



**CENTRO DE EDUCAÇÃO, LETRAS E SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO  
(PPGEn) – MESTRADO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIAS,  
LINGUAGENS, TECNOLOGIAS E CULTURA  
LINHA DE PESQUISA: ENSINO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA**

**LEIDI KATIA GIEHL**

**CONTRIBUIÇÕES DA ESTRATÉGIA DE ENSINO DOS MULTIMODOS E  
MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE  
SEMICONdutoRES NO ENSINO MÉDIO**

**FOZ DO IGUAÇU – PR**

**2018**

**LEIDI KATIA GIEHL**

**CONTRIBUIÇÕES DA ESTRATÉGIA DE ENSINO DOS MULTIMODOS E  
MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE  
SEMICONDUCTORES NO ENSINO MÉDIO**

**CENTRO DE EDUCAÇÃO, LETRAS E SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO (PPGE<sub>n</sub>) – MESTRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ensino - Mestrado, da  
Unioeste.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo A. Zara.

**FOZ DO IGUAÇU – PR  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me guiar e iluminar, pela força e proteção que me concedes. É com fé em Ti que realizo este sonho e, mais do que isso, sei que posso ir mais longe.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reginaldo A. Zara, pelos seus direcionamentos sempre muito assertivos e esclarecedores, bem como sua inestimável contribuição para minha formação profissional e pessoal, demonstrando exemplos de competência, humanidade e serenidade.

À minha família, e em especial aos meus pais, João Laurindo Giehl e Lidia Maria Domann Giehl, pelos seus exemplos de trabalho, honestidade e força, por sempre acreditarem em mim e por, cotidianamente, me mostrarem que, com muita luta, humildade e fé, se alcançam os sonhos.

Ao meu marido, Eduardo F. de Paula, que nunca mediu esforços para que esse sonho se realizasse, por sempre me ouvir e me dar suas palavras de incentivo, força e amor.

Aos colegas da turma 2017 do PPGen, pela construção coletiva de conhecimento e por suas manifestações de amizade e companheirismo.

Às minhas amigas Lenita Back e Marta Richciki pelas demonstrações de apoio e companheirismo.

Aos professores integrantes do PPGen, em especial ao Prof. Dr. Tiago E. Klubber e Tânia Bassoi, que me oportunizaram reflexões valiosas acerca do conhecimento e do ensino.

Aos membros da Banca Examinadora, pela disponibilidade e contribuição, fundamentais para este trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo S. de Camargo Filho que, mesmo distante, contribuiu diversas vezes para com minha formação acadêmica, e por acreditar em mim desde a graduação.

Ao Colégio Estadual Rocha Pombo EFMN, pela abertura do espaço e incentivo de diversas formas, em especial ao Diretor Neivor Kessler e à professora Clarice R. Pompermaier.

Aos estudantes que participaram assiduamente da oficina proposta, pela demonstração de interesse e comprometimento para com as atividades propostas.

À Capes, pelo apoio financeiro através da bolsa de pesquisa durante os vinte e quatro meses.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 1, atividade 2 da AD2.....	70
Figura 2. Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 2, atividade 2 da AD2.....	70
Figura 3. Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 1, atividade 3 da AD2.....	71
Figura 4. Amostra da atividade, desenho feito pelos alunos 2, atividade 3 da AD2..	71
Figura 5. Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 1, atividade 5 da AD2.....	73
Figura 6. Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 2, atividade 5 da AD2.....	74
Figura 7. Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 3, atividade 5 da AD2.....	74
Figura 8. Desenho parte 1 do texto “Luzes do novo século” .....	88
Figura 9. Desenho parte 2 do texto “Luzes do novo século” .....	89
Figura 10. Desenho parte 3 do texto “Luzes do novo século” .....	90
Figura 11. Desenho parte 4 do texto “Luzes do novo século” .....	91
Figura 12. Desenho parte 5 do texto “Luzes do novo século” .....	92
Figura 13. Desenho parte 6 do texto “Luzes do novo século” .....	93
Figura 14. Desenho parte 7 do texto “Luzes do novo século” .....	94
Figura 15. Desenho parte 8 do texto “Luzes do novo século” .....	95
Figura 16. Painel ilustrativo elaborado a partir dos desenhos dos alunos.....	96
Figura 17. (a) Mostra representativa de HQs sobre a temática 1 e (b) Transcrição do diálogo entre os personagens. ....	98
Figura 18. (a) Mostra representativa de HQs sobre a temática 2 e (b) Transcrição do diálogo entre os personagens .....	101
Figura 19. (a) Mostra representativa de HQs sobre a temática 3 e (b) Transcrição do diálogo entre os personagens .....	103
Figura 20. Síntese das histórias produzidas sobre a temática 4 - HQs1 e HQs2....	105
Figura 21. HQs1 temática 4.....	106

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conteúdos e atividades aplicadas para cada encontro da oficina.....	50
Quadro 2. Detalhamento das atividades para o primeiro encontro da oficina .....	51
Quadro 3. Detalhamento das atividades para o segundo encontro da oficina .....	53
Quadro 4. Detalhamento das atividades para o terceiro encontro da oficina .....	55
Quadro 5. Detalhamento das atividades para o quarto encontro da oficina.....	57
Quadro 6. Análise de dados por meio do Modelo de Mudança Conceitual.....	62
Quadro 7. Respostas dos estudantes para a questão b) da AD1 .....	65
Quadro 8: Respostas dos estudantes para a questão 6 da AD2.....	75
Quadro 9. Síntese das histórias produzidas sobre a temática 2 - HQs1 a HsQ3....	100
Quadro 10. Síntese das histórias produzidas sobre a temática 3 - HQs1 a HQs4..	102
Quadro 11: Dados da questão 1 da pesquisa de opinião.....	111
Quadro 12: Dados da questão 2 da pesquisa de opinião.....	111
Quadro 13: Dados da questão 3 (a) da pesquisa de opinião .....	112
Quadro 14: Dados da questão 3 (b) da pesquisa de opinião .....	112
Quadro 15: Dados da questão 3 (c) da pesquisa de opinião .....	112
Quadro 16: Dados da questão 3 (d) da pesquisa de opinião .....	112
Quadro 17: Dados da questão 3 (e) da pesquisa de opinião .....	112
Quadro 18: Dados da questão 3 (f) da pesquisa de opinião .....	113
Quadro 19: Dados da questão 3 (g) da pesquisa de opinião .....	113
Quadro 20: Dados da questão 3 (h) da pesquisa de opinião .....	113
Quadro 21: Dados da questão 3 (i) da pesquisa de opinião .....	113
Quadro 22: Sugestões e críticas dos estudantes na pesquisa de avaliação.....	114

## RESUMO

Neste trabalho, explora-se o potencial didático da estratégia de ensino baseada nos multimodos e múltiplas representações (MMR) para o ensino de Semicondutores e suas aplicações na tecnologia. A estratégia de ensino é proposta a partir da construção e aplicação de uma oficina didática dividida em quatro encontros, desenvolvida com um grupo de alunos da terceira série do ensino médio com abordagem do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea (FMC) – Os semicondutores aplicados à tecnologia. A estratégia de ensino dos MMR tem por objetivo proporcionar aos alunos uma gama de oportunidades para construir, refinar e aprofundar o conhecimento científico de forma que, se um aluno não consegue entender um conceito em relação a uma representação particular, outra representação pode ser mais eficaz e envolvente. O trabalho tem por objetivo avaliar as potencialidades da estratégia de ensino dos MMR para o ensino da FMC. Ao longo da oficina, é investigado como se dá a evolução conceitual dos estudantes a partir das atividades multirrepresentacionais e das avaliações diagnósticas propostas. Para buscar elementos que cumpram os objetivos propostos, optou-se por fazer a análise de dados dividida em duas partes. Primeiramente observamos se houve evolução conceitual dos estudantes, para então analisar como ocorreu esta evolução no decorrer da oficina. A análise de dados foi desenvolvida através da técnica de análise de conteúdo e interpretada através do modelo de mudança conceitual. A análise de dados no trouxe indícios de que houve evolução conceitual dos estudantes participantes da oficina, a qual é fruto da variedade de atividades multirrepresentacionais desenvolvidas que, em conjunto, contribuíram com as funções didáticas dos MMR.

**Palavras-chave:** Ensino, Física Moderna, Multimodos e múltiplas representações.

## ABSTRACT

This work explores the didactic potential of the multi-mode and multiple representations (MMR) as a teaching strategy for the teaching the theme Semiconductors and its applications in technology devices. The teaching strategy is conducted through the construction and application of a didactic workshop composed of four meetings addressing the content of Modern and Contemporary Physics - Semiconductors applied to technology. The MMR teaching strategy aims to provide students with a range of opportunities to construct, refine and deepen scientific knowledge. So that if a student can not understand a concept in relation to a particular representation, another representation may be more effective and engaging. The main goal of this work is to evaluate the potential of the teaching strategy of the MMR for the teaching of Modern and Contemporary Physics. In order to reach this goal, it was investigated how the conceptual evolution of the students takes place under the multirepresentational activities by means of some diagnostic evaluations. In order to find elements that fulfill our objectives, we have opted for the data analysis divided into two parts. First we observe if there is some conceptual evolution of the students about the main physical concepts, and then analyze how this conceptual evolution takes place during the workshop period. Data analysis was developed using content analysis technique and interpreted under the conceptual change model. The data analysis provided us with indications that there was a conceptual evolution of the students who participated of the workshop, being this evolution the result of the variety of multirepresentational activities that, taken together, contributed to the didactic functions of the MMR.

**Keywords:** Teaching, Modern Physics, multi-mode and multiple representations.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
2.1	Motivação para a pesquisa.....	14
2.1	Delineamento da Pesquisa.....	15
2.2.1	Objetivos .....	15
2.2	Aspectos metodológicos.....	16
2.3.1	A escolha do assunto abordado .....	16
2.3.2	Natureza da pesquisa.....	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	19
3.1	O ensino da Física Moderna e Contemporânea.....	19
3.1.1	O ensino da Física Moderna e Contemporânea no contexto do ensino de Ciências .....	19
3.1.2	O que os documentos oficiais propõem .....	24
3.1.3	Currículos e Formação de professores .....	25
3.2	Os Multimodos e as Múltiplas Representações.....	29
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	37
4.1	Instrumentos de Coleta e Análise de dados .....	37
4.1.1	Considerações sobre a produção do Material Didático .....	37
4.1.2	Considerações sobre os Instrumentos de Coleta de Dados.....	40
4.1.3	Considerações sobre a análise de dados.....	45
5	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	47
5.1	Caracterização do contexto e dos sujeitos .....	47
5.1.1	O campo da Pesquisa .....	47
5.1.2	O Grupo.....	47
5.2	Descrição da Oficina .....	48
5.2.1	Organização da oficina – Uma visão Geral .....	48
5.2.2	Organização da oficina – Detalhamento.....	51
6	ANÁLISE DE DADOS .....	60
6.1	Análise das atividades diagnósticas 1 e 2 .....	63
6.1.1	Atividade diagnóstica 1 (AD1) .....	63
6.1.2	Atividade diagnóstica 2 (AD2).....	68
6.1.3	Comparativo entre a AD1 e a AD2.....	75

6.1.4	Considerações sobre a evolução conceitual demonstrada na comparação AD1 e AD2 .....	81
6.2	Análise das atividades realizadas no decorrer da oficina .....	83
6.2.1	Ficha de atividade da construção do circuito .....	83
6.2.2	Elaboração do Painel Ilustrativo .....	87
6.2.3	Produção de História em Quadrinhos .....	97
6.2.4	Análise de dados – retomada .....	107
6.3	Avaliação da oficina - Pesquisa de opinião .....	110
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	116
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	121
	ANEXOS .....	129

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho é apresentada uma exploração do potencial didático da estratégia de ensino dos multimodos e múltiplas representações (MMR) para a discussão do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea (FMC), cujo tema é os semicondutores e suas aplicações na tecnologia. O ensino, por meio de MMR, pode proporcionar aos alunos um leque de oportunidades para construir o conceito científico pretendido e a expressão deste conhecimento através da utilização de diferentes formas de representações.

De acordo Ainsworth, Prain e Tytler (2011) muitos estudantes acabam por perderem o interesse pela Ciência em virtude do modelo tradicional de memorização que os têm reduzido a indivíduos passivos no processo de ensino e aprendizagem. Por isso, uma metodologia diferenciada para a abordagem dos conteúdos pode propiciar ao estudante melhores condições para compreensão e a aprendizagem efetiva desses conceitos além de desenvolver suas habilidades cognitivas.

A estratégia de ensino por multimodos e múltiplas representações, ou multirrepresentações, busca fundamentos teóricos do campo da Semiótica<sup>1</sup>. Segundo (LABURU; BARROS; SILVA, 2011), o ensino por meio de MMR possibilita realçar os conceitos estudados, tendo em vista que, quando um assunto é trabalhado usando diversas formas de representação, pode levar a uma aprendizagem mais consistente. Para estes autores, o pensamento científico depende dos vários registros e modos de representações, uma vez que, a compreensão e a conversão dos significados se darão com mais rapidez, e que o entendimento de um único conceito poderá se dar de diferentes formas, sem depender de uma abordagem específica.

A abordagem de conteúdos da FMC foi escolhida tendo em vista que, como Pozo e Crespo (p. 192, 2009) relatam, os estudantes, desde a sua infância, são acostumados com o mundo percebido pelos seus sentidos e, por isso, enfrentam grandes dificuldades para ir além e imaginar o que a Física Moderna propõe, uma vez que seus conceitos fundamentais, muitas vezes, se contrapõem ao senso comum.

---

<sup>1</sup> Estudo dos signos, ciência que tem por objetivo de investigação todas as linguagens possíveis (palavras, desenhos, diagramas, fotos, etc.) em suas diversas representações (LABURU et.al, 2013; HOUAISS, 2009).

Neste trabalho, discutimos uma proposta de uso da estratégia de ensino dos MMR para a abordagem do conteúdo de semicondutores no âmbito do ensino médio. Apresentamos, ao longo do trabalho e a partir do desenvolvimento das atividades propostas, uma discussão acerca da evolução conceitual dos estudantes em relação ao conteúdo abordado.

Ao utilizar essa estratégia de ensino para a abordagem do conteúdo, pretende-se estimular os estudantes a aprofundarem-se no conteúdo de FMC de forma mais atrativa, com a utilização de recursos semióticos como ilustrações, vídeos, atividades, experimentos, histórias em quadrinhos (HQs) e jogos. Para possibilitar o envolvimento com os conceitos de modo que sejam concebidos como algo plausível para o nível de ensino do conteúdo proposto.

Embora não seja possível separar totalmente o ensino da aprendizagem, no desenvolvimento deste trabalho, nosso foco estará na exploração da estratégia para o ensino dos conceitos físicos, na busca por reconhecer a teoria de semicondutores e suas relações com aplicações em tecnologia. Porém, para investigar as potencialidades da estratégia de ensino, lançaremos mão de conceitos do modelo de evolução conceitual dos alunos sobre o conteúdo abordado.

Para fins de organização, esse texto foi estruturado em oito capítulos. O capítulo 1 é dedicado à introdução desta pesquisa, o qual elenca discussões que avançarão no decorrer desta dissertação.

O capítulo 2 apresenta a problemática, faz a identificação e a caracterização do problema, apresenta os objetivos, além de descrever a motivação para a realização desta pesquisa.

No capítulo 3 discorreremos sobre o referencial teórico que embasa esta pesquisa, primeiramente com a discussão de elementos sobre o ensino da FMC, avançando para discussões relativas ao currículo e a formação de professores. Nesse mesmo capítulo abordamos uma revisão teórica sobre a estratégia dos MMR, suas funções e aplicações no processo de ensino e aprendizagem.

O capítulo 4 é dedicado aos procedimentos metodológicos. Neste momento trazemos as considerações sobre a produção do material didático, os instrumentos de coleta e análise dos dados.

O capítulo 5 é dedicado à descrição do desenvolvimento da pesquisa, a caracterização do campo da pesquisa e os sujeitos envolvidos, assim como a

descrição da oficina produzida, e todos os passos que foram necessários para a sua realização.

O capítulo 6 é destinado à análise de dados, que por sua vez é dividida em duas partes, primeiramente dedicada a analisar se houve evolução conceitual dos estudantes participantes da pesquisa e, posteriormente, analisar todo o processo envolvido, observando todas as atividades que foram realizadas.

Por fim, dedicamos o capítulo 7 às considerações finais; por meio de síntese fazemos uma retomada dos aspectos principais da pesquisa que realizamos. Além disso, na sequência, dispõem-se os apêndices e anexos, que representam todas as atividades que foram construídas e planejadas para o desenvolvimento da oficina, bem como o conteúdo programático organizado pela autora da pesquisa.

## **2 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

O ensino de disciplinas relativas às Ciências da Natureza visa levar à compreensão e à utilização dos conhecimentos científicos para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade (BRASIL, 2000, p. 20). Dessa forma, quando falamos em processos relativos ao ensino, devemos pensar em metodologias que possibilitem a aprendizagem de conceitos científicos, bem como a aplicação ou o reconhecimento destes conceitos nos diferentes aspectos de nossa vida cotidiana. A sociedade em que estamos inseridos é decorrente de uma grande revolução tecnológica, e seu cotidiano está incluso em um cenário de aparelhos eletrônicos e linguagem virtual (BRASIL, 2000, p. 11). Com isso, ao trabalhar com assuntos relativos à tecnologia junto aos estudantes, é necessário estar atento aos aspectos que tornem o cenário mais familiar a eles.

### **2.1 Motivação para a pesquisa**

Apresentamos, nesta seção, um breve relato sobre as motivações que impulsionaram esse trabalho, salientando nossa experiência acadêmica e profissional como autora desta pesquisa.

Tenho interesse pelo ensino desde as primeiras disciplinas que tive na Universidade Federal da Fronteira Sul, no curso superior de Física – Licenciatura. Comecei a lecionar quando estava no terceiro ano de graduação nas disciplinas de Física e Ciências, na Escola Estadual do Campo São Valério – Ensino Fundamental e Colégio Estadual João Zacco Paraná – Ensino Fundamental e Médio, ambas as instituições de educação pública, localizadas no município de Planalto, Paraná. O principal objetivo, como professora, é conduzir o aluno a processos que promovam o efetivo aprendizado com atribuição de significado ao que foi estudado.

O interesse pessoal pela Física Moderna surgiu durante a graduação, uma vez que, até então, não tínhamos contato com essa área da Física. Agora, como professora, pensamos que, se a Física é uma área da ciência que procura explicar fenômenos da natureza e de nosso dia a dia, por que não trabalhar com os alunos temas tão importantes e interessantes como a estrutura das coisas, o funcionamento dos computadores, celulares e vários outros assuntos tão atuais para os jovens

(nosso público alvo)? A observação dos conteúdos abordados nas escolas, com excessiva ênfase na Física Clássica, limita essa abordagem. A disciplina de Física é, às vezes, vista com certo preconceito, principalmente pelos alunos, que devido a sua aversão a cálculos acabam colocando a Física como algo de difícil entendimento.

Durante a graduação, mais especificamente em nosso Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), trabalhamos com a metodologia dos multimodos e múltiplas representações para o ensino de Física de Partículas. Este trabalho teve como título: “Estudo da compreensão das representações, propriedades e interações do par Póstron-Elétron no modelo padrão de partículas: Uma proposta de ensino multirrepresentacional para o ensino médio”. Foi possível perceber, na execução do trabalho, que os multimodos e as múltiplas representações se tratavam de uma metodologia que poderia suprir ou amenizar a defasagem de metodologias para trabalhar outros tópicos da Física Moderna. Como o TCC se trata de um trabalho a ser feito em pouco tempo, escolhemos, então, avançar o estudo no Mestrado, já cientes do grande potencial que esta metodologia poderia ter no ensino da Física, mais especificamente, da Física Moderna.

Vale lembrar que a área de Física Moderna é ampla e abrange diferentes e variados tópicos, optamos por um recorte específico, escolhendo apenas um dos assuntos recomendados pelas Diretrizes Curriculares (PARANÁ, 2008). Com isso, foi escolhido o tópico de semicondutores. Essa escolha ocorreu devido ao grande número de aplicações sobre a tecnologia, de forma a levar os alunos nativos digitais<sup>2</sup> a refletir sobre a Ciência dos dispositivos que usam diariamente.

## **2.1 Delineamento da Pesquisa**

### **2.2.1 Objetivos**

Conforme citado anteriormente, o objetivo geral do trabalho é explorar as potencialidades do uso da estratégia de ensino por multimodos e múltiplas representações para a abordagem de conteúdos da Física Moderna e

---

<sup>2</sup> Adolescentes que desde o seu nascimento são rodeados por equipamentos eletrônicos e possuem um grande interesse por tecnologias envolvendo a informação (PRENSKI, 2001).

Contemporânea, em especial, os semicondutores e suas aplicações na área da tecnologia.

Para isso, a pesquisa pretende perseguir os seguintes objetivos específicos:

- Investigar como ocorre o ensino de Física a partir da estratégia de ensino dos MMR, pontuando assim, a construção e o desenvolvimento da oficina didática sobre a temática dos semicondutores e suas aplicações na tecnologia;
- Propor um conjunto de materiais didáticos na perspectiva dos MMR;
- Discutir as contribuições da estratégia de ensino dos MMR para a evolução conceitual dos estudantes sobre o conteúdo em tela;
- Analisar a evolução conceitual dos estudantes participantes da pesquisa, traçando conexões com as atividades multirrepresentacionais utilizadas na oficina.

De acordo com o objetivo geral traçado, a questão que guia este trabalho é: A metodologia dos multimodos e múltiplas representações proporciona a evolução conceitual dos estudantes sobre o tema? Na busca de respostas para esta questão guia, formulamos duas perguntas que se relacionam e se complementam: No decorrer da oficina, é observada a ocorrência de evolução conceitual? Considerando a ocorrência de evolução conceitual, como as atividades multirrepresentacionais contribuem para esta evolução?

## **2.2 Aspectos metodológicos**

### **2.3.1 A escolha do assunto abordado**

A presente seção apresenta os principais motivos que nos levaram a trabalhar conteúdos sobre semicondutores no âmbito da Física Moderna e Contemporânea. Assim, cabe destacar que, um elemento importante que contribuiu para a escolha da temática abordada é a presença de conteúdos da FMC nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Ao fazer análise das provas do ENEM, entre os anos de 2013 a 2016, observamos que assuntos como radiação eletromagnética, sensores, micro-ondas, ondas de rádio, movimento dos satélites, fissão e fusão nuclear, reação em cadeia e torres de celular apareceram com frequência nos exames.



Sendo assim, se o estudante não teve acesso a esse conteúdo no ensino médio terá grandes dificuldades em resolver a prova e, pensando na importância que o exame tem para sua vida acadêmica, devido aos programas SISU e PROUNI, o mau desempenho poderá refletir negativamente no decorrer de sua vida acadêmica e profissional.

Por outro lado, devemos lembrar que a Física a ser ensinada aos alunos não deve ser apenas voltada para a sua preparação para testes seletivos e vestibulares, mas que, também, possibilite aos estudantes melhor compreensão do mundo e da tecnologia (MOREIRA, 2000, p. 98) e, neste ponto, a evolução da tecnologia está intimamente ligada à construção do conhecimento sobre as propriedades físicas dos semicondutores. Ao trabalhar estes conteúdos na escola, possibilita-se a ampliação de conhecimento e, além disso, compreender que a ciência é algo diretamente ligado ao nosso meio e as transformações que a sociedade passa.

Como já mencionado, a oficina proposta tem como conteúdo específico os semicondutores, parte da FMC que possui diversas aplicações no meio tecnológico. Segundo Celso Renato Peter, em entrevista intitulada “Semicondutores: A grande revolução das últimas décadas”,

Os semicondutores provocaram a grande revolução das últimas décadas. São os responsáveis diretos por estarmos na era da informação. Sem os semicondutores não haveria satélites, computadores e internet. Os semicondutores estão em toda a parte. Nem percebemos, mas utilizamos, em média, 50 microprocessadores diferentes por dia. Os semicondutores também são responsáveis por um grande aumento na produtividade em praticamente todos os setores da indústria através da automação e melhorias na capacidade de controle dos processos fabris. Os semicondutores permitem a automação, que permitem o aumento de volume, de escala de produção, que reduzem os custos e permitem o acesso de um número maior de consumidores a bens mais sofisticados como, por exemplo, automóveis, televisores e celulares (IHU ONLINE, ed. 419, 2013).

Também podemos citar, como elemento motivador para a escolha deste conteúdo, a pesquisa de Ostermann e Moreira (2000a) junto à comunidade de físicos, pesquisadores em ensino de física e professores de física do ensino médio, sobre quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea deveriam ser abordados no ensino médio. O tópico sobre semicondutores aparece entre os mais citados nesta pesquisa como conteúdo a ser inserido em uma eventual (e necessária) atualização curricular.

Desta forma, a opção pela abordagem de tópicos sobre semicondutores pode contribuir para a melhoria do ensino de temas relacionados à FMC, além de, também, cumprir com o papel formativo dos estudantes no conteúdo previsto nas diretrizes de ensino, os quais são discutidos pela produção acadêmica da área e elencados nos exames.

### **2.3.2 Natureza da pesquisa**

Esta pesquisa é desenvolvida utilizando uma abordagem qualitativa. A forma de trabalho é a realização de uma oficina com o título: Física Moderna – Desvendando os segredos da tecnologia. A oficina foi desenvolvida em quatro encontros de 03 horas de duração cada um. O público alvo é constituído por alunos do ensino médio do Colégio Estadual Rocha Pombo – EFMN, localizado na cidade de Capanema – PR. Nas próximas seções são discutidos elementos envolvidos na elaboração e desenvolvimento do trabalho.

A pesquisa qualitativa é uma abordagem que, segundo (ANDRÉ, 2001; BICUDO, 2004; BRITO E LEONARDOS, 2001; TREMBLAY, 2010) tem um olhar subjetivo, que busca discutir, interpretar e analisar fatores humanos, em contraste com a pesquisa quantitativa que está voltada a dados numéricos, exatos. Nesse sentido, a pesquisa qualitativa possibilita a discussão de temas como: cotidiano escolar, currículo, interações sociais e trabalho pedagógico, podendo recorrer a áreas como psicologia, sociologia, filosofia, antropologia e linguística.

É importante mencionar, inclusive, que Ribeiro e Guedes (2007), ao adotar uma metodologia de abordagem qualitativa, destacam que o pesquisador tem o enfoque não somente na obtenção de resultados e produtos, mas também no processo envolvido, na compreensão dos eventos e comportamentos que podem ser capazes de construir o conhecimento científico.

Contudo, como este trabalho se caracteriza por uma investigação acerca do processo de ensino através de uma estratégia de ensino específica, se faz necessária a análise dos sujeitos envolvidos na pesquisa, do objeto de estudo, do processo de construção do conhecimento e, por isso, enquadra-se no campo da pesquisa qualitativa como foi apresentada pelos autores citados anteriormente.

No próximo capítulo serão apresentados alguns aspectos dos referenciais teóricos que orientam a condução do presente trabalho.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 O ensino da Física Moderna e Contemporânea**

##### **3.1.1 O ensino da Física Moderna e Contemporânea no contexto do ensino de Ciências**

A Ciência é uma forma de conhecer e entender o mundo em que vivemos (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 09), pois é através dela que se podem compreender os fenômenos naturais que ocorrem no universo. A Ciência não se trata de algo “pronto e acabado”, ou seja, passa por constantes modificações e aperfeiçoamento (MACHADO; NARDI, 2016, p. 474). Por isso, todos os sujeitos envolvidos no processo de conhecer, sejam estudantes ou professores, devem estar preocupados em acompanhar e participar do processo de produção de conhecimento.

O ensino das Ciências deve prover oportunidades para o desenvolvimento da racionalidade crítica, considerando a possibilidade dos aprendizes em resolver problemas e argumentar sobre o posicionamento que construíram (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 10). A formação de um cidadão pleno, consciente e participativo na sociedade é construída por meio do conhecimento, não apenas no sentido prático do aprendizado escolar, mas também no sentido da Ciência como visão de mundo, como cultura (MENEZES, 2000, p. 06).

O trabalho com as Ciências em sala de aula deve privilegiar, não apenas os produtos trazidos pela comunidade científica que, muitas vezes, são expostos por meio de fórmulas e teorias, mas deve envolver todo o processo que revela a produção do conhecimento. Isso significa dar ênfase às práticas científicas e aos seus aspectos sociais, culturais e como estas podem influenciar a nossa vida. Além disso, abordar as disciplinas científicas em sala de aula deve ser uma atividade conectada com a realidade dos alunos, possibilitar, assim, conexões entre o que se apresenta a eles e o mundo em que vivem (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 08).

A Física tem como objeto de estudo o universo em toda sua complexidade e, por isso, como disciplina escolar, propõe aos alunos o estudo da natureza, buscando compreender os fenômenos que ocorrem no conjunto (PARANÁ, 2008, p. 38), desde

o surgimento e a compreensão dos movimentos até o funcionamento de um computador, por exemplo.

Observa-se que, historicamente, a Física vem evoluindo desde as proposições de Aristóteles (na Grécia antiga), mas somente a partir do século XIV grandes áreas da Física passaram a ser reconhecidas separadamente, bem como a Mecânica, a Termologia, a Ondulatória, a Acústica, a Óptica e o Eletromagnetismo. Vale lembrar que, até o final do século XIX, essas áreas “davam conta de explicar” os principais questionamentos que se apresentavam, tanto no campo da ciência quanto na contribuição ao avanço tecnológico, inerentes ao período histórico. Contudo, foi entre o final do século XIX e início do século XX que o conhecimento que hoje chamamos de Física Moderna começou a se desenvolver, abrangendo temas como a teoria da Relatividade e a teoria Quântica (DOMINGUINI; MAXIMIANO; CARDOSO, 2012, p. 01).

De acordo com Moreira (2000, p. 94), na década de 60 já eram discutidos elementos importantes para o ensino de Física. Nesta época, o ensino era baseado nos livros, mas ao mesmo tempo, havia projetos que abordavam experimentos, demonstrações e história da Física. A partir da década de 90, surgiram investigações variadas, incluindo a resolução de problemas, representações mentais dos alunos, concepções epistemológicas e formação inicial e permanente de professores e, mais recentemente, Física Contemporânea de novas tecnologias. É possível perceber que, embora reflexões sobre o ensino de Física tenham surgido já há um bom tempo, ainda há um cenário debilitado, mesmo sabendo que ela é tão importante para a formação dos alunos que frequentam os âmbitos escolares.

Percebe-se que a Física ensinada nas escolas não acompanha o grande avanço das pesquisas acadêmicas sobre o ensino de Física no Brasil. Pesquisas que investigam e discutem problemas relativos ao ensino dessa ciência estão constantemente presentes em dissertações, teses e eventos, porém, a maioria dos resultados limita-se a textos sem de fato ser aplicado em sala de aula (PENA, 2004, p.293).

Além disso, as aulas tendem a serem ministradas de forma mecânica, pautadas na transmissão de informações, a partir da apresentação de fórmulas, descrições, leis e enunciados, favorecendo a construção de visões distorcidas sobre a Ciência e o papel dos cientistas (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 10). Por

vezes, esse tipo de abordagem proporciona uma visão de que a Física só funciona de fato nas escolas, sem estabelecer relação com a realidade. Com isso,

Um ensino desarticulado do mundo vivencial do aluno acaba gerando a sensação de impossibilidades de interpretar esse mundo. Quando isso ocorre, permanecem as explicações do senso comum e os mitos, resultando muitas vezes na permanência de concepções alternativas (RICARDO, 2010, p. 29).

O ensino desarticulado é evidenciado nos questionamentos por vezes repetitivos dos alunos, os quais se indagam sobre a real aplicabilidade do que estão estudando, ou de forma mais clara, na falta de interesse que surge por não conseguirem compreender e associar com a realidade os conteúdos estudados, isso afeta tanto o desempenho escolar quanto a sua atuação na sociedade.

A Física usualmente ensinada nas escolas é dividida em temas como Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo, excluindo assim, toda a Física desenvolvida no século XX (TERRAZZAN, 1992, p. 209). Isso contribui para o distanciamento do conteúdo referente às necessidades dos alunos no que diz respeito à discussão de conhecimentos científicos atualizados. Desse modo, aparelhos e artefatos atuais, bem como fenômenos cotidianos em grande quantidade, somente são compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir da virada deste século forem utilizados (MOREIRA, 2000, p. 98). Contrastando com o fato de que, não raramente, os alunos trazem questões sobre assuntos atuais lidos em revistas, jornais ou outras mídias (como publicações em redes sociais) ou mesmo, assistiram em documentários ou em telejornais.

O ensino de Física precisa ser atualizado de forma a acompanhar o público alvo: os adolescentes, que estão em constante movimento. Contudo, é imprescindível que se tenha uma atualização de currículos e de formas metodológicas para trabalhar o conteúdo. Por outro lado, deve-se ter claro que uma atualização curricular não pode ser desvinculada do processo de formação inicial e continuada dos professores. A introdução de novos assuntos, que proporcionem estudos de problemas mais atuais, deve ser acompanhada da preparação adequada dos alunos das licenciaturas e da atualização do profissional em exercício. Assim, uma atualização curricular não deve ser apenas uma atitude política, mas ter o professor como ator principal, pois é ele quem implementará as mudanças na sua

prática pedagógica. Salienta-se que a principal atualização curricular necessária se refere à ação, de forma que, realmente, seja trabalhado o que está sendo proposto nos documentos e orientações curriculares.

Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), a discussão sobre a necessidade de atualização curricular já é um assunto esgotado. Pois, os principais problemas a serem enfrentados se referem ao “como fazer”, a fim de que esses novos tópicos não se tornem apenas mais um “tópico problemático”. Além disso, há que se refletir sobre quais seriam os tópicos atuais da Física a serem priorizados. Nesse sentido, Ostermann e Moreira (2000b) realizaram uma pesquisa entre físicos, pesquisadores em ensino de física e professores de física do ensino médio e, elaboraram uma lista sobre quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea deveriam ser abordados no ensino médio, como forma de atualizar o currículo de física deste nível. De acordo com a opinião dos entrevistados, os tópicos mais importantes seriam: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, estrutura molecular e fibras ópticas.

Se, por um lado, o resultado dessa pesquisa reflete a vontade da comunidade científica, por outro, demonstra a necessidade dos estudantes que requerem uma Física mais próxima a eles, uma Física não dogmática, construtivista para a cidadania, com ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos e vivenciais do aluno, do concreto ao abstrato, que possibilite abordar conteúdos atuais, tão indispensáveis para a sociedade contemporânea (MOREIRA, 2000, p. 98). O ensino deve ser voltado à transformação da mente de quem aprende, e deve reconstruir, em nível pessoal, os produtos e processos culturais com o fim de se apropriar deles (POZO; CRESPO, 2009, p. 22), ou como afirma Moreira (2017), o ensino de Física não é uma questão de encher um cérebro de conhecimentos, mas de desenvolver esse cérebro em Física.

Obviamente, o êxito do ensino de Física não depende somente do currículo e da formação dos professores. Outras dificuldades se somam a esses aspectos e se manifestam nas disciplinas em geral, oriundas de uma sociedade que ainda não tem como prioridade a educação. Problemas como condições estruturais e de trabalho, falta de perspectiva profissional dos alunos, deficiência nos laboratórios, número

excessivo de alunos por turma, pouco tempo para planejamento da avaliação de aprendizagem e toda a desvalorização pela qual a educação enfrenta todos os dias (REZENDE; OSTERMANN, 2005, p. 323). Percebe-se, ainda, que existe uma distância entre o que é ensinado nas escolas e o que os alunos realmente aprendem: “Os alunos se mantêm muito afastados da tentação da árvore da ciência, e quando provam seus suculentos frutos não parecem desfrutar muito deles” (POZO; CRESPO, 2009, p. 17).

Outro aspecto importante a ser mencionado é que a Física, que deve ser ensinada aos alunos, não pode se restringir à preparação de testes seletivos e vestibulares, mas sim, uma Física que lhes sirva para a vida, possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo e da tecnologia (MOREIRA, 2000, p. 98), pois, as novas tecnologias da informação, unidas a outras mudanças sociais e culturais, estão abrindo espaço para uma nova cultura de aprendizagem (POZO; CRESPO, 2009, p. 23).

O movimento é intrínseco a todo esse processo, pois o conhecimento passa por constante mudança, temos que lidar com uma geração tecnológica e conectada, proporcionando situações de ensino que estejam inseridas nesse cenário de maneira a contribuir para motivar o interesse dos estudantes pelo conhecimento, e, em especial, pela Física. Além do mais, “recursos didáticos que incorporam as tecnologias da informação e comunicação têm merecido cada vez mais espaço” (POZO; CRESPO, 2009, p. 22). Sendo assim, torna-se importante inovar as práticas metodológicas, criando situações motivadoras no processo de ensino e aprendizagem.

