreve as nove primeiras atividades de uma sequência de quinze.

Atividades:

4 Itens de Likert é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, e é a escala mais usada em pesquisas de opinião. Ao responderem a um questionário baseado nesta escala, os perguntados especificam seu nível de concordância com uma afirmação. Esta escala tem seu nome devido à publicação de um relatório explicando seu uso por Rensis Likert.

1 - aspectos fenomenológicos e práticos dos circuitos, com ênfase na descrição da estrutura e funcionamento de circuitos e aparelhos eletrodomésticos. Do ponto de vista conceitual, essa sequência investe na introdução dos conceitos de tensão elétrica, corrente, resistência e potência elétrica. A abordagem dos fenômenos é macroscópica e nenhuma referência a modelos microscópicos é realizada pelo professor ou pelos textos das atividades de leitura e investigação.

2 - investigar semelhanças e diferenças entre o processo de emissão de luz em diodos e em lâmpadas convencionais (lâmpadas de filamento ou incandescentes).

3- Estabelecer algumas comparações entre a condutividade elétrica em condutores metálicos e semicondutores.

4 - Comparar uma possível influência da luz no comportamento elétrico de um conjunto de três LEDs coloridos com encapsulamento transparente e outro conjunto de três lâmpadas de filamento, também com as cores vermelha, verde e azul.

5 - investigar a capacidade de LEDs coloridos atuarem como foto-sensores em diferentes regiões do espectro visível.

6 - utiliza uma rede de difração para produzir um espectro contínuo de luz visível.

7 - leitura de um texto denominado a natureza da luz. Esse texto resgata a dissensão entre Isaac Newton, Christian Huygens e Robert Hook sobre a natureza ondulatória ou corpuscular da luz.

8 - aula expositiva dialogada baseada em um texto cuja leitura estaria reservada para uma atividade extraclasse, permitindo que os alunos tenham um registro das ideias discutidas em aula e que possam pensar novamente sobre tais ideias, sua estrutura e suas implicações.

9 - exploração de quatro simulações no computador.

Muitas das atividades que constituem a sequência descrita por eles foram inspiradas em trabalhos de outros autores, mas, segundo os autores, há novidades não encontradas na literatura consultada. Eles ainda relataram que a experiência em sala de aula será registrada em áudio e vídeo para análise e avaliação e, brevemente, divulgaram outros resultados desse empreendimento

Como o terceiro trabalho consultado, o artigo *Física de semicondutores en la enseñanza básica de la electrónica: primeros pasos de un proceso de transposición didáctica*, de autoria Garcia-Carmona e Criado (2008). Esse artigo trata-se de uma compilação dos trabalhos produzidos por um grupo de pesquisadores que atua em escolas espanholas, do qual o autor faz parte. É um trabalho bastante completo, uma vez que eles abordam desde a inclusão dos conceitos de materiais semicondutores no currículo das escolas espanholas até questões sobre o entorno da sala de aula, passando porventura por outros aspectos que dificultam a abordagem desses conceitos no ensino secundário (que é equivalente ao nosso Ensino Médio). Além disso, apresentam os resultados da aplicação de uma proposta de ensino desses conceitos em sala de aula.

A preocupação desse grupo estava centrada na adaptação da linguagem científica para o contexto dos estudantes. Por isso, a maior parte das atividades aplicadas a eles tinha como foco central nos textos de divulgação científica. Os trabalhos normalmente consistiam de atividades em grupo (de 3 ou 4 alunos) que analisavam e discutiam esses textos e situações-problema que abordavam os semicondutores sobre diversas óticas. Esse trabalho foi dividido em cinco módulos. No primeiro, relacionou-se o desenvolvimento da eletrônica com os materiais semicondutores. No segundo, foram abordados os condutores e os isolantes de forma muito similar ao que normalmente é feito no Ensino Médio no Brasil, enquanto que o terceiro módulo tratou especificamente a natureza dos semicondutores, dando-se ênfase na relação entre sua condutividade e a temperatura. No quarto módulo, tratou-se dos semicondutores puros

(intrínsecos) a partir da regra do octeto e do conceito de ligação covalente, tratando-se também da recombinação de elétrons e buracos, assim como o próprio conceito de buraco. No quinto módulo, por sua vez, foram abordados os semicondutores dopados, suas diferenças e características, que foram utilizadas para explicar o conceito de diodo de junção. As várias atividades avaliativas utilizadas mostraram o sucesso da iniciativa, apesar de alguns problemas apresentados. Entre eles, destaca-se a dificuldade dos estudantes em diferenciar o conceito de dopagem de um semicondutor com seu estado de eletrização. Por exemplo, para boa parte dos estudantes analisados, um semicondutor dopado tipo-P está eletrizado positivamente.

O quarto e último artigo foi de autoria de Silva e Vasconcelos (2014), titulado como *Ciência, tecnologia e sociedade a partir do estudo dos semicondutores no contexto do ensino médio*. Nesse artigo, os autores relatam que a pesquisa desenvolvida por eles teve como função procurar respostas quanto às contribuições para o processo de ensino e aprendizagem na área de química visando o desenvolvimento do aluno. Considerando esses aspectos, o trabalho teve como objetivo analisar o impacto de uma sequência didática relacionada à estrutura, propriedades e aplicações dos semicondutores no contexto do ensino médio com enfoque CTS. A sequência didática foi desenvolvida a fim de estruturar as questões conceituais relacionadas às estruturas, propriedades e aplicações dos semicondutores, dando enfoque ao chip de forma a melhorar a percepção do discente e contribuir para o desenvolvimento de sua concepção quanto à natureza da ciência e tecnologia e sua interdependência. A sequência didática foi aplicada em três etapas e cada etapa corresponde a duas aulas de 50 minutos.

1 - A primeira etapa foi representada por uma aula expositiva dialogada onde foram levantadas as primeiras hipóteses e o conhecimento prévio do educando.

2 - A segunda etapa desenvolvida foi uma visita técnica ao projeto Catavento⁵, com a finalidade de explicar o funcionamento de um semicondutor.

3 - Na terceira etapa, foram utilizados diferentes recursos multimídia.

Além da sequência didática, foi aplicado como instrumento um pré-teste e, segundo os autores, seria aplicado um pós-teste. Os resultados, ainda que parciais, indicaram que as atividades da sequência didática, quando atreladas ao enfoque CTS, podem contribuir para uma melhor aprendizagem dos conteúdos científicos e o desenvolvimento de atitudes no educando em relação ao exercício da cidadania.

Como contribuição para o presente trabalho, o artigo de Freitas e Oliveira (2015) reforçou a utilização de vídeos como recurso didático para uma das atividades que aplicamos. O trabalho de Garcia-Carmona e Criado (2008), por sua vez, corroborou com o uso de textos e a utilização de grupos de estudos nas atividades, assim como nos resultados encontrados por eles foi relatado a dificuldade que o tiveram alunos em compreender o conceito de buraco com cargas positivas. Os demais artigos contribuíram para uma compreensão acerca dos trabalhos que foram desenvolvidos.

2.4 Análise sobre a abordagem do tema Semicondutor em sete livros de Física do PNL D 2015

Nessa seção, é feita uma breve descrição de um levantamento realizado em sete livros de Física do PNL D 2015 tendo como objetivo verificar onde e com que profundidade o tema relacionado aos materiais semicondutores aparece inserido no livro didático. A descrição dos livros consultados segue o seguinte protocolo: nome do livro, autores, editora e resumo do material analisado. A

⁵ Área de Nanotecnologia do projeto Cultural do Estado de São Paulo

parte relativa ao resumo do material analisado é aquela que localiza e descreve o foco desse levantamento.

Os pesquisadores se restringiram somente a estes sete livros de Física do PNLD 2015 devido às políticas adotadas pelo MEC na distribuição dos livros nas escolas. Os pesquisadores entraram em contato com as outras editoras pedindo outros exemplares, mas não tiveram retorno.

1) Título: FÍSICA 3

Autores: Gualter José Biscuola, Newton Villas Bôas e Ricardo Helou Doca.

Editora: Saraiva / 2ª edição – São Paulo 2013

Resumo do material analisado:

Capítulo 1: Cargas elétricas – Seção 6: Condutores e Isolantes

Aqui os autores fazem menção aos materiais condutores e isolantes, entretanto não apresentam nenhuma subseção para materiais semicondutores.

Capítulo 4: Corrente elétrica e resistores

No final desse capítulo, através de um apêndice nomeado de “Descubra mais”, os autores apresentam uma proposta de investigação para o aluno descobrir o que são os semicondutores e semicondutores dopados. Apresentam ainda uma pesquisa sobre a teoria de bandas de valência e de condução para, posteriormente, relacionar os materiais condutores, isolantes e semicondutores.

Capítulo 11: Indução Eletromagnética – Seção 10: Noção de corrente alternada

No final dessa sessão, os autores apresentam uma subseção nomeada de “Estágio de um circuito retificador”; nela, é apresentada a definição e a aplicação do diodo semicondutor em converter a tensão alternada em tensão contínua.

Ainda, no manual do professor, exibido no final do livro, é apresentado ao professor uma definição simplificada de semicondutores e semicondutores dopados, bem como a pesquisa sugerida para teoria de bandas de valência e de condução, e a relação entre os materiais condutores, isolantes e semicondutores.

2) FÍSICA 3

Autores: Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira e Wilson Carron.

Editora: Ática / 1ª edição – São Paulo 2014

Resumo do material analisado:

Unidade 2: Ações elétricas à distância – Seção 1: Processos de Eletrização

Faz menção aos condutores e isolantes, não apresenta nenhuma subseção para semicondutores.

3) SER PROTAGONISTA FÍSICA 3

Autor: Angelo Stefanovits.

Editora: SM / 2ª edição – São Paulo 2013

Resumo do material analisado:

Capítulo 1: Carga elétrica – Seção 2: Condutores e Isolantes

Faz menção aos condutores e isolantes, não apresenta nenhuma subseção para semicondutores.

Capítulo 3: Corrente elétrica

No final desse capítulo, através de um apêndice nomeado de “Física e Tecnologia”, o autor apresenta um texto chamado “Pequenos habitantes de um mundo próximo”, onde menciona a aplicação dos materiais semicondutores na tecnologia, e na sequência, através de um tópico chamado “Compreender e relacionar”, o autor propõe duas questões contextualizadas com os materiais semicondutores que devem ser investigadas e respondidas pelo aluno.

4) LIVRO FÍSICA 3

Autores: José Alberto Bonjorno, Regina de Fátima Souza Azenha Bonjorno, Valter Bonjorno, Clinton Marcico Ramos, Eduardo de Pinho Prado e Renato Casemiro.

Editora: FTD / 2ª edição – São Paulo 2013

Resumo do material analisado:

Capítulo 1: Cargas elétricas – Seção 4: Condutores e Isolantes

No final dessa seção é apresentada pelos autores uma breve definição, em dois parágrafos, de Semicondutores e sua utilidade na tecnologia atual.

5) LIVRO FÍSICA CONTEXTO & APLICAÇÕES 3

Autores: Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Alvarenga Álvares.