O tema abordado nesta dissertação trata de um recorte do conteúdo de Física Moderna, denominado Semicondutores, o qual possui como tema específico “Os semicondutores e suas aplicações na tecnologia”. Além de a temática estar prevista nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), a escolha deste recorte se deve a diversos fatores entre os quais podemos citar: a observação da grande quantidade de aplicações que o assunto da Física Moderna tem sobre a tecnologia; a possibilidade de integração do assunto da Física Moderna com outros assuntos que já fazem parte do atual currículo, bem como, os modelos atômicos, as propriedades elétricas da matéria, circuitos elétricos, etc.

Além disso, observa-se certa deficiência no ensino desses conteúdos no ensino médio, pois, em certas situações, o assunto nem sequer é trabalhado devido

à falta de materiais didáticos, metodologias ou mesmo a prévia suposição de que o conteúdo é de difícil compreensão para os estudantes.

### **3.1.2 O que os documentos oficiais propõem**

O ensino no Brasil é norteado por alguns documentos oficiais que são publicados pelo Ministério da Educação (MEC). Dentre eles temos a Lei de Diretrizes e Bases da Educação do Brasil (LDB) (BRASIL, 1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1998), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2002), para cada área de conhecimento, e em relação ao estado do Paraná, tem-se as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCEs) (PARANÁ, 2008). Esses documentos fomentam elementos necessários para a formação do estudante/cidadão relacionando com as áreas de conhecimento/disciplinas específicas.

De acordo com a LDB (BRASIL, 1996) o Ensino Médio tem por finalidade preparar o educando para o trabalho e a cidadania, para que seja capaz de se aperfeiçoar e compreender os fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos, relacionar a teoria com a prática e, além disso, dominar os princípios científicos e tecnológicos que presidem à produção moderna (BRASIL, 1996). Contudo, a finalidade da educação está em possibilitar aos cidadãos o acesso à formação básica que envolva elementos humanísticos, matemáticos, científicos e tecnológicos (FREITAS, 2013, p. 39).

No mesmo sentido, o documento Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) traz elementos que dialogam sobre a importância do ensino de conteúdos relativos à Física Moderna e Contemporânea, destaca que,

O cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações e nos avanços na área da microtecnologia. Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática (BRASIL, 2002, p.28).



De forma mais pontual, o mesmo documento apresenta possibilidades para o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas à ação pedagógica. O texto apresenta unidades temáticas relacionadas com conhecimentos e objetivos formativos desejados. Para o ensino da Física Moderna e Contemporânea, o material traz quatro unidades; no caso da Física dos materiais semicondutores e suas aplicações tecnológicas, duas unidades são mais evidentes:

Unidade 5.1: Matéria e suas propriedades: - utilizar os modelos atômicos propostos para a constituição da matéria para explicar diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc); - relacionar os modelos de organização dos átomos e moléculas na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais etc. (BRASIL, 2002 p.29).

E, além disso:

Unidade 5.4: Eletrônica e Informática: - 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, 2002, p.30).

Observa-se, então, que se faz necessário contemplar o estudo não só na esfera macroscópica em que se dedica em trabalhar os estados físicos da matéria e a estrutura básica do átomo, além disso, é imprescindível que se explorem as propriedades elétricas dos materiais em nível microscópico, pois, através disso, pode-se avançar para diversos temas relacionados à eletrônica e à informática por exemplo.

### **3.1.3 Currículos e Formação de professores**

Ensinar Física Moderna pode ser considerado um desafio para o educador, tendo em vista, que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea não foram efetivamente inclusos nos currículos, principalmente pelo número reduzido de aulas semanais de Física (LOZADA; ARAUJO, 2011). Além disso, tem-se um currículo

desatualizado, defasado, pobre e muito semelhante, mantendo excluída, na prática, toda a Física desenvolvida neste século (TERRAZZAN, 1992, p. 209).

Cabe destacar que, Ostermann e Moreira, elencam algumas razões para se inserir os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no currículo de Física do ensino médio. Para estes autores, os conteúdos de Física Moderna podem: aguçar o interesse e a curiosidade dos estudantes; contribuir para a construção de uma visão coerente da Ciência; e superar a visão linear e imediata que se tem dos estudos e descobertas científicas (OSTERMANN; MOREIRA, 2000a). Por exemplo, ao ouvir reportagens sobre fenômenos como buracos negros, os alunos sentem-se instigados a aprender sobre esses fenômenos. O despertar desta curiosidade pode e deve ser utilizada também para explorar o ensino de outros aspectos da Física Moderna e Contemporânea,

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau (TERRAZZAN, 1992, p. 210).

No âmbito do contato com as tecnologias eletrônicas, o público que, atualmente, frequenta os níveis de ensino fundamental e médio é chamado de “nativo digital” (PRENSKY, 2001). Essa atribuição de nomenclatura se deve ao fato de que estão inseridos e cercados desde o nascimento por equipamentos eletrônicos variados, e possuem um grande interesse por tecnologias envolvendo a informação, como celulares, computadores e internet. Isso reforça a importância de se trabalhar a Física nesse panorama, pois, através dos conhecimentos dessa disciplina é possível construir elementos que possibilitem uma formação básica na área da tecnologia.

Percebe-se uma evolução no que se refere ao ensino da Física Moderna, pois esses conteúdos já aparecem nos livros didáticos em graus de aprofundamentos diferentes para cada obra. No entanto, o professor não deve se basear somente na apresentação sugerida nos livros, cabe a ele ousar em sua abordagem, tem de ir além do que os documentos oferecem.

Como mencionado por Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007, p. 447), nas últimas décadas, devido aos avanços científicos e tecnológicos e a divulgação de fatos

científicos em revistas e mídias, percebeu-se aumento no interesse dos estudantes por conteúdos que envolvem a Física Moderna e a explicação de conceitos científicos mais atuais. No entanto, atrelado a isso, observa-se uma lacuna a ser preenchida, pois na maioria das vezes, o ensino deixa a desejar, não leva esses conteúdos para a sala de aula. O que se vê atualmente é uma demasiada ênfase no ensino da cinemática e ausência da Física Moderna e Contemporânea nos currículos escolares (OSTERMANN, 2001). Além disso,

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007, p. 448).

No mesmo sentido, almeja-se que o currículo de Física seja atualizado nas escolas de nível médio, no entanto, será que nossos professores estão preparados para trabalhar com esse currículo? Precisamos ter um movimento de mudança de ambas as partes, pois é fundamental que os professores e futuros professores estejam aptos para a complexa tarefa de inovação curricular (OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p. 12). A participação dos professores neste empreendimento é fundamental para o sucesso do mesmo (TERRAZZAN, 1992, p. 214).

Contudo, Moreira (2017) afirma que, a formação adequada dos professores é ainda um problema a ser resolvido. O autor argumenta que, embora haja grande quantidade de pesquisas sobre formação de professores, grande parte dessa formação fica a cargo de professores universitários, cuja avaliação acadêmica depende apenas de trabalhos publicados em revistas bem indexadas e não da qualidade da formação de que proveem. Muitas vezes, suas “metodologias” de aulas são apenas aulas teóricas e listas de problemas. Com isso, o professor em formação pode tender a reproduzir essa “metodologia” em suas aulas.

Torna-se necessário haver uma formação básica de professores que contemple, além da aprendizagem dos conteúdos específicos, o desenvolvimento de metodologias de ensino, sugestões e orientações didáticas, visando que os futuros professores construam autonomia para trabalharem a mencionada Física Moderna e Contemporânea, que abranja, principalmente, necessidades emergentes deste

contexto (MONTEIRO; NARDI; FILHO, 2012, p. 12). Uma formação básica inadequada no tocante a FMC resulta na impossibilidade de recriar o conhecimento no sentido de problematizá-lo em outros níveis de ensino (MONTEIRO; NARDI; FILHO, 2012, p. 11). Além disso, é preciso também incorporar, ao ensino da Física, as tecnologias de informação e comunicação, assim como aspectos epistemológicos, históricos, sociais e culturais.

Acredita-se que professores mais preparados terão mais facilidade em construir situações de aprendizagem nas quais seus alunos aprendam o conteúdo que está sendo proposto (OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p. 12). Conforme destacado por Ostermann e Moreira (2001, p. 03), alguns dos conteúdos de Física demonstram-se um pouco densos, o que demanda conhecimentos prévios que o próprio professor de Física do ensino médio não tem. Sendo assim, se faz necessário que sejam elaborados materiais didáticos acessíveis ao professor. Pois, a ciência Física, da forma com que se encontra nos livros acadêmicos, não é a mesma que se encontra na Física escolar, é necessário fazer a transposição didática (CHEVALLARD, 1997). Há, portanto, a necessidade de prover aos docentes instrumentos didáticos para que eles possam analisar, refletir a respeito de suas práticas de ensino e buscar uma aproximação entre o seu discurso e o discurso dos alunos (RICARDO, 2010, p. 31).

Assim, percebe-se que a relação entre currículo e a formação de professores é fundamental para que o ensino da FMC realmente aconteça de maneira adequada e, além disso, não podemos deixar de citar as dificuldades encontradas em sala de aula, principalmente quando se refere ao reduzido tempo associado à extensa programação (MONTEIRO; NARDI; FILHO, 2012, p. 03).

Sobre a aprendizagem dos estudantes, Ostermann e Moreira (2001, p. 11), enfatizam que, “é um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais”. A questão é como abordar tais tópicos. Assim, há a possibilidade de aprendizagem dos conteúdos por parte dos estudantes, mas, deve-se pensar com cuidado em como preparar e trabalhar esses conteúdos, fazer uso de bons e diversos materiais didáticos. Nesse caso, os multimodos e as múltiplas representações apresentam-se como alternativas viáveis ao ensino tradicional de “quadro e giz”, pois, utilizando diversas atividades e meios de representações a compreensão e construção dos conceitos podem ser otimizadas.

### 3.2 Os Multimodos e as Múltiplas Representações

A metodologia dos multimodos e múltiplas representações (MMR) é uma área nova no Brasil, de forma que não se encontram muitas referências sobre esse tema na literatura. Esperamos que esse trabalho possa contribuir significativamente para o ensino da Física. Para isso, nesta seção, apresentamos alguns dos aspectos da metodologia que julgamos importantes para a compreensão deste trabalho.

Os MMNR referem-se a uma metodologia de ensino que visa possibilitar novas formas de abordagens metodológicas, que possam melhorar o processo de ensino e aprendizagem. A investigação científica em multimodos e múltiplas representações volta-se para a pesquisa em educação científica, e procura compreender como se dá a aprendizagem dos conceitos científicos e, a partir disso, criar possibilidades que otimizem esse processo.

A natureza do conhecimento científico está, necessariamente, vinculada ao emprego de diversas representações e modos de comunicá-las (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 07a). A linguagem científica, por sua vez, envolve uma série variada e integrada de representações simbólicas que envolvem desde representações orais, verbais, escritas, visuais e cinestésicas<sup>3</sup>. No ensino de Ciências, mais especificamente na Física, a troca de representações e, as conexões entre elas, são fundamentais para a construção do conhecimento e a necessária significação deste (ECO, 2016; AUSUBEL et al. 1980).

Os termos multimodos e múltiplas representações são entendidos por: multimodos é a integração do discurso científico (verbal) em diferentes modos de representar, com a finalidade de que os alunos se apropriem dos conceitos conforme forem compreendendo as diferentes formas representacionais do discurso. Já as múltiplas representações são entendidas como a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013, p. 13). Ambos os termos estão intimamente ligados e não podem ser separados. No âmbito da comunicação, uma forma de representação (multimodos) sempre necessita de um meio físico (múltiplas representações) como recurso perceptivo para se realizar (CHANDLER, 2012).

---

<sup>3</sup> Habilidade relacionada a destrezas no uso de equipamentos, técnicas de medição e tratamento de dados, referente ao saber fazer, à prática (LABURU, 2011a).

Ainsworth (1999, p. 134), considera que as múltiplas representações possuem três funções principais:

1. Complementar: uma representação pode complementar a outra, a soma dessas representações pode ser bastante positiva e, além disso, ao trabalhar com atividades que se complementam, os alunos ficam menos propensos a terem seu estudo limitado a somente um tipo de representação (CAMARGO FILHO, 2014; AINSWORTH, 1999);
2. Restringir: ao trabalhar com mais de uma representação pode-se aproveitar a segunda para refinar, direcionar a interpretação da primeira, que sozinha poderia ser mais abstrata (AINSWORTH, 1999);
3. Construir: construindo uma representação mais profunda, podendo gerar a abstração, relação e extensão do conteúdo estudado (AINSWORTH, 1999).

Além disso, Laburú e Silva (2011, p. 20a), acrescentam mais duas funções: as múltiplas representações contribuem para o atendimento às particularidades dos estudantes, e também, possibilita a manifestação emocional que cada estudante possui com o conhecimento. Como Gardner (1995, p. 05), cita que a capacidade do intelecto humano é plural, dotado de várias inteligências que se manifestam de formas diferentes para cada indivíduo, sendo que, nem todas as pessoas têm os mesmos interesses e habilidades, também não aprendem da mesma forma.

Quando se pensa numa aprendizagem efetiva, é indispensável que se atente para as necessidades e preferências cognitivas individuais. Sendo assim, quando se trabalha com um determinado modo representativo, pode-se potencializar a eficácia para aprimorar a elaboração de ideias de um aluno em particular, auxiliando-o a ultrapassar obstáculos conceituais de representações mais abstratas (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 18a). “Um modo representacional é capaz, então, de se comportar tal qual um “andaime conceitual”, ao prover um apoio auxiliar para o sujeito construir o conceito almejado, assistindo-o na elaboração de novas representações” (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 19a).

Gobert e Clement (1999, p. 49), observaram que um determinado grupo de estudantes tinham preferências na grafia, na parte escrita e visual. Já em, Giehl e Camargo Filho (2016), os desenhos se sobressaíram significativamente, tendo os alunos um excelente envolvimento e participação das atividades referente a esta forma representacional. Também Vygotsky (2003), enfatiza que o pensamento

verbal não abrange todas as formas de pensamento, isso nos sugere pensar que, para que a construção do conhecimento seja possível se faz necessário abranger diversas formas representacionais, além disso, verifica-se que os alunos possuem preferências diversas entre si, podendo certa representação atuar de forma mais eficaz em determinado grupo de alunos.

Uma proposta pedagógica baseada em MMR conjuga, simultaneamente com diversos aspectos cognitivos e subjetivos, ambos essenciais para a aprendizagem com maior significado (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 27a). De fato, quando o professor utiliza variadas representações, possibilita o enriquecimento de sua prática docente e, conseqüentemente, do processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, o propósito da escola deveria ser o de desenvolver as inteligências e ajudar os estudantes a atingirem seus objetivos de forma que possam se sentir mais engajados e competentes, portanto, mais inclinados a servirem à sociedade de uma maneira construtiva (GARDNER, 1995, p. 15). Associando a ideia das múltiplas representações à teoria de Duval, as representações só são registros semióticos se são sujeitos à transformação (DUVAL, 2004). No momento em que o aluno for capaz de mobilizar os conceitos estudados em um contexto diferente do que foi tratado pode-se aferir que este conseguiu aprender (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013).

Ao se afirmar que um aluno está aprendendo algo, pode-se dizer que este deve ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora da representação em que está sendo trabalhada, ou seja, que possa expressar o que aprendeu através de um novo tipo de representação. A maioria dos estudantes é incapaz de aplicar os conhecimentos adquiridos quando sai das fronteiras do registro estudado (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 14a).

Na sala de aula, os professores estão habituados a usar simultaneamente duas formas de registros: a escrita e a oral. Salienta-se no texto de Duval (2006) que é necessário incluir outras formas de representações. No mesmo sentido, observa-se que os estudantes possuem certos bloqueios à transformação de representações, à interpretação dos conceitos em um contexto diferente, expressando assim, um desafio para o ensino, tornar os alunos capazes de desenvolverem a capacidade de transformação dos registros de representação (DUVAL, 2006). “O trânsito e a variabilidade dos sistemas representacionais são fundamentais para o entendimento conceitual e determinam, numa significativa extensão, o que foi aprendido”

(LABURÚ; SILVA, 2011, p. 14a). Através das múltiplas representações tem-se a possibilidade de trabalhar traços peculiares de cada conceito, olhando por diversos enfoques sem que estes sejam redundantes (RADFORD et al. 2007).

A pluralidade das representações em combinação com um discurso integrador, baseado em multimodos de representação, constitui um mecanismo pedagógico fundamental, na medida em que aprimora consideravelmente o processo de significação e oferece também procedimentos variados de interpretação e entendimento (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 15a).

Dessa forma, só se pode afirmar que um aluno aprendeu se o mesmo for capaz de mobilizar esses conceitos para um contexto diferente do que foi tratado. No caso da Física, conforme Gardner (1995), só se pode dizer que um aluno compreendeu um princípio físico se for capaz de trabalhar o conceito físico em diversos contextos, como no desempenho da construção de experimentos, na discussão dos conceitos envolvidos em determinado fenômeno e no emprego correto de uma fórmula por exemplo.

Nesse sentido, o ensino por meio de MMR segundo (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011), traz a possibilidade de realçar os conceitos estudados, tendo em vista que, quando um conteúdo é trabalhado por meio de diversas formas de representações, pode levar a uma aprendizagem mais consistente, a depender do tópico específico. Segundo esta metodologia, ao trabalhar com signos (imagens, diagramas, gráficos, linguagem em geral) pode-se atingir a totalidade do aprendizado. Vale ressaltar que, como já citado anteriormente, os estudantes, quando estimulados por algo que se torna concreto a eles, conseguem ver significado nisso e, conseqüentemente, compreende-o com maior facilidade.

Segundo Laburú, Zompero e Barros (2013), proporcionar que os aprendizes façam um esforço para exprimir não só em palavras, mas através de uma pluralidade representacional as suas representações mentais, é dar chance para que seus conhecimentos sejam expressos, se coordenem, organizem, estruturem e se aprimorem; podem-se criar oportunidades de construção de conhecimento. Com base no contexto escolar, o professor tem papel fundamental nesse processo, uma vez que ele pode ser o sujeito transformador do cenário em que se encontra, pois, ao criar possibilidades de múltiplas representações do conteúdo estudado, possibilita-se o enriquecimento de sua prática docente e, conseqüentemente, do processo de ensino e aprendizagem.



Na Física, os símbolos são peças fundamentais, pois atuam na representação da realidade, servindo de suporte para a construção de elementos mentais que podem auxiliar na associação conceitual. Conforme destacam (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011, p. 08), “a linguagem científica implica numa gama variada e integrada de representações simbólicas”. Com isso, a relação entre pensamento e múltiplas formas de representações através de palavras, símbolos, ações, gestos, figuras e imagens é um processo que ativa a cognição e a deixa viva (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013, p. 20), fornece, assim, condições para que o estudante crie uma extensão da sua capacidade mental<sup>4</sup> (DUVAL, 2006, p. 126).

Vale lembrar que, na disciplina de Física, particularmente, um mesmo conteúdo pode ser apresentado de diferentes formas, como textos, gráficos e cálculos. Isso faz com que boa parte dos estudantes tenha dificuldades em compreender esses elementos ou a associação destes (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 02a). Como exemplo, podemos citar a investigação do conceito de velocidade: para compreender a física da velocidade, é necessário dominar o conceito, sua expressão através de cálculos, as grandezas associadas e as representações gráficas que a função de espaço e tempo pode gerar.

A natureza diferenciada da Física se sobressai em dificuldades adicionais que são de ordem matemática e modal cinestésica (ARRUDA et al., 2001), pois, além das dificuldades que envolvem a compreensão do conceito, interpretação de problemas e resolução de cálculos, também é necessário o envolvimento com destrezas e competências no uso de equipamentos, técnicas de medição e de tratamento de dados, tendo assim, alguns obstáculos pedagógicos<sup>5</sup> que podem vir a dificultar a aprendizagem do conhecimento físico (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 12a).

Num primeiro momento, esse tipo de trabalho sofre certa aversão dos estudantes, pois necessita de um esforço mental e de interpretação maior do que somente trabalhar com uma representação específica. Então, se faz necessária uma adaptação dos estudantes, de modo que, quando o professor utiliza de variadas trocas de representações na sua prática pedagógica diária, os estudantes se adaptam, e com isso conseguem evoluir muito no que se refere à compreensão do conteúdo (DUVAL, 2006).

---

<sup>4</sup> Relacionada à compreensão, aprendizagem e resolução de problemas, decorrente de uma mudança de um registro de representação (DUVAL, 2003; HOUAISS, 2009).

<sup>5</sup> Obstáculos pedagógicos que obstruem a atividade racional do estudante, visões equivocadas, resistências de pensamento (BACHELARD, 1996).

Deste modo, quando o estudante consegue expressar de diferentes maneiras determinado conceito, consegue evoluir com seus significados e alcançar a aprendizagem significativa (AUSUBEL et al., 1980), tendo uma evolução do conceito prévio a partir de relações que façam sentido a si próprio. No mesmo sentido, a pluralidade de modos e a multiplicidade de formas de representações, como meio de auxiliar a construções de novos conceitos científicos, permitem a formação de pontes entre os conhecimentos prévios do sujeito e os novos conceitos, possibilitando a estruturação de sentidos e de relações argumentativas (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011, p. 481).

Quando falamos em conhecimentos prévios, precisamos nos remeter à aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (2007, p. 07), a aprendizagem significativa “é aquela em que os novos conhecimentos adquirem significado por interação com conhecimentos prévios especificamente relevantes, os chamados subsunçores”. Para o autor, não basta o estudante aprender significativamente os conceitos, mas precisa compreender que o conhecimento faz parte da construção humana (MOREIRA, 2007, p. 07).

Na aprendizagem significativa, o estudante deve usar seus significados iniciais de maneira não arbitrária, podendo reconciliar os novos significados, comparando e reorganizando, construindo e produzindo assim seu conhecimento (MOREIRA, 2011, p. 226). Contudo, pode-se dizer que o estudante alcança uma aprendizagem significativa quando, além de construir representações a partir de seus conhecimentos prévios, demonstra desempenho na conversão de significados entre diferentes representações, integrando-os num discurso multimodal, não sendo dependente de uma única forma de expressão (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 20a).

A relação do homem com o mundo é mediada por signos<sup>6</sup> (VYGOTSKY, 2003). Os signos têm papel cognitivo, pois funcionam como apoio para a memória e como poderoso instrumento de mediação da linguagem e do desenvolvimento do pensamento, ampliando a capacidade de ação sobre o mundo (OLIVEIRA, 1993 apud LABURÚ; SILVA, 2011, p. 07a). Na Física, os signos podem auxiliar na construção de uma memória ativa e, a partir disso, a criação de uma proposta de aprendizagem significativa, pois, são capazes de representar a realidade,

---

<sup>6</sup> É a representação de algo, representações mentais que substituem os objetos do mundo real e que podem ser transformados, como por exemplo, um desenho, uma palavra (PIERCE, 2000; LABURU et.al, 2013).

simplificando, agilizando e fortalecendo a capacidade do intelecto em tratá-la (OLIVEIRA, 1993 apud LABURÚ; SILVA, 2011, p. 08a).

No âmbito pedagógico, ao se afirmar que um aprendiz está entendendo ou que aprendeu algo, significa dizer que ele, além de ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação ensinada, ele deve ser hábil na conversão de registros ou traduções entre quaisquer representações (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 725b).

Vale ressaltar que “a articulação de um pensar científico não se afasta do emprego de grande quantidade de signos” (LABURÚ, SILVA, 2011, p. 08a). Ciente disso, para o professor, as representações deveriam estar no centro da análise dos processos de pensamento durante a instrução científica, levando em conta as diferenças entre os vários sistemas semióticos usados, causadores de bloqueios de aprendizagem, para justamente tentar acabar ou diminuir com um ensino frágil e compartimentado que, muitas vezes, só são constatados nas avaliações finais (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 13a).

Para que a aprendizagem em ciências seja efetiva, é necessário que os alunos sejam desafiados a desenvolver um estudo aprofundado dos significados em estudo, considerando suas necessidades pessoais de aprendizagem, bem como suas preferências. Por isso, é importante que todas as atividades sejam diversificadas quanto à sua representação, inclusive as tarefas avaliativas. Além disso, essas atividades precisam ser elaboradas levando em conta a relevância cultural, social e tecnológica (LABURÚ; SILVA, 2011, p.15a).

Sabendo das dificuldades e imprevistos com que um professor se depara em sala de aula, é fundamental a utilização de abordagens semióticas como recurso de comunicação, pois possibilita que as formas de comunicações sejam revistas, corrigidas e aprofundadas; isso favorece a superação de falhas que possa haver em momentos da discussão, da apresentação do conteúdo e das atividades (LEMKE, 2003, p. 09). No momento em que os alunos utilizam pluralidade representacional, torna-se possível que seus conhecimentos sejam expressos, se organizem, estruturem e se aprimorem (DUVAL, 2004, p. 35). Na Física, as atividades envolvidas ao “saber fazer” ocupam lugar de destaque; permitem que, além de explorar as linguagens, possa ser dada atenção aos procedimentos experimentais, às modelagens, às simulações computacionais, podendo trazer as variadas representações semióticas para a sala de aula (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 725a).

Para Vygotsky, as possibilidades de ensino que envolvam, além da linguagem oral, outras formas de pensamento baseadas em diferentes modos e formas de representações não verbais, podem auxiliar no sucesso e no aprofundamento do empreendimento intelectual do estudante (VYGOTSKY, 2003, p. 194). Na literatura disponível encontram-se referências dos MMR mais no sentido teórico, sem muita aplicação de fato para a sala de aula e os processos pedagógicos do ensino da Física.

Para esta dissertação, buscou-se fazer uma pesquisa em que, além de discutir as funções e o emprego dos multimodos e múltiplas representações, desenvolvesse uma oficina didática para analisar a evolução conceitual dos estudantes quando participantes de uma estratégia didática baseada na metodologia dos multimodos e múltiplas representações.

Definindo, diferenciam-se as múltiplas representações dos multimodos, principalmente, na forma que são expressos; as múltiplas representações estão associadas às diversas formas de representar um determinado conteúdo, como por exemplo, textos, experimentos, desenhos; já os multimodos tratam-se da forma como este conteúdo é transmitido, a forma de comunicação utilizada. Neste trabalho, como abordamos durante o texto os MMR como um todo, optou-se em trabalhar com maior ênfase as múltiplas representações, como pode ser melhor observado no desenvolvimento da pesquisa e na análise dos dados.

No próximo capítulo apresentam-se os procedimentos metodológicos da pesquisa aqui mencionada, desde a descrição da construção da oficina até os instrumentos de coleta e análise dos dados.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 Instrumentos de Coleta e Análise de dados**

Os instrumentos de coleta de dados são as propostas de atividades apresentadas aos estudantes no decorrer dos quatro encontros da oficina, e o material didático produzido, especificamente, para a oficina. Todas as atividades propostas (a serem apresentadas de forma detalhada no decorrer deste capítulo) foram planejadas com base na metodologia dos multimodos e múltiplas representações (MMR).

No processo de coleta de dados para o estudo presente, recorreu-se a técnicas da pesquisa qualitativa, como a produção escrita, expressa por meio de atividades, desenhos e também as observações relatadas pela autora da pesquisa. Os instrumentos de coleta de dados para análise foram:

- Atividades de levantamento diagnósticas (pré-teste e pós-teste);
- Produção de histórias em quadrinhos pelos alunos;
- Elaboração de fichas de atividades na construção de circuito;
- Construção colaborativa de um painel ilustrativo.

Para fins de análise de dados, os instrumentos de coleta foram divididos para observação em dois momentos. Inicialmente, os resultados foram observados de forma mais geral, analisando duas atividades diagnósticas propostas no início e no fim da oficina (pré-teste e pós-teste), buscando por indícios de evolução conceitual do grupo de estudantes que participaram da oficina acerca do tema trabalhado. E, em segundo momento, os outros instrumentos foram individualmente analisados no intuito de observar se a atividade, a eles relacionada, proporcionava meios para que houvesse evolução conceitual. Para a análise de dados optou-se principalmente por dois métodos de análise: o modelo de Mudança Conceitual (POSNER et al., 1982) e a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977).

#### **4.1.1 Considerações sobre a produção do Material Didático**

Para cumprir os objetivos estabelecidos nesta pesquisa, propomos a produção e o desenvolvimento de uma oficina didática. A primeira iniciativa para a produção da oficina foi a definição da metodologia e o tema a ser abordado.

Conforme descrito anteriormente, foi escolhido o tema “Semicondutores e suas aplicações na tecnologia”. Em seguida, outros elementos foram considerados no intuito de unir a estratégia de ensino dos MMR com um tema da Física Moderna e Contemporânea, considerando as dificuldades inerentes ao ensino desse conteúdo e escolhendo um recorte adequado ao nível de ensino a que a oficina se dirige.

A partir da definição do recorte, iniciamos o estudo dos referenciais que traziam a Física Moderna e Contemporânea, tendo como principal referencial inicial os capítulos sobre semicondutores do livro Física viva (TREFIL, J.; HAZEN, R. M. **Física viva – Uma introdução à física conceitual**. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006), o qual traz, em seu desenvolvimento, uma discussão do conteúdo em questão fazendo sempre relações com aplicações tecnológicas e práticas do cotidiano.

Em segundo momento, realizamos o levantamento de dados a respeito do que já havia sido publicado sobre o ensino do conteúdo de Semicondutores para o ensino médio. Foram encontradas poucas publicações, entre elas escolhemos as dissertações citadas na sequência devido à abrangência e presença de revisões bibliográficas que poderiam ser fonte de referências.

1. Uma abordagem para o ensino de dispositivos LED no ensino médio, de Adriéli Machado Alves (2017). A dissertação apresenta uma sequência didática sobre o funcionamento do dispositivo diodo emissor de luz (LED), sem abordar de fato as propriedades elétricas dos materiais semicondutores. A metodologia utilizada foi ensino por investigação, aula expositiva e experimental;
2. Uma proposta de ensino de Semicondutores no ensino médio, de Espedito Rodrigues (2015). Este trabalho baseou-se no desenvolvimento de uma sequência didática, em que o principal objetivo era fazer a montagem de uma fonte de tensão contínua a partir de componentes tirados de equipamentos eletrônicos fora de uso.
3. Semicondutores no Ensino Médio – Uma proposta de ensino de Física Contemporânea, de Frederico Campos (2013). O objetivo principal desta pesquisa era a produção de quatro vídeos curtos para ensinar conceitos de semicondutores aos alunos do ensino médio.

A leitura das dissertações revelou que nenhuma delas elencava o conteúdo de Física dos semicondutores a partir de uma metodologia multirrepresentacional.

Além disso, trabalhavam com recortes específicos dos semicondutores, sem fazer conexões diretas entre a física básica e as aplicações tecnológicas. A partir disso, pensamos em unir uma metodologia de ensino, ainda pouco discutida no Brasil, com um conteúdo que carece de estudos e aplicações práticas, com vistas a experimentar elementos que pudessem ser positivos ao ensino de Física Moderna no ensino médio.

Após definido o público alvo, o conteúdo e a metodologia a ser desenvolvidos na oficina, iniciamos a construção da mesma. Primeiramente realizamos o estudo das propriedades elétricas dos materiais, incluindo condutores, isolantes e semicondutores, as aplicações que os materiais semicondutores têm na tecnologia, como na eletrônica digital, desde os diodos e transistores, LEDs (Diodo emissor de luz), placas fotovoltaicas, construção de processadores dos computadores relacionando o tema ao desenvolvimento e evolução da computação.

Com o estudo desses temas, elaboramos o conteúdo programático da oficina. Para isso, primeiro foi feita uma leitura cuidadosa, com a utilização de um caderno para fazer os resumos e anotações que fossem importantes, para então unir todas as informações, fazer a seleção e organizá-las da forma que abrangesse todo o conteúdo pretendido com uma linguagem acessível aos alunos do ensino médio, com uma linha de condução bem definida e coerente. As principais fontes utilizadas para a elaboração do conteúdo programático foram as obras:

- TREFIL, J.; HAZEN, R. M. **Física viva – Uma introdução à física conceitual**. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- MARQUES, A.E.; JÚNIOR, S.C.; CRUZ, E. C.A. **Dispositivos semicondutores: diodos e transistores**. 4 ed. São Paulo: Érica, 1998.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**, 23ª tiragem, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física: Óptica e Física Moderna**, 10ª ed., volume 4. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A. 2016.
- PAULA, H.F.; ALVES, E.G.; MATEUS, A.L. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

Além dos livros, foram utilizadas também as dissertações que foram citadas anteriormente, sítios da Internet e vídeos, referenciados ao final do anexo I desta dissertação. O trabalho de estudo, seleção de conteúdos e elaboração do conteúdo programático foi realizado no período de janeiro, fevereiro e março de 2017.

O segundo momento da construção da oficina, foi o desenvolvimento das atividades. Todas as atividades foram pensadas seguindo os princípios e funções da metodologia dos MMR. Este planejamento pode ser visto no Quadro 1 disposto na seção 5.2.1 do próximo capítulo.

No decorrer da preparação da oficina foi necessário contato com alguns programas/softwarees que facilitassem ou tornassem algumas atividades mais interativas, como o Prezi (Software online para a criação de apresentações não lineares), com o qual as apresentações foram criadas; GoConqr – Plataforma de aprendizagem que possibilita a criação de mapas mentais; Quizzes e fluxogramas – os mapas mentais utilizados na aplicação da oficina foram criadas nesta plataforma; PheT Interactive Simulations – um software que possibilita a realização de simulações interativas.

Para as atividades experimentais, a principal referência utilizada foi o livro: *Quântica para iniciantes: investigações e projetos*, dos autores PAULA, H.F.; ALVES, E.G.; MATEUS, A. L.. Além disso, foram feitas algumas adaptações de outras fontes utilizando materiais disponibilizados pela Unioeste – Foz do Iguaçu, e também desenvolvidos ou preparados pela autora da pesquisa.

Os quatro encontros da oficina foram desenvolvidos no período de junho e julho de 2017, conforme descrito nas próximas seções.

#### **4.1.2 Considerações sobre os Instrumentos de Coleta de Dados**

A primeira parte da análise de dados apresentada neste trabalho é dedicada à busca de indícios de evolução conceitual dos estudantes após participarem da oficina. Para isso, foi necessário trabalhar a partir de duas atividades diagnósticas: a atividade diagnóstica inicial (AD1), desenvolvida como a primeira atividade da oficina e, uma atividade diagnóstica final (AD2), ao finalizar a oficina. A AD1 tinha como principal objetivo verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo a ser abordado na oficina, observando alguns princípios da aprendizagem significativa.



Na teoria da aprendizagem significativa os conceitos prévios do indivíduo sobre determinado assunto são o ponto de partida para o aprendizado (MOREIRA, 2011). A partir dele, o indivíduo pode aprender fazendo a ressignificação das concepções pré-estabelecidas ocasionadas pela interação com novas informações. (AUSUBEL et al. 1980) defende que o aluno aprende utilizando-se daquilo que já sabe, ou seja, o indivíduo possui uma estrutura cognitiva que contém conceitos, teorias e ideias. A interação com o mundo e com outros indivíduos pode possibilitar a construção de novos saberes gerados pelo refinamento dos saberes iniciais (CAPPELLETTO, 2009, p. 41).

Após o desenvolvimento da oficina, com a participação dos alunos em todas as atividades programadas, foi proposta a última atividade: a atividade diagnóstica final (AD2). A expectativa com esta avaliação era observar como os alunos mobilizariam os conhecimentos discutidos para responder as questões sobre o conteúdo. As questões desta avaliação foram distribuídas nas formas discursivas, objetivas e também visuais, por meio de imagens. Com isso, buscava-se visualizar a evolução conceitual dos estudantes ao longo do desenvolvimento da oficina. Assim, a segunda atividade diagnóstica foi proposta visando identificar elementos que pudessem expressar se houve evolução conceitual dos estudantes, tendo como referência os pressupostos da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2007) e o modelo de Mudança Conceitual (POSNER et al., 1982).

Outro instrumento para a coleta de dados durante a execução das atividades foi um formulário que denominamos por Ficha de Atividade (Anexo IV). Esta ficha permite que os estudantes possam registrar suas observações durante uma atividade experimental, em substituição ao modelo tradicional de relatório. A ficha de atividade foi elaborada a partir de uma adaptação das Questões de Gowin e do Diagrama Epistemológico de Gowin (ou simplesmente Diagrama V) (MOREIRA, 2007).