Editora: Scipione / 1ª edição – São Paulo 2014

Resumo do material analisado:

Capítulo 1: Carga elétrica – seção 1.2: Condutores e Isolantes

Faz menção aos condutores e isolantes, não apresenta nenhuma subseção para semicondutores.

Capítulo 4: Corrente elétrica – seção 4.8: Variação da resistência com a temperatura

Nessa seção, os autores abordam, em dois parágrafos, o “por que a resistência elétrica dos semicondutores diminui quando a temperatura aumenta”.

Capítulo 5: Força eletromotriz – Equação do circuito

No final desse capítulo, os autores exploram o que são os transistores através de um apêndice de duas páginas chamado “FÍSICA NO CONTEXTO”. Para isso, no início desse apêndice, eles explicam o que são semicondutores do tipo n e p e suas junções n-p e p-n usadas como retificadores.

6) LIVRO FÍSICA 3

Autores: Alysso Ramos Artuso e Marlon Wrublewski.

Editora: Positivo / 1ª edição – Curitiba 2013

Resumo do material analisado:

Capítulo 1: Introdução à eletrostática – seção: Condutores e Isolantes

Nesse capítulo, os autores ao abordarem o conceito de condutores e isolantes, mencionam uma classificação mais específica, através de uma breve definição em um quadro de informações na lateral da página, dos materiais semicondutores e supercondutores. Os autores ainda afirmam que esses materiais “não serão detalhados neste momento” no livro.

Após cinco parágrafos, os autores apresentam uma figura explorando o conceito das bandas de valência e de condução.

Nesse momento, os autores sugerem ao professor ler o manual no final do livro onde compara o Gap de Energia dos materiais isolantes e semicondutores.

OBS: Não encontramos outra menção de semicondutores nesse livro.

7) LIVRO FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO 3

Autores: Kazuhito Yamamoto e Luiz Felipe Fuke.

Editora: Saraiva / 3ª edição – São Paulo 2013

Resumo do material analisado:

Capítulo 1: Eletrização – Seção: Condutores e Isolantes

No final dessa seção, os autores apresentam um apêndice, de meia página, nomeado de “A Física no cotidiano”, com o tema: “Outros tipos de condutores de eletricidade”. Nesse apêndice, eles apresentam brevemente a definição de semicondutores e semicondutores dopados.

Dessa forma, observa-se que não foi encontrado em nenhum livro analisado uma proposta de como trabalhar o tema Materiais Semicondutores, ele é apresentado de forma superficial, sendo abordado como tópicos, apêndices e “para saber mais”. No entanto, ao buscar em outros materiais na rede, encontrou-se o trabalho desenvolvido por um grupo de professores da rede estadual de ensino de São Paulo, coordenado por docentes do Instituto de Física da USP, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF. Esse trabalho consiste numa proposta diferenciada de trabalhar diversos temas relacionados aos conteúdos de Física para o EM. Especificamente com o tema Materiais Semicondutores, observou-se que o grupo propõe uma abordagem partindo de questões que instigam a curiosidade, por exemplo, explicar como a tecnologia atual funciona e o por quê dos dispositivos eletrônicos estarem diminuindo de tamanho. Assim, os autores abordam o conceito clássico do modelo atômico – Modelo de Bohr, para em seguida fazer uma analogia e construir a teoria de Bandas de Energia, a nível do ensino médio. Esse material será utilizado na quarta atividade da sequência didática aplicada nesta dissertação.

3 METODOLOGIA E MÉTODOS

3.1 Apresentação Geral

Esse trabalho foi desenvolvido em dois momentos: num primeiro, construiu-se uma sequência didática envolvendo conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), especificamente relacionada a materiais Semicondutores. O desenvolvimento da sequência ocorreu a partir do dia 30 de maio de 2016, em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio da E. E. Dom Delfim em Itumirim, Minas Gerais. Essa escola é uma instituição de ensino diurno, contendo duas aulas semanais, de 50 minutos, de Física. Num segundo momento, a partir dos instrumentos de coleta de dados, foi necessário analisar, na forma de uma pesquisa qualitativa, a potencialidade (impacto) do trabalho produzido. A construção e desenvolvimento da sequência didática constitui o que denominamos de produto educacional.

Neste capítulo, descrevemos: a natureza da pesquisa; o contexto em que a pesquisa ocorreu; a caracterização dos participantes; os procedimentos para a análise dos dados; e os instrumentos utilizados na coleta de dados.

3.2 Natureza da pesquisa

A pesquisa de cunho social tem sido marcada fortemente por estudos que valorizam o emprego de métodos qualitativos para descrever e explicar fenômenos. Quando se estuda as interações entre indivíduos e os grupos dos quais eles fazem parte, levam-se em consideração seus traços subjetivos e suas particularidades. Por certo, tais detalhes não podem ser reduzidos em números quantificáveis, por isso, a abordagem qualitativa é traduzida através do que não pode ser mensurável, uma vez que, a realidade e o sujeito são elementos inerentes.

Esse cenário de investigação pode ser identificado como Pesquisa Qualitativa, “surgindo inicialmente no selo da Antropologia e da Sociologia, nos

últimos 30 anos esse tipo de pesquisa ganhou espaço em áreas como Psicologia, a Educação e a Administração de Empresas” (NEVES, 1996, p. 1).

Certamente, é “cada vez mais evidente o interesse que os pesquisadores da área de educação vêm demonstrando pelo uso das metodologias qualitativas” (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p. 11). Entre as várias formas que pode assumir uma pesquisa qualitativa, destacam-se a pesquisa do tipo etnográfico e o estudo de caso. Ambas vêm ganhando crescente aceitação na área de educação devido, principalmente, ao seu potencial para estudar as questões relacionadas à escola.

Com base nessa argumentação, nosso trabalho, sendo de cunho social, se baseou numa abordagem qualitativa, configurado, propriamente, numa pesquisa-ação.

3.3 Pesquisa qualitativa – Pesquisa-ação

Entre os tipos de pesquisa qualitativa, a pesquisa-ação envolve sempre um plano de ação, plano esse que se baseia em objetivos, em um processo de acompanhamento e controle da ação planejada e no relato paralelo desse processo (ANDRÉ, 2005). A pesquisa-ação coloca o pesquisador na situação estudada, transformando-o em um observador participante. Assim, a ação é gerada no próprio processo de investigação.

Na ação, o pesquisador assume um posicionamento político, propondo ações de enfrentamento e, se necessário, mudança dos problemas encontrados. Sobre a participação das pessoas envolvidas na pesquisa, por sua vez, elas tornam-se sujeitos, produtores ativos do conhecimento. A participação coletiva socializa o conhecimento produzido e permite que o grupo participante planeje respostas de ordem prática para os problemas enfrentados pelo grupo.

A pesquisa-ação envolve, portanto, três momentos: o conhecimento da realidade, visando à sua compreensão e à transformação dos problemas vividos pelos grupos; a participação coletiva de todos os envolvidos e a ação de cunho

educacional e político Thiollent (1986, p. 15) ressalta que “a pesquisa não se limita a uma forma de ação: pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o ‘nível de consciência’ das pessoas e grupos considerados”.

Dessa forma, o conhecimento a ser produzido em função dos problemas encontrados na ação ou entre os atores da situação torna a pesquisa-ação dinâmica, ao estudar as transformações e as consequências ocorridas durante o processo de intervenção do pesquisador (THIOLLENT, 1986).

3.4 Contexto da pesquisa

A presente pesquisa foi realizada na Escola Estadual Dom Delfim, localizada em Itumirim, Minas Gerais, com uma amostra inicial de 49 alunos do terceiro ano do ensino médio regular, divididos em duas turmas; uma com 25 e a segunda com 24 alunos. As aulas ocorriam no horário diurno das 7 h às 11 h e 20 min.

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), a cidade de Itumirim dispõe de uma população estimada em 6.647 habitantes, sendo 4.696 habitantes na área urbana e, na área rural, 1689 habitantes, assim, parte dos estudantes da Escola Estadual Dom Delfim precisavam de transporte da prefeitura para irem à escola. Devido à agropecuária ser uma das principais fontes de renda da cidade, muitos dos estudantes dessa escola, inclusive alguns dos terceiros anos, quando voltavam para casa depois das aulas, tinham que trabalhar com seus familiares para ajudar na produção agropecuária. Além desses alunos, tinham aqueles alunos do terceiro ano do EM que deslocavam-se para a cidade de Lavras, aproximadamente 20 km de Itumirim, depois do horário escolar para estudarem nos Cursos Preparatórios para o ENEM – os pré-vestibulares, onde permaneciam até a noite.

Concluimos nossa pesquisa com 50 alunos, visto que na segunda turma houve a admissão de um aluno na respectiva escola. Para análise dos dados, consideramos somente um das turmas. Mais detalhes sobre a coleta de dados será apresentada na sessão de Resultados e Análises a frente. As sete atividades foram coordenadas por uma mediadora entre os meses de maio a julho de 2016, especificamente, período em que os dados foram coletados. Os encontros ocorriam duas vezes por semana, no horário da aula de Física, com duração de, aproximadamente, 50 minutos cada.

3.5 Procedimento de coleta de dados

Como procedimento de coleta de dados, utilizou-se das aulas de Física onde os alunos foram divididos em grupos para a realização de sete atividades pré estabelecidas, que tinham como finalidade verificar como as lâmpadas de LED funcionam.

Nessas atividades, os grupos tiveram que discutir, responder roteiros, elaborar maquetes e reproduzir modelos de redes cristalinas. Dessa forma, para a coleta de dados, a presente pesquisadora utilizou dos materiais desenvolvidos pelos grupos, e como forma de registro completo e preciso das observações dos fatos concretos, acontecimentos, relações verificadas, experiências pessoais como suas reflexões e comentários, a pesquisadora utilizou do diário de campo.

3.6 Instrumento de Pesquisa

Esta pesquisa contou como instrumentos de pesquisa o diário de campo e todo material desenvolvido pelos alunos nas atividades de aprendizagem. Esses instrumentos foram importantes, tanto para a coleta dos dados ou quando como para interpretação e análise dos mesmos. Através deles, pudemos ter uma visão, se não total, mas bem aproximada da realidade que se estava investigando.

Como instrumento para coleta de dados utilizamos o Diário de Campo. Nosso propósito, em relação à prática do diário de campo, constitui-se em dispor de mais um instrumento que possibilitasse a sistematização das observações e dos dados coletados durante os encontros no grupo de discussão.

De acordo com Silva (2013, p. 55),

O diário de campo, objeto de coleta de dados, é um instrumento que visa contribuir para a construção de uma conduta investigativa, possibilitando o registro de dados correntes da pesquisa, assim como a realização de reflexões e análises a respeito da execução das atividades. O pesquisador relata todas as observações feitas durante a pesquisa e suas reflexões sobre a mesma.

Nesta pesquisa, o pesquisador é um sujeito ativo no processo de coleta de dados, uma vez que ele atua como um mediador nas discussões dos grupos. Portanto, os registros, feitos por ele, no diário de campo, contam com a interpretação de um pesquisador observador e mediador.

3.7 Sequência Didática - Conceito e Estrutura

As contribuições da construção de uma Sequência Didática são extremamente pertinentes aos objetivos da proposta desta dissertação, pois, além de suportes na elaboração de uma sequência de ensino, pretende-se entender o processo de sua construção e de seu desenvolvimento. Nesse sentido, Adúriz-Bravo (2001) esclarece que as intenções de uma sequência didática vão além dos cuidados com os produtos finais, uma vez que compreende um conjunto de atividades diversificadas e inter-relacionadas que vão desde a investigação até a prática da Educação Científica.

De acordo com Zabala (1998), uma sequência didática é um conjunto ordenado de atividades, estruturadas e articuladas para o cumprimento de um objetivo educativo em relação a um conteúdo específico. Uma sequência didática deve envolver:

- a) Uma definição clara dos conteúdos a serem ensinados e seus respectivos objetivos educativos, isto é, o enfoque e a profundidade com que o processo de aprendizagem deve ocorrer;
- b) Uma sequência ordenada de atividades que serão propostas aos alunos com o propósito de atingir os objetivos relacionados.

Assim, semelhantemente à unidade didática sugerida por Zabala (1998), utilizaremos desses parâmetros como uma orientação na finalidade de evidenciar os diversos aspectos do ensino além de utilizá-lo como guia cognitivo.

As ações pedagógicas adotadas no desenvolvimento da unidade didática reflete, em grande maioria, a perspectiva interacionista da teoria de Vigotsky, que atribui enorme importância ao papel da interação social no desenvolvimento do ser humano. A aprendizagem em grupo que fundamenta essa interação pode ser desenvolvida através do uso de diversas metodologias de ensino, seja pela experimentação, a leitura comentada de um texto, um debate a cerca de um dado assunto, uma atividade investigativa usando um programa computacional ou mesmo a exposição de ideias e conclusões (AMÉRICO; MAGGI, 2013). Tais atividades permitem que os alunos interajam entre si, promovendo um ambiente favorável a trocas e construções de novos conhecimentos.

Uma perspectiva vygotskyana deve, com certeza, se estabelecer com forte interação social, em que não exclui o professor, muito pelo contrário, enaltece a sua importância como o parceiro mais capaz. Mas essa interação não se limita a um mero trabalho em grupo, e sim ao trabalho em grupo monitorado e orientado por um professor que saiba trabalhar com os conceitos fundamentais dessa teoria (instrumento, signo, parceiro mais capaz, zona de desenvolvimento proximal, fala privada etc.) no sentido de guiar os alunos nos seus debates que podem ocorrer entre os alunos e entre alunos e professor. Esse professor deve também saber extrair do discurso dos alunos elementos que podem guiá-lo nas

metodologias e estratégias a serem adotadas, uso de recursos didáticos e em quais conceitos do conteúdo focalizar sua ação (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010).

Como já mencionado, segundo Vygotsky (1984), o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, ou seja, de sua interação com outros indivíduos e com o meio. Nesse sentido, fazendo uma análise dos desenvolvimentos tecnológicos atuais e seus efeitos, positivos e/ou negativos, na sociedade moderna, observa-se uma sociedade cada vez mais dependente desses avanços, bem como a substituição das ações humanas por essa tecnologia. Dessa forma, decorre a necessidade, mesmo que indireta, da compreensão do conhecimento científico e tecnológico para as tomadas de decisões comuns, individuais ou coletivas dos indivíduos que fazem parte deste mundo (RICARDO, 2007).

Segundo Ricardo (2007, p. 1),

Os jovens, em particular, interagem constantemente com novos hábitos de consumo que são reflexos diretos da tecnologia atual. Paradoxalmente, não recebem na escola uma formação para a ciência e a tecnologia que vá além da informação e de relações meramente ilustrativas ou motivacionais entre esses campos de saberes. Mesmo quando há inovações, que buscam aproximar os alunos do funcionamento das coisas e das questões tecnológicas, ainda ficam ausentes outras dimensões do mundo artificial e da compreensão da sua relação com a vida diária.

Seguindo essa vertente, a sequência didática também busca relacionar os avanços tecnológicos científicos presentes nas lâmpadas de LED com o cotidiano do aluno, através uma reflexão das influências, positivos e/ou negativos, na inserção desses dispositivos na sociedade atual.

Como ferramenta didática, a sequência também faz uso da leitura de textos que auxiliaram na construção do conhecimento. A leitura propicia muito mais que apenas os produtos da ciência, suas leis e teorias, ela permite uma

socialização ampla do leitor, ampliando a interpretação e associação da ciência em seus aspectos sociais, históricos e culturais. Trabalhar a leitura em aulas de Física permite inserir contextos sociais e históricos, com potencial para se trabalhar a ciência como produtora de sentidos. Sua principal contribuição é a de mostrar que a leitura tem um papel importante na mediação da produção de conhecimento científico em um contexto mais amplo (LIMA; RICARDO, 2015).

3.7.1 Descrição das Atividades

Tendo como objetivo realizar uma sequência didática, explorando os conceitos básicos referentes aos materiais semicondutores, nas aulas de Física do 3º ano do Ensino Médio. Esta sequência didática foi realizada após o desenvolvimento das aulas de processos de eletrização da matéria, em particular, no momento em que o professor estava diferenciando os materiais condutores dos materiais isolantes. A unidade didática pensada para este projeto está dividida inicialmente em sete atividades, bem como o Produto Educacional.

Resumidamente, no quadro 1, estão apresentadas as atividades com seus respectivos objetivos.

A primeira atividade foi pensada como sendo o “gatilho” da sequência didática, tendo como objetivo promover questionamentos e discussões à respeito do funcionamento de três lâmpadas presentes no cotidiano dos alunos – a incandescente, a fluorescente e de LED.

Quadro 1 - Estrutura da primeira atividade.

Atividade I – Sondando o mecanismo de funcionamento de diferentes tipos de lâmpadas. Investigando a natureza das lâmpadas LED no comércio da cidade
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none"> • Promover questionamentos e discussões a respeito do funcionamento de três lâmpadas presentes no cotidiano dos alunos – a incandescente, a fluorescente e uma lâmpada de LED. • Estreitar as discussões a respeito da matéria-prima que compõe as lâmpadas de LED – os materiais semicondutores. • Mostrar a importância dos materiais semicondutores na tecnologia atual. • Engajar uma reflexão social a respeito das mudanças tecnológicas na sociedade. • Discutir a relação tecnologia, ciência e sociedade.
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> • Exposição de alguns modelos de lâmpadas incandescente, fluorescente e da lâmpada de LED, giz, quadro negro. • Roteiro de questões e recortes de artigos pesquisados na internet, jornal ou revista com notícias, anúncios, informes, investigação, pesquisa e outros.
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none"> • Propor questões e solicitar que os alunos expressem suas respostas na forma escrita. • Leitura do texto “Do fogo à Lâmpada LED” e discussão dos principais aspectos do texto; • Em grupos de cinco alunos, a turma responderá cinco questões, previamente elaboradas pelo professor, agora exclusivamente a respeito das lâmpadas LED. Com esse roteiro de questões, é necessário que o professor também entregue aos grupos um material de pesquisa; • Após os grupos responderem as questões presentes no roteiro, será destinada a eles uma atividade extraclasse: ida ao comércio local.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Como segunda atividade, Quadro 2, pretende-se, através de uma ampla discussão, coletar as informações que foram registradas pelos alunos na ida ao comércio local, e explorar a reflexão quanto à necessidade de estudar os materiais semicondutores devido a sua importância na tecnologia, na ciência e sociedade.

Quadro 2 - Estrutura da segunda atividade.

Atividade II – Discussão e depoimentos sobre a investigação da aula anterior.
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none"> • Coletar as informações que foram registradas pelos alunos na ida ao comércio local; • Promover uma reflexão quanto à necessidade de estudar os materiais semicondutores devido sua importância na ciência, na tecnologia e sociedade.
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> • Texto; • Quadro e giz.
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none"> • Como um círculo de conversa, os alunos que apresentarão verbalmente os “resultados” encontrados. A partir daí, promova a discussão proposta para esta aula; • Para a discussão sobre a importância/ou não da ciência na sociedade, foi pedido que os alunos relacionasse qualquer notícia ou informação entre ciência, sociedade, tecnologia e as lâmpadas de LED.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Quadro 3 - Estrutura da terceira atividade.

Atividade III – Entendendo a estrutura atômica
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none"> • Discutir quais dos elementos da tabela periódica são encontrados isolados na natureza; • Entender o conceito das ligações químicas entre os átomos; • Compreender que alguns dos átomos se agregam uns aos outros para minimizar sua energia quando estão isolados; • Compreender que o átomo isolado possui níveis de energia onde se encontram os elétrons. • Entender que a instabilidade eletrônica é presente naqueles átomos onde seus respectivos níveis de energia não estão completamente preenchidos. • Discutir a Ligação Química do ponto de vista da Física Quântica.
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> • Data Show; • Texto de apoio; • Tabela periódica; • Quadro e giz.
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none"> • Em sala de aula, os alunos assistiram a dois vídeos; • Após o vídeo, o professor conduziu para a discussão do vídeo conectando com os objetivos propostos.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Quadro 4 - Estrutura da quarta atividade.

Atividade IV – Bandas energéticas dos sólidos condutores, isolantes e semicondutores. 1ª etapa.
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none"> • Compreender que átomos, quando se agregam, formam moléculas, e que o arranjo dessas moléculas caracteriza a matéria em um dos estados: sólido, líquido ou gasoso. • Entender o que são os níveis de energia num átomo; • Compreender que num átomo isolado os elétrons existem em níveis de energia. Num sólido, em que um grande número de átomos se encontra ligados muito próximos uns dos outros, formando uma rede, os elétrons são influenciados por determinado número de núcleos próximos e os níveis de energia dos átomos transformam-se em bandas de energia. • Compreender que a banda de energia é o conjunto dos níveis de energia que os elétrons num sólido podem possuir. • Compreender que a estrutura das bandas dos sólidos explica as suas propriedades elétricas. • Entender a diferença entre os materiais que possuem propriedades condutoras e os que possuem propriedades isolantes. • Compreender que as propriedades dos materiais semicondutores encontram-se mesma situação intermediária entre os materiais condutores e isolantes.
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> • Textos; • Quadro e giz.
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva; • Em seguida, fornecer o texto do GREF para desenvolver uma discussão a respeito da construção de um modelo para os níveis de energia do átomo.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Quadro 5 - Estrutura da quinta atividade.

Atividade V – Bandas energéticas dos sólidos condutores, isolantes e semicondutores.
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none">• Promover a aplicação dos conceitos abordados nas atividades anterior
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none">• Diversos materiais – escolha dos grupos
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none">• Os grupos irão elaborar e construir uma maquete que represente o modelo de bandas para os materiais condutores, isolantes e semicondutores.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Com a sexta aula, quadro 6, tem-se como objetivo explorar o funcionamento básico dos diodos. Para isso, através de um roteiro investigativo, pretende-se entender como se comporta o material semicondutor do ponto de vista das ligações químicas e também dos processos de dopagens.