Os dados referentes a esse instrumento são importantes, pois, embora a Física seja uma ciência com forte apelo experimental, é importante salientar que esta não se resume aos experimentos, mas requer também a análise racional dos elementos envolvidos (CAPPELLETTO, 2009, p. 20). Ao fazer uma aula prática, faz-se necessário, além de manipular materiais, refletir sobre as conexões entre aquela atividade e o conhecimento científico envolvido, podendo assim, criar estratégias que enriqueçam o processo de ensino e aprendizagem. Uma forma de garantir que

os estudantes deem a devida atenção às aulas práticas, como um momento importante para a fixação do conteúdo, é a realização de relatórios de aula prática. Desta forma, é fundamental que os relatórios sejam bem estruturados e que estimulem o aluno a participar efetivamente da atividade (GIEHL; ZARA, 2016, p. 04). Buscando isso, pensou-se em elaborar uma ficha de atividade que tivesse, além das características do relatório de atividade prática, as questões de Gowin. As questões de Gowin baseiam-se em questionamentos referentes à metodologia utilizada para realizar a atividade, investigações conceituais e de caráter prático, visando identificar em situações sociais as aplicações do conteúdo estudado.

O Diagrama V foi proposto por D.B.Gowin (2005), com o objetivo de contribuir no processo de análise da produção de conhecimento. O Diagrama V é uma forma de sintetizar a informação, tanto na tomada de dados da atividade prática quanto no estudo do conteúdo. Porém, para identificar cada quesito do V é necessária, mais que o diálogo em grupo, uma gama de leituras atentas sobre o assunto (CAPPELLETTO, 2009, p. 30).

O Diagrama V inclui, além da tomada de dados, um estudo acerca das teorias e conceitos envolvidos no fenômeno determinado. As questões de Gowin, que estrutura o Diagrama V, são organizadas no intuito de estabelecer relações entre o domínio metodológico e conceitual (CAPPELLETTO, 2009, p. 20). Estas questões possibilitam maior reflexão sobre a produção de conhecimento envolvido no processo como um todo, questões como “valor do conhecimento para a sociedade” podem possibilitar debates e reflexões sobre a relação do conhecimento com a sociedade e, além disso, uma maior valorização dos alunos, pois, ao perceberem que determinado conteúdo possui relação com a sua vida, podem se sentir mais motivados a estudar e trabalhar nas atividades.

Assim, a construção da Ficha de Atividade, que propomos nesta pesquisa, visou criar uma atividade que se adaptasse à atividade experimental em execução e à metodologia adotada na oficina; o que proporcionou agilidade na tomada de notas e registro de conclusões sobre as experiências práticas. Durante a oficina, os alunos preencheram a ficha de atividade para a experiência prática de montagem de um circuito simples para o teste de condutividade dos materiais.

Outra atividade proposta, que teve papel fundamental no desenvolvimento da oficina - que funcionou como um instrumento de coleta de dados - foi a construção

colaborativa de um painel ilustrativo. Esta construção foi composta por diferentes etapas:

1. Estudo, com todo o grupo, do texto “Luzes do Novo Século” - anexo 5;
2. Construção de ilustrações sobre o texto: O grupo foi dividido em subgrupos de três pessoas. Cada trio recebeu uma parte específica do texto, a qual deveria ser representada na forma de um desenho;
3. Apresentação dos desenhos e montagem do painel ilustrativo. Cada trio apresentou seu desenho para o restante do grupo, justificando suas escolhas para representação.
4. O grupo montou, a partir dos desenhos dos trios, um painel com a representação do texto-base, fazendo a composição dos desenhos.

Esta atividade foi pensada baseando-se nos princípios dos MMR e, através da construção do painel, os alunos puderam trabalhar a leitura, a escrita, a oralidade e, principalmente, uma representação visual na forma de desenhos. A utilização de desenhos no ensino é fundamental auxilia para o desenvolvimento do pensamento científico, pode despertar o interesse do público e o achado por descobertas (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011). No mesmo sentido, conforme os mesmos autores destacam, quando os estudantes desenharam, podem melhorar o engajamento pela ciência e, ao mesmo tempo, podem explorar, coordenar e justificar entendimentos da ciência, ficando mais motivados a aprender do que no ensino tradicional (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011).

Os mesmos autores destacam cinco razões pelas quais o desenho deve ser reconhecido junto com a leitura e a escrita um elemento chave na alfabetização científica (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011):

1. Desenhar pode melhorar o engajamento: muitos estudantes se sentem desestimulados a estudar ciências devido ao modelo tradicional de memorização, além disso, o desenho pode atender às diferenças individuais dos alunos, tendo em vista que este pode ser construído com base nas ideias emergentes do aluno e pelo conhecimento que o mesmo construiu a partir do estudo;
2. Desenhar para aprender a representar cientificamente: os cientistas usam múltiplas representações para construir e registrar conceitos;
3. Desenhar para raciocinar cientificamente: a partir do desenho, o aluno pode aprender a raciocinar por meio de vários modos, e ao mesmo tempo,

adquirir prática na articulação de representações, o que tem sido considerado ponto central no desenvolvimento de competências em ciências;

4. O desenho como estratégia de aprendizagem: estratégias eficazes de aprendizagem auxiliam os estudantes a superar limitações dos recursos materiais, a organizar o seu conhecimento de forma mais eficaz e integrar a compreensão de novos conceitos aos já existentes;
5. Desenho como forma de comunicação: explicitar o conhecimento próprio por meio de representações visuais permite uma maior divulgação desse conhecimento, além disso, por meio do desenho, os alunos tornam o seu pensamento explícito e específico, o que leva a oportunidades de trocar e esclarecer significados entre pares.

Somado a esses fatores, o desenho pode auxiliar no desenvolvimento da criatividade dos alunos, além de não depender de um ambiente e de materiais específicos ou de difícil acesso; isso favorece sua utilização em nossas escolas públicas que carecem de laboratórios de ciências (GIEHL; CAMARGO FILHO, 2016, p. 05).

Outro instrumento utilizado para coleta de dados é a proposta de construção de histórias em quadrinhos (HQs) pelos alunos. A proposta da produção de histórias em quadrinhos foi feita de forma bastante aberta, pois os alunos tiveram liberdade quanto ao recorte do conteúdo a escolher, a história a ser criada e as ilustrações a serem feitas.

As histórias em quadrinhos (HQs) são narrativas que contam histórias por meio de desenhos e diálogos em vários quadrinhos dispostos na sequência horizontal. Devido à sua facilidade de leitura, as HQs podem ser utilizadas como uma estratégia de ensino e aprendizagem na busca de promover discussões sobre diversos conteúdos em sala de aula. Através das histórias em quadrinhos, os alunos conseguem se expressar de forma verbal e não verbal; isso possibilita aprofundar o conteúdo e gerar discussões de forma lúdica e enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, é possível analisar o nível de compreensão e aprofundamento que o aluno obteve a partir de um determinado conteúdo (CHICÓRA, 2017, p. 02).

A utilização das Histórias em Quadrinhos no ensino pode ser um material de forte potencial didático. Fato este que se justifica pela familiaridade que os alunos

possuem com as histórias em quadrinhos; a linguagem de fácil entendimento, a estrutura dinâmica e a ludicidade dos quadrinhos visa à catarse (queda do estresse, despojamento das tensões cotidianas), à imaginação e ao desenvolvimento da linguagem (TESTONI; ABIB, 2003).

A combinação de signos é uma estratégia cada vez mais frequente nos meios de comunicação de massa (TESTONI; ABIB, 2003, p. 01). Pensando a partir dos multimodos e múltiplas representações, a história em quadrinhos pode ser considerada um material que envolve princípios desta metodologia, pois é formada por dois códigos gráficos: a imagem obtida pelo desenho e a linguagem escrita nos balões e descrições. Durante o desenvolvimento e a construção da história em quadrinho, o aluno desenvolve diversas capacidades, bem como análise, síntese, classificação, imaginação, escrita e ilustração, propiciando assim, o desenvolvimento de várias habilidades, entre elas a criatividade (TESTONI; ABIB, 2003).

#### **4.1.3 Considerações sobre a análise de dados**

O modelo de Mudança Conceitual foi proposto por Posner et al. (1982) e baseia-se na reestruturação de um conjunto de ideias sob o impacto de novas ideias ou de novas informações (CARMO, 2005, p. 24). Para que isso seja possível, inicialmente se faz necessário identificar os conhecimentos prévios dos alunos, suas concepções iniciais que levem a refletir sobre a necessidade de aprofundamento do estudo de conceitos científicos para resolver ou compreender determinados fenômenos e situações. A partir disso, pode-se promover intervenção pedagógica utilizando alguma metodologia ou abordagem específica que, neste trabalho, foram os multimodos e as múltiplas representações. Pode-se então, analisar a evolução da compreensão conceitual dos estudantes a partir dos níveis de compreensão conceitual após e durante as atividades, como sugerido por Adadan et al. (2010) e aplicado em Camargo Filho (2014). Esse processo (aqui descrito de forma bastante resumida) visa diminuir o status de concepções alternativas buscando a elevação ao status de concepções científicas (CARMO; MARCONDES; MARTORANO, 2010).

Além disso, em momentos da análise, recorre-se à análise de Conteúdo, embora possamos, caso necessário, lançar mão de outras metodologias de análise, dado à diversidade do material coletado. A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas que busca interpretar dados de pesquisas qualitativas, buscando o sentido

do que foi escrito ou falado (SILVA; FOSSÁ, 2015), pois, “Tudo o que foi escrito ou falado é suscetível de ser submetido a uma análise de conteúdo” (OLIVEIRA et al. 2003, p. 03).

A próxima seção é dedicada ao detalhamento da organização da condução deste trabalho. Com isso, espera-se contextualizar a leitura dessa dissertação apresentando características com o campo de aplicação, os sujeitos da pesquisa e os passos seguidos para a organização e execução da oficina.

## **5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Nesta seção apresentamos o detalhamento da organização e condução do trabalho, possibilitando contextualizar o leitor, tanto com o campo e os sujeitos da pesquisa quanto com os passos seguidos para a organização e desenvolvimento da oficina.

### **5.1 Caracterização do contexto e dos sujeitos**

#### **5.1.1 O campo da Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Estadual Rocha Pombo – EFMN situado na cidade de Capanema, Paraná. O município de Capanema possui 19.364 mil habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de agosto de 2017. Trata-se de uma cidade pequena, cuja principal fonte de renda é a agricultura familiar. Parte dos alunos que frequentam a escola reside na zona rural e dependem de transporte escolar para se locomover, outra parte reside na zona urbana, alguns já trabalhando meio período como jovem aprendiz e estagiários. A população é bastante acolhedora, valorizam a escola como principal meio de ascensão social para os alunos.

Segundo informações fornecidas pela secretaria da escola, no ano de 2017, o colégio contou com 542 alunos, 54 professores, 07 pedagogas, 22 funcionários, 01 diretor e 01 vice-diretor. O colégio funciona em três turnos atendendo ensino fundamental (6º ao 9º ano em período integral), formação de docentes e ensino médio, atendendo assim, alunos da zona urbana e rural.

Em termos de instalações físicas, o prédio conta com 17 salas de aula, uma biblioteca, uma sala de professores, uma cozinha, uma lavanderia, um ginásio de esportes, um laboratório de informática e um laboratório de Ciências, no qual foi desenvolvida a oficina.

#### **5.1.2 O Grupo**

Os alunos que participaram das oficinas são estudantes da 3ª série do Ensino Médio do Colégio Estadual Rocha Pombo – EFMN. A oficina didática foi

desenvolvida no período vespertino, em contra turno do período normal de aula das turmas envolvidas. A oficina foi ministrada pela autora da pesquisa, sendo supervisionada pela professora regente das turmas.

O público alvo é constituído por alunos da 3ª série do ensino médio, turma A e B. Houve a participação efetiva de 14 alunos, sendo 04 alunos do sexo masculino e 09 alunos do sexo feminino, com aproximadamente 16 anos de idade. Todos os participantes já tinham um contato prévio com a disciplina de Física, cursada nos dois primeiros anos de ensino médio.

As atividades detalhadas na próxima seção foram alinhadas de acordo com os objetivos deste estudo. As atividades da oficina foram constituídas por ações e discussões que abordam uma introdução à FMC, com ênfase nas propriedades elétricas dos materiais, mais especificamente dos materiais semicondutores e suas aplicações.

## **5.2 Descrição da Oficina**

### **5.2.1 Organização da oficina – Uma visão Geral**

A abordagem multirrepresentacional foi utilizada para a construção, organização e o desenvolvimento da oficina didática, a qual, em todas as suas etapas desde a organização e a elaboração do conteúdo programático (anexo 1) até as atividades propostas e os materiais didáticos foram produzidas por nós.

Vale ressaltar que, para iniciar a construção da oficina foi necessário reunir diversas referências sobre o conteúdo específico a ser abordado, fazendo estudo de diversos livros, observando as diferentes abordagens do conteúdo para a produção do conteúdo programático, pois, era necessário que além de abordar o conteúdo pretendido era importante e indispensável o uso de linguagem acessível aos estudantes.

O conteúdo específico foi escolhido de acordo com os objetivos previamente estabelecidos para a aplicação da oficina. Buscava-se, a partir da participação dos estudantes na oficina, que pudessem compreender o funcionamento de alguns aparelhos eletrônicos, para assim, perceber que a Física é uma área do conhecimento intimamente ligada ao seu cotidiano.



A partir disso foi elaborada a oficina, que teve como conteúdo específico (Propriedades elétricas dos materiais semicondutores e suas aplicações na tecnologia) e a estratégia de ensino (multimodos e múltiplas representações). Todas as atividades foram pensadas seguindo os princípios e funções dos MMR, estando de acordo com o tempo disponibilizado, o espaço disponível e o público alvo. Cabe destacar que, durante a execução das oficinas, algumas atividades foram adaptadas de acordo com os conhecimentos prévios dos alunos, seus avanços e limitações, fazendo com que o processo de ensino e aprendizagem estivesse em constante movimento. Os quatro encontros previstos para a oficina ocorreram no período de junho e julho de 2017.

No momento de definição de formato para a aplicação da pesquisa pensamos em algo que possibilitasse reunir-se com os alunos em contra turno e, também, que tivesse uma característica dinâmica, mesclando a teoria e a prática a fim de compreender diversos equipamentos e fenômenos presentes em seu cotidiano. Ao trabalhar com oficinas abre-se a possibilidade de abordar o conteúdo de uma forma mais inventiva (ROSS; MUNHOZ, 2015, p. 2001), ao mesmo tempo em que, através dessa abordagem didática, pode-se criar um diálogo mais aberto com os estudantes, quebrando hierarquias e permitindo que os estudantes se tornem capazes de experimentar, decidir e teorizar acerca do conteúdo em questão (CORRÊA, 1998, p. 70). A oficina é uma modalidade didática diretamente ligada à ação, onde teoria e prática formam uma unidade, promovendo o dinamismo no processo de ensino e aprendizagem (VIEIRA; VOLQUIND, 2002, p. 11).

Percebe-se assim, a consonância que há entre teoria e prática, pois é através de oficinas de ensino que a teoria surge como uma necessidade para esclarecer a prática (VIEIRA; VOLQUIND, 2002, p. 12). Neste caso, a partir das indagações e questionamentos sobre o funcionamento de aparelhos eletrônicos, bem como computador e celulares, é proposto o estudo das propriedades elétricas dos materiais semicondutores e suas aplicações tecnológicas. Dessa forma, trabalhando o conteúdo através de oficinas podem-se criar elementos para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, pois, com os MMR criam-se variadas atividades, formas de leitura e compreensão do conteúdo proposto.

No Quadro 1, apresenta-se uma síntese da programação da oficina didática, permitindo ter uma visão dos tipos de representações adotadas para a exploração do conteúdo e da forma de coleta de dados para análise.

**Quadro 1:** Conteúdos e atividades aplicadas para cada encontro da oficina

<b>Oficina</b>	<b>Conteúdo Previsto</b>	<b>Atividades</b>
1	Propriedades elétricas dos materiais: condutores e isolantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade diagnóstica 1 (anexo 2);</li> <li>• Vídeo: “Impacto dos semicondutores na economia”;</li> <li>• Circuito virtual;</li> <li>• Construção do circuito;</li> <li>• Ficha de atividade (anexo 4).</li> </ul>
2	Semicondutores, diodos, aplicações: LED.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa mental;</li> <li>• Texto: “Luzes do novo século” (anexo 5);</li> <li>• Vídeo: “Da areia ao silício”;</li> <li>• Vídeo: “Dopagem – Telecurso 2000”;</li> <li>• Vídeo: “Teste de lâmpadas”;</li> <li>• Elaboração de Painel Ilustrativo.</li> </ul>
3	Semicondutores, transistores, aplicações: células fotovoltaicas e computação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa mental;</li> <li>• Vídeo: “Semicondutores”;</li> <li>• Experimento demonstrativo “O LED e as células fotovoltaicas” (anexo 7);</li> <li>• Vídeo: “Transistores”;</li> <li>• Manuseio de peças do computador;</li> <li>• Construção de história quadrinhos (anexo 6);</li> <li>• Construção de um vídeo (tutorial) pelos alunos (anexo 8).</li> </ul>
4	Semicondutores e suas aplicações tecnológicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação: história em quadrinhos e vídeo;</li> <li>• Jogo de perguntas e respostas;</li> <li>• Atividade diagnóstica 2 (AD2) (anexo 9).</li> </ul>

Fonte: Os autores, 2018.

Os instrumentos de coleta de dados foram as atividades construídas e/ou respondidas pelos alunos. Por exemplo, na oficina 1, faz parte do material a ser recolhido: a atividade diagnóstica 1 (AD1) e a ficha de atividade da construção do circuito, ambas atividades envolveram variadas representações. O detalhamento dos encontros da oficina bem como do material a ser coletado segue nos Quadros 2 a 5.

A partir do tema específico sobre Semicondutores e suas aplicações na tecnologia e, considerando a viabilidade da abordagem através dos MMR, estabeleceram-se os conteúdos essenciais a serem discutidos ao longo da oficina, distribuindo diferentes assuntos nos quatro encontros, tendo em vista as representações envolvidas nas atividades programadas para cada conteúdo. Todas as atividades listadas foram produzidas especificamente para a oficina didática.

Quanto à organização e condução dos encontros, podem-se observar dois momentos de protagonismo:

- **Protagonismo do Ministrante:** O ministrante conduz as atividades propondo, para cada momento da oficina, atividades adequadas aos objetivos da investigação sobre o objeto de estudo, porém, busca atuar como um mediador da produção do conhecimento. Nesse sentido, seu protagonismo refere-se às proposições das atividades, estimulando os alunos para a execução das atividades.
- **Protagonismo dos alunos:** Os alunos são instigados a assumir papel ativo na discussão a partir do material proposto pelo ministrante e de suas próprias experiências. Espera-se que, este papel ativo, seja refletido na execução das atividades e explicitado nas diferentes formas de representações eleitas pelos alunos para expressarem os conceitos. Nos momentos de protagonismo dos alunos é feita a coleta de dados.

### 5.2.2 Organização da oficina – Detalhamento

O primeiro encontro da oficina teve como objeto de estudo as propriedades elétricas dos materiais e sua classificação como condutores ou isolantes. Para isso, podem ser vistas no Quadro 2 as atividades previstas para a investigação do objeto de estudo, atividades estas que utilizaram diferentes tipos de representações.

**Quadro 2.** Detalhamento das atividades para o primeiro encontro da oficina

<b>Momento da oficina</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivo da atividade</b>	<b>Tipo de representação / tempo</b>
Introdução.	Propriedades elétricas dos materiais.	Atividade diagnóstica <sup>1</sup> (AD1).	Levantamento de conhecimentos prévios sobre o conteúdo a ser abordado nas oficinas.	Leitura, escrita e visual. 30 min.
Introdução ao conteúdo/motivação.	Semicondutores e sua influência na economia.	Vídeo: “Impacto dos semicondutores na economia” disponível em: <a href="https://www.you">https://www.you</a>	Motivação: Mostrar aos alunos que os semicondutores são materiais que possuem aplicações tecnológicas e	Visual. 15 min.

		tube.com/watch?v=IWJ7SJ5CuCw.	econômicas, tendo como exemplo o caso do Rio Grande do Sul.	
Aprofundamento teórico.	Propriedades elétricas dos materiais: níveis de energia, bandas de energia, corrente elétrica; condutores e isolantes.	Apresentação de slides e circuito virtual. Circuito virtual disponível em: <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/">https://phet.colorado.edu/pt_BR/</a> .	Trabalhar conceitos a partir de imagens e do circuito virtual, a fim de criar uma base conceitual para compreender, nos próximos momentos, o conteúdo de semicondutores e suas aplicações na tecnologia.	Visual e experimental. 30 min.
Aprofundamento teórico.	Condutores e isolantes.	Construção de um circuito para testar a condução elétrica dos materiais.	Revisar os conceitos que foram vistos a partir da construção de um circuito, para assim, testar a condução elétrica dos materiais (condutores e isolantes).	Ação Manipulativa e experimental. 25 min.
Aprofundamento teórico.	Condutores e isolantes.	Ficha de atividade: questões baseadas na elaboração de Diagrama Epistemológico de Gowin (Diagrama V).	Cada grupo deve preencher sua ficha de atividade e, apresentar suas respostas para a turma, tendo como referência as questões do Diagrama epistemológico de Gowin (Diagrama V), com asserções de conhecimento e valor.	Expressão escrita e oral. 20 min.
Fechamento da oficina.	Propriedades elétricas dos materiais.	Mapa mental.	Revisar os conceitos que foram trabalhados por meio de um mapa mental, retomando e discutindo dúvidas do que pudesse ter ficado pouco claro.	15 min.

De acordo com seu momento de protagonismo, o material sugerido pelo ministrante para as atividades, envolveu as seguintes representações:

- Escrita: Atividade diagnóstica 1; Ficha de atividade;
- Visual: Apresentação de Vídeos e Slides;
- Experimental: Montagem de circuito para classificação dos materiais como isolante ou condutores;
- Ação manipulativa: Simulação de circuitos usando aplicativo computacional.

No momento de protagonismo dos alunos, o material por eles produzido, envolveu as seguintes representações:

- Escrita: Preenchimento da atividade diagnóstica 1 – Produção de material escrito com respostas de uma série de questões propostas pelo ministrante;
- Experimental: Ficha de Atividade sobre o experimento (construção de um circuito simples) para testar a condutividade dos materiais (condutores e isolantes) – Produção de texto sobre a experiência efetuada, contemplando assim, diferentes aspectos (objetivos, metodologia, forma de registro de dados, conclusões e asserções de valor).

O segundo encontro tratou da introdução aos Semicondutores, diodos e aplicações, com ênfase aos LEDs. Este encontro foi organizado conforme mostrado no Quadro 3.

**Quadro 3.** Detalhamento das atividades para o segundo encontro da oficina

<b>Momento da oficina</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de Representação / tempo</b>
Introdução.	Retomada da oficina anterior.	Construção de mapa mental paralela com os alunos.	Retomar o que foi trabalhado na oficina anterior.	Visual, escrita e oral. 10 min
Estudo do conteúdo.	Semicondutores e suas aplicações.	Leitura do texto: “Luzes do novo século”.	Conhecer uma das aplicações dos semicondutores: Os LEDs e sua utilização.	Leitura. 15 min.
Estudo do	Semiconduto	Construção de	Trabalhar as	Expressão

conteúdo.	res e suas aplicações.	desenho sobre o texto, apresentação dos desenhos e montagem de painel juntando todos os desenhos feitos pela turma.	aplicações dos semicondutores a partir de desenhos fazendo uma discussão com a turma em geral.	escrita, visual, oral e ação manipulativa. 20 min.
Estudo do conteúdo.	Semicondutores, silício, semicondutores dopados, junção p-n, diodo.	Vídeo: “Da areia ao silício” disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Q5paWn7bFg4">https://www.youtube.com/watch?v=Q5paWn7bFg4</a>	Trabalhar os semicondutores desde a sua matéria prima. O vídeo demonstra passo a passo a fabricação do silício.	Visual. 15 min.
Estudo do conteúdo.	Semicondutores, silício, semicondutores dopados, junção p-n, diodo.	Vídeo: “Dopagem – Telecurso 2000”.	Retomar os conceitos que foram trabalhados a partir do vídeo, ilustrar a partir de exemplos os conceitos trabalhados.	Visual. 15 min.
Estudo do conteúdo.	Diodo; Diodo emissor de luz (LED) Lâmpada comum x lâmpada de led.	Vídeo: “Teste de lâmpadas” disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=qtsYcq-u3J0&amp;t=141s">https://www.youtube.com/watch?v=qtsYcq-u3J0&amp;t=141s</a> .	Comparar as características e utilização dos tipos de lâmpadas, dando ênfase à lâmpada de LED.	Visual. 30 min.
Fechamento da oficina.	Retomada de conteúdo.	História em quadrinhos; Construção pelos alunos.	Retomar os conteúdos que foram trabalhados até o momento, através da criação de uma história em quadrinhos.	Escrita, manipulativa e visual. 30 min.

Fonte: Os autores, 2018.

Neste encontro, o material sugerido pelo ministrante para o desenvolvimento das atividades envolveu as seguintes representações:

- Escrita: Leitura de um texto; mapa mental; desenhos;
- Visual: Apresentação de vídeos.

Já o material produzido pelos alunos envolveu as representações:

- Escrita: Construção de painel ilustrativo, elaboração de desenhos sobre o texto;
- Manipulativa: Produção de uma história em quadrinhos envolvendo os conceitos abordados;
- Expressão oral: Discussão sobre os assuntos abordados;
- Visual: Apresentação das histórias em quadrinhos, construção de um painel a partir dos desenhos de cada grupo.

O terceiro encontro aprofundou os conceitos sobre Semicondutores, com ênfase nas aplicações como diodos, transistores, células fotovoltaicas e aplicações na computação. Este encontro está detalhado no Quadro 4.

**Quadro 4.** Detalhamento das atividades para o terceiro encontro da oficina

<b>Momento da oficina</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de Representação / tempo</b>
Introdução.	Retomada do conteúdo da oficina anterior.	Mapa mental.	Apresentação e discussão de mapa mental contendo os conceitos que foram trabalhados na oficina anterior.	Visual e Expressão oral. 10 min.
Introdução.	Semicondutores.	Vídeo: Semicondutores disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=HmvppRT9nm4&amp;t=244s">https://www.youtube.com/watch?v=HmvppRT9nm4&amp;t=244s</a>	Trazer através da explicação sobre os semicondutores suas aplicações tecnológicas, mais especificamente da computação, por meio de uma linguagem dinâmica.	Visual. 20 min.
Estudo do conteúdo: aplicações.	Aplicações: Os semicondutores e a energia solar.	Experimento demonstrativo: Experimento demonstrativo “O LED e as células fotovoltaicas”.	Demonstrar aos alunos como os semicondutores são utilizados na fabricação das placas fotovoltaicas.	Visual e ação manipulativa. 20 min.
Estudo de conteúdo.	Transistores.	Vídeo: “Transistores” disponível em: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=lcrBqCFLHI">https://www.youtube.com/watch?v=lcrBqCFLHI</a>	Apresentar explicações referentes aos transistores, possibilitando a ligação com	Visual. 30 min.

		Y.	conceitos que já foram trabalhados nas oficinas.	
Estudo do conteúdo.	Aplicação: Da válvula ao circuito integrado; Informação e computadores.	Manuseio de peças do computador.	Visualizar os elementos e os transistores como parte integrante.	Visual e manipulativa. 25 min.
Fechamento da oficina.	Retomada do conteúdo: Aplicações – LED e transistores.	Construção de um vídeo (tutorial) pelos alunos, eles falam sobre os conteúdos estudados e as aplicações tecnológicas.	Revisão e retomada dos conteúdos que foram trabalhados na oficina através da produção de vídeos.	Expressão oral e corporal, escrita e ação manipulativa. 30 min.

Fonte: Os autores, 2018.

No terceiro encontro, o material sugerido pelo ministrante para as atividades envolveu as seguintes representações:

- Escrita: Mapa mental; produção de texto;
- Visual: Apresentação de vídeos; Experimento demonstrativo;
- Ação manipulativa: manipulação e observação de componentes eletrônicos.

O material produzido pelos alunos envolveu as representações:

- Escrita: Construção de mapa mental; Organização de pauta para produção de vídeos;
- Manipulativa: Manipulação de peças de computador para observações dos componentes eletrônicos e reconhecimento dos dispositivos baseados em semicondutores;
- Expressão oral e corporal: Produção de vídeos pelos alunos a partir dos assuntos abordados.

O quarto encontro teve como foco os Semicondutores e suas aplicações tecnológicas, as atividades programadas para este encontro estão detalhadas no Quadro 5.



**Quadro 5.** Detalhamento das atividades para o quarto encontro da oficina

<b>Momento da oficina</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de Representação/ tempo</b>
Introdução.	Semicondutores e suas aplicações.	Apresentação dos produtos que foram construídos nas oficinas: histórias em quadrinhos e vídeos.	Socializar com todos os alunos os materiais que foram construídos, além disso, por meio da apresentação foi feita a revisão de conceitos que foram abordados nos materiais.	Expressão oral, visual. 30 min.
Fechamento.	Propriedades elétricas dos materiais: Semicondutores e suas aplicações tecnológicas.	Jogo de perguntas e respostas.	Revisar os conteúdos trabalhados a fim de visualizar a carência ou não de alguns conteúdos.	Visual, expressão oral e corporal. 30 min.
Fechamento.	Propriedades elétricas dos materiais: Semicondutores e suas aplicações tecnológicas.	Atividade diagnóstica 2 (AD2) A AD2 constituiu-se de uma avaliação com perguntas descritivas, objetivas, e de desenhos.	Tem como objetivo complementar todas as atividades realizadas a fim de visualizar a evolução conceitual dos estudantes.	Leitura, escrita e visual. 40 min.
Fechamento	Propriedades elétricas dos materiais: Semicondutores e suas aplicações tecnológicas.	Panorama da AD1 com AD2.	Diálogo sobre as avaliações feitas nas oficinas, discutir sobre as evoluções percebidas no decorrer das atividades.	Expressão oral e visual. 15 min.
Fechamento.	Desenvolvimento da oficina como um todo.	Pesquisa de opinião.	Visualizar a opinião dos estudantes sobre todas as atividades que foram construídas, suas preferências em relação às representações trabalhadas, além	Leitura e escrita. 20 min.

			de sugestões e críticas relativas às oficinas.	
--	--	--	--	--

Fonte: Os autores, 2018.

Neste encontro o material sugerido pelo ministrante para o desenvolvimento das atividades envolveu as seguintes representações:

- Escrita: Mapa mental, produção de texto, atividade diagnóstica 2, avaliação da oficina;
- Visual: Apresentação dos materiais produzidos;
- Expressão oral e corporal: Jogos de perguntas e respostas, conversas e discussões sobre os conceitos abordados ao longo da oficina;

O material produzido pelos alunos envolveu as representações:

- Escrita: Construção de mapa mental; Preenchimento da atividade diagnóstica 2; Respostas ao questionário de avaliação da oficina.
- Expressão oral e corporal: Participação no Jogo de perguntas e respostas; participação nas discussões.
- Visual: Observação e avaliação dos materiais produzidos;

Conforme pode ser visto acima, o material coletado e dos quais foram extraídos os dados para análise é composto por material escrito na forma de textos, questionários, diagrama, desenhos e vídeos.

Considerando a diversidade de material para processar, pode ser necessária a aplicação de diferentes metodologias de análise, porém, pretendemos dar ênfase na análise de conteúdo, tendo como referencial teórico a análise de Bardin (1977), e demais autores que a discutem e, também, o modelo de Mudança Conceitual de Posnet et al. (1982).

Na próxima seção apresentamos os resultados levantados com o desenvolvimento da oficina e, apresentamos a análise dos dados. Inicialmente os dados são analisados de forma mais geral, a partir das duas atividades diagnósticas (AD1 e AD2). Primeiramente, cada AD é analisada individualmente, questão a questão. Em seguida, é efetuada uma confrontação entre os aspectos observados em cada uma delas. Esta confrontação está relacionada com a questão da ocorrência de evolução conceitual. Após a análise das ADs, é feita uma avaliação de forma mais pontual, apresentando as atividades que os estudantes desenvolveram

no decorrer da oficina. Esta análise tem como objetivo avaliar como as atividades conduziram o processo de evolução conceitual ao longo da oficina.

## 6 ANÁLISE DE DADOS

Conforme descrito na seção anterior, os dados coletados abrangem material escrito na forma de textos, questionário e ficha de atividade (diagrama V), desenhos, histórias em quadrinhos e vídeos produzidos pelos estudantes.

Para a análise deste material utilizamos a análise de conteúdo, tendo como referencial teórico a proposta de Bardin (1977), embora possamos, caso necessário, lançar mão de outras metodologias de análise, dada a diversidade do material coletado.

A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas que busca interpretar dados de pesquisas qualitativas, buscando o sentido do que foi escrito ou falado (SILVA; FOSSÁ, 2015). “Tudo o que foi escrito ou falado é suscetível de ser submetido a uma análise de conteúdo” (OLIVEIRA et al. 2003, p. 03).

Em linhas gerais, a análise de conteúdo segundo Bardin (1977), citado por (SILVA; FOSSÁ, 2015) é dividida em algumas etapas:

- 1 Pré-análise: escolha dos documentos a ser analisados, leitura geral do material, formulação de hipóteses e objetivos;
- 2 Exploração do material: onde o texto/ atividade é recortado em unidades de registro, palavras chave;
- 3 Tratamento dos resultados e interpretação: através da criação de categorias se capta os conteúdos latentes e manifestos, se faz também uma análise comparativa do material coletado.

Sendo assim, após a coleta de todos os dados a ser analisados, o pesquisador deverá ler com atenção todo o material em busca de semelhanças e diferenças entre os discursos, os quais podem ser diferentes entre si. Cabe destacar que, ao trabalhar com MMR, o aluno pode manifestar seu discurso através de diversas representações, sejam verbais ou não verbais, como desenhos e histórias em quadrinhos, por exemplo.

As etapas aqui mencionadas foram utilizadas na análise de todo o material coletado, inicialmente na escolha das atividades e posteriormente na leitura atenta e agrupamento das atividades e respostas das questões por categorias. Como por exemplo, nas ADs optamos por utilizar a análise de conteúdo para criar grupos de respostas semelhantes, a fim de observar a ocorrência ou não de determinadas ideias. Já o modelo de mudança conceitual, descrito na sequência, foi utilizado no

momento da análise da evolução conceitual dos estudantes, por meio de comparativos entre os conhecimentos prévios que estes tinham e as noções observadas posteriormente ao desenvolvimento da oficina na AD2.

Além dos princípios de análise de conteúdo, a análise dos dados também lança mão de conceitos relacionados com o Modelo de Mudança Conceitual proposto por Posner et al. (1982). Além do mais, no decorrer das análises pode-se recorrer a outras formas de análises, dada a diversidade do material coletado.

O modelo de Mudança Conceitual foi proposto por Posner et al. (1982) e baseia-se na reestruturação de um conjunto de ideias sob o impacto de novas ideias ou de novas informações (CARMO, 2005, p. 24).

Ao pensar no contexto do ensino dos conteúdos, em Física é necessária a busca pela mudança conceitual do estudante, ou seja, a transformação dos conhecimentos do senso comum em conhecimentos científicos mais elaborados, para que haja, assim, progresso científico no processo de aquisição do conhecimento (ARRUDA; VILLANI, 94, p. 89). Segundo Posner et al., (1982, apud Crespo, 2010, p. 125) essa mudança se dá através da passagem por quatro etapas, nas quais é necessário que:

1. O aluno esteja insatisfeito com suas concepções alternativas;
2. O aluno disponha de uma nova concepção inteligível;
3. A nova concepção pareça plausível ao aluno;
4. A nova concepção se mostre mais frutífera e produtiva que a concepção alternativa original.

Assim, ao considerar as etapas apresentadas, a mudança conceitual é permeada por sucessivas reconstruções, tendo presente a relação entre os conceitos que os estudantes construíram em sua vivência e os conceitos científicos veiculados pela escola. Cappechi (2004) argumenta que a mudança conceitual pode ser promovida através das interações argumentativas; torna-se necessário considerar que a argumentação nesse contexto é "(...) todo e qualquer processo por meio do qual a análise de dados, evidências e variáveis permite o estabelecimento de uma afirmação que relaciona uma alegação e uma conclusão (...)".