Quadro 6 - Estrutura da sexta atividade.

Atividade VI – Construção do material Semicondutor Intrínseco e Extrínseco (dopagem do tipo P e N).
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none"> • Explorar os conhecimentos desenvolvidos nas atividades anteriores, tais como: elétrons livres, camada de valência e condutibilidades dos sólidos. • Compreender como ocorrem as ligações covalentes. • Compreender o que caracteriza uma rede cristalina. • Construir e analisar a condutibilidade uma rede cristalina de Si e saber que esse tipo de rede se denomina semicondutor intrínseco. • Construir e analisar a condutibilidade de uma rede cristalina de Si com impurezas de B e outra rede cristalina de Si com impurezas de P. • Comparar a condutibilidade das duas redes cristalinas anteriores e saber que esse tipo de rede se denomina semicondutor extrínseco com dopagem do tipo P e N. • Entender que esses processos de dopagem não se encontram na natureza, é produzido em laboratórios.
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> • Roteiro Investigativo • Papel A4, recortes e cola.
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none"> • Com a sala dividida em grupo, fornecer aos estudantes o roteiro investigativo e juntamente ele, entregar os recortes que representam os elétrons de valência dos elementos químicos: Silício, Boro e Fósforo. • No primeiro momento, o aluno terá que responder algumas questões relacionadas às aulas anteriores. No segundo momento, os alunos serão conduzidos, também através de um roteiro, para a construção de um modelo que auxiliará na concepção de como são formados os materiais condutores intrínsecos e extrínsecos, bem como suas propriedades condutoras.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Quadro 7 - Estrutura da sétima atividade.

Atividade VII – Junção P e N e o diodo.
Objetivos Educacionais
<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a polarização de um diodo; • Apresentar como as lâmpadas de LED funcionam (Vídeo); • Promover uma investigação nas influências sociais e ambientais quanto à utilização dos materiais semicondutores no mundo atual.
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> • Vídeo; • Quadro e giz.
Procedimento Metodológico
<ul style="list-style-type: none"> • Aula Expositiva.

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Com a primeira atividade, pretende-se que os alunos sintam-se instigados a conhecer mais sobre a evolução das lâmpadas de acordo com as necessidades sociais, culturais e econômicas. Através dela, com a atividade 2, propõe-se que os grupos interajam entre si com depoimentos que possibilitará o vínculo com a próxima atividade, a terceira. Como gatilho para a terceira atividade, os alunos serão levados a conhecer como as lâmpadas de LED funcionam. Nas atividades 3 e 4, os alunos investigarão o mundo microscópico podendo conhecer como a energia do átomo se comporta para um átomo isolado e como essa energia é modificada quando esses átomos se reúnem para formar, por exemplo, um sólido – Teoria de Bandas de Energia. Na quinta atividade, os alunos colocarão em prática o modelo de bandas de energia através da construção de uma maquete que represente os três tipos de Bandas de Energia para os sólidos condutores, isolantes e semicondutores. Na sexta e sétima atividade, pretende-se que os alunos conheçam os conceitos de Semicondutores Intrínsecos e Extrínsecos, bem como os diodos para, portanto, entender o funcionamento das lâmpadas de LED e, a partir desse conhecimento, desenvolver uma discussão sobre as influências sociais e ambientais quanto à utilização dos materiais semicondutores no mundo atual.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

As atividades foram desenvolvidas em duas turmas da mesma escola. A primeira turma – turma A, continha 25 alunos e a segunda turma – turma B, iniciou com 24 alunos e na quinta atividade um aluno foi transferido para a escola, encerrando as atividades com 25 alunos.

As duas aulas dadas semanalmente em cada uma das turmas ocorriam em dias diferentes da semana. Devido aos feriados e festividades escolares, a turma B adiantou-se em relação a turma A. Devido essa margem de tempo, a professora, proponente desse trabalho, pode contornar alguns imprevistos ocorridos nas atividades desenvolvidas com a turma B. Esses ajustes serão descritos à medida que as atividades forem sendo apresentadas. Para análise dos dados, serão considerados somente os trabalhos desenvolvidos na turma A.

Conceitos como o de Vygotsky (1984) nos ajudaram a compreender que a maior parte da aprendizagem é construída a partir de relações sociais. Assim, seguindo essa linha de aprendizagem, acreditamos que, mediante a conversa e o diálogo, os alunos chegam a sua própria compreensão de um conceito ou conhecimento. Portanto, partimos do princípio de que os seres humanos são criaturas sociais e comunicativas pois, em geral, gostam de interagir com outras pessoas, optamos em trabalhar com as duas turmas em grupos de alunos.

Dessa forma, para dar início as atividades, a turma A foi dividida aleatoriamente em grupos de 5 alunos, onde esses 5 grupos permaneceram juntos até o final das sete atividades. Para referenciar os trabalhos desenvolvidos por grupo, vamos caracterizar os grupos pelos nomes *Grupo 1*, *Grupo 2*, *Grupo 3*, *Grupo 4* e *Grupo 5*.

Para apresentar os resultados e análises das atividades, vamos apresentá-los por atividade e não por aula. Mostraremos como cada atividade foi desenvolvida bem como se sofreu algum ajuste. A análise das atividades e a

avaliação do processo serão feitas nas considerações finais, no último capítulo desta dissertação.

4.1 Atividade 1

Sondando o mecanismo de funcionamento de diferentes tipos de lâmpadas. Investigando a natureza das lâmpadas LED no comércio da cidade

Essa atividade introdutória teve um caráter de investigação. Antes mesmo de os grupos de estudantes serem formados, foi levantado questões pela professora a respeito da evolução das lâmpadas utilizadas nas residências nos últimos 15 anos. A atividade, bem como sua análise, será descrita a seguir.

Os alunos tiveram acesso a três tipos de lâmpadas – incandescente, fluorescente e uma de LED, e muito deles souberam identificar as lâmpadas incandescente e fluorescentes pela sua forma física. No entanto, a lâmpada de LED por ter, aparentemente, o mesmo formato da incandescente, não foi reconhecida de forma unânime. Os estudantes que conseguiram identificar a lâmpada de LED foram aqueles que já possuíam esse modelo de lâmpada em sua residência.

Feito as apresentações e tecidos os comentários a respeito das lâmpadas, a professora prosseguiu com a discussão perguntando se os alunos tinham conhecimento do motivo para a substituição das lâmpadas incandescentes nas residências? De um modo geral, os alunos explicaram que a causa principal da troca estava relacionada ao consumo de energia. Associaram que o aquecimento da lâmpada incandescente em comparação com a fluorescente é muito maior e, portanto, dissipa mais energia. Mas quando questionados sobre o princípio de funcionamento dessas lâmpadas e o que diferencia uma da outra, eles não conseguiram explicar. Muitos sabiam que a incandescente possuía internamente um material condutor, mas não conseguiram explicar como que, a partir desse material, a lâmpada incandescente “produzia” luz.

Posteriormente, com auxílio de um vídeo que ilustra o funcionamento das lâmpadas incandescentes e fluorescentes⁶, foi explicado aos alunos como essas lâmpadas funcionam, bem como os motivos da substituição de uma lâmpada pela outra no mercado. A partir dessa explicação, foi apresentado o objetivo geral da sequência de sete atividades: “Explicar o funcionamento das lâmpadas de LED”.

Para dar início com a primeira de uma sequência de sete atividades, os alunos foram, aleatoriamente, separados em cinco grupos de cinco alunos onde foram distribuídos o primeiro roteiro de perguntas com um material de apoio – os textos: “Do fogo a Lâmpada LED”, “Lâmpadas LED com certificação do INMETRO” e “LED – A evolução da Luz”, presentes no Produto Educacional.

No roteiro haviam cinco perguntas e os alunos tiveram que respondê-las, por escrito, com auxílio dos textos. A seguir, apresentaremos essas perguntas, bem como, para a análise desta atividade, selecionamos algumas respostas e faremos uma discussão em cima dessas respostas.

Para as perguntas 1, 2, 3 e 4, que tinham a finalidade de investigar se os alunos compreenderam as funções básicas de cada lâmpada, observa-se que, após a discussão inicial sobre o funcionamento das três lâmpadas e do acompanhamento do texto de apoio, os grupos conseguiram distinguir a lâmpada de LED, bem como caracterizar cada uma delas, como podemos ver a seguir:

6 Funcionamento das lâmpadas fluorescentes: <https://www.youtube.com/watch?v=dEwRG9EpWzY>
Funcionamento das lâmpadas incandescentes: <https://www.youtube.com/watch?v=qmWpbykZBBQ>

Pergunta 1: *Qual a principal diferença entre as três lâmpadas apresentadas pelo seu professor?*

Resposta:

Grupo 2 - “A primeira incandescente é feita de material condutor que é filamento de tungstênio, tem um fio de platina. A segunda fluorescente ela usa tubular convencional e tem um gás por dentro . A terceira a LED é feita de material de semicondutor, evita desperdício e tem eficiência luminosa”.

Pergunta 2: *Escreva em ordem crescente a classificação das lâmpadas em função do seu consumo de energia (menor consumo, consumo intermediário e maior consumo).*

Resposta:

Grupo 1 - “LED = menos prejudicial ao ambiente por ser reciclável. Não emite calor.
FLUORESCENTE = rendimento de 40%
INCANDESCENTE = Baixo rendimento, só 5% da energia fornecida da lâmpada é transformada em luz visível é feita de material condutor e seu alto consumo é de energia térmica”.

Pergunta 3: *As lâmpadas de LED podem ser usadas para iluminar os ambientes, assim como as lâmpadas fluorescentes e as incandescentes. Além dessa finalidade, onde estão presentes as lâmpadas de LED no nosso dia a dia?*

Resposta:

Grupo 3 - “Televisão, celular, computador, luminárias, geladeiras, eletroeletrônicos, iluminação pública e escritórios”

Pergunta 4: *Sobre os LEDs: O que são? Do que são fabricados? Com eles produzem luz?*

Resposta:

Grupo 4 – “São lâmpadas que economizam energia elétrica, possui uma vida útil de 50.000 horas, e bem menos prejudicial ao meio ambiente. Sua composição não é de metais pesados e tóxicos e podem ser recicladas. Não necessita de troca constante o que diminui o consumo e a quantidade de descarte. Como elas produzem luz? Elas pegam toda a energia e transforma em luz e isso garante sua eficiência luminosa”

A pergunta 5 tinha como objetivo que os alunos investigassem como encontrava situação atual de regulamentação das lâmpadas de LED no mercado. Verifica-se que os grupos tiveram que pesquisar a situação da certificação para essas lâmpadas, no entanto, não atingiram um resultado técnico quanto às medidas que estão sendo feitas para a regularização dessas lâmpadas.

Pergunta 5: *As lâmpadas de LED possuem certificação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia)? Se não, quais medidas estão sendo feitas pelo governo para certificar a qualidade dessas lâmpadas?*

Resposta:

Grupo 5 – “Muitas ainda não, mas até 2017 está prevendo que todas as fábricas que fabricam esse tipo de lâmpada tenham o selo INMETRO. Eles teriam de marcar um dia e fazer uma visita surpresa nas fábricas e ver como é feita a produção e a fabricação dessas lâmpadas”

Como planejamento inicial, os grupos deveriam ter respondido essas questões em sala para evitar cópias da internet, mas devido as discussões

preliminares, não foi possível cumprir com o programado tanto na turma A quanto na turma B. Dessa forma, foi permitido que eles terminassem de respondê-las fora do ambiente escolar com a atividade extraclasse – que se encontrava dentro do planejamento. Vale ressaltar que essa operação emergencial foi levada em conta para análise das respostas, onde selecionou-se aquelas em que o contexto se aproximava da autoria do grupo.

A atividade extraclasse consistiu em uma missão de ida ao comércio local – em estabelecimentos da escolha dos grupos, tendo como missão sondar o conhecimento dos comerciantes sobre o princípio de funcionamento das lâmpadas de LED, aprovação no INMETRO, custo e benefícios etc. Eles poderiam também acrescentar questões ou usar as mesmas questões do roteiro. A segunda atividade baseia-se nos depoimentos dessa atividade extraclasse.

4.2 Atividade 2

Depoimentos sobre a investigação da aula anterior e discussão sobre ciência, sociedade, tecnologia e as lâmpadas de LED

Para iniciar a discussão, os alunos foram dispostos em uma roda de conversa onde os integrantes do mesmo grupo ficaram uns próximos dos outros. Para iniciar a discussão, cada grupo começou apresentando onde foram e o que obtiveram de resultado nas questões levadas aos comerciantes.

Os estabelecimentos escolhidos pelos grupos foram: casas de construção, assistência técnica de celulares, supermercados e mercearias. De modo geral, os comerciantes conseguiram explicar que as lâmpadas de LED são mais econômicas que as demais, apresentam maior durabilidade e maior eficiência luminosa, no entanto, possuem um valor maior no mercado em comparação com as fluorescentes, o que dificulta a venda das lâmpadas de LED. Para um dos comerciantes, outro fator que dificulta a venda das lâmpadas de

LED é o fato de algumas lâmpadas não cumprirem o tempo de durabilidade previsto na embalagem, como foi relatado pelo *Grupo 3*:

“O dono da loja disse que não vende mais estas lâmpadas de LED por que o *povo* compra achando que vai durar muito tempo e depois não funciona mais que um mês e quer o dinheiro de volta. Isso aconteceu várias vezes até ele parou de vender. Ele disse que estas lâmpadas ‘não prestam’”.

Foi relatado pelo *Grupo 3* que, naquele momento da conversa com o comerciante, o grupo explicou para ele sobre a fiscalização na fabricação das lâmpadas de LED:

“Nós explicamos pra ele que as lâmpadas de LED ainda não possuem o selo INMETRO, e que por isso podem ser fabricadas de qualquer jeito. Mas que para ano que vem (2017) elas vão possuir o selo e que ele pode voltar a comprar que elas estarão padronizadas.”

Observa-se nesse momento que os alunos conseguiram esclarecer a real situação das lâmpadas LED ao comerciante devido à atividade anterior, onde eles se apropriaram dessa informação durante as discussões no grupo, leitura do texto de apoio, vídeos e no roteiro de questões.

Sobre o tipo de material de que é fabricada as lâmpadas de LED, todos os comerciantes entrevistados não sabiam que as lâmpadas de LED tinham como matéria-prima os materiais semicondutores, assim como não sabiam do que se tratava esse material. Todos os grupos optaram em não passar informação para os comerciantes, foi relatado que os comerciantes não estavam interessados nesse tipo de informação.

Concluído o relato da ida ao comércio, a discussão foi direcionada para o tema ciência, tecnologia e sociedade, quando foi pedido aos grupos que

trouxessem para a aula seguinte uma abordagem, da preferência do grupo, envolvendo o tema lâmpadas de LED. Dessa forma, os grupos trouxeram na aula os assuntos mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Temas abordados pelos grupos.

Grupo (s)	Abordagem
1	Lâmpadas de LED na medicina
2, 3 e 5	Lixo e reciclagem das lâmpadas de LED
4	Lâmpadas de LED para maquiagem

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Novamente, os alunos foram dispostos numa roda de conversa onde iniciaram as discussões a respeito da aplicação das lâmpadas de LED na tecnologia e sociedade.

Como podemos analisar, o *Grupo 1* referiu-se que na medicina os LEDs também têm grande importância.

“A gente acha que as lâmpadas de LED são só usadas em casa, mas elas também auxiliam muito na saúde. Atualmente, elas são usadas no combate a icterícia de bebês, tratamento de idosos, depressão e distúrbio do sono. Ainda sabemos que a luz de LED está transformando o modo de combater superbactérias microscópicas”.

O *Grupo 2, 3 e 5* relatou sobre o processo de descarte do lixo eletrônico e o *Grupo 2* incentivou o uso das lâmpadas de LED, pois são mais fáceis de reciclar:

“A gente deveria usar mais as lâmpadas de LED por que 98% dos materiais que compõem a lâmpada LED são recicláveis e não há metais pesados, como mercúrio, que é o caso das lâmpadas fluorescentes”.

O *Grupo 3* complementou o *Grupo 2* informando mais especificamente sobre a separação do lixo na escola:

“Mesmo que estas lâmpadas de LED sejam 98% reciclável, o descarte do lixo eletrônico ainda é muito precário no Brasil. Não precisamos ir longe, aqui em Itumirim não tem! Na nossa própria escola não tem nem cesto de separação do lixo. Mesmo que a prefeitura não faça o processo de coleta, a escola deveria ensinar e motivar a reciclagem. A escola tem esse poder!”

O *Grupo 4*, por sua vez, relacionou as lâmpadas de LED com a luminosidades:

“Os maquiadores profissionais recomendam o uso destas lâmpadas para o processo de maquiagem, por que elas clareiam melhor o ambiente deixando ele mais branquinho”.

Encerrando a aula, a professora manifestou sua satisfação em relação ao desempenho dos grupos. Agora, eles já demonstravam algum conhecimento sobre o assunto de forma contextualizada com o seu cotidiano. Porém, para conhecer mais profundamente sobre o tema, era necessário investigar de que matéria-prima seriam feitas essas lâmpadas. Os alunos já haviam lido que a matéria-prima era os materiais semicondutores. Assim, os grupos foram informados que nas próximas atividades eles tomariam conhecimento do mundo microscópico, para entender o que diferencia os materiais semicondutores dos condutores e isolantes.

4.3 Atividade 3

Entendendo a estrutura atômica

O objetivo dessa atividade consistia em relembrar alguns conceitos de ligação química, mais especificamente sobre as ligações covalentes. Assim, os alunos foram conduzidos a uma discussão a respeito, com auxílio de dois vídeos⁷ que explicam como os elementos estão dispostos na Tabela Periódica e como ocorrem as ligações químicas, e também de uma leitura do texto “Sólido, líquido, gasoso e outras possibilidades”, em Produto Educacional. No entanto, quando a atividade foi aplicada, observou-se que, de modo geral, os alunos apresentavam domínio sobre o tema. Esse acontecimento pode ser justificado pelo fato da professora de química estar desenvolvendo aulas de revisão para o ENEM e que esse conteúdo já havia sido revisado.

Dessa forma, como os alunos já apresentavam entendimentos sobre os tópicos de química, após o vídeo, fizemos uma leitura em voz alta do texto. À medida que a professora aplicadora lia o texto, se os alunos ou a professora tivessem observações a fazer, a leitura era interrompida e a discussão se desenvolvia.

Dentre as discussões feitas, foi indagado a diferença entre calor específico e mudança de fase das substâncias. O grupo 4 mencionou um experimento simples e caseiro de Física que haviam feito no ano anterior para saber que substância possui maior calor específico. O experimento consiste em colocar água e óleo, na mesma quantidade no congelador e esperar um dia até que a água e o óleo fiquem congelados. Em seguida, colocar os dois fora da geladeira e verificar qual derrete mais rápido. O que se observa é que o óleo derrete mais rápido, portanto, possui um calor específico maior. Entretanto,

⁷ Tabela periódica: <https://www.youtube.com/watch?v=hvRnuMrDc14>
Ligações químicas: <https://www.youtube.com/watch?v=0DkyFwgs95M>

quando colocaram essas duas substâncias no congelador, o óleo demorou muito mais tempo para congelar. O que eles questionaram foi o fato de como o óleo, que possui maior calor específico, demorou para congelar em relação à água se ele tem maior facilidade de receber e ceder calor. Diante disso, foi esclarecido que calor específico é diferente de mudança de fase. Neste caso específico, o óleo no seu estado líquido necessita de uma temperatura maior para entrar no estado sólido em comparação com a água, mas, quando os dois foram colocados juntos no congelado, o óleo chegou a temperatura de, aproximadamente, zero graus Celsius mais rápido que a água, porém não é a sua temperatura de solidificação.

Dando continuidade à leitura do texto, mais especificamente quando o texto apresenta o plasma, observou-se um comentário do integrante do *Grupo 2*: “Nossa, isso eu não sabia!”, o aluno não sabia que o plasma é descrito como o quarto estado da matéria, bem como não associou que o gás ionizado nas lâmpadas fluorescentes, estudado nas aulas anteriores, é um tipo de plasmas. Finalizando a leitura, outro aluno do mesmo *Grupo 2* sugeriu uma atividade com as peças de lego, como menciona no texto, para ensinar os alunos que estão aprendendo sobre estado da matéria: “Se eu tivesse aprendido assim antes eu teria entendido de primeira”. Foi dito aos alunos que na próxima aula iríamos relembrar o Modelo Atômico de Bohr para um átomo isolado e apresentar um modelo que descreve o que acontece com a energia desse sistema quando vários átomos se reúnem para formar um sólido, a Teoria de Bandas de Energia.

4.4 Atividade 4

Bandas energéticas dos sólidos condutores, isolantes e semicondutores

Essa atividade inicialmente estava prevista para ser introduzida com a leitura do texto GREF – Tamanho são documentos, em Produto Educacional, seguida de uma discussão sobre a energia relacionada a um átomo isolado –

modelo criado pela teoria de Bohr e, posteriormente, a energia relacionada quando átomos se agregam para formar uma molécula – modelo de bandas de energia. No entanto, quando essa atividade foi aplicada inicialmente na turma B, observou-se grande dificuldade dos alunos em associar os dois modelos e também de compreender que, quando o átomo isolado se agrega a outro átomo para compor uma molécula, esse agrupamento passa a ter outra configuração energética. Dessa forma, optou-se em fazer dessa atividade para a turma A uma aula expositiva sobre a teoria de Bohr e o modelo de Bandas de Energia. O texto do Gref tornou-se um texto de apoio para a atividade 5.