Para que isso seja possível, inicialmente se faz necessário identificar os conhecimentos prévios dos alunos, suas concepções iniciais, para que, a partir disso crie-se uma reflexão sobre a necessidade de aprofundamento do estudo de conceitos científicos para resolver ou compreender determinados fenômenos e

situações. Em seguida procede-se a intervenção pedagógica, neste caso, implementada a partir da metodologia dos multimodos e múltiplas representações. Todo esse processo visa diminuir o status de concepções alternativas, buscando a elevação ao status de concepções científicas (CARMO; MARCONDES; MARTORANO, 2010). Em uma perspectiva epistemológica, para que ocorra a mudança conceitual, as concepções ingênuas dos estudantes devem dar lugar às concepções científicas. Nesse sentido propõe-se o seguinte quadro, que será utilizado nas próximas seções para complementar a análise de dados das atividades diagnósticas. O quadro seguinte foi construído baseado em Camargo Filho (2014), do qual foram feitas adaptações pertinentes à análise de dados desta pesquisa.

**Quadro 6.** Análise de dados por meio do Modelo de Mudança Conceitual

<b>Categoria de compreensão conceitual</b>	<b>Nível</b>	<b>Critério</b>
Compreensão Científica.	4	Demonstra em sua resposta compreensão científica sobre o conteúdo em questão.
Científica com fragmentos alternativos.	3	Apresenta em sua resposta pontos importantes sobre o conceito científico, mas ainda ampara-se em concepções alternativas.
Alternativa com fragmentos científicos.	2	Faz referência, no desenvolvimento de sua resposta principalmente concepções alternativas, mas, em alguns pontos cita fragmentos científicos.
Fragmentos alternativos, noções ingênuas.	1	Inclui em sua resposta fragmentos alternativos que conflitam com a compreensão científica, trazendo discussões ingênuas no que se refere ao estudo dos conceitos em questão.

Fonte: Os autores, 2018.

A análise dos dados obtidos coletados durante a oficina foi feita em dois momentos, objetivando responder duas questões:

1. Houve evolução conceitual dos estudantes sobre o conteúdo proposto na oficina?

Para isso foram analisadas as atividades diagnósticas 1 e 2, apresentando as questões envolvidas, os objetivos estabelecidos e o desenvolvimento dos alunos na resolução das questões. Além disso, foi elaborado um quadro comparativo entre as avaliações na busca por indícios que permitam avaliar se houve evolução conceitual

dos estudantes sobre determinados conceitos presentes nas questões da AD1 (atividade diagnóstica 1) e AD2 (atividade diagnóstica 2).

No segundo momento, a análise busca responder a seguinte questão:

2. Considerando que houve alguma evolução conceitual dos estudantes, como a mudança conceitual ocorreu ao longo das atividades?

Para a observação desta segunda parte da análise foram apresentadas e discutidas as atividades que os alunos desenvolveram ao longo da oficina: elaboração de painel ilustrativo, preenchimento de ficha de atividade referente à atividade experimental de construção do circuito e construção de história em quadrinhos.

Nas próximas seções apresentamos a pré-análise das atividades diagnósticas efetuadas junto aos estudantes participantes das oficinas. Estas atividades têm o intuito de situar o pesquisador sobre a evolução da compreensão dos conceitos abordados durante as atividades da oficina. Espera-se que, detalhes sobre esta evolução emergam durante a análise do material coletado. Porém, a observação das ADs neste ponto é instrutiva e pode balizar as discussões para o tratamento detalhado dos dados.

Além disso, é apresentada uma pesquisa de opinião, a qual foi realizada no final da oficina com os alunos participantes. Esta pesquisa tem o intuito de auxiliar o processo de avaliação da oficina.

## **6.1 Análise das atividades diagnósticas 1 e 2**

Nesta seção, são apresentadas as atividades diagnósticas (ADs) efetuadas junto aos estudantes participantes das oficinas e, em seguida, é introduzida uma discussão sobre os dados delas provenientes. As ADs são apresentadas questão a questão, juntamente com o objetivo e a expectativa do pesquisador em relação à questão em tela. As ADs completas podem ser vistas nos anexos 2 e 9 desta dissertação.

### **6.1.1 Atividade diagnóstica 1 (AD1)**

A atividade diagnóstica 1 foi a primeira atividade desenvolvida no primeiro encontro relacionada ao conteúdo. O objetivo desta atividade é fazer um

levantamento do conhecimento prévio dos estudantes a respeito dos assuntos a serem tratados ao longo da oficina.

Esta atividade consiste em uma série de questões apresentadas aos estudantes e que deveriam ser executadas de acordo com seus conhecimentos. Nesta seção, descrevemos essa atividade, juntamente com a análise das respostas fornecidas pelos alunos participantes. Na AD1, 20 alunos realizaram a atividade.

A primeira questão da AD1 é composta por 03 perguntas.

a) Foi apresentado um quadro contendo desenhos representativos de objetos feitos com diferentes materiais, juntamente com a descrição escrita do material em foco. O aluno deveria, então, classificar os objetos de acordo com a condutividade elétrica do material em que ele era produzido. Os objetos indicados na atividade são: microchip, fio de cobre, diamante, lã, alumínio, plástico, lata de refrigerante, silício, célula fotovoltaica.

Ao observar as respostas dadas por eles para esta questão, constata-se o seguinte cenário:

- 15 alunos classificaram corretamente alguns materiais, mas, no geral, suas respostas sugerem que não dominam os conceitos, fazendo confusão em algumas situações, entre condutores, isolantes e semicondutores;
- 04 alunos classificaram corretamente a maioria dos objetos. Observa-se, no entanto, que tiveram maior dificuldade em identificar os materiais semicondutores;
- 01 aluno classificou corretamente todos os materiais.

Ainda nesta mesma questão, perguntava-se aos estudantes sobre o conhecimento que estes tinham sobre os materiais semicondutores:

b) O que você já ouviu falar sobre semicondutores?

Esta pergunta tinha como objetivo verificar o nível de conhecimento que os alunos expressavam sobre os materiais semicondutores, podendo complementar a análise da atividade de classificação de materiais.

Do ponto de vista da conceituação da condutividade, a expectativa do ministrante era que os alunos identificassem os materiais semicondutores como materiais que possuem uma classe intermediária de condução entre isolantes e condutores, em que, dependendo das condições em que é exposto, pode se comportar como isolante ou como condutor.



As respostas dadas para a pergunta b são resumidas no Quadro VI.

**Quadro 7.** Respostas dos estudantes para a questão b da AD1

<b>Tipo de Resposta</b>	<b>Quantidade de respostas</b>	<b>Amostra representativa</b>
Não são nem condutores nem isolantes	07 alunos	<i>“Não são nem condutores nem isolantes”</i>
Conduzem parcialmente energia	03 alunos	<i>“objetos que conduzem parcialmente”</i>
Materiais que conduzem energia mais facilmente	03 alunos	<i>“conduz energia mais facilmente”</i>
Sem resposta	07 alunos	

Fonte: Os autores, 2018.

Os estudantes também foram indagados quanto ao conhecimento sobre as aplicações tecnológicas dos semicondutores e o seu impacto sobre o cotidiano, através da seguinte pergunta:

c) Quais as aplicações tecnológicas e do nosso cotidiano que estes materiais possuem?

Neste caso, o ministrante esperava que os alunos identificassem a presença de materiais semicondutores nos computadores, celulares e LEDs, como principais aplicações tecnológicas.

As respostas dadas para a pergunta b são resumidas no Quadro 8.

**Quadro 8.** Respostas dos estudantes para a questão c da AD1

<b>Tipo de Resposta</b>	<b>Quantidade de respostas</b>	<b>Amostra representativa</b>
Celulares, computadores, TVs, microchips	07 alunos	<i>“celulares, computadores, tevês e outros aparelhos”</i> <i>“chip, celular, computador”</i>
Além da computação, fios de alta tensão, instalações elétricas	02 alunos	<i>“são aplicados em computadores, TVs, instalações elétricas”</i>
Lâmpadas de LED	01 aluno	<i>“nas lâmpadas de led, evitando o uso de lâmpadas que aqueçam muito”</i>
Sem resposta	10 alunos	

Fonte: Os autores, 2018.

Nesta pergunta, observa-se que, a maioria dos alunos (10 no total) não respondeu, alegando que não sabia de nenhuma aplicação destes materiais. Dos

que responderam, 02 alunos citaram os computadores, mas confundiram aplicações de materiais condutores com semicondutores ao citar fiações elétricas, por exemplo. O restante (08 alunos) citaram aplicações como o LED, microchips e computadores, correspondendo às expectativas de resposta a esta pergunta.

Na segunda questão da AD1, foi apresentado um texto que aborda conceitos como estrutura do átomo, bandas de energia, condutores, isolantes e semicondutores. O texto contém lacunas a serem preenchidas pelos alunos a partir de conceitos iniciais necessários para o desenvolvimento das oficinas.

A leitura dos textos preenchidos revela que:

- 11 alunos mostraram bastante dificuldade, não preencheram as lacunas corretamente;
- 01 conseguiu compreender e completar corretamente a maioria dos conceitos;
- 02 alunos demonstraram conhecimento sobre a estrutura do átomo, mas não conseguiram identificar o restante dos conceitos;
- 06 alunos mostraram conhecimento sobre conceitos relacionados aos materiais, no entanto, não conseguiram relacionar com as propriedades elétricas, átomos e bandas de energia dos sólidos.

Observa-se, nessa atividade, que a grande maioria dos alunos não conhecia, ou não conseguiram identificar os conceitos iniciais das propriedades elétricas dos materiais. Os que conheciam tinham noções iniciais sobre a estrutura do átomo (que é trabalhado frequentemente no ensino médio) e sobre os materiais, no entanto sem se amparar no conceito de bandas de energia.

Na questão 3 da AD1 foi apresentado um conjunto de assertivas que deveriam ser classificadas pelos estudantes como Verdadeira ou Falsa. Esta questão tinha como intuito obter indicação do conhecimento prévio dos estudantes sobre a utilização dos semicondutores na fabricação dos LEDs, bem como a identificação das aplicações dos LEDs no dia a dia.

A observação do preenchimento desta atividade revela que:

- 06 alunos responderam corretamente todas as alternativas, demonstrando conhecer as aplicações dos semicondutores referentes ao LED;

- 03 alunos apontaram como correto que as lâmpadas de LED são mais econômicas do que as lâmpadas incandescentes;
- 07 alunos não sabiam o motivo pelo qual o LED possui sua cor, acreditando que a cor dependia do plástico que o envolvia;
- 03 alunos responderam incorretamente todas as assertivas.

Percebe-se, nesta questão, um desempenho um pouco superior comparado com as questões anteriores, mas mesmo assim a porcentagem de alunos que tinham conhecimento sobre o assunto aproximava-se da metade.

Na Questão 4 da AD1 foi apresentado um trecho de um texto sobre a evolução da tecnologia e dos dispositivos eletrônicos ligados à evolução do computador. Por se tratar de um trecho curto, o texto se segue, juntamente com a pergunta a ele relacionada: *“O computador é uma máquina capaz de armazenar e manipular informações. Para termos o computador como temos hoje foi necessário um grande avanço da tecnologia, iniciando pela válvula, evoluindo para o transistor e conseqüentemente o circuito integrado”*. Diante disso, qual a relação do estudo dos semicondutores com a evolução do computador? Explique.

Esta questão buscava levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a utilização dos semicondutores na Ciência da Computação e na evolução dos computadores. Embora seja proposta a partir de um trecho de um texto, a questão é aberta, no sentido de que os alunos poderiam escrever livremente sobre seus conhecimentos a respeito do tema proposto.

As respostas dos alunos podem ser vistas no quadro 9.

**Quadro 9.** Respostas dos estudantes para a questão 4 da AD1

<b>Tipo de Resposta</b>	<b>Quantidade de respostas</b>	<b>Amostra representativa</b>
Citam que os computadores evoluíram com o tempo, mas não apresentam detalhamento.	02 alunos	<i>“O computador evoluiu muito ao longo dos anos, com mais tecnologia, peças diferentes.”</i>
Citaram a presença de chips, placa-mãe e os circuitos.	05 alunos	<i>“O computador tem uma importância muito grande na sociedade devido há muita utilização, tendo que cuidar com o que se usa para evitar devidos perigos, tendo a placa mãe onde se é armazenado tudo, que, pode-se por um acaso pegar fogo ou dar curto circuito;”</i> <i>“Muito importante por que com a</i>

		<i>placas semicondutores, o computador esquenta menos.”</i>
Os computadores se tornarão semicondutores ao longo do tempo.	01 aluno	<i>“Que muitos computadores serão semicondutores ao longo de tempo.”</i>
Não responderam	12 alunos	

Fonte: Os autores, 2018.

Verifica-se que a maioria dos alunos nem sequer respondeu a questão, e os que responderam demonstraram pouco conhecimento sobre a evolução dos computadores e o papel dos semicondutores nesse processo.

A AD1 deixou claro que os alunos detinham um conhecimento superficial sobre assunto a ser tratado no decorrer da oficina, sendo que muitos nem sequer responderam as questões alegando não ter nenhum conhecimento sobre o assunto. Com isso, as atividades a serem desenvolvidas durante a oficina tiveram que ser moldadas em um nível de profundidade de modo que o grupo todo pudesse acompanhar, mas sem perda do rigor científico.

### **6.1.2 Atividade diagnóstica 2 (AD2)**

A atividade diagnóstica 2 (AD2) fazia referência a conceitos e discussões que foram trabalhados nos quatro encontros da oficina, com o objetivo de retomar elementos importantes do conteúdo e, complementando as atividades que foram propostas na oficina, visualizar a evolução conceitual que os estudantes mostraram após a aplicação das atividades. Esta avaliação foi composta por seis questões que abrangem o conteúdo de propriedades elétricas dos materiais, condutores, isolantes, semicondutores e suas aplicações. Ao todo, a AD2 foi respondida por 14 alunos. A AD2 encontra-se no anexo 8 desta dissertação.

A primeira atividade da verificação diagnóstica 2 (AD2) foi a correção de um texto sugerido pelo ministrante da oficina. Esse texto trouxe algumas informações erradas sobre o tema trabalhado, nas quais os alunos precisavam identificar os erros e fazer a correção, reescrevendo-as de forma correta.

Esperava-se que os alunos pudessem reconhecer os erros presentes no texto e fazer ligações entre os conteúdos estudados, expressando de forma adequada os conceitos envolvendo as propriedades elétricas dos materiais.

Erros presentes no texto:

- 1. Em um sólido os átomos ficam muitos distantes;
- 2. Nos isolantes a banda proibida (BP) é estreita;
- 3. Os semicondutores são materiais neutros.

A escrita correta deveria ser:

- 1. Em um sólido os átomos ficam muito próximos;
- 2. Nos isolantes a banda proibida (BP) é larga;
- 3. Os semicondutores não são materiais neutros.

A distribuição das respostas pode ser vista no Quadro 10.

**Quadro 10.** Respostas dos estudantes para a questão 1 da AD2.

<b>Tipo de Resposta</b>	<b>Quantidade de respostas</b>	<b>Erro reconhecido</b>
Reconheceram somente um erro.	03 alunos	1. Distantes.
Reconheceram 2 erros.	05 alunos	1 e 2. Distantes; estreita.
Reconheceram somente 1 erro.	03 alunos	2. Estreita.
Reconheceram todos os erros contidos no texto.	01 aluno	1, 2 e 3. Distantes, estreita e neutros.
Não reconheceram nenhum erro no texto.	02 alunos	

Fonte: Os autores, 2018.


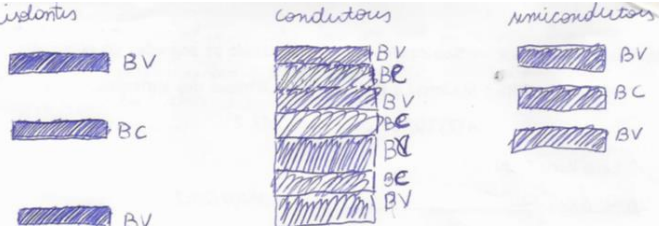
Para a realização desta atividade, era importante que os alunos, além de terem domínio do conhecimento envolvido, também conseguissem interpretar corretamente as informações contidas no texto. Esse ponto dificultou bastante o trabalho, pois durante os questionamentos no decorrer das oficinas, os estudantes se mostravam seguros em relação ao conteúdo, o que não se expressou de forma tão nítida nas respostas dessa questão.

A Questão 2 da AD2 tratava de conceitos relativos às bandas de energia. Foi solicitado aos alunos que fizessem um desenho ilustrando a distribuição das bandas de energia para os três materiais estudados: isolantes, condutores e semicondutores.

Esperava-se que os alunos pudessem ilustrar como se apresentam as bandas de energia dos materiais estudados e expressassem a organização das bandas, citando a existência da banda proibida e como se dá o preenchimento destas

bandas pelos portadores de carga. O quadro 11 traz as ilustrações produzidas pelos alunos agrupadas por tipo de resposta.

**Quadro 11.** Respostas dos estudantes para a questão 2 da AD2

Tipo de Resposta	Quantidade de respostas	Amostra Representativa
Apresentaram uma representação da organização das bandas dos materiais, com ilustração da presença da banda proibida e seu tamanho.	11 alunos	 <p><b>Figura 1.</b> Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 1, atividade 2 da AD2</p>
Apresentaram uma representação de bandas de energia dos materiais com ilustração do tamanho da banda proibida e preenchimento das bandas de valência e condução.	01 aluno	 <p><b>Figura 2.</b> Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 2, atividade 2 da AD2</p>
Não fizeram a atividade.	02 alunos	

Fonte: Os autores, 2018.

A segunda questão abordou uma representação visual, em que os alunos deveriam desenhar a representação de bandas para os três materiais estudados. A maioria dos alunos fez a ilustração. Observou-se que os conceitos mais claros em relação às bandas de energia foi o tamanho dessas bandas. Somente um aluno detalhou o modelo de bandas de energia, ilustrando tanto os tamanhos das bandas quanto o preenchimento das mesmas pelos portadores de cargas.

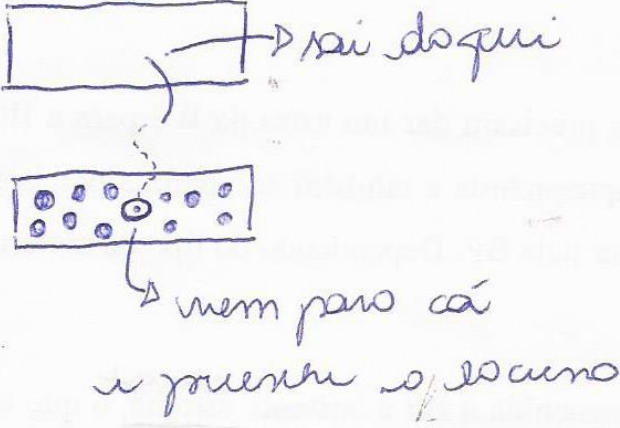
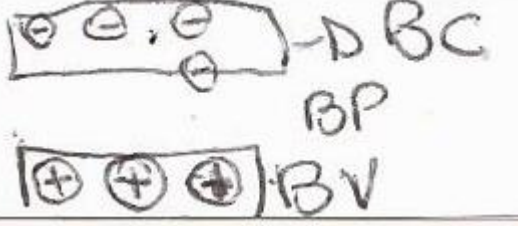
A terceira questão da AD2 abordou à movimentação dos portadores de cargas entre as bandas de energia e está reproduzida abaixo.

**Questão 3.** Em um material semiconductor, quando um elétron adquire energia este consegue saltar para a BC e conduzir corrente elétrica.

- Nessa situação a concentração de portadores de carga aumenta ou diminui? Por quê?
- Faça um desenho que ilustre essa situação.

A expectativa com esta questão era que os alunos resgassem os conceitos trabalhados, indicando que, quando um material semiconductor adquire energia este tem seu número de portadores de carga aumentado, sendo que além dos elétrons (portadores negativos (-)) surgem também os buracos ou lacunas (portadores positivos (+)). A questão, além de envolver uma pergunta (a) descritiva também trouxe uma pergunta (b) que abordava a construção de desenhos para ilustrar determinado fenômeno. O quadro 12 traz as respostas para a alternativa a e b agrupadas por categoria.

**Quadro 12.** Respostas dos estudantes para a questão 3 da AD2

Tipo de Resposta	Número de respostas	Amostra Representativa
Diminui, pois quando o elétron passa para a banda de condução encontra um buraco e se neutraliza.	04 alunos	 <p><b>Figura 3.</b> Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 1, atividade 3 da AD2</p>
Aumenta, pois surge outro tipo de carga, os buracos.	06 alunos	 <p><b>Figura 4.</b> Amostra da atividade, desenho feito pelos</p>

		alunos 2, atividade 3 da AD2
Não fizeram a atividade.	04 alunos	

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa

Nesta questão o desempenho dos alunos foi regular:

- 03 não responderam;
- 03 confundiram os portadores (par elétron-buraco) com o processo de aniquilação argumentando que resultaria numa diminuição dos portadores de carga;
- 07 alunos ilustraram corretamente, relatando que graças ao surgimento dos portadores de carga positiva (buracos) o número dos portadores de carga aumenta.

Na quarta questão os alunos deveriam indicar, em um conjunto de 07 assertivas propostas, aquelas que julgavam verdadeiras e aquelas que julgavam falsas, de acordo com o tema discutido na oficina.

As assertivas abordavam vários conceitos que foram trabalhados nas oficinas, como: a relação entre a física moderna e a física clássica, processos de dopagem de semicondutores, diodos, LEDs e transistores. O desempenho dos estudantes nessa questão mostrou-se bom, sendo que a maioria respondeu/classificou adequadamente as assertivas. Da observação do ministrante, relata-se que, os erros cometidos não estavam relacionados somente com a falta de conhecimento do aluno sobre o que estava sendo pedido, mas também com a falta de atenção na leitura das alternativas da questão.

**Quadro 13.** Respostas dos estudantes para a questão 4 da AD2

Conceito envolvido	Resposta inadequada	Respostas adequadas
Física moderna x física clássica	0	14
Processo de dopagem	2	12
Semicondutor do tipo p e do tipo n	9	5
Diodo	0	14
Silício	1	13
Transistor	6	8
LED	0	14
Total	18	80

Fonte: Os autores, 2018.



Nota-se que, de um total de 98 respostas (número de alternativas (7) x número de alunos (14)) obteve-se 80 respostas consideradas adequadas, ou seja, a quantidade de respostas que atenderam às expectativas da pesquisa é superior a 80%. Ao considerar as respostas à AD1 que tratava do tema de semicondutores, a quantidade de respostas que foram consideradas adequadas a esta questão revelou-se muito boa.

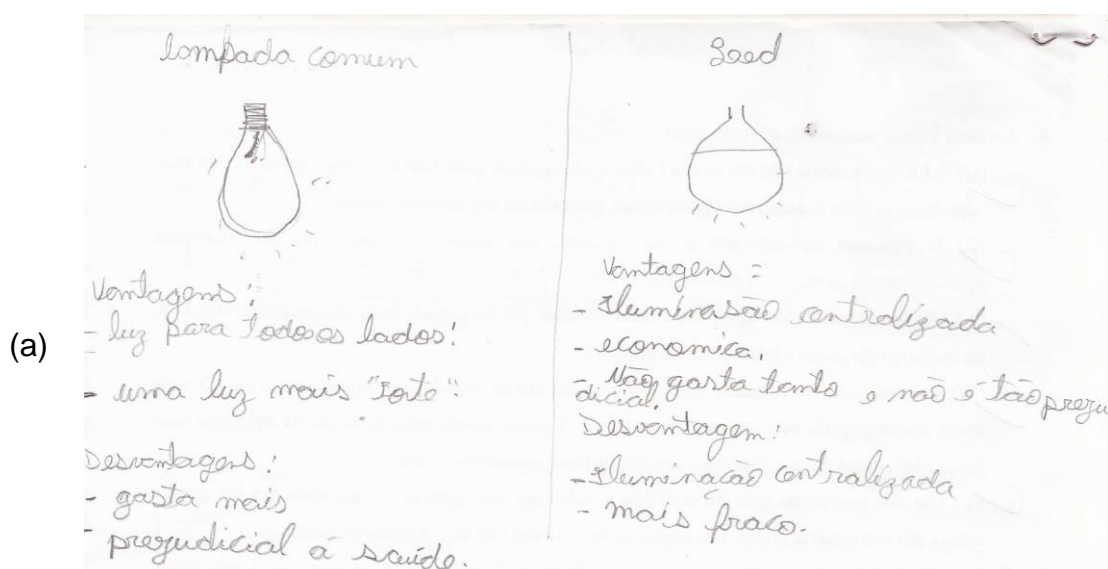
A quinta questão abordou outra aplicação dos semicondutores: o LED de junção P-N para emissão de luz. Foi solicitado aos alunos fazer um pequeno quadro comparativo descrevendo as vantagens e desvantagens de uma lâmpada de LED em relação a uma lâmpada incandescente comum.

A proposição desta questão busca retomar as aplicações do LED e suas vantagens em relação à lâmpada comum, fato que vem sendo amplamente difundido na mídia e nos comerciais.

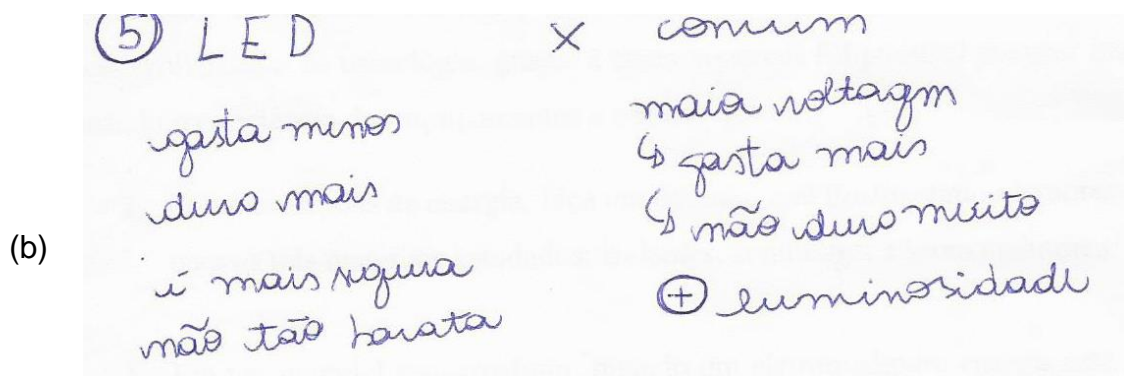
Todos os alunos (14) realizaram essa atividade, relatando pontos como:

- Lâmpada de LED: possui maior durabilidade, não dissipa energia em forma de calor, tem uma incidência de luz mais direcionada, apresenta menor impacto ambiental;
- Lâmpada incandescente comum: mais barata, mas tem uma durabilidade menor.

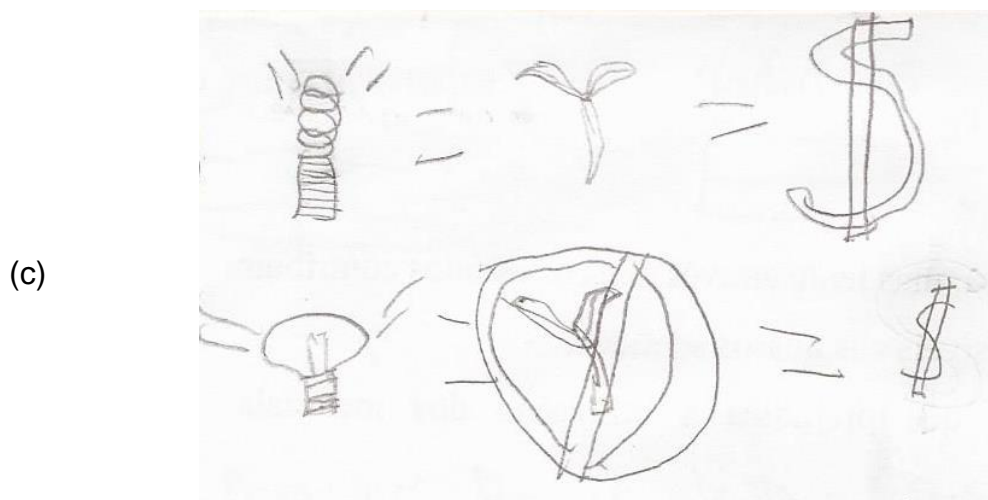
Amostra da atividade 5, respostas apresentadas à atividade da AD2:



**Figura 5.** Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 1, atividade 5 da AD2  
Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.



**Figura 6.** Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 2, atividade 5 da AD2  
 Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2016.



**Figura 7.** Amostra da atividade, desenho feito pelo aluno 3, atividade 5 da AD2  
 Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2016.

É interessante notar que, para responder a esta questão, os alunos usaram diferentes representações, como pode ser vista em uma amostra ilustrada nas Figuras 1, 2 e 3: alguns misturaram texto com desenhos, outros apresentaram uma tabela comparativa e outros representaram usando apenas desenhos.

A sexta questão abordava o impacto da ciência dos semicondutores sobre a evolução de hardware dos computadores e eletrônicos.

A questão apresentada é a seguinte:

- a) O computador é uma máquina capaz de armazenar e manipular informações. Após o estudo do conteúdo, qual a relação entre os materiais semicondutores e o desenvolvimento da tecnologia da informação? Faça um pequeno texto que descreva a evolução da computação relacionando com o estudo dos materiais semicondutores.

Esperava-se com isso que os estudantes revisitassem as informações relativas à ligação entre os materiais semicondutores e a evolução dos computadores, citando pontos como a utilização dos semicondutores nos processadores; a ligação com o processamento de informações e a miniaturização das máquinas. A sexta questão baseava-se em construir um texto sobre a relação dos materiais semicondutores com a evolução da computação.

Somente dois alunos não responderam essa questão.

Entre os que produziram o texto, observa-se nas seguintes respostas agrupadas no Quadro XIII.

**Quadro 8:** Respostas dos estudantes para a questão 6 da AD2

Tipo de Resposta	Amostra Representativa
A miniaturização dos computadores, graças a substituição das válvulas por transistores; Os transistores são responsáveis pelo processamento de dados e informações dos computadores.	<i>“Os semicondutores são muito importantes para a indústria tecnológica. Essa importância se reflete no seu tamanho, onde graças aos semicondutores podemos ter um produto pequeno. A substituição das válvulas por transistores onde os transistores processam a informação”.</i>
Além dos computadores, outro objeto que utiliza dos transistores são os celulares; Aumentaram sua capacidade de armazenamento de informações.	<i>“Os materiais foram importantes, pois possibilitam o aumento de processamento nos computadores, possibilitando maior armazenamento de informações”.</i>
Os materiais semicondutores estão cada vez mais presentes na tecnologia, graças a eles temos, por exemplo, computadores portáteis, energia solar (células fotovoltaicas).	<i>“Os materiais semicondutores estão cada vez mais presentes em tecnologias diversas. Graças a eles temos diversas coisas que nos ajudam no nosso dia-a-dia. Os semicondutores estão presentes em computador, células voltaicas, etc.”.</i>

Fonte: Os autores, 2018.

### 6.1.3 Comparativo entre a AD1 e a AD2

Na sequência, para melhor visualização da evolução conceitual dos estudantes a partir das ADs, apresentam-se quadros comparativos que trazem um panorama da apropriação dos conceitos pelos alunos na AD1 e na AD2. Além disso, neste momento propõe-se a análise de dados utilizando conceitos do Modelo da

Mudança Conceitual, estabelecendo categorias de compreensão conceitual e os níveis alcançados pelos alunos.

**Quadro 14.** Quadro comparativo Propriedades elétricas dos materiais: condutores e isolantes

<b>Avaliação</b>	<b>AD1</b>	<b>AD2</b>
Questão/ conceito.	Questão 1 (a). Classificação de materiais condutores e isolantes.	Questão 1 (erro 2). Identificação de materiais condutores e isolantes a partir da disposição das bandas de energia; Questão 2. Disposição das bandas de energia para materiais condutores e isolantes;
Retorno dos alunos.	A maioria dos alunos (15 de um total de 20 alunos (75%)) não classificou corretamente os materiais demonstrando não conhecer a propriedade física que explique essa diferença.	9 alunos de um total de 14 alunos (64%) identificaram o conceito que estava incoerente na organização de bandas de energia para materiais condutores e isolantes; 12 dos 14 alunos que responderam (87%) ilustraram a disposição das bandas de energia para materiais condutores e isolantes, destacando a diferença da apresentação da banda proibida para os materiais citados.
Nível/ categorias de compreensão conceitual.	1 (fragmentos alternativos, discussões ingênuas).	3 (pontos importantes de compreensão científica, mas ainda apresenta certas concepções alternativas).

Fonte: Os autores, 2018.

Na AD1 os alunos demonstraram pouco conhecimento sobre as propriedades elétricas dos materiais. Os conhecimentos expressados nas questões mostram-se fruto do senso comum, podendo ser enquadrado no nível 1 de compreensão conceitual que refere-se a concepções alternativas/noções ingênuas. Somente  $\frac{1}{4}$  dos alunos conseguiu relacionar de forma regular os objetos com seus respectivos materiais de fabricação e classe de condução.

Já na AD2 na questão que se refere à correção do texto cerca de 60% corrigiu adequadamente o erro introduzido no texto. Além disso, na questão que se referia à ilustração das bandas, os alunos tiveram um desenvolvimento positivo, ilustrando a apresentação das bandas de condução, banda de valência e banda proibida. Percebeu-se, com esses dados, que os alunos tiveram um bom

desenvolvimento com a representação do desenho. Na AD2 pode-se perceber que os alunos evoluíram para o nível 3 de compreensão conceitual, trazendo em suas respostas o conhecimento científico por vezes relacionando com alguns pontos frutos do senso comum.

Percebe-se com isso, que além da quantidade relativa de alunos que desenvolveram as atividades adequadamente ter aumentado significativamente, o grau de aprofundamento do conhecimento foi notório, pois além de responder as questões, corrigir os erros, os alunos ilustraram à mão livre a representação das bandas para os materiais citados.

**Quadro 15.** Conhecimentos gerais sobre os Semicondutores

Avaliação	AD1	AD2
Questão	Questão 1 (b). O que você ouviu falar sobre semicondutores? Questão 2. Semicondutores baseados no silício;	Questão 1.(erro 3). Definição de materiais semicondutores; Questão 2. Disposição das bandas de energia para materiais semicondutores; Questão 3. Comportamento dos portadores de carga em um material semicondutor quando o elétron adquire energia. 4.(b, c, d, e)
Retorno dos alunos	Nenhum aluno demonstrou conhecer a definição de materiais semicondutores. Surgiram respostas como: <i>“Não são nem condutores nem isolantes”.</i> <i>“objetos que conduzem parcialmente”</i> <i>“conduz energia mais facilmente”.</i> 2 alunos do total de 20 que responderam (10%) identificaram o silício como principal material semicondutor.	Somente um aluno reconheceu o erro presente no texto indicando que os materiais semicondutores são materiais “neutros”, tiveram dificuldades na interpretação do texto; 12 dos 14 alunos que responderam (87%) ilustraram corretamente a disposição de bandas para materiais semicondutores, destacando a existência da banda proibida. 12 dos 14 alunos que responderam (87%) demonstraram ter compreendido o processo de dopagem; 5 dos 14 alunos que responderam (64%) demonstraram ter compreendido a diferença entre semicondutores tipo p e tipo n; Todos os alunos demonstraram

		compreender como ocorre a formação de um diodo; 13 dos 14 alunos que responderam (93%) identificaram que o silício se trata do principal material semiconductor.
Nível/ categorias de compreensão conceitual	1	3

Fonte: Os autores, 2018.

Sobre as propriedades gerais dos semicondutores, os alunos demonstraram uma significativa evolução da AD1 para a AD2, uma vez que na primeira atividade diagnóstica nenhum dos alunos demonstrou conhecer alguma informação ou conceito dos materiais semicondutores. No que se refere ao silício, somente dois alunos identificaram este elemento como principal material semiconductor. Percebe-se com isso a total falta de conhecimento dos alunos sobre os materiais semicondutores, estabelecendo o nível 1 de compreensão conceitual, com as respostas embasadas somente em concepções alternativas. Por outro lado, na AD2 os alunos mostraram conhecimento sobre os materiais semicondutores. Ainda assim surgem dificuldades referentes ao domínio de outras áreas do conhecimento que acabam refletindo nesta atividade, como a interpretação de texto por exemplo. Na questão que se refere à correção do erro no texto, somente um aluno corrigiu corretamente. No entanto, os alunos demonstravam-se seguros durante os diálogos, o que sugere que houve uma dificuldade referente à interpretação da questão nesse ponto.

O que ficou bastante evidente foi o desenvolvimento dos alunos nas questões que se referem à disposição das bandas dos materiais semicondutores, processo de dopagem, diferenciação de semiconductor tipo n e tipo p, formação de um diodo e Silício como principal material semiconductor. A maioria dos alunos demonstrou dominar os conceitos referentes ao estudo dos materiais semicondutores mesmo com a AD2 envolvendo um nível de aprofundamento bastante superior que a AD1. Diante disso, sugere-se que as respostas a esta questão enquadram os alunos no nível 3, no qual os alunos trouxeram embasamento científico mas por vezes relacionaram com concepções alternativas.