Nessa aula expositiva, para apresentar o modelo atômico de Bohr, foi perguntado aos alunos se eles sabiam como os fogos de artifício funcionavam. Mesmo que, de modo geral, os alunos tinham conhecimento da Evolução do Modelo Atômico das aulas de química, muitos alunos não sabiam como os fogos de artifício funcionavam. Assim, a professora utilizou desse vínculo para apresentar o Modelo de Bohr, evidenciando que esse modelo é para o átomo isolado, e explicar o fenômeno. Para retratar das teorias de Bandas de Energia, a professora lembrou das aulas anteriores quando foi discutido que na natureza a maioria dos átomos estão agregados e não isolados. Foi então questionado se a energia daquele átomo isolado sofreria interações ao aproximar de outros átomos, que por sua vez, também possui uma energia. Através dessas questões, os alunos foram conduzidos para a Teoria de Bandas de Energia que apresenta um modelo para essa nova configuração de átomos agregados.

Com a aula expositiva, observou-se que os alunos puderam compreender a transição dos modelos e fizeram associações entre estes modelos. Para ilustrar, um dos integrantes do grupo 3 questionou se o salto do elétron no átomo isolado de uma camada para a outra no Modelo de Bohr poderia ser semelhante com o salto do elétron da BV para a BC no Modelo de Bandas de Energia. Foi dito que se assemelham em termos de que, para saltar de uma órbita para outra, para

átomos isolados, ou para saltar da BV para a BC, para átomos agregados, o elétron deveria ganhar energia, e para voltar à órbita estacionária ou a BV, esse mesmo elétron deveria liberar tal energia. Nesse momento, outro aluno do grupo 1 ressaltou: “E a quantidade de energia que deve ganhar ou perder é o GAP!?”.

Observou-se que nessa aula expositiva e dialogada, os alunos sentiram-se estimulados a entender o funcionamento dos fogos de artifício e devido às aulas anteriores, pudemos conectar e estender para uma nova teoria. A teoria de Bandas de Energia é uma teoria complexa e necessita de conhecimentos a nível superior. Dessa forma, vale ressaltar que a professora aplicadora atentou-se em apresentar uma abordagem mais básica desse conteúdo, explicando o que é a BV, BC, GAP de energia e as configurações dessas bandas para os três tipos de sólidos: condutores, isolantes e semicondutores.

Para a aula seguinte, foi pedido que os alunos construíssem essas configurações através de uma maquete. Foi dado a eles a liberdade para escolher os materiais e forma como eles representariam essas diferentes Bandas de Energia para os sólidos condutores, isolantes e semicondutores, assim como o “salto” do elétron de uma banda para outra.

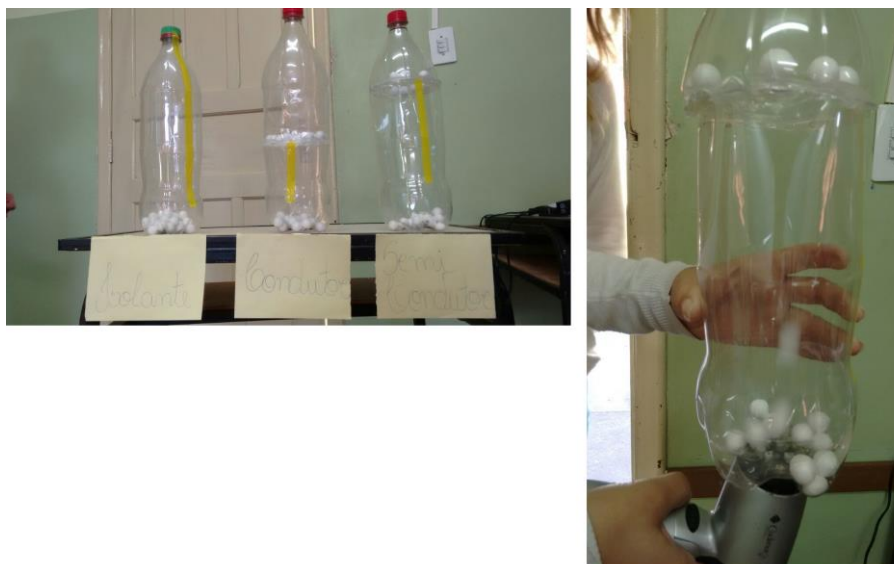
4.5 Atividade 5

Construção de uma maquete para o modelo de Bandas de Energia dos sólidos condutores, isolantes e semicondutores.

Para essa atividade, os alunos tiveram que produzir uma maquete representando o modelo da teoria de Bandas de Energia para um sólido isolante, condutor e semicondutor. A partir dessa construção, deveriam fazer uma apresentação explicando cada modelo. As maquetes foram fotografadas, como mostram as Figuras 1, 2 e 3. As fotos foram separadas por grupo.

GRUPO 1

Figura 1 - Maquete elaborada pelo Grupo 1 com materiais de garrafa PET, bolas de isopor, fita adesiva amarela e secador de cabelo.



Fonte: Elaborado pela autora (2016)

O *Grupo 1* representou os elétrons como bolinhas de isopor, as bandas estavam separadas pelo GAP de energia representado pela fita amarela. Para que o elétron saltasse da BV para a BC, o grupo utilizou de um secador de cabelo para simbolizar o ganho de energia que o elétron deveria ter para conseguir saltar. Eles poderiam ter utilizado da função FRIO do secador, mas na apresentação optaram pela opção QUENTE para reforçar que o aumento de temperatura também faz com que os elétrons saltem da BV para a BC.

GRUPO 2

Figura 2 - Maquete elaborada pelo Grupo 2 com materiais de hastes de madeira, fio de nylon, papelão e papel alumínio.

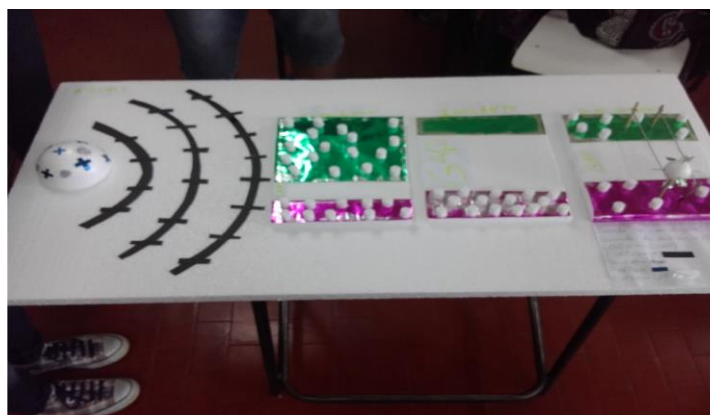


Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Na Figura 2 a ordem das bandas de energia para os sólidos representados são: semicondutor, condutor e isolante. O *Grupo 2* utilizou de fios de nylon presos a uma haste de madeira para dar movimento – com as mãos, aos elétrons que estavam sendo representados por bolinhas de alumínio presas a esse mesmo fio. Para representar o GAP de energia, eles utilizaram de um papelão sanfonado que podia alterar de comprimento à medida que se estendia ou se comprimia a haste de madeira.

GRUPO 3

Figura 3 - Maquete elaborada pelo Grupo 3 com materiais de isopor, fita adesiva e papel laminado.



Fonte: Elaborado pela autora (2016)

O *Grupo 3* representou o modelo do átomo isolado à esquerda da Figura 3 e os três modelos de bandas de energia para os sólidos condutores, isolante e os semicondutores, nessa ordem. Eles utilizaram do modelo de bandas de energia para os semicondutores com a finalidade de exemplificar o salto do elétron da BV para a BC. O elétron foi representado por uma bolinha de isopor com “hélices” apoiada em dois fios de metal suspensos, onde se soprasse – o que eles chamaram de “dar energia” – esse “elétron” se movia da BV para a BC.

GRUPO 4

Figura 4 - Maquete elaborada pelo Grupo 4 com materiais de copo de vidro, fita adesiva, água, bolas de isopor e de metal e imã.



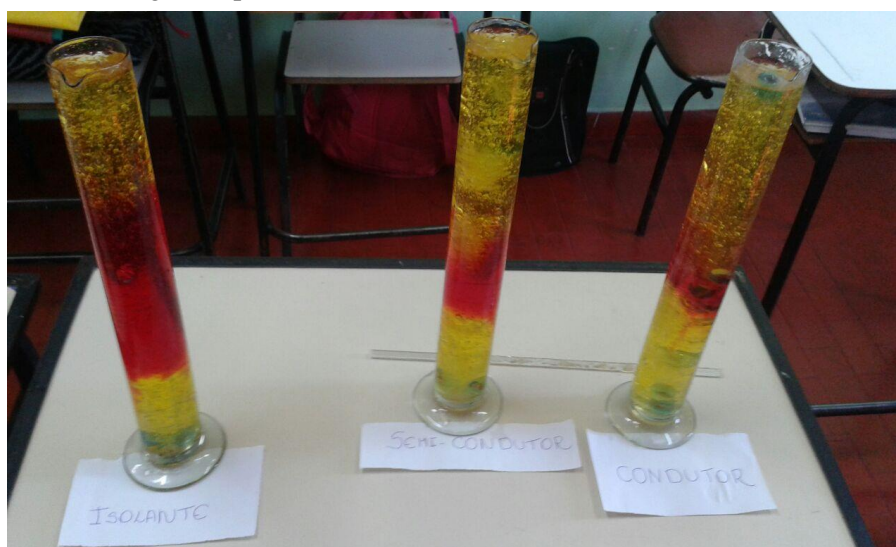
Fonte: Elaborado pela autora (2016)

O *Grupo 4* representou a BV com fitas rosas, a BC com fitas lilás e os elétrons com as pérolas, o GAP de energia foi representado pela distância entre essas fitas. Para conseguir dar movimento aos “elétrons” nessa maquete, eles optaram por alguns elétrons serem também representados por bolinhas de metal que ficavam submersa a água; para “dar energia” a esses “elétrons”, eles

aproximaram um ímã dessas bolinhas de metal que se moviam da “BV” para a “BC”.

GRUPO 5

Figura 5 - Maquete elaborada pelo Grupo 5 com materiais de gelatina, bolinhas de gude e proveta.



Fonte: Elaborado pela autora (2016)

O *Grupo 5* representou as bandas de energia com gelatinas. Tanto a BV quanto a BC eram representadas por gelatinas da cor amarela e o GAP de energia gelatina da cor vermelha. Os elétrons eles representaram como sendo bolinhas de gude. O grupo optou em não representar o salto do elétron da BV para a BC.

Observa-se que em todos os grupos eles reproduziram a população significativa de elétrons na BC para os três sólidos – semicondutores, isolantes e condutores, assim como conseguiram apresentar o conceito de GAP de energia. E, com exceção do *Grupo 5*, eles também compreenderam que, para o elétron saltar da BV para a BC, é preciso fornecer algum tipo de energia a esse elétron.

4.6 Atividade 6

Construção do material Semicondutor Intrínseco e Extrínseco (dopagem do tipo P e N).