#### **Quadro 16.** Aplicações tecnológicas e relação com o cotidiano

Avaliação	AD1	AD2
Questão	Questão 1 (c). Aplicações tecnológicas e do cotidiano dos materiais semicondutores; 3. Relação semicondutores, LED e cotidiano.	Questão 4. (f) transistores e sua utilização como amplificador e redutor de sinais; (g) geração de energia em um LED; Questão 5. Quadro comparativo sobre as vantagens e desvantagens da utilização das lâmpadas de LED.
Retorno dos alunos	9 dos 20 alunos que responderam (45%) relataram aplicações como: celulares, computadores, TVs, chip, celular; 9 dos 20 alunos que responderam (45%) demonstraram conhecer a utilização das lâmpadas de LED e suas vantagens.	8 dos 14 alunos que responderam (53%) identificaram corretamente a utilização dos transistores; Todos os alunos realizaram a quinta questão relatando pontos como: maior durabilidade, não dissipa energia na forma de calor, incidência de luz direcionada, menor impacto ambiental.
Nível/ categorias de compreensão conceitual	1	3

Fonte: Os autores, 2018.

No que tange sobre as aplicações tecnológicas dos semicondutores, na AD1, aproximadamente 45% dos alunos demonstrou conhecer algo sobre, relatando aplicações que estão inseridas em seu dia a dia, não relacionando com o estudo dos semicondutores. Nesta questão ficou evidente a referência dos alunos a concepções alternativas, relacionando vivências do dia a dia para responder a questão. Salientam-se, nesse momento, que as concepções iniciais são bases para avançar no estudo do tema, no entanto são insuficientes para a compreensão dos fenômenos e dispositivos envolvidos. Na AD2, na questão que se refere às aplicações dos transistores na tecnologia, cerca de 50% dos alunos respondeu corretamente. No entanto, nesta questão perceberam-se dificuldades na interpretação da questão. Na questão que se refere à aplicação do LED em nosso dia a dia todos os alunos desenvolveram a questão corretamente, alguns ainda utilizaram de desenhos para melhor explicar as vantagens e desvantagens do diodo emissor de luz na iluminação. Percebe-se que, além do número de alunos que desenvolveu as questões da AD2 corretamente ter aumentado, o nível de

aprofundamento exigido nesta questão se mostrou bastante superior à AD1, enquadrando-se no nível 3 de compreensão, uma vez que os alunos se embasaram no conhecimento científico e em algumas situações se ampararam em concepções alternativas.

**Quadro 17.** Evolução tecnológica baseada nos semicondutores

Avaliação	AD1	AD2
Questão	Questão 4. Falar sobre a relação entre o estudo dos semicondutores com a evolução do computador.	Questão 6. Descrever a evolução da computação relacionando com o estudo dos materiais semicondutores.
Retorno dos alunos	8 de 20 alunos do total responderam a questão (40%). Os demais relataram não conhecer nada sobre o assunto. Dos alunos que responderam surgiram relatos, como por exemplo: <i>“Alguns computadores serão semicondutores ao longo do tempo”;</i> <i>“Com os semicondutores as placas dos computadores esquentam menos”;</i> <i>“O computador evolui muito ao longo do tempo”.</i>	Somente dois alunos não respondeu esta questão. Os demais, 12 alunos do total de 14 (86%) relataram pontos como: <i>“Os semicondutores são muito importantes para a indústria tecnológica. Essa importância se reflete no seu tamanho, onde graças aos semicondutores podemos ter um produto pequeno. A substituição das válvulas por transistores onde os transistores processam a informação”</i> <i>“Os materiais foram importantes, pois possibilitam o aumento do processamento nos computadores, possibilitando maior armazenamento de informações.”</i> <i>“Os materiais semicondutores estão cada vez mais presentes em tecnologias diversas. Graças a eles temos diversas coisas que nos ajudam no nosso dia-a-dia. Os semicondutores estão presentes em computador, células voltaicas, etc.”</i>
Nível/ categorias de compreensão conceitual	1	4

Fonte: Os autores, 2018.



Nota-se que, o desenvolvimento dos alunos, foi superior nestas questões da AD2 em comparação com a AD1. Na AD1 a maioria dos alunos sequer respondeu a questão, e os que responderam relataram informações ingênuas. Assim, o nível de conhecimento pode ser enquadrado no nível 1 de compreensão. Já na AD2 observou-se um excelente desempenho, correspondendo uma compreensão científica equivalente ao nível 4 de compreensão, onde os alunos demonstraram ter o embasamento científico para responder adequadamente a questão. Somente dois alunos não responderam, fato este que não reflete a falta de conhecimento e sim de dedicação quanto à oficina. Dos alunos que responderam, foi possível observar respostas coerentes, fruto do estudo desenvolvido no decorrer da oficina. É necessário destacar que por se tratar de uma questão aberta os alunos poderiam discutir elementos que julgassem mais importantes. Diante disso emergiram espontaneamente elementos como miniaturização e melhoria no processamento dos computadores atrelado ao desenvolvimento dos materiais semicondutores.

#### **6.1.4 Considerações sobre a evolução conceitual demonstrada na comparação AD1 e AD2**

Na análise de dados referente à atividade diagnóstica AD1 percebeu-se que inicialmente os alunos tinham um conhecimento ingênuo sobre o assunto a ser tratado no decorrer da oficina, sendo que muitos nem sequer responderam as questões, alegando que não tinham nenhum conhecimento sobre o assunto. Com isso, as atividades a serem desenvolvidas durante a oficina tiveram que ser moldadas em um nível de profundidade que o grupo todo pudesse acompanhar, mas mantendo a preocupação com o rigor científico dos conceitos.

Para auxiliar a análise foi utilizado o Quadro 6, construído com base no modelo de mudança conceitual de Posner et al. (1982) e que descreve o modelo de mudança conceitual a partir de níveis de compreensão científica (Camargo Filho, 2014). Analisando os dados a partir deste modelo, observou-se que as questões respondidas pelos alunos na AD1 enquadraram-se no nível 1 de compreensão conceitual. O primeiro nível de compreensão conceitual consiste em trazer somente elementos alternativos às questões, noções ingênuas no que se refere ao conteúdo em questão.

A mudança conceitual passa por sucessivas reconstruções que ocorrem através da intervenção pedagógica (CAPECHI, 2004), visando diminuir o status de concepções alternativas e buscando a elevação ao status de concepções científicas (CARMO; MARCONDES; MARTORANO, 2010). A partir disso, o primeiro ponto observado foi que a partir do desenvolvimento da oficina percebeu-se uma maior participação dos alunos na resolução das questões. Com isso, na AD2, o nível conceitual exigido nas questões foi maior, envolvendo o aprofundamento dos conteúdos que foram trabalhados no decorrer dos encontros. Dessa forma, além da resolução das questões, havia a necessidade de que os alunos avançassem não só na participação, mas também no aprofundamento das respostas.

Na análise da evolução da compreensão conceitual observou-se um avanço do nível 1 para os níveis 3 e 4 de compreensão, que consideramos indícios consistentes de evolução conceitual dos participantes em relação ao conteúdo proposto a partir do desenvolvimento da oficina. Cabe destacar que o nível 3 apresenta pontos importantes da compreensão científica, citando em alguns momentos concepções alternativas, e o nível 4 demonstra em sua resposta compreensão científica sobre o conteúdo em questão. Essas informações foram elaboradas com base em Camargo Filho (2014) fazendo adaptações da autora desta dissertação de acordo com as necessidades da pesquisa aqui descrita.

Porém, consideramos importante dizer que não podemos comprovar a evolução conceitual, pois, como a AD2 foi aplicada no último encontro da oficina, muitas das informações trabalhadas ainda estavam na memória dos participantes. Uma melhoria nestes indícios de evolução poderia ser obtida aplicando uma nova avaliação diagnóstica sobre o tema algum tempo depois do encerramento da oficina, com o objetivo de comparar com a AD2, mas isto demanda tempo maior que o disponível para a execução desta pesquisa. No entanto, no âmbito desta pesquisa, considerando os aspectos avaliados sob a ótica da evolução conceitual, tivemos três saltos no nível de compreensão demonstrado de AD1 para AD2 do nível 1 para o nível 3 e um salto do nível 1 ao nível 4. A distribuição homogênea desses saltos conduzidos pela aplicação da estratégia de ensino dos MMR, somado ao fato de AD2 possuiu um grau de exigência conceitual superior (tanto em aprofundamento quanto de detalhamento) nos permite considerar que houve evolução do conhecimento dos participantes em relação ao tema trabalhado na oficina.

Assim, partindo de nossas considerações de que os alunos demonstraram evolução conceitual sobre o tema, na próxima seção são apresentadas e analisadas algumas das produções dos alunos, coletadas conforme descrito nos instrumentos de pesquisa, no intuito de avaliar como a mudança conceitual ocorreu ao longo das atividades.

## **6.2 Análise das atividades realizadas no decorrer da oficina**

Na referida seção, são apresentadas e discutidas algumas das atividades produzidas pelos alunos que contribuíram para que houvesse a evolução conceitual citada na seção anterior. A evolução conceitual dos estudantes é fruto de todo o processo que envolveu o desenvolvimento das oficinas, como vídeos, atividades experimentais, construção de atividades visuais (desenhos e histórias em quadrinhos), jogo de perguntas e respostas, construção de vídeo, mapas mentais e das diversas discussões realizadas nos encontros. Todas as representações trabalhadas contribuíram para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes, o envolvimento e a participação destes nas atividades.

Na sequência são apresentadas três atividades que se destacaram quanto a sua realização por parte dos alunos e que tiveram um protagonismo notável em seu desenvolvimento.

### **6.2.1 Ficha de atividade da construção do circuito**

Uma das primeiras atividades da oficina foi a realização do experimento manipulativo “Construindo um circuito, classificação de materiais”. O objetivo desta atividade era proporcionar aos alunos condições para que conseguissem visualizar, através da experimentação, os conteúdos que foram vistos no primeiro encontro e também reforçar os conceitos através de uma representação diferente daquela que foi tratada o conteúdo. Cada grupo deveria construir um circuito com os materiais disponibilizados e testar estes materiais quanto às propriedades de condução elétrica.

Após a atividade experimental, os alunos dedicaram-se ao preenchimento da ficha de atividade descrita na Seção de Instrumentos da pesquisa (e que pode ser vista no anexo 4). Lembramos que a ficha de atividade contempla diferentes

aspectos da execução e análise do experimento, sendo que o aluno deveria explicitar claramente os objetivos, metodologia, forma de registro de dados, conclusões e asserções de valor sobre o experimento.

Para a realização da atividade experimental os participantes da oficina se organizaram em quatro grupos de três alunos e dois grupos de quatro alunos. Este agrupamento contribuiu para o fomento da sistematização do conhecimento em momentos que se caracterizavam pela discussão, negociação e ressignificação de sentidos.

A análise das seis fichas de atividades apresentadas abaixo descreve as observações relatadas, agrupadas e comparadas entre si, considerando cada um dos itens da ficha.

- Quanto ao item sobre o objetivo da atividade:

A expectativa da pesquisadora era que os alunos apontassem como objetivo, testar materiais (isolantes e condutores) a partir da construção de um circuito simples e que pudessem relacionar o experimento com o conteúdo sobre as propriedades elétricas dos materiais.

Neste ponto, todos os grupos identificaram adequadamente (de acordo com a expectativa da pesquisadora) o objetivo, apontado com testar materiais isolantes e condutores.

- Quanto item relacionado aos conceitos envolvidos:

A expectativa da pesquisadora era que os alunos apontassem como conceitos, a diferenciação entre materiais condutores e isolantes, além da noção de corrente elétrica.

Neste ponto, um dos grupos fez uma observação geral, ligada ao conteúdo da oficina, mas não em relação ao experimento em tela: *“A condutividade dos materiais: condutores, isolantes e semicondutores”*.

Um segundo grupo, associou a conceitos microscópicos ao citar diretamente as cargas elétricas (que não podem ser observadas no experimento: *“Devem ter cargas positivas e negativas ligadas”*).

Por outro lado, quatro grupos identificaram adequadamente os principais conceitos envolvidos, apontando que:

*“Condutores: conduzem corrente elétrica”;*

*“Isolantes: não conduzem corrente elétrica”.*

- Quanto ao item sobre os fenômenos a observar/ investigar:

A expectativa da pesquisadora era que os alunos indicassem como fenômeno a investigar a condução elétrica dos materiais, identificando (entre os objetos disponíveis) que existem objetos que conduzem eletricidade e outros não, classificando-os como condutores ou não condutores.

Dois grupos fizeram uma descrição bastante simplificada, apontando que *“Alguns materiais conduzem e outros não”*. Enquanto os outros quatro grupos apresentaram uma descrição mais elaborada, citando a observação do experimento e que pode ser resumida em: Quando os materiais condutores são ligados ao circuito a lâmpada de LED acende, ao contrário dos isolantes. No entanto, pode-se dizer que todos os grupos identificaram o principal fenômeno a ser investigado na construção do circuito.

- Quanto ao item Materiais Utilizados, foi reproduzida a lista de material disponibilizada nas orientações gerais para execução do experimento.
- Quanto ao item sobre o procedimento realizado:

As anotações apresentadas foram bastante simplificadas, limitando-se a indicar (parcialmente) como o circuito foi construído e qual era o objetivo deste circuito e não como os testes de materiais foram feitos. Esperava-se que os alunos descrevessem não apenas a montagem do circuito, mas como os testes foram executados.

Dois grupos simplesmente anotaram: *“Fizemos um minicircuito para testar materiais”*, enquanto quatro grupos indicaram que *“Para a construção do circuito foram ligadas as pilhas, aos fios e também a lâmpada de LED”*.

- Quanto ao item levantamento de dados:

Esperava-se que os alunos descrevessem a forma de registro de dados, anotando quais dois objetos eram condutores e quais eram isolantes, para que, eventualmente, efetuassem uma classificação destes materiais para fins de conclusão. No entanto todos os grupos simplesmente relataram que *“Materiais condutores conduzem eletricidade e materiais isolantes não conduzem”*.

- Quanto ao item sobre as conclusões:

Esperava-se que, considerando os materiais disponibilizados para teste, os alunos apresentassem uma classificação prévia, distinguindo materiais metálicos como condutores e não metálicos como isolantes. Não foi apresentada uma classificação explícita, embora todos os grupos tenham relatado que *“Dependendo do material que era ligado o fio este conduzia eletricidade ou não. Objetos como*

*moeda e clips são condutores, e objetos como a borracha são isolantes*”. Assim, embora os grupos tenham apresentado suas conclusões de forma superficial, o fato de terem exemplificado os tipos de materiais que são condutores sugere que tenham percebido as diferenças entre condutores e não condutores de eletricidade.

- Quanto ao item sobre as asserções de valor, ou seja, valor do conhecimento para a sociedade:

Considerando a amplitude de utilização dos materiais condutores e isolantes este quesito era bastante amplo, mas esperava-se que os alunos fizessem conexões entre os tipos de matérias e situações cotidianas (no que tange a eletricidade). Assim, três grupos citaram a questão do conhecimento dos tipos de materiais quanto à segurança, dois grupos citaram a importância para o dia-a-dia (sem especificar ou exemplificar) e um grupo apontou que o conhecimento é importante para o avanço tecnológico e econômico do país.

Lembramos que a atividade experimental e o relato por meio da ficha de atividade ocorreram no primeiro dia oficina, conforme planejamento mostrado no Quadro 1, e mostrado no recorte reproduzido abaixo para consulta. Por esta razão, não esperava que aparecessem aspectos relacionados aos semicondutores ou à Física Moderna e Contemporânea, cujos tópicos foram abordados nos encontros subsequentes.

<b>Oficina</b>	<b>Conteúdo Previsto</b>	<b>Atividades</b>
Encontro 1	Propriedades elétricas dos materiais: condutores e isolantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação diagnóstica 1;</li> <li>• Vídeo: “Impacto dos semicondutores na economia”;</li> <li>• Circuito virtual;</li> <li>• Construção de circuito;</li> <li>• Ficha de atividade.</li> </ul>

Embora as anotações dos alunos nas fichas de atividade possam ser enquadradas como atendimento às expectativas da pesquisadora, os apontamentos podem ser classificados como ingênuos, no sentido de que são observações muito próximas às do senso comum. Para alunos que estão na terceira série do Ensino Médio, esperava-se um aprofundamento um pouco maior ao relatar as atividades. Porém, durante a execução das atividades, os alunos relataram que não estavam habituados a fazer, nas aulas, atividades experimentais com relatório, fato este que

ajuda a justificar a dificuldades em relatar detalhadamente os procedimentos e conceitos envolvidos.

No que se refere à execução do experimento, relatamos que a atividade atendeu às expectativas ao elaborar a atividade e a oficina. A referida atividade mostrou-se bastante positiva, pois, todos os alunos tiveram um bom envolvimento e participação, se mostraram motivados na construção do circuito e na execução dos testes com os materiais disponibilizados. As informações apontadas na ficha de atividade e o envolvimento dos alunos na construção do circuito corresponderam à nossa expectativa como pesquisadora.

Por fim, cabe dizer que esta atividade está relacionada com a primeira questão da AD1. Nesta questão, os alunos classificaram os materiais de acordo com seu conhecimento prévio, enquanto na atividade experimental, a classificação deveria ser feita com base nas suas observações. Assim, a atividade necessitava que os alunos mobilizassem seus conhecimentos prévios em comparação com observações experimentais. Assim, a confrontação entre o conhecimento prévio e a observação, pode ser útil para reforçar o conhecimento quando as conclusões coincidem ou, para provocar questionamentos quando as conclusões divergem.

### 6.2.2 Elaboração do Painel Ilustrativo

Nesta atividade, foi proposta a produção de desenhos, tendo em vista que o desenho, além de possibilitar uma nova representação, pode facilitar a comunicação, de forma que os estudantes podem criar e compartilhar suas representações. Além disso, as funções da utilização de desenhos ultrapassam a simples representação, pois estes, abordados de uma forma contextualizada e englobando diversas atividades como oralidade e interpretação, pode gerar efetivamente um aproveitamento satisfatório do conteúdo (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011).

Esta atividade foi desenvolvida no segundo encontro da oficina e faz parte de um conjunto de atividades programadas, conforme recorte do Quadro 1 reproduzido abaixo:


Oficina	Conteúdo Previsto	Atividades
Encontro 1	.....	• .....
Encontro 2	Semicondutores, diodos, aplicações:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa mental;</li> <li>• Texto: “Luzes do novo século”;</li> </ul>

	LED.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de painel ilustrativo do texto;</li> <li>• Vídeo: “Da areia ao silício”;</li> <li>• Vídeo: “Dopagem – Telecurso 2000”;</li> <li>• Vídeo: “Teste de lâmpadas”.</li> </ul>
--	------	--

O objetivo da atividade era fazer o estudo do texto “Luzes do novo século” (anexo 5) e representar as informações contidas no texto através de desenhos. O texto foi dividido em várias partes e distribuído aos alunos, que se organizaram em duplas para realização da atividade. Após o estudo de cada parte, os grupos deveriam construir um desenho e apresentar aos colegas fazendo a relação entre o desenho e o texto. Finalmente, depois de todas as apresentações, os desenhos deveriam ser organizados formando um painel único que representasse todo texto.

A seguir, são expostos os trechos do texto distribuídos para as duplas, o desenho correspondente a cada parte do texto e uma breve descrição do desenho para facilitar a leitura.

**Quadro 18.** Desenho e descrição para a primeira parte do texto “Luzes do novo século”

Trecho do texto:	Desenho representativo
<p>O prêmio Nobel de Física foi dado pela invenção do LED azul, chamada de nova fonte de luz eficiente e sustentável. Essa descoberta foi considerada um passo fundamental para a criação do LED branco e de alternativas de energia mais modernas, econômicas e potentes.</p>	 <p><b>Figura 8.</b> Desenho parte 1 do texto “Luzes do novo século”. Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.</p>
<p><b>Descrição:</b> Os alunos trouxeram em suas ilustrações no topo da página duas lâmpadas de LED (uma azul e outra branca) citando o título: A invenção do LED azul e posteriormente o LED branco. Abaixo aparece um repórter anunciando “uma nova fonte de luz eficiente e sustentável, o diodo Led de luz azul”, na frente estão três meninos</p>	




assistindo a notícia, estando em frente a uma casa (que possivelmente) está utilizando uma lâmpada de LED branco.

Fonte: Os autores, 2018.

Neste caso, os alunos buscaram fazer um desenho que representasse a totalidade do texto recebido. Assim, existem três situações representadas: a comparação entre as lâmpadas de LED, a comunicação da notícia da invenção para a sociedade e o uso que a sociedade faz da descoberta. Nesse sentido, podemos dizer, embora não fosse requerido, aparecem espontaneamente na ilustração três aspectos importantes: a produção do conhecimento, a disseminação do conhecimento e sua função social.

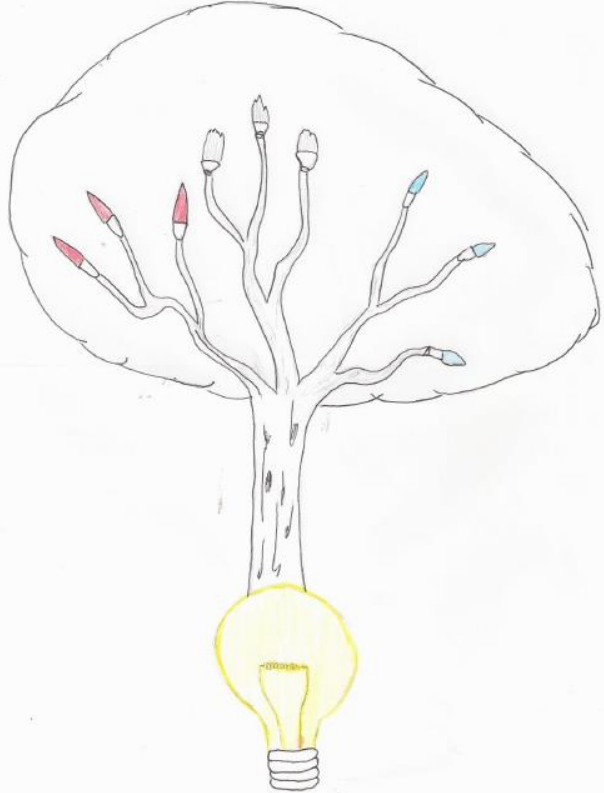
**Quadro 19.** Desenho e descrição para a primeira parte do texto “Luzes do novo século”

Trecho do texto:	Desenho representativo
<p>Não é sempre que a premiação do prêmio Nobel traz algo tão próximo do nosso dia a dia, por exemplo: a descoberta do bóson de Higgs em 2013. Há grandes expectativas a respeito da utilização do LED azul no futuro, e essa descoberta representa um marco inicial de uma revolução.</p>	 <p><b>Figura 9.</b> Desenho parte 2 do texto “Luzes do novo século”. Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.</p>
<p><b>Descrição:</b> O segundo grupo ilustra no topo da página duas lâmpadas de LED (uma azul e outra branca), abaixo está o título: A descoberta é o marco inicial de uma revolução, pois foi fundamental para a criação do LED de luz branca. Abaixo está um menino com a seguinte fala: LED foi uma invenção muito boa marca no século XXI, trazendo benefícios para a humanidade. Além disso, os alunos ilustram a partícula do Bóson de Higgs como uma nova descoberta.</p>	

Fonte: Os autores, 2018.

Neste caso, os alunos também buscaram fazer um desenho que representasse a totalidade do texto recebido. A comparação entre as lâmpadas de LED está novamente presente, agora acompanhada de uma asserção de valor: na fala do personagem, uma invenção “(...) *trazendo benefícios para a humanidade*”. No canto da página, deslocada da informação principal, o bóson de Higgs como representante de uma descoberta que não está próxima do dia a dia.

**Quadro 20.** Desenho e descrição para a terceira parte do texto “Luzes do novo século”


Trecho do texto:	Desenho representativo
<p>O funcionamento do LED se baseia na emissão de luz pela passagem de corrente elétrica por um material semicondutor. O led funciona de forma bem diferente que as lâmpadas tradicionais. O primeiro LED inventado era da cor vermelha, na sequência e nas décadas seguintes surgiram outras cores como o verde e o amarelo. Anos mais tarde, só na década de 90 que o LED azul foi criado.</p>	 <p><b>Figura 10.</b> Desenho parte 3 do texto “Luzes do novo século”. Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.</p>
<p><b>Descrição:</b> Os alunos ilustraram uma lâmpada amarela como base e na parte superior ilustraram as lâmpadas de LED vermelho, azul e branco. O desenho sugere a utilização do LED como sendo uma boa ideia e que surge como uma evolução da lâmpada incandescente.</p>	

Fonte: Os autores, 2018.

Neste caso, os alunos representaram os LEDs em um nível superior aos da lâmpada incandescente, tendo a lâmpada incandescente como o tronco de uma

árvore e os LEDs como ramos. É interessante notar que embora o texto relate a sequência de desenvolvimento dos LEDs (temporalmente, do vermelho ao azul), no desenho dos alunos todos os tipos estão colocados no mesmo nível hierárquico, ou seja, são representados como tendo o mesmo grau de importância em relação ao conhecimento produzido, sugerindo um incremento ao conhecimento e não uma quebra de paradigma.

**Quadro 21.** Desenho e descrição para a quarta parte do texto “Luzes do novo século”

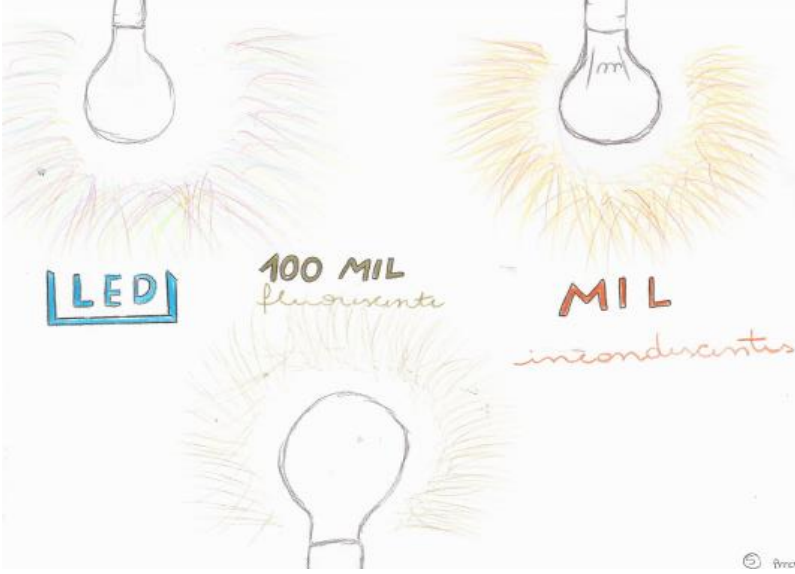
Trecho do texto:	Desenho representativo
<p>Após isso, a tecnologia que já se tinha pode ser utilizada para produzir luz branca.</p>	 <p><b>Figura 11.</b> Desenho parte 4 do texto “Luzes do novo século” Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.</p>
<p>O desenho traz duas pessoas (repórteres) divulgando a descobertas do LED como sendo uma nova fonte luz.</p>	

Fonte: Os autores, 2018.

Neste caso, o texto é bem curto e o aluno escolheu fazer um desenho dando ênfase na divulgação do conhecimento para a sociedade. No desenho, os repórteres

parecem estar na bancada de um telejornal, que é uma forma de mídia que atinge grande público.

**Quadro 22.** Desenho e descrição para a quinta parte do texto “Luzes do novo século”

Trecho do texto:	Desenho representativo
<p>As luzes de LED têm uma série de vantagens em relação às fontes tradicionais, entre elas uma maior vida útil e uma grande eficiência em relação à quantidade de luz emitida por energia consumida, podendo durar até 100 mil horas.</p>	 <p><b>Figura 12.</b> Desenho parte 5 do texto “Luzes do novo século” Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.</p>
<p>O desenho traz um comparativo sobre a vida útil das lâmpadas. Além disso, através das cores expressa como a luz produzida é visível para cada tipo de lâmpada.</p>	

Fonte: Os autores, 2018.

Para este trecho do texto, os alunos escolheram fazer uma comparação entre os três principais tipos de lâmpadas (incandescente, fluorescente e LED). Este tipo de escolha pode sugerir que os alunos tenham em mente a economia proporcionada pelas lâmpadas de LED quanto à sua durabilidade em comparação aos outros tipos de lâmpadas. No entanto, outra questão de influência econômica (mais importante) é a maior eficiência das lâmpadas de LED que acarreta economia de energia elétrica. Este aspecto não aparece na representação apresentada.

**Quadro 23.** Desenho e descrição para a sexta parte do texto “Luzes do novo século”

Trecho do texto:	Desenho representativo
------------------	------------------------

O desperdício envolvendo a iluminação com lâmpadas de LED pode diminuir muito, tendo em vista que a lâmpada de LED não dissipa energia em forma de calor, podendo aproveitar muito mais de sua energia total para produzir luz.



**Figura 13.** Desenho parte 6 do texto “Luzes do novo século”  
Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.


O desenho traz como título: “Aproveita 100% da Energia Total” se referindo à lâmpada de LED que não dissipa energia na forma de calor, o que não acontece com a lâmpada incandescente.

Fonte: Os autores, 2018.

Vale ressaltar que, o trecho do texto trata especificamente da maior eficiência da lâmpada de LED em relação aos outros tipos de lâmpadas. O desenho apresentado coloca lado a lado a lâmpada de LED e a incandescente. Junto a cada tipo de lâmpada é colocada uma informação sobre a transformação de energia, mas nenhuma comparação efetiva foi introduzida. Isto sugere que ainda não é claro para os estudantes a questão da eficiência das lâmpadas para iluminação e o impacto em aplicações cotidianas.

**Quadro 24.** Desenho e descrição para a sétima parte do texto “Luzes do novo século”

Trecho do texto:	Desenho representativo
------------------	------------------------

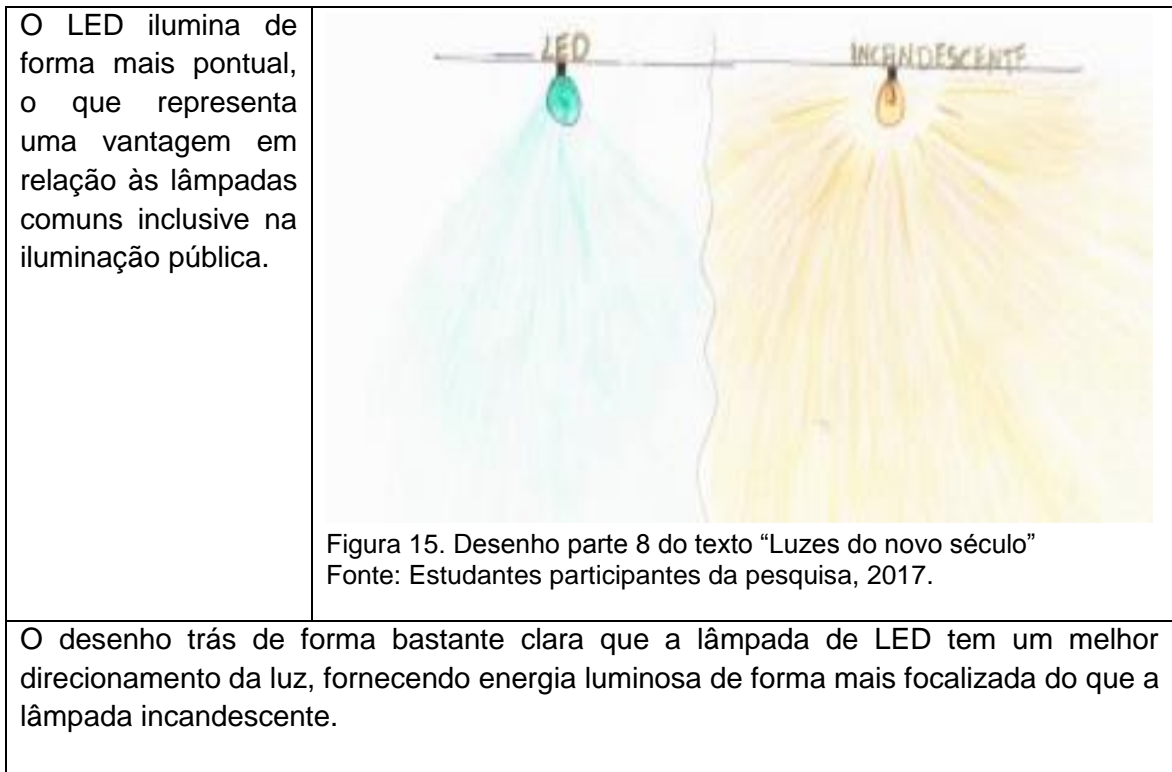
<p>O LED além de ter uma eficiência energética muito grande, pode contribuir para preservar os recursos naturais, podendo ser alimentado facilmente com energia solar.</p>	 <p><b>Figura 14.</b> Desenho parte 7 do texto “Luzes do novo século” Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.</p>
<p>O aluno ilustra um ciclo que traz a relação existente entre preservação do meio ambiente e economia quando utilizadas as lâmpadas de LED.</p>	

Fonte: Os autores, 2018.

Para este trecho do texto, os alunos buscam fazer, através da ilustração, uma relação entre os tipos de lâmpadas, a preservação ambiental e os custos. Na parte superior da figura, ao uso de lâmpada incandescente (representada com espiral) corresponde o consumo de recursos naturais (representando pelo ramo de um vegetal) e a um alto custo financeiro (representado pelo símbolo cifrão). A substituição por lâmpada de LED, com uso associado de energias renováveis (como a solar) leva à preservação do ambiente (representado pelo veto à degradação do ambiente) e a menores custos (símbolo de cifrão desenhado menor em relação àquele que representa altos custos). Novamente aqui aparece uma ilustração que remete à função econômica e social da ciência, no que se refere à redução de custos e preservação do ambiente.

**Quadro 25.** Desenho e descrição para a oitava parte do texto “Luzes do novo século”

Trecho do texto:	Desenho representativo
------------------	------------------------



Fonte: Os autores, 2018.

Para este trecho do texto, os alunos buscaram ilustrar literalmente o texto, representando a iluminação por LED com menor grau de espalhamento em relação à lâmpada incandescente. Outro aspecto que chama a atenção são as cores para representar os feixes luminosos: o feixe luminoso do LED é representado pela cor azul enquanto que os feixes da lâmpada incandescente são representados na cor laranja.

Conforme informado no início da seção, após a elaboração dos desenhos pelas duplas de alunos, as produções foram reunidas em um painel que fornece a representação visual do texto, na concepção dos alunos. Para isso, cada dupla apresentou seu desenho explicando para os demais as informações que gostariam de passar através da ilustração. Após a construção do painel foi feita uma discussão ligando todos os desenhos, com destaque para a importância do LED e de sua utilização.



**Figura 16.** Painel ilustrativo elaborado a partir dos desenhos dos alunos



Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

Na visão da pesquisadora, o desenvolvimento desta atividade se mostrou positivo, considerando tanto a participação como a forma que os alunos expressaram suas ideias através dos desenhos. A atividade envolveu três tipos de representações: leitura e apresentação (oralidade), desenho (visual) e escrita. Para cada representação novas informações eram relatadas. Embora os alunos não tenham adquirido um conhecimento mais aprofundado sobre o tema, percebeu-se que compreenderam as informações principais do texto trabalhado, fato este que ficou claro nas respostas para as questões da AD2 em que envolvia os LEDs e sua utilização.

Nesse sentido, percebem-se nesta atividade os papéis da utilização do desenho no ensino de ciências proposto por (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011), onde no momento em que os alunos desenvolviam suas ilustrações melhoravam seu engajamento na atividade e no grupo como um todo. Além disso, por se tratar de uma atividade inicial, as ilustrações serviram como mera representação do texto que estava sendo estudado, pois ainda não vinham embasadas de conceitos científicos, no entanto, preparavam para uma aprendizagem futura e introduziam o conteúdo que estava por vir. Somada a isto, despertava a comunicação dos estudantes e a troca de informações.



### 6.2.3 Produção de História em Quadrinhos

Esta atividade tinha como objetivo retomar o conteúdo e identificar quais temáticas foram mais marcantes aos alunos. Além disso, a atividade contribuiu para o exercício da criatividade, pois, instigou o aluno a assimilar o conteúdo trabalhado com outra forma de representação, composta por um enredo (escrita) e ilustrado com desenhos.

As HQs são narrativas que contam histórias por meio de desenhos e diálogos e estão distribuídas em vários quadrinhos dispostos na sequência horizontal. Devido à sua facilidade de leitura, as histórias em quadrinhos podem ser utilizadas como uma estratégia de ensino e aprendizagem, buscando promover discussões sobre diversos conteúdos em sala de aula. O uso deste tipo de atividade justifica-se neste trabalho, pois, através das HQs, os alunos podem expressar-se de forma verbal e não verbal, possibilitando assim, dialogar o conteúdo e gerar discussões através de uma forma lúdica, mobilizar diferentes modos e representações e, dessa forma, enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, com a análise da narrativa, é possível avaliar o nível de compreensão e aprofundamento que o aluno obteve a partir de um determinado conteúdo (CHICÓRA, 2017, p.02).

A atividade de produção das histórias em quadrinhos ocorreu no último encontro da oficina, como uma forma de retomar o conteúdo trabalhado durante os encontros. Isto permitiu que qualquer aspecto do conteúdo abordado durante a oficina pudesse ser usado na composição dos enredos.

Para a proposição das HQs, os estudantes escolheram temáticas que mais lhes chamaram a atenção, porém, a leitura do material produzido permite dividir as histórias em temáticas, agrupando as histórias em quadrinhos de acordo com o conteúdo que os alunos abordaram. Dentre os conteúdos abordados na oficina, quatro foram espontaneamente escolhidos pelos alunos para a criação de suas HQs e distribuídos conforme o quadro 26.

**Quadro 26.** Relação temática x quantidade de histórias em quadrinhos criadas pelos estudantes

Tema	Temática	Quantidade
1	LED e suas utilizações.	2 histórias
2	Portadores de carga (elétrons e buracos), e processo de recombinação.	4 histórias
3	Condutores, isolantes e semicondutores.	3 histórias

4	Tecnologia do Silício.	2 histórias
---	------------------------	-------------

Fonte: Os autores, 2018.

A temática era de livre escolha, além disso, o conteúdo das histórias, e seus enredos e personagens também foram deixados a cargo das escolhas dos alunos. Os quadros a seguir apresentam as sínteses das histórias produzidas em cada temática.

**Quadro 27:** Síntese das histórias produzidas sobre a temática 1 - HQs1 e HQs2

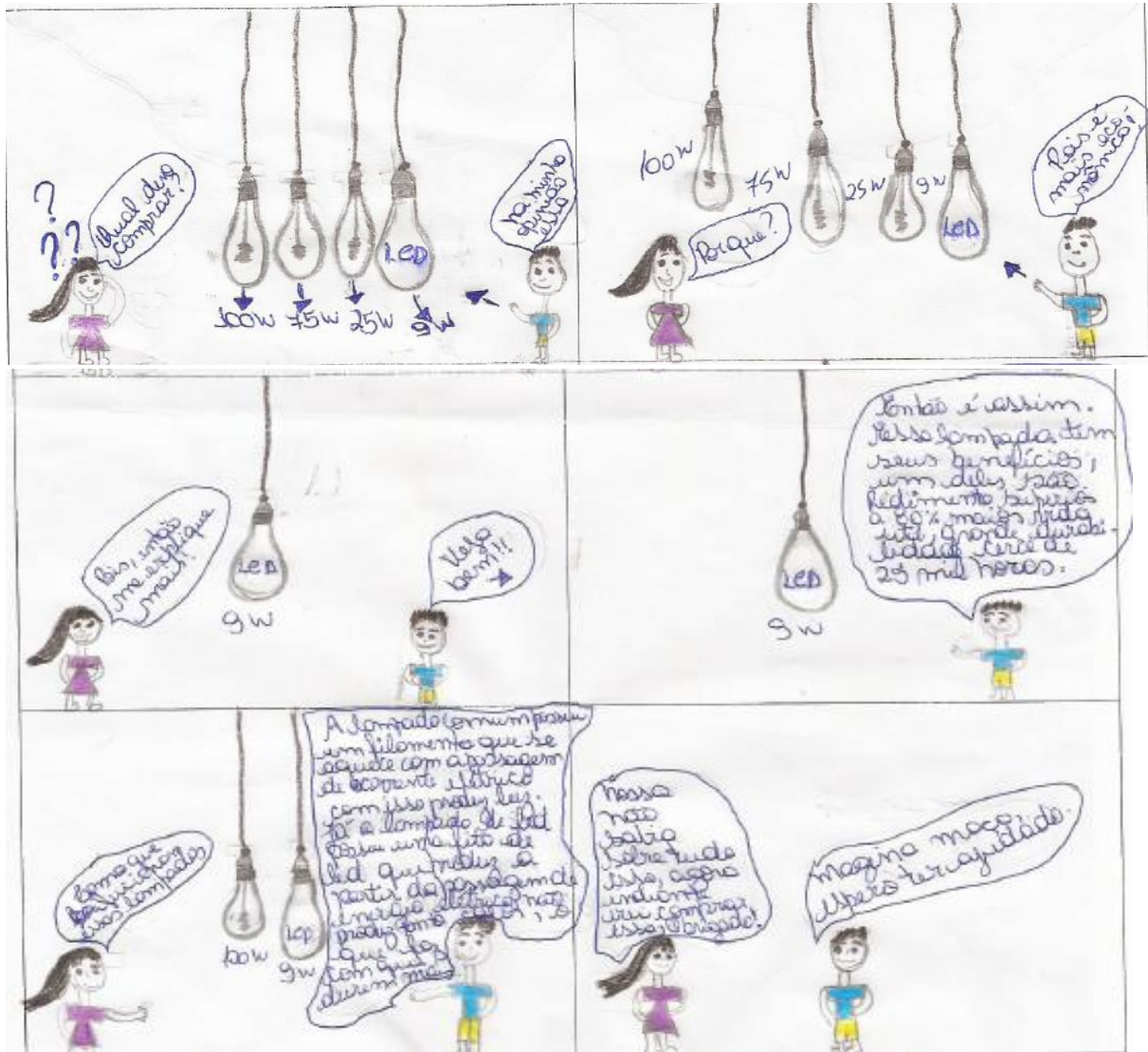
Tema	Resumo (Síntese das HQs)
LED e suas aplicações	<p><b>HQs1:</b></p> <p>O objeto da HQs1 foi a escolha do tipo de lâmpada adequada para iluminação em uma residência.</p> <p>Através de um diálogo entre dois personagens (um menino e uma menina), o aluno abordou a aplicação dos LEDs na iluminação residencial, destacando as vantagens da utilização dessas lâmpadas em relação às lâmpadas incandescentes. A leitura da HQ sugere que o aluno baseou sua história no vídeo “Teste de Lâmpadas” assistido e discutido no segundo dia da oficina.</p> <p>A utilização de dois personagens na história, a menina e o menino, que permite a condução do enredo através de um diálogo, com formulação de perguntas e elaboração de respostas pelos personagens.</p>
	<p><b>HQs2:</b></p> <p>O objeto da HQs2 é a apresentação de diferentes tipos de lâmpada.</p> <p>A história em quadrinhos possui dois personagens (um menino e uma menina) que através de um diálogo conversam sobre os diversos tipos de lâmpadas, entre elas o LED. Através desse diálogo, as vantagens da utilização das lâmpadas de LED em relação a outros tipos de lâmpadas são apresentadas, com destaque para a durabilidade deste tipo de lâmpada. Também cita (porém sem explicar) o impacto ambiental e a preservação da natureza proporcionada pela utilização das lâmpadas de LED.</p>

Fonte: Os autores, 2018.

Observa-se na Figura 17 (a), uma história representativa produzida sobre esta temática. Para facilitar a observação, os diálogos são transcritos na figura 13 (b).

**Figura 17.** (a) Mostra representativa de HQs sobre a temática 1 e (b) Transcrição do diálogo entre os personagens.

(a)



(b)

**Menina:** Qual devo comprar? (se referindo aos tipos de lâmpadas).

**Menino:** Na minha opinião essa (referindo-se à lâmpada de LED).

**Menina:** Porque?

**Menino:** Pois é mais econômica!

**Menina:** Pois então me explique mais.

**Menino:** Veja bem!!

**Menino:** Então é assim. Essa lâmpada tem seus benefícios, um deles é o rendimento superior à 80%, maior vida útil, grande durabilidade, cerca de 25 mil horas.

**Menina:** Como funciona essas lâmpadas?

**Menino:** A lâmpada comum possui um filamento que se aquece com a passagem de corrente elétrica, com isso produz luz. Já a lâmpada de LED possui uma fita de LED que produz a partir da passagem de energia elétrica, não produz tanto calor, o que faz com que dure mais.

**Menina:** Nossa, não sabia sobre tudo isso, agora indiante irei comprar essa. Obrigado!

**Menino:** Magina moça, espero ter ajudado

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

**Quadro 9.** Síntese das histórias produzidas sobre a temática 2 - HQs1 a HsQ3.

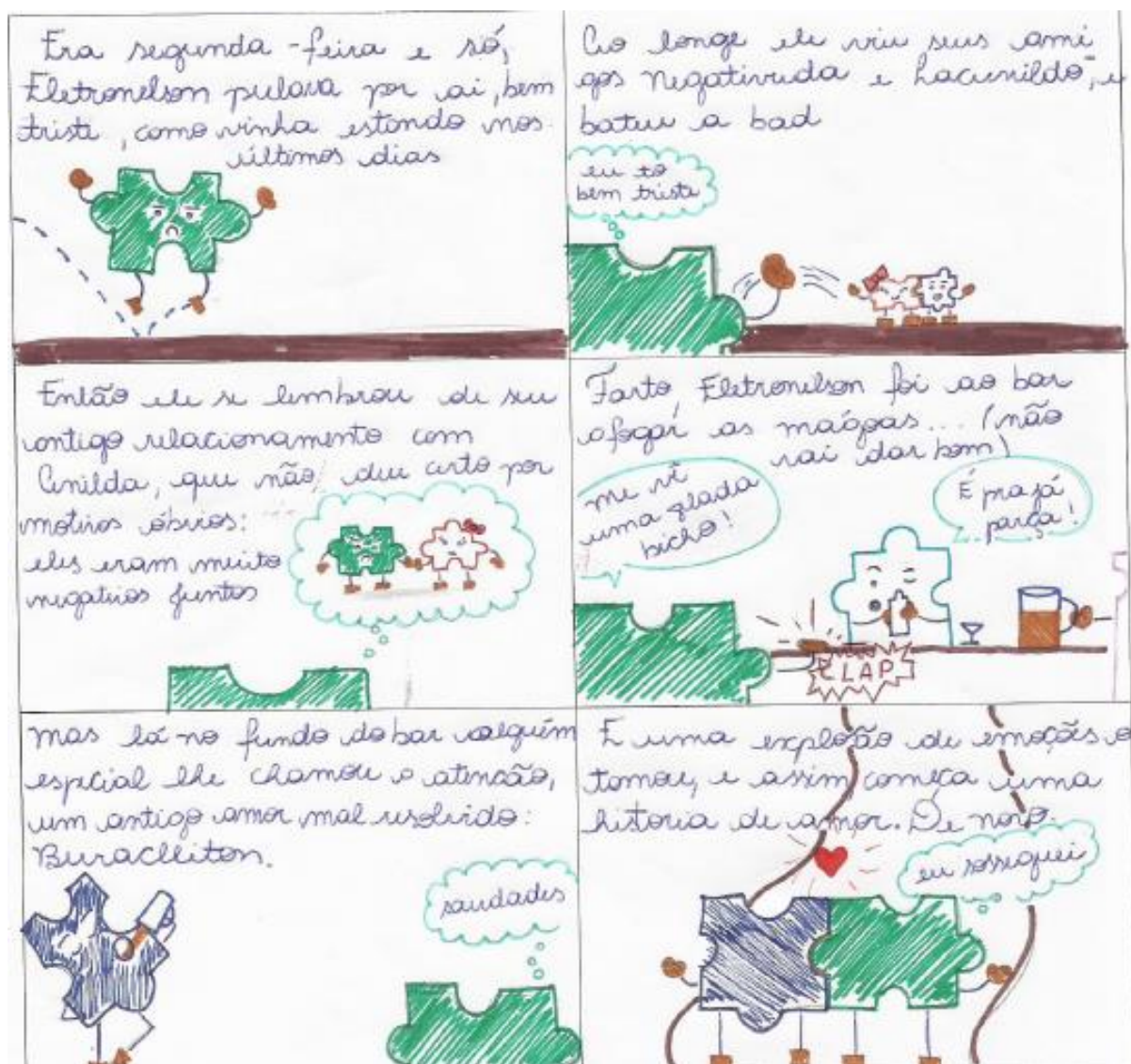
Tema	Resumo (Síntese das HQs)
Portadores de carga (elétrons e buracos), processo de recombinação.	<p><b>HQs1:</b></p> <p>O objeto desta história é o relacionamento amoroso entre sujeitos eletricamente carregados;</p> <p>O aluno de uma forma bastante criativa abordou o conteúdo dos portadores de carga, elétrons e buracos. Através de uma história de amor, o aluno levantou a discussão de que, para seja possível a recombinação entre pares, é necessário que os portadores de carga individuais tenham cargas elétricas opostas. Com isso, o aluno utilizou conceitos sobre a teoria dos portadores de carga e sobre o processo de recombinação de pares elétron-buraco.</p> <p>Embora seja uma história curta, a HQ é rica em personagens (não humanos) cujos nomes (Eletronselton, Negativuda, Lacunildo, Anilda e Buracleiton) remetem às suas propriedades físicas.</p>
	<p><b>HQs2:</b></p> <p>O objeto desta HQs é a história de amor entre sujeitos eletricamente carregados;</p> <p>Embora seja semelhante a HQs1, esta história possui o enredo diferente, desenvolvido com três personagens que representam partículas eletricamente carregadas: uma partícula negativa (elétron), duas de carga positiva (buracos). Na sequência de quadrinhos é desenvolvida uma história de amor entre sujeitos de cargas opostas. No enredo, o personagem que representa o elétron foi rejeitado, jogado no lixo por não ser mais útil, Mais tarde, em outro momento, o elétron rejeitado encontra uma partícula de carga positiva (buraco) que também estava abandonado. Ambos se juntam, completando-se. Com isso, percebe-se que o conteúdo envolvido aborda os portadores de carga, e o processo de recombinação.</p>
	<p><b>HQs3:</b></p> <p>O objeto desta HQs também é a história de amor entre sujeitos eletricamente carregados.</p> <p>Esta história desta categoria traz novamente um romance entre personagens de cargas opostas, porém abordada com ênfase na qualidade do relacionamento. Os portadores de carga são representados por personagens humanos: Cláudio e Janete (portadores negativos) e Estela (portador de carga positiva). O aluno aborda o conteúdo sobre os portadores de carga e o processo de recombinação escrevendo sobre o bom entrosamento entre portadores de cargas de sinais opostos que resulta na recombinação em contraste com a difícil relação entre personagens de cargas de mesmo sinal.</p>

Fonte: Os autores, 2018.

Pode-se observar na Figura 18 (a) uma história representativa produzida sobre esta temática. Nesta HQ, os poucos diálogos entre os personagens não discutem aspectos da Física. Os conceitos físicos aparecem na narrativa conduzida por um narrador, que parece ser um observador externo. Para facilitar a observação da figura, a narração e os diálogos são transcritos na Figura 18 (b).

**Figura 18.** (a) Mostra representativa de HQs sobre a temática 2 e (b) Transcrição do diálogo entre os personagens

(a)



**Figura 14.** HQs1 temática 2.

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

(b)

**Narrador:** Era segunda-feira e só Eletronelson pulava por aí bem triste, como vinha estando nos últimos dias.

**Narrador:** Ao longe ele viu seus amigos Negativuda e Lacunildo, e bateu uma “bad”.

**Eletronelson** (*lamentando*): Eu tô bem triste.

**Narrador:** Então ele se lembrou de seu antigo relacionamento com Anilda, que não deu certo por motivos óbvios: eles eram muito negativos juntos.

**Narrador:** Farto, Eletronelson foi ao bar afogar as magoas... (não vai dar bom).

**Eletronelson:** Me vê uma gelada bicho!

**Garçom:** É pra já parça.

**Narrador:** Mas lá no fundo do bar alguém especial lhe chamou a atenção, um antigo amor mal resolvido: Buracleiton.

**Eletronelson** (*pensando*): Saudades.

**Narrador:** E uma explosão de emoções o tomou, e assim começa uma história de amor. De novo

**Eletronelson** (*pensando*): “Eu sosseguei”

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

#### Quadro 10. Síntese das histórias produzidas sobre a temática 3 - HQs1 a HQs4

Tema	Resumo (Síntese das HQs)
Materiais condutores, isolantes e semicondutores.	<p><b>HQs1:</b></p> <p>O objeto desta HQs é a discussão sobre os materiais condutores, isolantes e semicondutores.</p> <p>O autor além de diálogos entre personagens se referiu claramente a duas atividades que foram propostas na oficina, o experimento manipulativo “Testando materiais” e o estudo do texto “Luzes do Novo Século”. No entanto estas ideias não são apresentadas conectadas na história, ou seja, a sequência de quadrinhos pode ser dividida em duas partes (referentes a cada atividade) e que não estão conectadas entre si.</p> <p>Na primeira parte são usados dois personagens (dois meninos) que conversam sobre as propriedades de condução elétrica dos materiais (condutores e isolantes), durante a preparação para uma prova. A sequência de quadrinhos que envolvem estes personagens apenas descreve (através de um diálogo) o experimento sobre condução elétrica feita durante a oficina e encerra-se neste ponto, quando uma segunda sequência de quadros começa a ser desenvolvida.</p> <p>Para desenvolvimento da segunda parte HQs, são usados três personagens: um menino, uma menina e um repórter (que funciona como um narrador externo, sem interação com outros personagens). Nesta segunda parte é abordado o LED como objeto formado por semicondutores.</p>
	<p><b>HQs2:</b></p> <p>Objeto da HQs é o diálogo entre dois estudantes sobre o conteúdo: propriedades elétricas dos materiais condutores e isolantes;</p> <p>A HQs possui dois estudantes como personagens e o enredo é desenvolvido através de um diálogo entre os dois meninos, num</p>

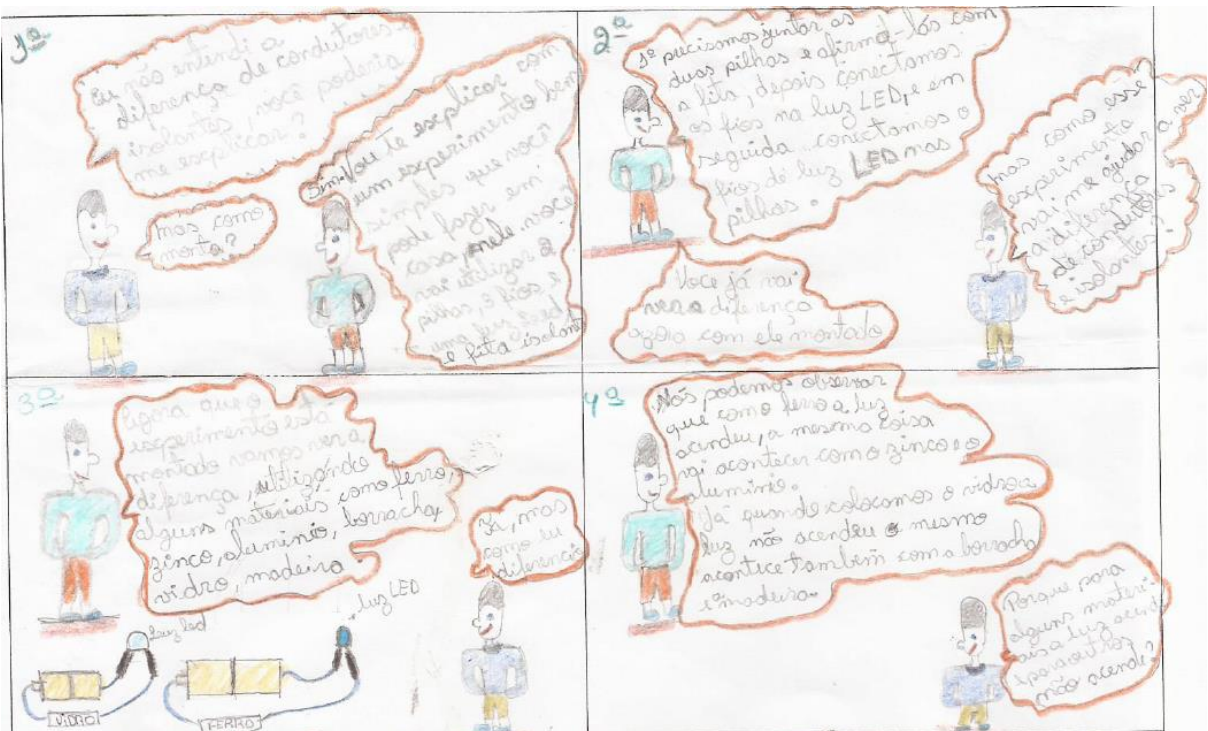


	<p>momento antes de realizarem uma prova. O diálogo aborda algumas características dos materiais condutores e isolantes, principalmente o fato de conduzirem ou não eletricidade.</p>
	<p><b>HQs3:</b>                  Esta HQs tem como objeto a aplicação dos materiais isolantes;                  A terceira história nesta temática traz novamente a diferenciação entre materiais condutores e isolantes. No entanto a discussão se dá em torno da escolha do material para ser fabricado a janela da casa de uma senhora. O conteúdo é apresentado na forma de um diálogo entre um instalador de janela e uma senhora que está contratando o serviço.</p>
	<p><b>HQs4:</b>                  O objeto desta HQs é a definição dos materiais condutores, isolantes e semicondutores;                  A quarta história em quadrinhos nesta temática discute sobre as diferenças entre materiais condutores e isolantes, mas por um olhar diferente: através da explicação do comportamento de bandas de energia. O conteúdo abordado, através do diálogo entre dois meninos versa sobre propriedades elétricas dos materiais: condutores, isolantes e semicondutores. É a única HQs nesta temática que aborda características microscópicas da teoria da condução elétrica e a formação das bandas de energia. Além disso, a aluno cita os materiais semicondutores e sua principal matéria prima que é o silício.</p>

Fonte: Os autores, 2018.

**Figura 19.** (a) Mostra representativa de HQs sobre a temática 3 e (b) Transcrição do diálogo entre os personagens

(a)





**Figura 15.** HQs1 temática 3.

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

(b)

**Menino 1:** Eu não entendi a diferença de condutores e isolantes, você poderia me explicar?

**Menino 2:** Sim. Vou te explicar com um experimento bem simples que você pode fazer em casa. Nele você vai utilizar 2 pilhas, 3 fios, uma luz de led e uma fita isolante. Primeiro precisamos juntar as duas pilhas e afirmá-los com a fita, depois conectamos os fios na luz de LED, e em seguida conectamos os fios, a luz de LED e as pilhas.

**Menino 1:** Mas como esse experimento vai me ajudar a ver a diferença de fios condutores e isolantes?

**Menino 2:** Agora que o experimento está montado vamos ver a diferença, utilizando alguns materiais como ferro, zinco, alumínio, borracha, vidro e madeira.

**Menino 1:** Tá, mas como eu diferencio?

**Menino 2:** Nós podemos observar que com o ferro a luz acendeu, a mesma coisa vai



acontecer com o zinco e o alumínio. Já quando colocamos o vidro, a luz não acendeu, o mesmo acontece também com a borracha e a madeira.

**Menino 1:** Porque para alguns materiais a luz acendeu e para outros a luz não acende?

**Menino 2:** Agora é simples para entender, os materiais que não acendem a luz são isolantes porque não conduzem corrente elétrica, e já os que acendem a luz são condutores porque estão conduzindo corrente elétrica.

**Menino 1:** Obrigada por me explicar, agora consegui entender e ver a diferença. Agora vou testar com outros materiais em casa, isso vai me ajudar para a hora da prova.

***Em outro momento, passa na TV uma reportagem sobre o LED.***

**Jornalista:** “Invenção que abriu o caminho para a revolução na iluminação”. O LED é uma nova fonte de luz, mais eficiente e sustentável, e por isso ganhou hoje o prêmio Nobel.

**Jornalista:** Podemos dizer que o Silício é o principal semicondutor porque ele é muito abundante na natureza, é encontrado na areia.

***O menino 1 surge na história novamente.***

**Menino 1:** Você sabe porque o LED é importante?

**Menina:** Sim. Porque ele tem uma vida útil maior e não causa danos à saúde.

**Menina:** Como o átomo é formado?

**Menino 1:** Ele é formado por elétrons que se movem ao redor de um núcleo, composto por prótons e nêutrons.

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

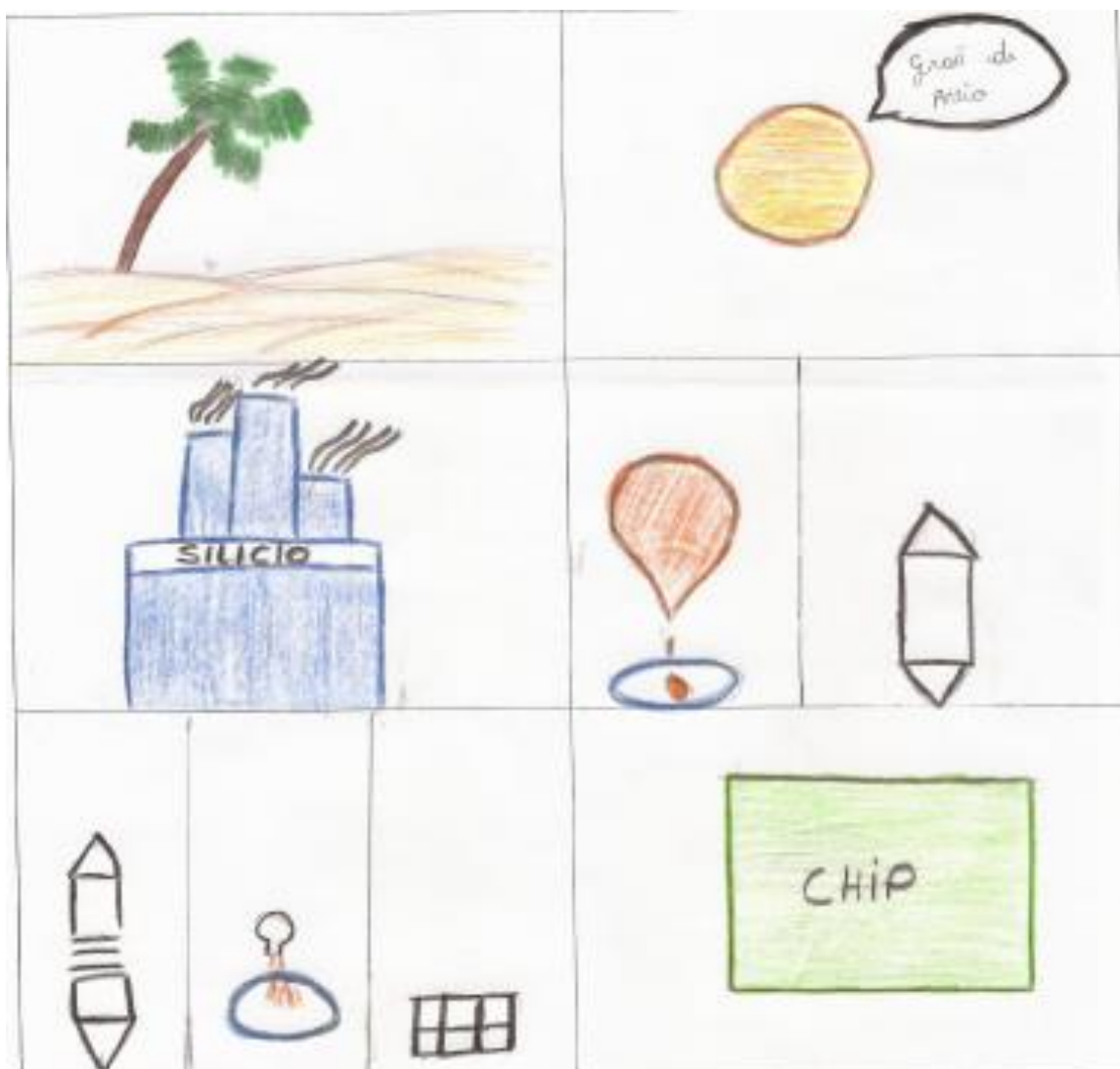
**Figura 20.** Síntese das histórias produzidas sobre a temática 4 - HQs1 e HQs2.

Tema	Resumo (Síntese das HQs)
Silício como material semicondutor.	<p><b>HQ1:</b></p> <p>O objeto desta HQs é a construção de um chip de material semicondutor.</p> <p>Utilizando-se somente de desenhos o aluno abordou o processo que ocorre para que areia possa se tornar peça fundamental de um chip, desde a extração do Silício até a construção do chip. O conteúdo abordado envolve o principal material semicondutor natural, o Silício, como origem da tecnologia dos semicondutores. O aluno não fez uso de linguagem oral (diálogos), mas construiu uma sequência de desenhos para se expressar deixando claro sua intenção em representar a construção do chip e o material de que é feito. Para sua produção da HQs o aluno utilizou informações de um vídeo (“Da areia até o silício”) discutido durante a oficina.</p>
	<p><b>HQs2:</b></p> <p>O objeto da HQs é a construção dos transistores a partir do silício;</p> <p>A HQs possui dois personagens, aluno e sua professora, e aborda todo o processo de produção dos transistores, desde a obtenção do silício a</p>

	partir de grãos de areia. Assim como no caso anterior, o conteúdo abordado envolve o Silício e suas propriedades, como origem da tecnologia dos semicondutores Ficou visível também nesta história a utilização do vídeo trabalhado em sala “Da areia até o silício”.
--	---

Fonte: Os autores, 2018.

**Figura 21.** HQs1 temática 4



Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

Quando um aluno constrói uma história em quadrinhos pode desenvolver uma série de habilidades significativas em relação à aprendizagem. Inicialmente surgem ideias relacionadas ao enredo que irá compor a história e, neste caso, trazendo elementos que foram abordados nos três primeiros encontros de oficina. Além da

retomada de conteúdo, mobiliza-se a parte escrita e visual, criando desenhos e personagens que irão dar vida à história. Para que isto seja possível, além de ter participado ativamente nas discussões dos encontros e, além disso, despertar uma criatividade capaz de desenvolver todas as representações necessárias para a construção da história em quadrinhos.

Percebeu-se, com a análise das histórias em quadrinhos, que houve um envolvimento muito positivo por parte dos alunos, com o surgimento de histórias de diferentes níveis: algumas muito criativas enquanto outras apenas se limitavam a repetir argumentos sobre o conteúdo abordado, mas todas apresentando um enriquecimento conceitual importante em relação ao que foi observado na AD1.

Uma vez que na AD1, a maioria dos estudantes apontou desconhecimento sobre os semicondutores, podemos dizer que a atividade contribuiu para a evolução conceitual, pois os alunos se utilizaram de conceitos abordados durante a oficina para a composição das histórias, formulação de enredo e criação dos personagens, ações estas que contribuem para a organização dos novos conceitos de maneira lógica e significativa para o estudante.

A maioria das histórias citaram os meios de apresentação dos conceitos (vídeos, experimentos, textos) que foram trabalhados na oficina. Dessa forma, percebeu-se que as variadas representações: experimentos, vídeos e textos contribuíram para a exploração de conceitos, pois, mesmo não sendo exigido, são citados pelos alunos para explicar o conteúdo pretendido na história em quadrinhos produzida. Isso nos mostra que a atividade não aconteceu de forma isolada, como parte da metodologia.

A realização desta atividade representou um marco importante do desenvolvimento da oficina e, mostrou-se uma atividade de rica aplicação didática, cumprindo com os objetivos e funções dos multimodos e das múltiplas representações.

#### **6.2.4 Análise de dados – retomada**

O desenvolvimento da oficina se deu de forma processual, onde cada atividade tinha o intuito de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, representando parte importante da pesquisa. Como discutido no capítulo 3, seção 3.2, os MMR tratam de uma estratégia de ensino que busca trazer elementos para

que o processo de ensino e aprendizagem seja otimizado. Através do uso das variadas representações, se fornece uma oportunidade de reforçar os conteúdos que foram estudados, complementar algum conceito que possa não ter ficado claro o suficiente, refinar as discussões e construir compreensões mais profundas (AINSWORTH, 1999). Neste trabalho isso foi possível trabalhando com atividades práticas, experimentais, textos, desenhos, histórias em quadrinhos e vídeos.

A análise, que ora se apresenta, foi conduzida a partir de duas questões norteadoras: 1. Houve evolução conceitual dos alunos? 2. Se sim, como ocorreu essa evolução conceitual?

Inicialmente foram apresentadas as duas atividades diagnósticas, com o intuito de analisar como se deu a evolução conceitual por parte dos alunos que participaram da oficina. A partir da análise por meio do modelo de mudança conceitual (Camargo Filho 2014; Cappechi, 2004; Carmo, 2005; e; Posner et. al 1982) estabeleceu-se níveis correspondentes às respostas dos estudantes nas questões das ADs. A aplicação destas atividades foi importante e nos trouxe informações muito úteis, tanto para observar os conhecimentos prévios dos alunos (que eram superficiais, por vezes, inexistentes), quanto para visualizar de forma geral a evolução conceitual, a partir do paralelo entre as duas atividades.

As informações da AD2 nos trouxeram indícios de que houve evolução conceitual dos estudantes, demonstradas a partir nos níveis de evolução conceitual, pois foram observados avanços do nível 1 (fragmentos alternativos, noções ingênuas) para o nível 3 (científico com fragmentos alternativos) na maioria dos casos, e em um caso houve o progresso do nível 1 para o nível 4 (compreensão científica).

Na segunda parte da análise, apresentamos as atividades pontuais realizadas durante a oficina, para mostrar como as atividades multirrepresentacionais contribuíram para a evolução conceitual ocorrida. Nesta análise, dedicamos a apresentar três atividades representativas: a construção do circuito com sua respectiva ficha de atividade, a elaboração de um painel ilustrativo e a construção das histórias em quadrinhos.

Lembramos, porém, que, além destas, outras atividades foram desenvolvidas durante os encontros, como todos os vídeos apresentados, os mapas mentais, imagens, construção do circuito virtual, construção dos vídeos e jogo de perguntas e respostas. Todas as atividades foram desenvolvidas baseadas na estratégia de

ensino dos MMR. A Análise de dados desta pesquisa focou nas múltiplas representações utilizadas para o estudo do conteúdo em questão. Para estas representações foram exploradas a leitura, a escrita, os desenhos, a fala e o diálogo, os vídeos, as atividades experimentais e as produções de vídeos que as envolviam, além da fala e da escrita, uma gama de expressões por parte dos alunos. Em cada atividade desenvolvida, percebia-se um avanço significativo da participação e também no desempenho dos alunos, tanto da parte conceitual quanto da parte do desempenho em utilizar as múltiplas representações. Assim, todas as atividades foram propostas do modo a contribuir para um processo contínuo de construção de conhecimento.

Conforme mencionado no capítulo 3, seção 3.2, os MMR possuem as funções específicas de complementar, restringir/refinar e construir de forma que, agindo em conjunto, contribuem para a compreensão dos conceitos Ainsworth (1999, p.134). Durante o desenvolvimento da oficina, foram observadas diversas situações que nos evidenciaram a existência dos benefícios que esta estratégia didática pode ter. Além das funções já citadas, Laburu e Silva (2011, p.20a) acrescentam que as múltiplas representações contribuem para o atendimento às particularidades dos alunos e para a manifestação emocional dos estudantes.

Com relação às funções das MMR citadas, estabelecemos algumas ações para cada atividade desenvolvida, sendo que algumas atividades puderam desempenhar mais de uma função.

1. Complementar: essas atividades foram desenvolvidas com o objetivo de completar/reforçar o estudo do conteúdo, dentre essas tivemos: vídeos passados na oficina, mapas mentais, manuseio de peças do computador e atividade experimental;
2. Restringir: as atividades mencionadas exerceram o papel de auxiliar no refinamento dos conceitos, direcionando interpretações que possam ter ficado insuficientes, como por exemplo, os vídeos passados e discutidos na oficina;
3. Construir: no desenvolvimento da oficina foram propostas atividades que contribuíram para a construção do conhecimento pelos alunos, como observado através da elaboração do painel ilustrativo, história em quadrinhos e vídeos produzidos pelos alunos.

4. Além disso, podemos considerar que a multiplicidade destas atividades atendeu as outras duas funções que correspondem ao atendimento às particularidades dos alunos e à manifestação de suas preferências emocionais.