Nessa atividade, os grupos foram conduzidos através de um roteiro de questões a construir três tipos de rede cristalina – em duas dimensões. Uma contendo apenas átomos de Silício (Semicondutor Intrínseco), as outras duas contendo vários átomos de silício com algumas impurezas, uma com átomos de Boro e a outra com átomos de Fósforo. Nesse roteiro, os alunos tiveram que responder a nove perguntas e, à medida que eles iam respondendo a essas questões, eles reproduziam as redes cristalinas.

Como os grupos dispunham do mesmo material de apoio e auxílio da professora proponente do projeto, algumas respostas eram similares. Dessa forma, as respostas foram selecionadas de acordo com sua equivalência. Aquelas que se diferenciavam das demais foram acrescentadas para análise. A seguir, vamos apresentar as questões, bem como as respostas selecionadas e a análise.

Pergunta 1: *O que são elétrons livres?*

Resposta obtida:

Grupo 1 - “São quando os elétrons perdem a identidade com o núcleo, podendo ‘passar’ pelo material.”

Pergunta 2: *O que é camada de valência?*

Resposta obtida:

Grupo 1 – “É a última camada onde os elétrons estão distribuídos”

Análise para as perguntas 1 e 2:

De modo geral, observou-se que os grupos souberam diferenciar elétrons livres de corpos eletrizados. No entanto, mesmo que tenhamos trabalhado tais conceitos, não conseguiram esclarecer que estes elétrons que perdem a identidade com o núcleo são os elétrons.

Pergunta 3: *O que é preciso para que um material possa conduzir eletricidade?*

Resposta obtida:

Grupo 1 – “Possuir elétrons livres”.

Grupo 3 – “Ele precisa ter uma quantidade significativa de elétrons livres”.

Análise:

Observa-se que para o *Grupo 3* não basta ter elétrons livres como para o *Grupo 1*, é preciso uma “quantidade significativa”.

Essa explicação pode estar conectada à atividade 5, e em que a maquete construída pelo grupo 1, qual representava os materiais isolantes, continha elétrons livres na BC, porém poucos elétrons livres.

Pergunta 4: *Diferencie os materiais condutores dos isolantes e dos semicondutores.*

Resposta obtida:

Grupo 1 – “Condutores são materiais que possuem elétrons livres. Isolantes são maus condutores pois seus elétrons possuem uma forte interação com o núcleo e não transitam. Semicondutores, tem a mesma característica dos dois materiais (condutores e isolantes) ele não é bom condutor, nem é um mau condutor, ele tem uma condução intermediária”

Grupo 5 – “Condutor: Possuem elétrons livres e uma BC encostada na BV, o que faz ter um GAP de valor baixo que conduz eletricidade. Semicondutor:

Possuem elétrons que são ligados no núcleo, não tanto, BC e BV com valor médio com um pouco de energia é capaz de fazer os elétrons passarem para BC, fazendo assim se conduzir eletricidade. Isolante: Não possuem elétrons livres, os elétrons são muito ligados ao núcleo com valor alto de GAP”

Análise:

Observa-se nessas respostas duas formas, parcialmente corretas, de responder a mesma questão.

O *Grupo 1* atentou-se em responder baseando-se na definição de ter ou não elétrons livres. O *Grupo 5*, por sua vez, conferiu sua resposta na atividade 5, relacionando a condutibilidade elétrica com o GAP de energia.

A partir dessas respostas e de uma breve explicação no roteiro investigativo, os grupos foram direcionados a construir numa folha avulsa várias ligações covalentes de vários elementos de Silício. A partir dessa rede, eles responderam as seguintes questões:

Pergunta 5: *Com a rede cristalina construída, é possível que este material conduza eletricidade? Explique sua resposta.*

Resposta obtida:

Grupo 1 – “Não. Todos elétrons da camada de valência se interagem um com os outros, compartilhando os elétrons entre si, assim, não há como os elétrons ficarem livres”.

Grupo 5 – “Não, apesar de o silício ser um semicondutor ele acaba tendo que compartilhar todos os elétrons e com isso não haverá elétrons livres suficiente para conduzir eletricidade”.

Análise:

De modo geral, os grupos associaram os elétrons livres com aqueles elétrons que não fazem ligação. Como as ligações estabelecidas pelos átomos de Silício não sobram e não faltam elétrons, essa rede, portanto, não possui elétrons livres.

Pergunta 6: *Porque um material semicondutor do tipo intrínseco não pode conduzir eletricidade?*

Resposta obtida:

Grupo 3 – “Porque apesar de conseguir quebrar algumas ligações adicionando calor, os elétrons liberados para a BC não são suficientes”

Grupo 2 – “Apesar de o Silício ser um semicondutor, em uma ligação cristalina ele acaba tendo que compartilhar todos os elétrons para cumprir a regra do octeto, e com isso não haverá elétrons livres, e recebendo calor vai haver a quebra de algumas ligações, e com isso alguns elétrons irá se desprender e ir para a BC mas o número de elétrons que soltarão para a BC não é um número suficiente para conduzir eletricidade”

Análise:

Nessas respostas, pode-se observar o cuidado dos grupos em dizer que se for fornecido ao material semicondutor intrínseco energia (calor), o material pode liberar alguns elétrons da BV para a BC, tornando esses elétrons em elétrons livres. No entanto, eles afirmam que isso não garante a condução, pois não consegue uma população significativa de elétrons livres ou elétrons na BC.

A partir desse momento, foi pedido aos alunos que construíssem mais duas redes com impurezas – processo de dopagem, uma com boro (dopagem tipo N) e a outra com fósforo (dopagem tipo P).

Pergunta 7: *Observando as duas redes cristalinas separadamente, as novas ligações covalentes ficam estáveis ou instáveis?*

Resposta obtida:

Grupo 5 – “Instáveis, pois sobram ou faltam elétrons”

Pergunta 8: *Caso estejam instáveis, esta instabilidade é causada pela falta ou pelo excesso de elétrons? Explique sua resposta.*

Resposta obtida:

Grupo 1 - “Excesso (carga positiva) no caso do Silício e Boro, fica um buraco na BV por causa da dopagem do Boro . Excesso também no caso do Silício e fósforo, com elétrons livres na BV, com isso eles pulam para a BC ocorrendo a dopagem”

Análise para as respostas 7 e 8:

Nessa etapa da atividade, observou-se que em todos os grupos houve uma dificuldade em compreender o conceito de buraco e como esse buraco se movimentava na BV. Mas, ao associarem buraco com a falta de elétrons ou o excesso de “carga positiva”, a compreensão foi imediata.

Pergunta: *Por que não encontramos na natureza materiais semicondutores do tipo extrínseco?*

Resposta obtida:

Grupo 3 – “Não encontramos este tipo de material na natureza porque ela não produz (não é da natureza) isso é uma dopagem como podemos perceber, então isso foi intervenção humana que tentou conduzir a eletricidade com o Silício com outros elementos”

Grupo 5 – “Porque são materiais construídos em laboratórios que não são

encontrados na natureza, são modificados pelo homem”

Análise:

Nota-se que, durante as discussões em sala para responder a tal questão, o fato dos grupos terem que adicionar elementos dopantes na rede cristalina de silício puro e a partir daí observarem que esses ficavam instáveis, e só assim conseguiam o excesso ou a falta de elétrons significativo nas bandas, os grupos puderam perceber que esse processo é artificial, onde o homem domina no controle da corrente.

4.7 Atividade 7

Junção PN e o diodo.

Essa parte da atividade foi pensada como um fechamento para explicar o funcionamento das lâmpadas de LED, bem como promover uma discussão sobre a importância do conhecimento científico na vida atual. Como o encerramento das atividades, a proponente da proposta expôs o assunto no formato de uma aula tradicional, onde também fez uso do vídeo⁸ “Como o LED funciona” de 41 segundos, que tratava do funcionamento de um diodo.

Inicialmente, através de figuras desenhadas no quadro de giz que representavam as cartilhas que alunos fizeram na atividade anterior dos semicondutores extrínsecos, foi feita a junção das redes cristalinas tipo PN, onde pudemos apresentar e identificar a barreira de potencial. Dessa forma, foi mostrado o que é um diodo e a simbologia utilizada nos circuitos e, em seguida, desenhamos uma pilha e polarizamos diretamente e inversamente o diodo, onde identificamos que para que, a corrente possa passar por ele, é necessário que a polarização seja direta, também necessita de uma voltagem bem específica para quebrar a barreira de potencial, apresentando assim a função de controlador de

8 <https://www.youtube.com/watch?v=NPX1rGj4pDM>

corrente dos diodos. Para concluir essa parte da aula, foi exibido para os alunos o vídeo “Como o LED funciona”. Esse vídeo possui uma duração de 41 segundos e mostra, de forma ilustrativa, com os LED’s produzem luz. Para encerrar a atividade, houve uma discussão à respeito da relevância para a vida moderna em saber como alguns dispositivos eletrônicos funcionam. Vale ressaltar que esta parte da aula expositiva foi dialogada e esses conceitos foram construídos com os alunos sob mediação da professora. A seguir, será feita uma discussão sobre alguns momentos importantes dessa aula.

No momento da aula onde se desenvolvia a construção do conceito de barreira de potencial num diodo, observou-se que os alunos tiveram muita dificuldade em identificar que, na junção PN, resultaria na formação de uma barreira de potencial próximo a interface das duas partes P e N. Eles acreditavam que, ao juntar os semicondutores do tipo P e N, todos os elétrons se “anulariam” - termo utilizado por eles – com todos os buracos equilibrando o sistema. Assim, foi ressaltado pela professora que, quando faz a junção PN, os elétrons livres na BC da região N e lacunas na BV na região P cruzam a interface entre as duas regiões, aniquilando-se mutuamente, como eles previam. No entanto, são criados íons positivos onde haviam elétrons livres e íons negativos onde haviam buracos. Esse processo de aniquilamento mútuo termina quando as barreiras de cargas positivas (íons positivos) no lado N e de cargas negativas (íons negativos) no lado P, próximas a interface, se tornam suficientemente fortes para deter o avanço de elétrons para o lado P e de lacunas para o lado N criando, dessa forma, a barreira de potencial.

Outro momento importante se deu no momento de explicar a polarização do diodo. Sabia-se que os alunos não tinham conhecimento de Campo Elétrico, Corrente Elétrica e Voltagem, mas eles já haviam estudado processos de eletrização e sabiam que cargas opostas se atraem e iguais se repelem. Assim como, mesmo os alunos não tendo estudado corrente elétrica até aquele

momento do ano letivo, eles tinham a noção de que uma corrente elétrica é definida quando os portadores de cargas elétricas estão em movimento. Dessa forma, para explicar a polarização direta, a professora optou pela relação de que, se uma pilha for conectada aos terminais do diodo com seu polo positivo ligado ao terminal P do diodo e o polo negativo ao terminal N, o diodo conduzirá corrente elétrica facilmente, pois são lançados elétrons no lado N enquanto elétrons são drenados no lado P da junção. Com isso, dependendo da voltagem (energia por carga), diminuem as barreiras de cargas na junção, que são obstáculo à passagem de corrente elétrica, até que a corrente passe facilmente pelo diodo. O mesmo procedimento foi utilizado para explicar a polarização reversa. Assim, observou-se que, mesmo a professora ainda não tendo trabalhado tais conceitos, a priori fundamentais para esta parte da atividade, a escolha dos vocábulos corretos para abordar tal conteúdo, ajudou os alunos na compreensão do processo de polarização direta e reversa num diodo.