Assim, podemos aferir que a oficina desenvolvida foi produzida e aplicada de acordo com os referenciais e as funções dos MMR, e esta estratégia didática contribuiu de forma significativa para a evolução conceitual dos estudantes. A evolução conceitual a que nos referimos decorre do trabalho realizado, como resultado do conjunto de atividades que foram desenvolvidas, ou seja, cada atividade não pode ser vista de forma isolada, mas como parte de um processo no qual cada proposta era apresentada trazendo a ideia de que poderia ser suporte para a seguinte. Algumas atividades trouxeram conceitos iniciais (como a construção do circuito e do painel ilustrativo) e também, outras atividades como a construção da HQs serviram como produto final ou para a retomada de conteúdo.

As duas questões geradoras desta análise foram apresentadas de forma separada a fim de facilitar a organização e a visualização dos resultados, mas se inter-relacionam a todo o momento, considerando nosso objetivo de analisar o ensino do conteúdo proposto a partir da estratégia de ensino dos MMR. A análise da evolução conceitual é utilizada como referencial a fim de observar indícios do êxito da oficina, pois, por mais que o foco desta pesquisa seja o ensino, não se consegue separar o ensino e aprendizagem. Em nossa avaliação, as atividades propostas e o desenvolvimento destas pelos alunos possibilita-nos afirmar que houve um avanço significativo da compreensão dos conceitos trabalhados resultando em evolução conceitual dos estudantes sobre o tema gerador deste trabalho.

### **6.3 Avaliação da oficina - Pesquisa de opinião**

Com o objetivo de avaliar as oficinas, foi proposto um instrumento para que os estudantes participantes expressassem suas opiniões acerca das atividades desenvolvidas.

Assim, para uma melhor visualização da opinião dos alunos quanto às atividades desenvolvidas durante a oficina, foi efetuada uma pesquisa de opinião, onde os estudantes respondiam questões referentes à metodologia que foi

trabalhada, o conteúdo abordado e as atividades propostas. Os resultados dessa pesquisa de opinião são apresentados a seguir.

- **Questão 1.** Sobre o conteúdo que foi trabalhado nas oficinas, dê sua nota de (1 a 5) sobre a importância deste conteúdo, o quanto você julgou interessante trabalhá-lo, variando de 1 *para desnecessário, nada importante*, até 5 *para Muito importante e interessante*.

**Quadro 11:** Dados da questão 1 da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	0
3	1
4	1
5	11

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

Nesta questão ficou evidente que, praticamente todos os alunos, ao final da oficina, acreditavam ser muito importante o conteúdo abordado durante as oficinas.

- **Questão 2.** Você costuma aprender mais a partir de quais atividades?

**Quadro 12:** Dados da questão 2 da pesquisa de opinião

Alternativa sugerida	Quantidade de atribuições
Apresentação oral do conteúdo pelo professor	3
Exercícios e atividades	5
Leitura e escrita	4
Atividades experimentais	11
Vídeos (visualização e construção)	8
Desenhos (ilustrações, história em quadrinhos)	3

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

Os alunos, em sua grande maioria, relataram aprender com mais facilidade quando submetidos a abordagens com atividades experimentais e vídeos.

- **Questão 3.** Sobre as atividades que foram trabalhadas nos quatro dias de oficinas, qual delas você gostou mais? Dê sua nota (1 a 5):
  - Atividade experimental – construção de circuito e relatório:

**Quadro 13:** Dados da questão 3 (a) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	0
3	1
4	0
5	13

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Retomada de conteúdos por meio de mapas mentais:

**Quadro 14:** Dados da questão 3 (b) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	0
3	5
4	4
5	3

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Explicação oral do conteúdo:

**Quadro 15:** Dados da questão 3 (c) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	1
3	4
4	2
5	6

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Simulação de minicircuito de software:

**Quadro 16:** Dados da questão 3 (d) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	2
3	0
4	3
5	7

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Vídeos:

**Quadro 17:** Dados da questão 3 (e) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	2
3	2
4	3
5	7

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.



- Leitura de texto informativo sobre a importância dos LEDs, desenho e apresentação:

**Quadro 18:** Dados da questão 3 (f) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	0
3	3
4	4
5	6

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Construção de história em quadrinhos:

**Quadro 19:** Dados da questão 3 (g) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	1
2	2
3	1
4	4
5	5

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Construção de vídeo:

**Quadro 20:** Dados da questão 3 (h) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	1
3	4
4	4
5	4

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

- Jogo de perguntas e respostas:

**Quadro 21:** Dados da questão 3 (i) da pesquisa de opinião

Nota atribuída	Quantidade de atribuições
1	0
2	0
3	1
4	2
5	12

Fonte: Estudantes participantes da pesquisa, 2017.

Na segunda parte desta avaliação, foi solicitado aos estudantes participantes que escrevessem suas críticas e sugestões para melhoria da oficina. Uma compilação do material produzido pode ser vista no Quadro 22.

**Quadro 22:** Sugestões e críticas dos estudantes na pesquisa de avaliação.

Tipo de Resposta	Quantidade de respostas	Amostra representativa
Citam que gostariam de ter mais oficinas dessas durante o ano, com assuntos interessantes como este.	08 alunos	<p><i>“eu gostei muito aprendi coisas muito interessantes e isso vai ser muito útil para o meu progresso”</i></p> <p><i>“Adorei muito. Gostaria que tivesse mais oficinas assim. Tive um melhor conhecimento sobre tudo e espero que tenhamos mais oportunidades assim. Gosto muito de física e isso tudo me ajudou e me inspirou a conhecer muito mais sobre tudo o que envolve a física. Excelente trabalho professora. Amei tudo.”</i></p>
Gostaram da oficina, mas citaram o fato de precisar desligar as luzes da sala para poder assistir os vídeos.	02 alunos	<p><i>“Achei maravilhoso. Só não apagar a luz para não ter sono”</i></p> <p><i>“ Foi bem top prof, evitar desligar as luzes para não dar sono”</i></p>
Relataram que não gostam de gravar vídeos, atividade que foi proposta na terceira oficina.	03 alunos	<p><i>“os alunos não gostam muito de gravar vídeos”</i></p>

Fonte: Os autores, 2018.

A pesquisa de opinião nos trouxe algumas informações para a avaliação e reflexão sobre a oficina, a qual pode ser utilizada para visualizar quais foram as concepções dos alunos perante as atividades. Cabe destacar que, cada aluno é um indivíduo particular, que possui suas preferências e habilidades em relação a cada tipo de representação, sendo assim, essas informações não tratam de uma conclusão universal, mas sim, das preferências e particularidades deste grupo de alunos.

Perante as atividades propostas, ficou evidente que os estudantes gostaram mais de atividades que envolveram a prática (sair de seu lugar, construir circuitos, interagir com os colegas), como a atividade experimental e o jogo de perguntas e respostas, teve uma grande maioria aferindo a nota 5 para estas atividades. Para as outras atividades percebeu-se uma oscilação, mas todas variando em sua maioria

da nota 3 a 5. Os alunos enfatizaram, na pesquisa de opinião, que gostaram das atividades propostas, sugerindo inclusive que houvesse mais oficinas com propósito semelhante durante o ano.

Um fato relatado como problema foi a necessidade de precisar desligar a luz durante a exibição dos vídeos, ou seja, um problema relacionado à estrutura do ambiente e não à organização das atividades. Cabe destacar aqui que o ambiente em que foi desenvolvida a oficina era o laboratório de ciências da escola, que possuía algumas precariedades em sua estrutura, como ausência de mobiliário adequado: os alunos se acomodavam em banquinhos e mesas grandes que não eram adequadas para a plena execução das atividades. O controle de iluminação também era ineficiente, pois não se tinha a possibilidade de desligar somente as luzes da frente da sala para poder assistir aos vídeos e, por outro lado, com todas as luzes apagadas, a visualização era bem ruim. Salienta-se, porém, que a escola não mediu esforços para atender todas as necessidades da pesquisa, apoiando a atividade no que foi possível.

Em relação às atividades propostas, 03 alunos relataram não gostar da atividade relacionada à construção dos vídeos devido à timidez de se expressar. Nesta atividade ficou claro como os alunos reagem de forma diferente e possuem suas particularidades, por exemplo, em um grupo uma aluna que interagiu pouco nos encontros apresentou a “vídeo-aula” que o grupo propôs, e o desempenho foi excelente, mostrando ter desenvoltura quanto à apresentação e domínio do conteúdo. Outros dois grupos, que não entregaram a atividade por sinal, relataram ter timidez para expressarem-se através dos vídeos. Concluiu-se então que esta atividade pode ser repensada em outro momento, pode-se, como sugestão, deixar o produto final como construção aberta, com a possibilidade de ser vídeo ou outro material criado pelos alunos.

Embora a oficina tivesse participação voluntária, em contra turno escolar, durante o desenvolvimento dos encontros, foi perceptível uma heterogeneidade do grupo entre os alunos: enquanto alguns demonstravam um grande interesse e vontade de participar das atividades, outra parte (uma minoria) se mostrou mais passiva. Acreditamos que, por se tratar de uma pesquisa em ensino, este fato enriquece ainda mais este trabalho, pois, a turma participante se assemelha muito às turmas regulares que frequentam todos os níveis de ensino.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, discutimos o uso da estratégia de ensino dos MMR para abordagem de um conteúdo de FMC, com atenção para as contribuições desta metodologia a evolução conceitual dos estudantes sobre o tema de semicondutores e suas aplicações tecnológicas, através da construção e implementação de uma oficina didática. A oficina didática foi organizada para um total de 12 horas, divididas em quatro encontros. O público alvo era os alunos que frequentavam a terceira série do ensino médio.

Os materiais produzidos pelos alunos, usando das diferentes representações propostas, serviram como dados a partir dos quais foram investigados indícios de evolução conceitual dos estudantes participantes a respeito do tema proposto. A análise destes dados foi organizada em duas etapas: em um primeiro momento foram analisados os materiais coletados com o pré-teste (atividade diagnóstica 1) e pós-teste (atividade diagnóstica 2) no início e no fim da oficina. Neste momento, buscava-se investigar se houve evolução conceitual dos estudantes; para a segunda etapa foram selecionadas e analisadas as atividades desenvolvidas ao longo dos encontros, no intuito de investigar como o processo de mudança conceitual ocorreu no decorrer das oficinas.

Na análise dos dados, foi tomado como referência o modelo de mudança conceitual proposto por Posner (et. al 1982) e aplicado por (Camargo Filho 2014; Cappechi, 2004; Carmo, 2005). Através deste modelo e da utilização do quadro proposto (Quadro 6) observaram-se indícios significativos de evolução conceitual dos estudantes. De acordo com o modelo de mudança conceitual, na AD1 o grupo de alunos apresentava um desenvolvimento referente ao nível 1 de conhecimento (fragmentos alternativos, noções ingênuas). Já na AD2, aplicada após todo o desenvolvimento da oficina, o grupo evoluiu para os níveis 3 (científica com fragmentos alternativos) e nível 4 (compreensão científica). O resultado desta comparação pode ser visualizado como conquista do desenvolvimento de todas as atividades programadas e executadas no decorrer da oficina.

A segunda parte da análise dedicou-se a analisar como o processo de evolução conceitual destacado na primeira parte ocorreu. Nas atividades programadas para coleta de dados coletados tivemos histórias em quadrinhos, textos, desenhos, vídeos, relatórios de atividade experimental expresso na forma de

uma ficha de atividade. Dentre as diversas atividades realizadas, todas foram desenvolvidas a partir da estratégia de ensino dos MMR. Para a análise de dados apresentada nesta dissertação foram escolhidas as atividades de construção de ficha de atividade experimental (realizada no primeiro dia da oficina), a elaboração de um painel ilustrativo (realizado no segundo dia da oficina) e a produção de história em quadrinhos (realizada após todo o conteúdo programado ter sido discutido).

O desenvolvimento dos estudantes foi muito positivo em todas as atividades, e de acordo com o que é preconizado nos conceitos teóricos dos MMR, além de complementar os conceitos, refinar sua interpretação e construir representações mais profundas, esta metodologia possibilita que as preferências e particularidades de cada aluno sejam respeitadas, e isso pode definir seu desempenho. Como apresentado na seção 6.2.4, cada atividade desempenhou um papel dentro das funções dos MMR. Observamos, nestas atividades, que alguns alunos se expressavam melhor através da oralidade, outros, por meio da escrita ou do desenho. Assim, a estratégia de ensino adotada proporcionou oportunidades para que todos os alunos se sentissem à vontade para desenvolverem seu estudo e expressarem suas ideias durante a oficina.

As anotações dos alunos nas fichas de atividade podem ser enquadradas em apontamentos ingênuos, no sentido de que são observações muito próximas às do senso comum. Lembramos que esta atividade está relacionada com a primeira questão da AD1, na qual os alunos classificaram os materiais de acordo com seu conhecimento prévio. Na classificação baseada em observações durante a atividade experimental, com o respectivo registro na ficha de atividade, os estudantes foram levados a mobilizar seus conhecimentos prévios e confrontá-los com observações experimentais. O estímulo a esta confrontação entre o conhecimento prévio e a observação, pode conduzir o estudante a refletir sobre suas concepções iniciais e a elaborar questionamentos sobre novas explicações para os fenômenos observados. Estas reflexões e estes questionamentos fazem parte das etapas previstas por Posner em seu modelo de evolução conceitual. Novos conceitos e explicações mais elaboradas para o fenômeno da condutividade foram apresentados a seguir, no decorrer da oficina, através da discussão das propriedades de condução baseada no modelo de bandas. O resultado desta discussão aparece, por exemplo, na questão 2

da AD2 para a qual a maioria dos estudantes diferenciou adequadamente os materiais quanto às suas propriedades de condução.

A segunda atividade analisada foi a elaboração de um painel ilustrativo sobre o texto “Luzes do novo século”. O objetivo da atividade era que os alunos representassem as informações contidas no texto através de desenhos. O texto foi fragmentado e distribuído aos alunos, que se organizaram em duplas para a realização da atividade. Cada dupla analisou um fragmento representando-o através de um desenho, o qual foi apresentado aos demais colegas. Finalmente, as representações de cada fragmento do texto foram organizadas formando um painel único.

Embora cada desenho apresentado buscasse ilustrar literalmente o fragmento do texto analisado, os desenhos dão ênfase às aplicações dos LEDs de semicondutores na iluminação como uma aplicação direta do conhecimento em benefício da sociedade, indicando uma asserção de valor ao conhecimento e relacionando com a função social da Ciência em proporcionar o bem-estar das pessoas. Ao reconhecer e indicar essa asserção de valor, os conceitos discutidos tornam-se mais próximos do cotidiano dos estudantes, de forma que estes novos conceitos lhes forneçam explicações melhores sobre as tecnologias que os envolvem. Novamente, podemos dizer que este reconhecimento das novas concepções sobre os semicondutores faz parte das etapas descritas por Posner para que ocorra a evolução conceitual. Os indícios de evolução conceitual, relacionados a essa atividade, aparecem na questão 05 da AD2, na qual os estudantes traçam comparativos entre lâmpadas de LED e as lâmpadas incandescentes.

A produção de histórias em quadrinhos foi uma atividade de retomada do conteúdo trabalhado durante os encontros, e ocorreu em dois momentos, a elaboração no terceiro encontro da oficina e a apresentação no quarto encontro da oficina. A realização desta atividade como parte da finalização da oficina permitiu que qualquer aspecto do conteúdo abordado pudesse ser usado na composição dos enredos.

A composição de suas histórias em quadrinhos tinha enredo livre, desde que abordasse o conteúdo da oficina. Embora os estudantes tenham escolhido compor seus enredos com os assuntos que mais lhes chamaram a atenção, a leitura do material produzido permitiu agrupar as histórias em temática de acordo com o

conteúdo que os alunos abordaram. Assim, as histórias produzidas abordaram: o LED e suas utilizações; Portadores de carga (elétrons e buracos), e processo de recombinação; Condutores, isolantes e semicondutores; Tecnologia do Silício. Nesta distribuição de temática, notamos que todo o conteúdo abordado nas oficinas foi tratado envolvendo as aplicações práticas da tecnologia dos semicondutores, o desenvolvimento de materiais para a produção de artefatos de interesse prático e teoria microscópica dos semicondutores. Isto reflete o interesse pessoal do estudante sobre o tema gerador da oficina: alguns se interessaram mais pelas aplicações, enquanto outros, pela ciência básica envolvida.

Em relação à contribuição da atividade para a evolução conceitual, fica claro na composição dos enredos que os alunos se utilizaram de conceitos abordados durante a oficina, pois na AD1, a maioria dos estudantes apontou desconhecimento sobre os semicondutores. A atividade de composição das histórias, com a formulação de enredo e a criação dos personagens contribuiu para a organização dos novos conceitos de maneira lógica e significativa para o estudante.

Em suma, a primeira parte da análise de dados, feita através da comparação das atividades diagnósticas, mostram indícios significativos de que houve evolução conceitual dos estudantes participantes da oficina. Já a segunda parte da análise, que trata pontualmente das atividades realizadas sob a ótica das múltiplas representações, indica que esta metodologia conduziu o processo de evolução conceitual, estimulando o estudante a mobilizar seus conhecimentos para representá-los sob diferentes formatos.

Não se trata aqui de atribuir à estratégia de ensino dos multimodos e múltiplas representações a exclusividade de proporcionar a evolução conceitual, mas de afirmar o seu potencial para a exploração das diferentes habilidades ou preferências dos estudantes para o ensino de Ciências e sua viabilidade de aplicação em sala de aula.

Outro ponto importante a se considerar, é que, a partir da escolha do tema gerador para a construção da oficina, optamos por trabalhar um recorte da Física Moderna e Contemporânea, buscando levar aos estudantes um conteúdo que muitas vezes passa despercebido e, no entanto, possui notável importância no desenvolvimento das tecnologias e da sociedade. Observou-se, na aplicação da oficina, um real interesse por parte dos alunos no estudo de temas desta área da Física, houve, inclusive, relatos de que gostariam que ocorressem mais oficinas

nestes moldes, para avançar neste estudo e conhecer outros conteúdos da FMC. Além disso, a partir do estudo das referências discutidas na seção 3.1, observou-se que ainda existem alguns desafios a serem superados, como a desatualização do currículo aplicado nas salas de aula, deficiência na formação dos professores, ou simplesmente o pré-conceito de que conteúdos de FMC são de difícil entendimento.

Este trabalho busca trazer novos elementos para o ensino da Física, que possam levantar sugestões e discussões para novas metodologias e que sejam capazes de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem. Sabemos que a Física é uma área que ainda enfrenta algumas dificuldades, como obstáculos por parte dos alunos que muitas vezes não conseguem trabalhar a mudança de representação que a mesma exige (teórico, cálculos, gráficos) e também pelas dificuldades estruturais que as escolas enfrentam. Esta pesquisa apresenta a estratégia de ensino dos MMR como uma possibilidade adicional de abordagem para o ensino, para comprovar que é possível trabalhar com trocas de representação, respeitar as particularidades dos alunos, e que não necessite, obrigatoriamente, de laboratórios devidamente equipados.

A realidade da educação não é das melhores, mas podemos usufruir de pesquisas que possam trazer contribuições para o ensino. As pesquisas não podem ficar somente nos bancos de dados e nos periódicos, mas sim, precisam de fato ir para a escola, voltar para o campo em que foram desenvolvidas e aplicadas. Por isso, o material produzido durante a execução desta pesquisa, juntamente com as diversas atividades desenvolvidas e a proposta de conteúdo programático que constam no anexo dessa dissertação, serão, futuramente, disponibilizados na forma de um produto educacional de uso livre.

Acreditamos que o professor pode ser o sujeito transformador do ensino, diante disso, almejamos em trabalhos futuros, construir projetos que possam envolver a aplicação de oficinas ou formações pedagógicas, para que os professores tenham contato com esta estratégia de ensino e que se possa avançar ainda mais, pois o conhecimento é algo em constante evolução, e nós, como educadores pesquisadores, fazemos parte desta transformação.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADADAN, E.; INVING, K.; TRUNDLE, K. Exploring grade 11 students conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v.47, n.8, p.1004-1035, 2010.

AINSWORTH, S.; PRAIN, V.; TYTLER, R. Drawing to Learn in Science. **Revista Science**, v. 33, n. 6046, p.1096-1097, 2011.

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v. 33, p. 131–152, 1999.

ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: Buscando rigor e qualidade**. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, n.113, p.51-64, 2001.

ARRUDA, S. M.; SILVA, M.R.; LABURU, C.E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 6, n.1, p.1-9, 2001.

ARRUDA, S.M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.11, n.2, p.88-99, 1994.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 626p .

BACHELARD, Gaston. **A formação do Espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316p.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70 ed. Lisboa: Presses Universitaires de France, 1977, 226p.

BICUDO, M.A.V. **Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Qualitativa segundo a abordagem fenomenológica**. In: Borba, Marcelo de Carvalho; Araújo, Jussara de Loiola. (Org). Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática. v.1, Belo Horizonte: Autêntica, 2004, p.99-112.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação: Lei nº 9.394/96**. Brasília, 1996, 27 p. Disponível em:<  
[http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/LF9394\\_96.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/LF9394_96.pdf)> Acesso em 09 de dezembro de 2017.

BRASIL. **PCN+ - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais de Física**. Brasília, 2002, 40p. Disponível em:  
<[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)> Acesso em 08/09/2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 1998, 126p. Disponível em:<  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>> Acesso em 10/12/2017.

BRASIL (Org.) - **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: Mec, 2000, 109p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 08/09/2017.

BRITO, X. A.; LEONARDOS, A. C. A identidade das pesquisas qualitativas: construção de um quadro analítico. **Cadernos de Pesquisa**, n.113, 2001, p.7-38.

CAMARGO FILHO, P.S. **Estratégia de ensino multirrepresentacional aplicada para o desenvolvimento do conceito de medição**. 2014, 271p. Tese - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR., 2014.

CAPECCHI, M. C. V. M. (2004). Argumentação numa aula de Física. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 59- 76.

CAPPELLETTO, E. **O Vê de Gowin conectando teoria e experimentação em Física Geral: Questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo**. 2009. 297p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física Mestrado Acadêmico em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS., 2009.

CARMO, M.P.; MARCONDES, M.E.R.; MARTORANO, A.A. Uma interpretação da evolução conceitual dos estudantes sobre o conceito de solução e processo de dissolução. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.9, n.1, p. 35-52, 2010.

CARMO, M.P. **Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos a conceitos de solução e o processo de dissolução.** 2005, 195p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Química e Física Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.

CHANDLER, D. **Semiotics for beginners.** Disponível em: <<http://visual-memory.co.uk/daniel/Documents/S4B/>> Acesso em: 10 dez.2017.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado.** Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1997, 196p.

CHICÓRA, T. As histórias em quadrinhos no Ensino de Física: uma análise das produções acadêmicas. In: XI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2017, Florianópolis, SC, **Anais...** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC: ABRAPEC, 3 à 6 de julho de 2017, p.1-9.

CORRÊA, G.C. **Oficina: apontando territórios possíveis em educação.** Florianópolis: 1998, 112p. Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências da Educação – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC., 1998.

CRESPO, Miguel Ángel Gómez; POZO, Juan Ignacio. **A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no Ensino Médio Público do Brasil. In: IX ANPESUL – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012, Caxias do Sul, RS, **Anais...** Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS., 29 de julho à 01 de agosto de 2012, p. 1-15.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y Aprendizajes Intelectuales.** Cali, Colômbia: Merlín, I.D. 2004, 310p.

DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, v. 61, p.103-131, 2006.

ECO, H. **Tratado Geral da Semiótica.** 5 ed. São Paulo: Editora: Estudos, Perspectiva S.A., 2016, 282p.

FREITAS, F. C. **Semicondutores no ensino médio** – Uma proposta de ensino de Física Contemporânea. 2013. 127f. Dissertação - Mestrado em Ensino de Ciências Exatas. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos SP, 2013.

GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas, a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995, 256p.

GEHARDT, T; SILVERIA, D. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 2009.

GIEHL, L. K.; ZARA, R.A. O Diagrama V como instrumento de acompanhamento de atividades de aulas práticas. In: III SEA – Simpósio Nacional de Ensino e Aprendizagem: Atualidades, perspectivas e desafios, **Anais...** UTFPR, Londrina, PR., 11 a 12 de novembro de 2016, p.568-580.

GIEHL, L.K., CAMARGO FILHO, P. S. Uma proposta multirrepresentacional para o ensino de Física das Partículas para o ensino médio. In: V SINECT – Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. **Anais...** UTFPR, Ponta Grossa, PR., 24 a 26 de novembro de 2016, p.1-12.

GOBERT, J.; CLEMENT, J. The effects of student-generated diagram versus student-generated summaries on conceptual understanding of spatial, causal and dynamics knowledge in plate tectonics. **Journal of Research in Science Education**, v. 36, n.1, p.39-50, 1999.

GOWIN D.B, ALVAREZ M. C., **The Art of Educating with V Diagrams**, University Press, New York: Cambridge, 2005, 231p.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa**. Elaborado pelo Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IBIAPINA, I.M.; RIBEIRO, M.M.; FERREIRA, M.S. Fragmentos de histórias sobre ser docente: uma abordagem histórico-crítica de pesquisa. In\_\_\_ RIBEIRO, M.G. GUEDES, C. N. **Pesquisa em Educação: Múltiplos olhares**. p. 97-115.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico Município de Capanema**. Disponível em: <  
<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85760>> Acesso em 27 de dezembro de 2017.

LABURÚ, C. E. BARROS, M. A. SILVA, O. H. Osmar. **Multimodos e Múltiplas Representações, Aprendizagem Significativa e Subjetividade**: Três referenciais Conciliáveis da Educação Científica. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O.E.M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011. (2)

LABURÚ, C. E.; SILVA, O.E.M. Multimodos e Múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A.F.; BARROS, M.A. Vygotski e múltiplas representações: Leituras convergentes para o ensino de ciências. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v.30, n.1, p.7-24, 2013.

LEMKE, J.L.2003. **Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions**, recuperado em 1 de fevereiro de 2007 do: <<http://www.personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>>.

LOZADA, O. C.; ARAÚJO, S.T. M. **Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: As perspectivas dos professores em relação ao ensino do Modelo Padrão**. Disponível em: <[www.cienciaamao.usp.br/dados/snef/\\_ensinodefisicadeparticul.trabalho.pdf](http://www.cienciaamao.usp.br/dados/snef/_ensinodefisicadeparticul.trabalho.pdf)>. Acesso em 12 de fevereiro de 2015.

MACHADO, D. I; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n.4, p.473-485, 2006.

MENEZES, L.C. Uma Física para o Novo Ensino Médio. *Física na Escola*, São Paulo, v.1, n.1, p.6-8, 2000.

MONTEIRO, A.M.; NARDI, R.; FILHO, J.B.B. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 8, n.1, p.1-13, 2012.

MOREIRA, M.A. Diagrama V e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**. v. 6, n.2, p.3-12, 2007.

MOREIRA, M.A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 22, n.1, p.94-99, 2000.

MOREIRA, M.A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. **Revista do professor de Física**, v.1, n.1, p.1-13, 2017.

MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 2011. 242p.

OLIVEIRA, E.; ENS, R.T.; ANDRADE, D.F.; MUSSIS, C.R. Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v.4, n.9, p.11-27, 2003.

OLIVEIRA, F.F.; VIANNA, D.M.; GERBASSI, R.S. Física Moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 29, n.3, p.447-454, 2007.

OSTERMANN, Fernanda. Um pôster para ensinar Física das Partículas na Escola. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, p. 13-18 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Física Contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores, **Enseñanza de las Ciencias**, v.18, n.3, p.391-404, 2000(a).

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

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.18, n.2, p.135-151, 2001.

PARANÁ. Secretaria do Estado de Educação. **Diretrizes Curriculares da Rede Pública da Educação Básica do Estado do Paraná – Física**. Curitiba, 2008, 97p.

PEIRCE, Charles Sanders. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva,, 2000. Tradução. José Teixeira Coelho Neto.

PENA, F.L.A. Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula?, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.26, n.4, p.293-295, 2004.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

POZO, I. J.; CRESPO, M.A.G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências –Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5 ed., Porto Alegre: Editora ARTMED, 2006, 296p.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the horizon MCB UP**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

PETER. C.R. **Semicondutores a última revolução das últimas décadas**. IHU online, Revista do Instituto Humanista Unisinos, São Leopoldo, RS., 2015, n. 419, 20 de maio de 2013. Entrevista concedida a Ricardo Machado e Graziela Wolfart. Disponível em: <[http://www.ihuonline.unisinos.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5000&secao=419](http://www.ihuonline.unisinos.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5000&secao=419)>. Acesso em: 27 out 2017.

RADFORD, L.; BARDINI, C.; SABENA, C. Perceiving the general: the multisemiotic dimension of students algebraic activity. **Journal for Research in Mathematics Education**, v.38, n.5, p.507-530, 2007.

REZENDE, F. OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de Física: novos elementos para repensar essa relação. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v.22, n.3, p.316-337, 2005.

RICARDO, E.C. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, A.M.P. (Org). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010, p. 29-47.

ROOS, B.M.; MUNHOZ, A.V. O ensino por meio de oficinas. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, n.13, p.198-204, 2015.

SASSERON, L.H.; MACHADO, V.F. **Alfabetização Científica na prática**. São Paulo: Livraria da Física, 2017, 87p.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas revista eletrônica**, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2015.

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

TESTONI, L. A.; ABIB, M.L.V.S. **A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de física**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, SP. Anais... Hotel Obeid Plaza, Bauru, SP, 25 a 29 de novembro de 2003, p.1-11.

TREMBLAY, M.A. Reflexões sobre uma trajetória pessoal pela diversidade de objetos de pesquisa. In\_\_\_ POUPART, J.A. **A pesquisa qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Vozes, 2010, .

VIEIRA, Elaine; VOLQUIND, Lea. **Oficinas de ensino: O quê? Por quê? Como?**, 4. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2002, 54p.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003. 194p.



## ANEXOS

### Anexo 1 – Conteúdo programático

#### OFICINA 1:

##### **A Física Moderna, os Materiais Semicondutores e sua aplicação na tecnologia**

“A ciência é uma vertente do conhecimento que passa por modificações e aperfeiçoamentos” (MACHADO; NARDI, 2006, p. 474). A Física é uma ciência que investiga as leis do universo, os fenômenos relacionados à matéria e à energia. Através dela, é possível estudar e compreender como os corpos se movimentam, a razão pela qual ocorrem os raios e, como funcionam os aparelhos eletrônicos por exemplo. Os avanços obtidos por essa ciência contribuem para a melhora da qualidade de vida do ser humano. A Física é dividida em duas partes: A Física Clássica e a Física Moderna.

A Física Clássica é a parte da Física que estuda leis e teorias sobre as coisas que podemos “ver e mexer” em um sentido macroscópico (KESSLER, p.29). Dentro da Física Clássica temos o estudo da mecânica, termodinâmica, ondulatória, óptica e eletromagnetismo. Esta se desenvolveu aproximadamente até o início do século XX quando então a Física Moderna foi lançada.

Já a Física Moderna dividida em relatividade e mecânica quântica, estuda coisas inacessíveis aos nossos sentidos, ou seja, a parte microscópica ou coisas muito grandes que fogem de nosso alcance visual. O grande propulsor da Física Moderna foi Albert Einstein, que por meio da teoria da Relatividade, levantou os conceitos de espaço e tempo, explicando o movimento dos corpos através desta. A partir disso, outra revolução no estudo da Física surgiu desencadeada pelos físicos Max Planck, Niels Bohr e Werner Heiseberg, que, por meio da Mecânica Quântica, investigavam a composição da matéria em um nível microscópico (SANT’ANNA; MARTINI; REIS; SPINELL, 2010, p.330) .

Com o surgimento da Física Moderna a Física Clássica não é descartada, mas tenta de certa forma deixá-la mais precisa, investigando móveis muito velozes, partículas muito pequenas ou corpos muito grandes (KESSLER, p.30).

A revolução desencadeada pela física moderna atingiu, por exemplo, as concepções de espaço, tempo, massa e energia, o entendimento quanto à estrutura do átomo e a compreensão sobre a própria origem e evolução do Universo. Com base em seus princípios surgiram novas tecnologias cuja importância se destaca no dia-a-dia, tais quais o transistor, essencial nos computadores; o laser, utilizado nas telecomunicações e em tratamentos médicos; e as usinas nucleares, com seus benefícios e riscos associados (MACHADO; NARDI, 2006, p. 474).

A Física Moderna possui várias aplicações muito úteis na sociedade, como por exemplo:

- Na Medicina (ressonância magnética, radioterapia, tomografia e cosmética);
- Na produção de energia (centrais fotovoltaicas e centrais nucleares);
- Na Geologia (cristalografia e mineralogia);
- Na engenharia de materiais (novas ligas, fibras e processos de controle);
- Nas telecomunicações (televisão, rádio e satélites GPS);
- E principalmente na indústria tecnológica (nanotecnologia, microscopia eletrônica, fotografia e computação).

Como nossa sociedade moderna se baseia grande parte na eletricidade, os cientistas têm dedicado muito tempo e esforço ao estudo dos materiais utilizados em sistemas elétricos. Se o objetivo é enviar energia elétrica de uma usina geradora a uma cidade distante, por exemplo, precisamos de um material que seja capaz de conduzir corrente elétrica sem muitas perdas. Por outro lado, se precisamos colocar uma cobertura em um interruptor de parede para não levar um choque elétrico toda vez que acendemos uma lâmpada, estamos interessados em um material que não conduza corrente elétrica. Em outras palavras, os aparelhos elétricos necessitam de vários materiais (TREFIL; HAZEN, p. 69, 2006).

Graças ao progresso no campo da ciência dos materiais, aparelhos eletrônicos que antes ocupavam salas inteiras podem ser transportados em uma maleta, como computadores e celulares. Atualmente, você liga seu computador, abre seu programa de *e-mail* e envia uma mensagem, faz pesquisas na internet, em questão de segundos. Embora normalmente você não se dê conta disso, estas informações são levadas até sua casa por uma imensa rede de computadores e sistemas eletrônicos de armazenamento que cobrem o mundo inteiro, e que só se tornou possível graças à tecnologia dos semicondutores (TREFIL; HAZEN, p. 85, 2006).

Agora que já sabemos da grande aplicação que esses materiais possuem, vamos estudar sobre as suas propriedades elétricas.

### A estrutura do átomo

Um átomo é formado por elétrons que se movem (obedecendo a força colombiana, atração entre cargas positivas e negativas) ao redor de um núcleo composto por prótons e nêutrons, sendo que o número de elétrons, prótons e nêutrons é diferente para cada tipo de elemento químico. Os elétrons giram em órbitas ou níveis bem definidos, conhecidos como K, L, M, N, O, P, Q. Quando maior a energia dos elétrons, maior é o raio de sua órbita, assim, por exemplo, um elétron da órbita Q tem mais energia que um elétron da órbita P (MARQUES; JÚNIOR; CRUZ, p. 11, 2001).

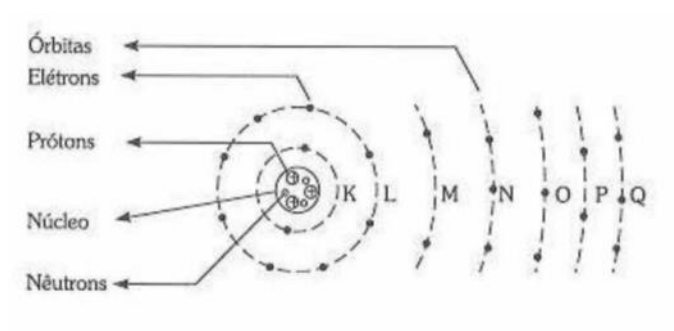


Figura 22: Modelo atômico de Bohr  
Fonte: (Marques; Júnior; Cruz, p. 7, 2001)

### Bandas de energia – isolantes, condutores e semicondutores.

A distância entre as moléculas de uma substância determina o estado da substância: se as moléculas estiverem bastante espaçadas a substância é gasosa, já se a substância for sólida temos uma proximidade muito grande das moléculas. Quando os átomos se encontram muito próximos uns dos outros, as órbitas eletrônicas começam a se sobrepor. Quando isso acontece, um dado nível de energia do sistema se desdobra em vários outros níveis diferentes. Cada desdobramento, que pode conter N níveis de energia é chamada de banda de energia (EISBERG; RESNICK, 1979 apud ALVES, 2017, p. 29).

Na teoria da condução elétrica em sólidos, denomina-se por banda de energia, o conjunto dos níveis de energia aos quais os elétrons podem ter acesso. A

estrutura das bandas dos sólidos explica as suas propriedades elétricas. No que se refere a condução de energia, dependendo de como se apresenta as bandas de energia de um material este pode conduzir ou não corrente elétrica.