Para encerrar, foi retomado pela professora a discussão sobre a importância de conhecer sobre o funcionamento dos equipamentos eletrônicos, assim como, refletir sobre o impacto que essa tecnologia pode ter na vida presente e futura das pessoas. Nessa discussão, o aluno do *Grupo 4* resgatou a atividade 1 e relembrou de um estabelecimento de informática onde eles estiveram no qual o vendedor não sabia como as lâmpadas de LED funcionavam, mas, por curiosidade, eles pediram informações sobre um notebook. Eles relataram que o vendedor passou todas informações do dispositivo e forneceu outras informações, que para eles essas estavam além do que um simples vendedor deveria saber para fazer a venda. Por exemplo, curiosidades sobre o sistema operacional Windows 10, a função de um HD e Drive.

“O que a gente observa é que este vendedor não precisava saber estas informações para fazer a venda, mas ele tinha conhecimento e isto valorizou o atendimento dele. Eu não queria comprar nada, estava só perguntando por pura curiosidade, mas se um dia eu precisar comprar, é com ele que eu comprar porque ele me passou muita confiança.”

Dessa forma, foi reforçado que possuir uma visão crítica sobre os aspectos relacionados à tecnologia é importante para qualquer pessoa, para saber analisar todos os aspectos positivos e negativos que tal ferramenta pode proporcionar na sua vida. A tecnologia pode e deve ser utilizada para o crescimento das pessoas e não as pessoas crescerem dependendo da tecnologia. Portanto, é necessário refletir sobre a forma como a tecnologia tem mudado a maneira das pessoas interagirem com umas com as outras, além de que as pessoas saibam utilizar a tecnologia de maneira consciente, afinal, essa ferramenta está a todo o momento adentrando na vida moderna, oferecendo novos conhecimentos, praticidade e entretenimento.

Ainda nessa mesma discussão, um fato que pôde reunir as percepções dos alunos com a importância do conhecimento, foi o relato do *Grupo 3*. Eles retomaram a atividade 2, especificamente onde o comerciante tinha dito que as lâmpadas de LED não “prestavam”, um integrante do grupo disse:

“Se este comerciante soubesse que as lâmpadas de LED não estavam regulamentadas pelo INMETRO, não venderia com a garantia de troca. Ou, sei lá, não dava tanta garantia assim.”

Por fim, observamos que nessa aula pudemos conectar pontos centrais da sequência didática, como explicar o funcionamento de lâmpadas de LED, que

foi o tópico central lançado na primeira atividade que norteou todas as outras atividades, e promover uma investigação nas influências sociais e ambientais quanto à utilização dos materiais semicondutores no mundo atual, articulada com uma discussão final sobre o uso e o conhecimento dos dispositivos eletrônicos na vida moderna.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais podemos observar que nossos estudantes estão fazendo o uso da tecnologia em diferentes frentes, tanto para a interação social quanto nas atividades acadêmicas. De um modo geral os resultados deste trabalho indicam que a metodologia utilizada na sequência didática pôde contribuir para o desenvolvimento cognitivo do estudante, tanto pelo incentivo à curiosidade, quanto pelo cuidado em apresentar a relevância do tema proposto.

Dessa forma, nesta pesquisa procuramos investigar o processo de ensino-aprendizagem durante o desenvolvimento de uma sequência didática sobre materiais semicondutores e relacioná-los com os avanços tecnológicos e sociais. Em diversos momentos na prática pedagógica dessa sequência didática verificou-se as teorias vygotskianas, no qual o desenvolvimento cognitivo do aluno se deu por meio da interação desse indivíduo com outros indivíduos e com o ambiente. Um acontecimento durante a aplicação das atividades 1 e 6 que corrobora com essa afirmação foi observado pela professora proponente, em que a interação entre os alunos do mesmo grupo possibilitou trocar conhecimentos e confrontar hipóteses. De modo geral, ela observou-se que durante atividades em que os alunos tiveram que responder as atividades de aprendizagem, logo que as dúvidas apareciam, os alunos não recorriam imediatamente à professora na busca de respostas. Eles optavam em promover as discussões somente entre eles para depois, de uma conclusão, pedir auxílio à professora.

O trabalho tinha por objetivo construir com os alunos o conhecimento científico presente no funcionamento das lâmpadas de LED e, a partir daí, refletir, discutir e avaliar o impacto dessa tecnologia na sociedade. Acreditamos, pela desenvoltura e participação dos alunos nas atividades, que esse objetivo tenha sido atingido, tornando o conhecimento significativo e prazeroso. Por exemplo, na atividade 2 quando os alunos trouxeram aplicações do uso das lâmpadas de LED na medicina e na estética e quando discutiram sobre o

descarte do lixo eletrônico na cidade e na própria escola, observou-se que a discussão durante a aula ocorreu de forma natural e interativa. A saber, um episódio daquele dia corrobora para essa análise: no final daquela mesma aula – onde estava sendo aplicada a atividade 2, ao tocar o sinal para troca de professores, um estudante do Grupo 3 exclamou “Mas já!”, com a face estampada de que o tempo passou rápido para ele. Ou seja, para nós professores, onde encontramos muito alunos desmotivados e desinteressados nas aulas regulares e ansiosos para o fim dos “50 minutos”, episódios como esse podem indicar uma direção positiva na escolha da metodologia adotada.

Outro fator que deve ser levado em conta nos resultados atingidos, está no planejamento das atividades 5, 6 e 7. Quando essas atividades foram planejadas, havia uma grande preocupação de como os alunos conectariam os conceitos de bandas de energia, através da construção da maquete e, em seguida, como transportariam tal conhecimento para a construção e compreensão das redes cristalinas dos materiais semicondutores extrínsecos e sua aplicação na eletrônica. Dessa forma, durante o desenvolvimento da atividade 6, as discussões que os grupos promoveram proporcionaram uma conexão natural entre tais conceitos, evidenciando, assim, que a interação entre o sujeito e o meio (grupos) auxilia, de fato, no desenvolvimento cognitivo, podendo resultar no que denominamos de uma aprendizagem significativa.

O conteúdo referente a bandas de energia em um sólido tem uma natureza abstrata e complexa, típicos da física da matéria condensada, sendo normalmente abordada apenas no ensino superior. Dessa forma, trabalhar com esse assunto no EM, onde o conhecimento científico ainda é superficial e limitado, e pode parecer inviável. No entanto, quando essa sequência foi planejada, o objetivo principal era fazer com que os alunos pudessem ter um conhecimento básico sobre o tema, para que, a partir do desenvolvimento dos tópicos, o professor pudesse estender para uma reflexão sociocultural no

contexto dos alunos. Sendo assim, como já mencionado, acreditamos que esse objetivo foi alcançado, uma vez que os alunos foram capazes de fazer representações na forma de maquetes, caracterizando a diferença entre materiais condutores, isolantes e semicondutores do ponto de vista das bandas de condução em cada material.

Espera-se que, a partir deste trabalho, outros professores de Física possam também se sentir encorajados a reaplicar sequência didática apresentada, assim como, aprimorá-la.

Gostaria ainda de mencionar que, apesar da pouca experiência de sala de aula como professora de Física, posso garantir a participação no MNPEF, como discente, foi fundamental para minha formação, proporcionando-me conhecimentos sobre conteúdos, teorias de aprendizagem, metodologias, recursos didáticos etc. Um legado formidável e generoso na carreira de um docente em permanente formação.

REFERÊNCIAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciências**. 2001. 193 p. Tese (Doctorat em Didàctica de les Ciències Experimentals)-Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2001.
- ALVES, A. G. **Necessidades, anseios e concepções sobre formação continuada para professores de física participantes do PIBID-Física: a inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio como um estudo de caso**. Lavras, 2013. Originalmente apresentada como monografia, não publicada.
- AMÉRICO, R. M.; MAGGI, N. R. Linguagem, aprendizagem e tecnologias da informação: uma leitura no âmago do sociointeracionismo segundo Vygotsky. **Nonada: Letras em Revista**, Porto Alegre, v. 2, n. 21, 2013. Disponível em: <<http://seer.uniritter.edu.br/index.php/nonada/article/view/793/519>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília, DF: Liber Livro, 2005. 70 p.
- ARONS, A. B. **A guide to introductory physics teaching**. New York: J. Wiley, 1990. 360 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF, 2006. 32 p.
- CARMONA, A. G. **Física de semicondutores en la educación científica secundaria**. [S.l.]: Educación, 2008. 245 p.
- DOMINGUINI, L. **O conteúdo física moderna nos livros didáticos do PNLEM**. 2010. 162 p. Dissertação (Mestrado em Educação)-Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.
- FREITAS, F. C.; OLIVEIRA, A. J. A. O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 3502-1-3502-7, 2015.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO, A. M. Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la eso. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 26, n. 1, p. 107-124, 2008.

GIL, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Uma revisão de literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 29-56, mar. 2001.

HAVILAND, D. B. **The transistor in a century of electronics**. 2002.

Disponível em:

<<http://www.nobelprize.org/educational/physics/transistor/history/index.html>>.

Acesso em: 10 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Minas**

Gerais: Itumirim. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=313430>>. Acesso em: 10 out. 2016.

LIMA, L. G.; RICARDO, E. C. Física e literatura: uma revisão bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 577-617, 2015.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986. 99 p.

MENEZES, L. C. de. Uma física para o novo ensino médio. **Física na Escola**, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 6-8, out. 2000.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades.

Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. **Roteiro para construção de um planejamento de uma unidade didática**. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Conceitos de física quântica na formação de professores: relatos de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 9-35, abr. 2005.

PAULA, H. F.; ALVES, E. G. Uma sequência de ensino sobre dispositivos condutores e semicondutores de nosso dia a dia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., 2007, São Luís. **Anais...** São Luís, 2007.

Disponível em:

<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0397-1.pdf>>.

Acesso em: 10 out. 2016.

REZENDE, S. M. **A física dos materiais e dos dispositivos eletrônicos**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. 440 p.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, p. 1-12, 2007. Número especial.

SILVA, A. L. C. **Uma proposta metodológica para o ensino do princípio de Arquimedes em espaço não-formal no ensino de física**. Lavras, 2013.

Originalmente apresentada como monografia, não publicada.

SILVA, N. A.; VASCONCELOS, T. N. H. Ciência, tecnologia e sociedade a partir do estudo dos semicondutores no contexto do ensino médio. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO DISCENTE PUCSP/CRUZEIRO DO SUL, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PUC, 2014. p. 1-6.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média**. 1994. 241 f. Tese (Doutorado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez; Autores Associados, 1986. 132 p.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: M. Fontes, 1984. 90 p.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998. 224 p.