Segundo esta teoria pode-se encontrar três tipos de bandas de energia:

- Banda de valência (BV): banda mais externa, possui mais energia;
- Banda proibida (BP): separa a BV da BC, os elétrons não podem ficar nessa banda;
- Banda de condução: para que ocorra a passagem de corrente elétrica é necessário que os elétrons se encontrem nessa banda, para isso precisam adquirir energia suficiente para pular a BP;

Para que os elétrons possam saltar da banda de valência para a banda de condução existem dois fatores importantes: primeiro os elétrons precisam adquirir energia (calor, luz, potencial elétrico) suficiente para saltar a BP; e segundo, tanto a BV quanto a BC precisam ter estados desocupados. Em geral, os elétrons não podem mudar para um novo estado quântico da mesma banda se a banda de valência estiver totalmente preenchida. Para que ocorra a passagem da corrente elétrica, é necessário que os elétrons se encontrem numa banda não completa, designada por banda de condução.

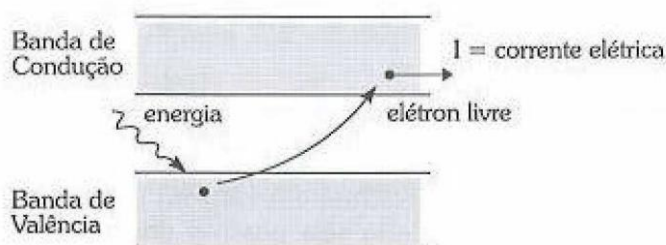


Figura 23: Elétrons livres, banda de valência e banda de condução  
Fonte: (Marques; Júnior; Cruz, p. 11, 2001)

Os metais são bons condutores da corrente elétrica não só porque a banda de valência e a banda de condução se encontram semipreenchidas, mas também porque a banda de condução se sobrepõe à banda de valência (eliminando a banda proibida). O condutor elétrico mais usado é o cobre. Assim por exemplo, os fios elétricos usados nas residências, escolas e escritórios são feitos de cobre. Como o cobre é um excelente condutor de eletricidade e é relativamente barato, é empregado em quase todos os circuitos domésticos e comerciais e na maioria dos eletrodomésticos (TREFIL; HAZEN, p. 70, 2006).

Em algumas aplicações, como nas linhas de transmissão que transportam a eletricidade das usinas geradoras para as cidades, o cobre é substituído pelo alumínio. O alumínio não é tão bom condutor como o cobre, o que faz com que uma energia maior seja dissipada nestas linhas em forma de calor. No entanto, o menor custo e maior leveza do cobre acaba compensando essas perdas. Em aplicações especiais, como os conectores de circuitos impressos, os engenheiros usam ouro, que conduz eletricidade quase tão bem como o cobre e, embora bem mais caro, resiste melhor à oxidação (TREFIL; HAZEN, p. 70, 2006).

No caso dos isolantes (que não conduzem a corrente elétrica), as bandas de condução e de valência encontram-se separadas por uma larga zona energética proibida e, deste modo, os elétrons não possuem energia suficiente para saltar de uma para outra. Os isolantes são usados para separar circuitos e para evitar que as pessoas levem choque. Assim, por exemplo, os espelhos dos interruptores e das tomadas de parede e as carcaças das baterias de automóvel são feitos de plástico, um material isolante de baixo custo e de fácil montagem. Os eletricitistas usam botas e luvas de borracha para se protegerem quando estão concertando circuitos elétricos. No caso das linhas de transmissão de alta tensão, componentes de vidro ou cerâmica são usados para isolar os fios, já que resistem a tensões mais altas que o plástico (TREFIL; HAZEN, p. 72, 2006).

Já nos semicondutores, o nível de energia que separa a banda de energia superior completamente ocupada possui uma largura muito pequena em relação à banda imediatamente superior desocupada, bastando um pequeno acréscimo de energia para fazer elétrons saltarem para a banda desocupada, possibilitando assim a condução de corrente elétrica.

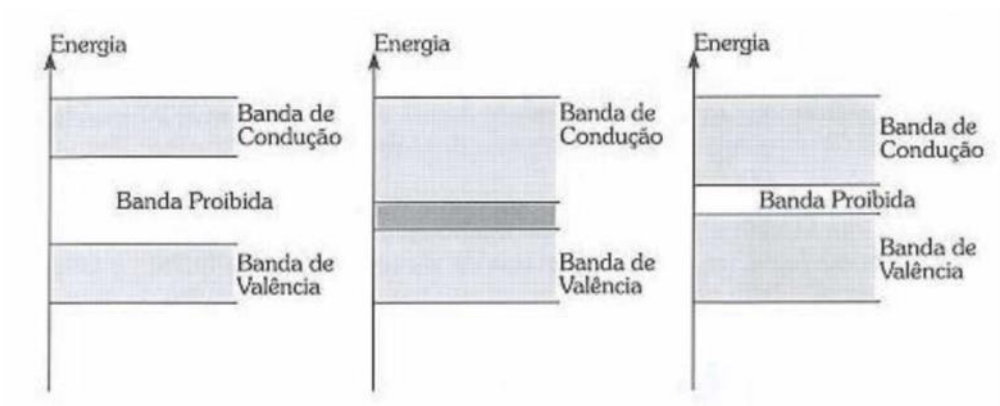


Figura 24: Bandas de energia para os Isolantes, condutores e semicondutores  
 Fonte: (Marques; Júnior; Cruz, p. 11, 2001)

### **Propriedades elétricas dos materiais semicondutores**

De todos os novos materiais descobertos no século XX, nenhum mudou mais a nossa vida que os semicondutores baseados em silício. Desde os computadores de mesa, nos sistemas de ignição eletrônica dos automóveis, nos rádios portáteis, e em muitos outros aparelhos, a microeletrônica é o símbolo da nossa era. Os semicondutores mudaram radicalmente a forma como compartilhamos a informação na sociedade. Essa revolução se dá graças à capacidade de montar cristais complexos, átomo por átomo, a partir do silício, um material produzido a partir da areia comum, que se destaca entre os materiais semicondutores (TREFIL; HAZEN, p. 86, 2006).

Alguns materiais não são bons condutores de eletricidade, mas também não são isolantes perfeitos, estes materiais são chamados de semicondutores. Como o próprio nome indica, os semicondutores não conduzem eletricidade muito bem. A resistência de um semicondutor típico como o silício é um milhão de vezes maior que a de um condutor como o cobre. Mesmo assim, o silício não é um isolante, já que quando uma barra de silício é incorporada a um circuito elétrico, uma pequena corrente atravessa o circuito (TREFIL; HAZEN, p. 72, 2006).

A estrutura de bandas de um semicondutor é parecida com a de um isolante, a diferença é que nos semicondutores, a distância  $E_g$  entre o nível mais alto da última banda ocupada (a banda de valência) e o nível mais baixo da primeira banda desocupada (a banda de condução) é muito menor que nos isolantes. No silício há uma probabilidade significativa de que a agitação térmica faça um elétron passar da banda de valência para a banda de condução, deixando um número igual de buracos na banda de valência (HALLIDAY; RESNICK, p. 593, 2016).

Em relação à concentração de portadores  $n$ , o cobre possui uma concentração muito maior de portadores de carga por unidade de volume do que o silício, no cobre os átomos contribuem com um elétron (o elétron de valência) para o processo de condução. No silício os portadores de carga só existem porque quando os elétrons passam da banda de valência para a banda de condução deixam um número igual de estados desocupados, chamados de buracos na banda de valência. Tanto os elétrons da banda de condução como os buracos da banda de valência se comportam como portadores de carga. Os buracos se comportam como partículas de carga  $+e$ . Se um campo elétrico é aplicado a um semicondutor os elétrons da

banda de valência por terem carga negativa tendem a se mover na direção oposta à do campo elétrico fazendo com que os buracos se desloquem na direção do campo elétrico (HALLIDAY; RESNICK, p. 593, 2016).

Todos os estados desocupados da banda de valência estão ocupados por partículas de carga  $+e$ . Quando um elétron da banda de condução encontra um buraco da banda de valência ambos deixam de existir. Esse fenômeno é chamado de recombinação (HALLIDAY; RESNICK, p. 593, 2016).

Ao contrário do cobre, a resistividade do silício diminui com a temperatura, porque a concentração  $n$  de portadores de carga (elétrons na banda de condução e buracos na banda de valência) aumenta com a temperatura, a frequência das colisões aumenta nos dois casos, mas a concentração de  $n$  só aumenta nos semicondutores (HALLIDAY; RESNICK, p. 593, 2016).

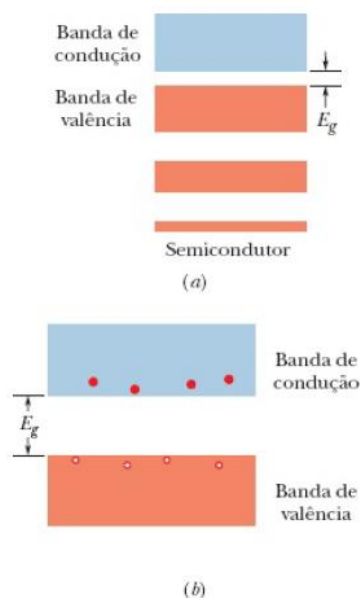


Figura 25: Bandas de energia de um semicondutor  
 Fonte: (Halliday; Resnick, p. 602, 2016).

### Semicondutores dopados

O elemento silício por si só, não é uma substância muito útil para a fabricação de circuitos elétricos. O que torna o silício útil é um processo conhecido como dopagem. Dopagem é a adição de pequenas concentrações de impurezas a um elemento ou composto. A ideia que está por trás da dopagem do silício é muito simples, quando o silício é fundido para fabricar elementos dos circuitos, uma pequena quantidade de um outro material é adicionada (TREFIL; HAZEN, p. 72,

2006). Quando ocorre o processo de dopagem a versatilidade aumenta, quase todos os dispositivos modernos utilizam semicondutores dopados que podem ser do tipo n e do tipo p (HALLIDAY; RESNICK, p. 605, 2016).

### **Semicondutores tipo n**

Os elétrons que participam das ligações entre os átomos de silício pertencem à banda de valência do material. Quando um elétron é arrancado de uma das ligações covalentes e fica livre para vagar pelo material, dizemos que o elétron passou da banda de valência para a banda de condução. A energia mínima necessária para que isso aconteça é  $E_g$  (energia do Gap), o que corresponde à largura da banda proibida que separa a banda de valência da banda de condução (HALLIDAY; RESNICK, p. 606, 2016).

Quando o átomo de silício central for substituído por um átomo de fósforo (cuja valência é 5). Quatro dos elétrons de valência do fósforo formam ligações covalentes com os quatro átomos vizinhos de silício. O quinto elétron não forma nenhuma ligação e fica fracamente ligado ao núcleo de fósforo. Em um diagrama de níveis de energia, esse elétron excedente ocupa um nível de energia situado entre a banda de valência e a banda de condução, a uma pequena distância  $E_d$  da banda de condução.  $E_d \ll E_g$ , a energia necessária para transferir elétrons desse nível para a banda de condução é muito menor que a energia necessária para transferir elétrons da banda de valência para a banda de condução (HALLIDAY; RESNICK, p. 606, 2016).

O átomo de fósforo é chamado de impureza doadora, já que pode doar elétrons para a banda de condução. Na verdade, à temperatura ambiente, praticamente todos os elétrons excedentes das impurezas doadoras estão na banda de condução. Acrescentando impurezas doadoras à rede cristalina do silício, é possível aumentar de várias ordens de grandeza o número de elétrons na banda de condução (HALLIDAY; RESNICK, p. 606, 2016).

Os semicondutores dopados com impurezas doadoras são chamados de semicondutores tipo n, o n vem de negativo, pois os elétrons são mais numerosos que os buracos da banda de valência (HALLIDAY; RESNICK, p. 606, 2016).

### **Semicondutores tipo p**



Neste caso um dos átomos de silício (cuja valência é 4) foi substituído por um átomo de alumínio (cuja valência é 3). Como o átomo de alumínio pode formar ligações covalentes com apenas três átomos de silício, existe uma lacuna (um buraco) em uma das ligações covalentes alumínio-silício. É necessária apenas uma pequena energia para que um elétron seja deslocado de uma ligação silício-silício vizinha para completar a lacuna, deixando um buraco na ligação covalente original. Esse buraco, por sua vez, pode ser preenchido por um elétron de outra ligação covalente, e assim por diante. Isso significa que o buraco criado pela presença do átomo de alumínio pode se mover na rede cristalina do silício (HALLIDAY; RESNICK, p. 607, 2016).

O átomo de alumínio é chamado de impureza aceitadora, já que pode aceitar elétrons de ligações covalentes, ou seja, da banda de valência. A temperatura ambiente praticamente todos os níveis das impurezas aceitadoras estão ocupados por elétrons da banda de valência. Acrescentando impurezas aceitadoras à rede cristalina do silício, é possível aumentar de várias ordens de grandeza o número de elétrons na banda de condução. Os semicondutores dopados com impurezas aceitadoras são chamados semicondutores tipo p, o p vem do positivo, os buracos são mais numerosos que os elétrons da banda de condução (HALLIDAY; RESNICK, p. 607, 2016).

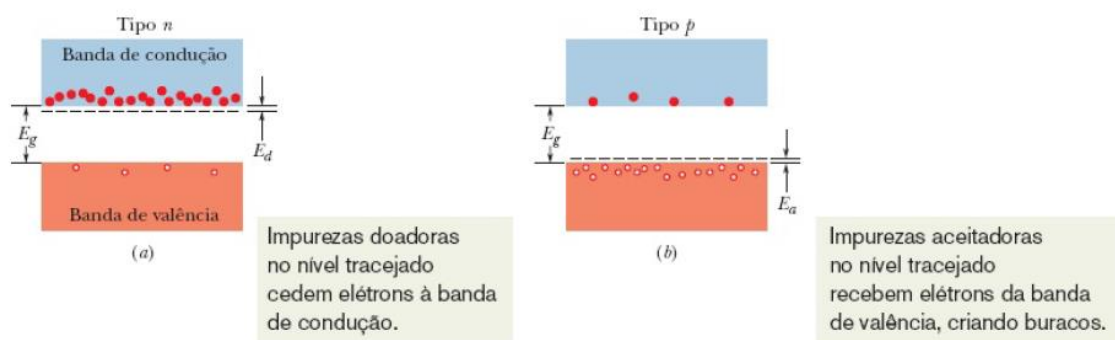


Figura 26: Bandas de energia em um semicondutor tipo n e tipo p  
Fonte: (Halliday; Resnick, p. 593, 2016).

### Diodo, junção P-N

Um diodo semiconductor possui uma região tipo p e uma região tipo n. Os elétrons passam com facilidade do n para o p. A corrente elétrica circula apenas em um sentido (TREFIL; HAZEN, p. 87, 2006).

Os diodos semicondutores têm muitas aplicações. Quase todos os aparelhos eletrônicos utilizam diodos. Os diodos semicondutores podem ser usados para transferir corrente alternada em corrente contínua, sendo chamado de retificador (TREFIL; HAZEN, p. 87, 2006).

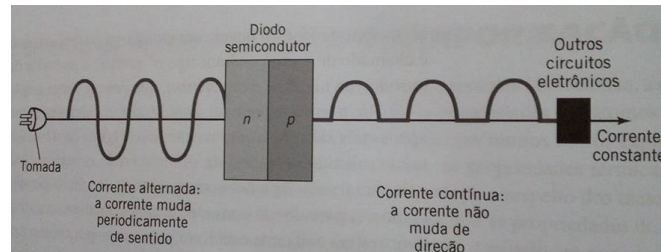


Figura 27: Um diodo pode ser usado para transformar corrente alternada em corrente contínua

Fonte: Trefil; Hazen, p. 88, 2006.

Os diodos de todos os tipos, inclusive os leds, são constituídos pela junção de um cristal dopado com impurezas do tipo n com outro cristal dopado com impurezas do tipo p. A união desses dois materiais dá origem a uma junção PN, que é a base de muitos dos dispositivos usados atualmente (PAULA; ALVES; MATEUS, 2011, p.127).

Quando um cristal tem uma região formada por um semicondutor do tipo p e outra região formada por um semicondutor tipo n, o limite entre essas duas regiões é denominado junção P-N. Em uma junção como esta, os elétrons que estão no lado n tendem a ir para o lado p, e os do lado p para o lado n a fim de preencherem as lacunas (ALVES, 2017, p.30).

O lado n contém íons positivos das impurezas doadoras que são neutralizadas pelos elétrons da banda de condução, porém quando esses elétrons migram para o lado p essas impurezas ficam descompensadas fazendo com que apareça uma carga positiva no lado n tendem a ir para o lado p e os do lado p tendem a ir para o lado n a fim de preencherem as lacunas (ALVES, 2017, p.30).

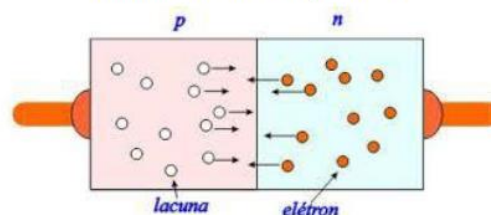


Figura 28: Migração eletrônica em semicondutores com junção P-N

Fonte: Instituto Federal de Santa Catarina, disponível em:  
[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA\\_2\\_-\\_Eletr%C3%B4nica\\_Geral\\_1\\_-\\_T%C3%A9cnico](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA_2_-_Eletr%C3%B4nica_Geral_1_-_T%C3%A9cnico)

O lado n contém íons positivos das impurezas doadoras que são neutralizadas pelos elétrons da banda de condução, porém quando esses elétrons migram para o lado n essas impurezas ficam descompensadas fazendo com que apareça uma carga positiva no lado n. Da mesma forma, quando uma impureza do lado p se combina com um elétron que veio do lado n, é introduzido nessa região uma carga negativa. Assim, além das cargas das regiões n e p, passam a existir mais dois tipos de cargas, a carga positiva do lado n e a carga negativa do lado p (ALVES, 2017, p.30). O movimento dos dois portadores em maioria, elétrons e buracos, contribuem para a formação de duas regiões de carga espacial, uma positiva e outra negativa.

Essas cargas criam entre as regiões uma diferença de potencial e é ela que impede que elétrons e lacunas continuem a se movimentar através do plano da junção. Ao mesmo tempo é essa diferença de potencial que faz com que os elétrons do lado p e as lacunas do lado n se movimentem, já que os elétrons procuram regiões com potencial maior, e as lacunas com potencial menor, criando assim uma segunda corrente, contrário a primeira nessa junção (ALVES, 2017, p.30).

### **Diodo emissor de luz (LED)**

Hoje em dia os mostradores digitais estão por toda a parte, dos relógios de cabeceira aos fornos de micro-ondas. Em quase todos esses casos, a luz é emitida por uma junção p-n funcionando como um diodo emissor de luz (LED). Como uma junção P-N pode produzir luz?

Em um semicondutor simples, quando ocorre uma recombinação, uma energia  $E_g$  é liberada. No silício, germânio e outros semicondutores essa energia se manifesta na forma de um aumento de vibrações da rede cristalina. Para um semicondutor emitir uma quantidade razoável de luz, é preciso que haja um grande número de recombinações. Isso não acontece num semicondutor puro, porque, à temperatura ambiente o número de pares elétron-buraco é relativamente pequeno. Dopar também não é a solução. Um semicondutor tipo n contém um grande número de elétrons, mas não existem buracos suficientes para fazer a recombinação, por sua vez, o semicondutor tipo p tem um grande número de buracos, mas poucos

elétrons para fazer a recombinação. Assim nem um semicondutor puro nem um dopado é suficiente para gerar luz (HALLIDAY; RESNICK, p. 616, 2016).

É preciso de um semicondutor que tenha elétrons e buracos em grande quantidade na mesma região. Podemos obter um dispositivo com essa propriedade polarizando diretamente uma junção p-n fortemente dopada. Nesse caso a corrente serve para injetar elétrons no lado n e os buracos no lado p. Quando a dopagem é alta e a corrente intensa a zona de depleção se torna estreita. Isso faz com que muitos elétrons consigam passar do lado p para o lado n. A consequência é uma grande quantidade de recombinações, que resulta em uma alta intensidade luminosa (HALLIDAY; RESNICK, p. 616, 2016).

Os LEDs comerciais projetados para emitir luz visível são feitos de arseneto de gálio (lado n) e arseneto fosfato de gálio (lado p). Um arranjo no qual do lado p existem 60 átomos de arsênio, 40 de fósforo para cada 100 átomos de gálio, que resulta em uma energia de 1,8 eV, que corresponde à luz vermelha. Usando diferentes proporções de arsênio, fósforo e outros elementos como o alumínio, são possíveis fabricar LEDs que emitem luz em qualquer parte do espectro visível (HALLIDAY; RESNICK, p. 616, 2016).

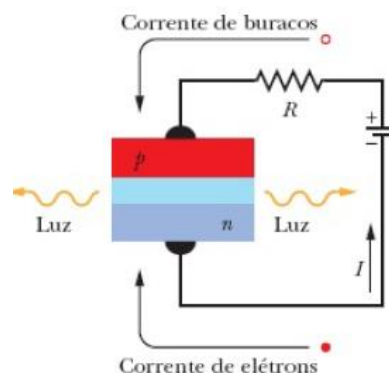


Figura 29: Junção P-N sendo polarizada  
Fonte: (Halliday; Resnick, p. 616, 2016).

Na figura acima temos uma junção p-n polarizada diretamente, mostrando elétrons sendo injetados no lado n e buracos sendo injetados no lado p. (Os buracos se movem no sentido convencional da corrente  $I$ ; Os elétrons se movem no sentido oposto). A luz é emitida das vizinhanças da zona de depleção quando elétrons e buracos se recombina, emitindo luz no processo (HALLIDAY; RESNICK, p. 616, 2016).

### Aplicação: Lâmpadas de LED

O LED é um componente eletrônico semicondutor, ou seja, um diodo emissor de luz (L.E.D = Light emitter diode), que utiliza da mesma tecnologia usada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido (Solid State).

O componente mais importante de um LED é o chip semicondutor responsável pela geração de luz. Este chip tem dimensões muito reduzidas.

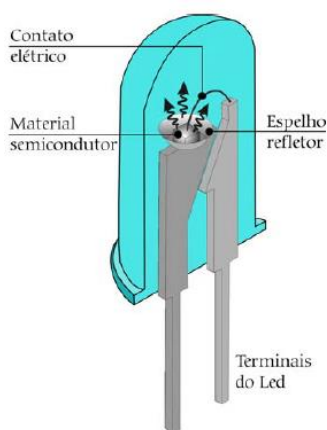


Figura 30: Led convencional e seus componentes  
 Fonte: (ALVES; SILVA, p. 27, 2008)

Diferente das lâmpadas comuns, as lâmpadas LED não possuem filamento, o que faz com que elas durem mais por não produzirem tanto calor quanto as lâmpadas que usam estes filamentos. Por dentro dessa lâmpada existe uma fita de LED que produz luz quando por ela é percorrido energia elétrica.

Uma característica importante observada na radiação emitida pelo LED é que, em lugar de sua frequência ser aleatória, como no caso da lâmpada incandescente que se espalha pelo espectro, ela tem uma frequência muito bem definida, que depende do tipo de material usado no semicondutor.

Podemos dizer que, diferentemente de uma lâmpada comum, a radiação emitida neste caso é “sintonizada” já que tem frequência única. Para os diodos comuns de silício, onde foi descoberto o fenômeno, a intensidade de radiação emitida é muito pequena e praticamente não há utilidade para ela. No entanto, descobriu-se também que se fossem usados outros materiais semicondutores e

ainda fossem acrescentados dopantes especiais era possível emitir luz com maior intensidade e em diversas faixas do espectro. Os primeiros diodos emissores de luz criados foram então de um material denominado Arseneto de Gálio e Arseneto de Gálio com Índio emitindo radiação principalmente na faixa dos infravermelhos. O passo seguinte foi a criação de materiais capazes de emitir radiação com comprimentos de onda cada vez menores até cair na parte do espectro visível. Surgiram então os primeiros LEDs capazes de emitir luz no espectro visível, na região do vermelho.

A cor da luz do LED não vem do plástico que o envolve. A cor a luz depende da pastilha do material semicondutor usado. Se um LED usa plástico vermelho, é porque este plástico tem a mesma cor da luz emitida e não é ele que determina essa radiação. LEDs com plástico transparente ou branco podem emitir luz de diversas cores.

Hoje já é possível obter LEDs capazes de emitir luz azul e mesmo violeta. Uma das principais vantagens dos LEDs em relação às lâmpadas quando são usados como fontes de luz é o seu rendimento. Um LED comum pode ter rendimento superior a 80% enquanto que existem tipos de alto rendimento e alto-brilho que vão muito além.

Dependendo da pastilha que é conectada ao circuito o LED acende com luz vermelha ou verde. Para produzir luz branca ou de qualquer outra cor a partir de LEDs existe uma possibilidade interessante que é baseada no mesmo princípio de funcionamento da TV em cores. A partir de três cores básicas, vermelho (Red –R), verde (green –G) e azul (Blue – B) podemos obter qualquer outra cor, bastando simplesmente dosar a quantidade com que cada uma entra na composição. Dessa forma, num televisor em cores os pontos de imagem são formados por tríades que nada mais são do que pontos de fósforos nas cores RGB.

Se montarmos num invólucro único três pastilhas semicondutoras de LEDs correspondentes às cores RGB (vermelho, verde e azul), podemos controlar a corrente em cada um e assim gerar luz de qualquer cor. Um painel de LEDs RGB pode gerar imagens em cores e essa aplicação já existe. A combinação correta das três cores pode ainda resultar na luz branca. Existem então LEDs brancos que substituem lâmpadas comuns, com vantagens, em pequenas lanternas e outras aplicações. O baixo consumo e maior rendimento em relação a uma lâmpada comum tornam esses LEDs opções muito interessantes para esta aplicação.

Fonte:

Mundo da elétrica. **Como funcionam as lâmpadas de LED.** Disponível em <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-as-lampadas-led/>> Acessado em: 12/09/2017.

Laboratório de Iluminação. **LED – O que é, e como funciona.** Disponível em <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>> Acessado em 12/09/2017.

### **Aplicação: Células fotovoltaicas e energia solar**

É impossível imaginar o mundo atual sem energia elétrica. Pense em todas as atividades que você realiza em um dia na sua casa, em várias delas você faz uso da energia elétrica: assistir TV, ouvir música no celular, tomar banho, navegar pela internet, enxergar os objetos em seu quarto à noite, entre outras. Assim como em sua casa, o mesmo ocorre em escolas, empresas, pequenas fábricas e grandes indústrias. O desenvolvimento de um país depende fundamentalmente da quantidade de energia que ele pode produzir.

No entanto, a produção de energia tem grandes impactos sobre o meio ambiente. No Brasil, grande parte da energia elétrica vem das usinas hidrelétricas. Essas usinas inundam grandes áreas e modificam ecossistemas em torno de rios para a construção das represas. Há também as usinas termelétricas, que queimam combustíveis fósseis para gerar energia. Na Europa e nos Estados Unidos, é muito comum o uso de usinas nucleares para a geração de energia elétrica, porém, o lixo nuclear produzido nessas usinas não pode ser descartado no ambiente. Por esse motivo, muitos pesquisadores têm buscado formas alternativas para a geração de energia elétrica. Dentre as muitas formas atualmente pesquisadas e testadas, a energia solar é uma das mais promissoras.

O Sol será fonte de energia inesgotável para a Terra pelos próximos 5 bilhões de anos. Aproveitar essa fonte de energia é fundamental para suprir a crescente demanda energética da sociedade, além de contribuir para a preservação do meio ambiente, pois outras formas mais agressivas podem ser menos utilizadas. Mas como transformar diretamente a energia da luz do Sol em energia elétrica?

A transformação da luz em energia elétrica é realizada por dispositivos desenvolvidos especificamente para este fim, denominados painéis fotovoltaicos. Os

painéis fotovoltaicos são produzidos a partir de materiais especiais, denominados semicondutores, muito usados, também, nos chips de computadores.

Uma célula fotovoltaica funciona a partir da associação de uma fina camada do tipo n com uma camada mais espessa do material tipo p. Ao incidir na camada tipo n, a luz solar libera elétrons através do efeito fotoelétrico. Os elétrons são atraídos pelos íons positivos das impurezas presentes no material tipo n e repelidos pelos íons negativos das impurezas presentes no material tipo p e introduzidos em um circuito externo. Assim, enquanto o sol está brilhando, a célula fotovoltaica funciona da mesma forma que uma bateria, fazendo os elétrons se moverem continuamente em um circuito. Ligando muitas células fotovoltaicas, é possível gerar grandes quantidades de energia (TREFIL, HAZEN, p. 88).

Existem atualmente várias aplicações para as células fotovoltaicas. Muitas calculadoras de bolso, por exemplo, contém uma célula fotovoltaica, que é usada para recarregar as baterias. Nas regiões que não dispõem de uma rede de energia elétrica, as células fotovoltaicas servem para alimentar bombas de água usadas na irrigação ou mesmo para iluminar casas (TREFIL, HAZEN, p. 88).

No entanto, apesar de seu enorme potencial, essa tecnologia ainda é muito cara para ser usada. Contudo, à medida que as pesquisas vão avançando, materiais mais eficientes vão sendo desenvolvidos e no futuro mais pessoas poderão utilizar os painéis fotovoltaicos.

### **Transistores**

Dispositivo responsável pela revolução da eletrônica. O transistor é um dispositivo semicondutor de três terminais que pode ser usado para amplificar sinais. Em um tipo de transistor, dois semicondutores tipo p fazem o papel do pão e um semicondutor tipo n faz o papel do recheio. Este arranjo é conhecido como configuração pnp. Outro tipo de transistor utiliza a configuração npn. Os dois tipos de transistores são usados para controlar a passagem de elétrons. Os três semicondutores de um transistor estão ligados a um circuito por terminais. Uma corrente elétrica penetra no transistor pelo semicondutor conhecido como emissor, o “recheio” do transistor, que é mais fino que as outras duas regiões recebe o nome de base; o terceiro semicondutor, através do qual a corrente sai do transistor é chamado de coletor (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).



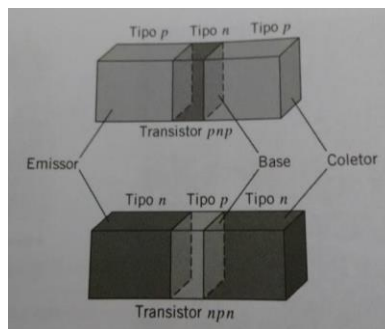


Figura 31: Transistor pnp e npn  
 Fonte: (TREFIL; HAZEN, p. 90, 2006).

Existem dois campos elétricos permanentes no transistor, um em cada junção p-n. Uma pequena corrente elétrica que penetre na base pode mudar estes campos elétricos, aumentando consideravelmente a corrente entre o emissor e o coletor. Para fazer uma analogia com um cano com água, a corrente entre o emissor e o coletor é como a água que atravessa o cano e a base é como uma torneira no cano. Uma pequena quantidade de energia usada para abrir ou fechar a torneira pode produzir uma grande variação na quantidade de água que atravessa o cano. Da mesma forma, uma pequena corrente injetada na base pode produzir uma grande variação na corrente que atravessa o transistor. Esta propriedade do transistor leva a duas de suas aplicações mais importantes: como amplificador e como comutador (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

### O transistor como amplificador

O transistor é muito usado para amplificar pequenos sinais elétricos. Em um toca-fitas, por exemplo, pequenas correntes elétricas são criadas quando a fita magnetizada passa pela cabeça de leitura. Estas pequenas correntes podem ser aplicadas à base de um transistor. Quando uma pequena corrente é injetada na base, a corrente principal que atravessa o transistor aumenta; é como se uma torneira fosse parcialmente aberta. Quando a corrente injetada na base diminui, a corrente que atravessa o transistor diminui, é como se uma torneira fosse parcialmente fechada. Assim, o pequeno sinal produzido pela fita é transformado em uma corrente muito maior que circula do emissor para o coletor. Um dispositivo que converte pequenas correntes em grandes correntes sem muda a forma do sinal é chamado de amplificador (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

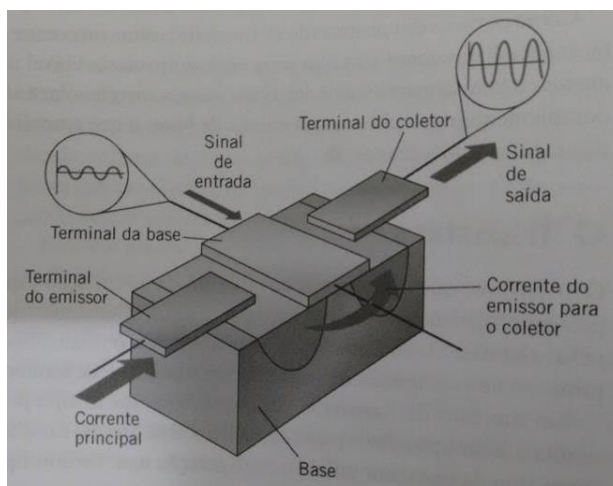


Figura 32: Transistor como amplificador  
 Fonte: (TREFIL; HAZEN, p. 91, 2006)

### O transistor como comutador

Quando uma corrente com o sentido apropriado (que depende do tipo de transistor) é injetada na base, a passagem de corrente do emissor para o coletor é interrompida, para continuar usando essa analogia, é como se a torneira fosse totalmente fechada. Assim, é possível interromper a corrente que atravessa um transistor aplicando uma corrente à base e restabelecer a passagem de corrente invertendo o sentido da corrente injetada na base. Quando empregado desta forma, o transistor se comporta como um comutador eletrônico e pode ser usado para processar informações nos computadores, que constituem sem dúvida o dispositivo eletrônico mais importante de todos os tempos (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

### Aplicação: Da válvula ao circuito integrado

Um microcircuito pode conter milhares ou mesmo milhões de transistores interligados para realizar uma tarefa específica, como controlar um forno de microondas ou a ignição de um automóvel moderno. Os microcircuitos mais sofisticados são os empregados nos computadores. Os primeiros transistores eram peças volumosas, do tamanho de uma bola de gude. Hoje, porém, um microcircuito do tamanho de um grão de arroz pode conter milhões de transistores (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

A razão pela qual os aparelhos eletrônicos diminuíram tanto de tamanho é que os engenheiros estão conseguindo criar transistores cada vez menores. Na verdade, os cientistas calculam que por volta de 2040 os componentes dos

transistores terão apenas alguns átomos de espessura (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Quando o transistor foi inventado em 1947, os engenheiros logo se deram conta de que ele poderia substituir com vantagem as válvulas eletrônicas, que eram os componentes usados na época para amplificar sinais. As válvulas produziam muito calor, consumiam muita energia e tinham uma vida útil limitada. Os transistores eram menores, mais baratos e mais eficientes (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Entretanto, o uso dos transistores acarretava outros problemas. Os fios usados para ligar os transistores tinham que ser soldados debaixo de um microscópio, um trabalho delicado e cansativo. Embora os transistores em si fossem confiáveis, os fios e ligação se soltavam com facilidade. Com os circuitos se tornando cada vez mais complexos, o fato de que os transistores eram muito pequenos tornava o processo de dopagem cada vez mais complicado (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

A situação mudou em 1958, quando Jack Kilby, um engenheiro elétrico da *Texas Instruments*, percebeu que era possível criar outros elementos dos circuitos, como resistores e capacitores, na mesma pastilha de semicondutor usada para fabricar transistores. O primeiro protótipo fabricado por ele era uma pastilha de germânio, de menos de um centímetro de comprimento, que continha cinco componentes ligados por fios finíssimos (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Entretanto, ainda era necessário ligar os componentes com fios, um processo difícil e demorado. Em 1959, o problema foi resolvido por Robert Noyce, da Fairchild Semiconductors. Noyce se deu conta de que os componentes de um circuito integrado podiam ser ligados por finas camadas metálicas, usando o mesmo processo que até então era empregado apenas para dopar o semicondutor com impurezas. Noyce e seus colegas da Fairchild Semiconductors descobriram uma forma de depositar diferentes tipos de materiais em uma pastilha de silício, cobrindo com um composto orgânico as regiões nas quais o material não devia ser depositado. Esta técnica é usada até hoje na fabricação de microcircuitos. Noyce foi um dos fundadores da Intel Corporation, a maior fabricante de microcircuitos do mundo (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Hoje em dia os microprocessadores usados nos computadores de mesa contêm milhões de transistores. O microprocessador Itanium 2 da Intel, por exemplo,

possui 592 milhões de transistores em uma área de 432 nm<sup>2</sup>. Pelo desenvolvimento dos circuitos integrados, Kilby recebeu o prêmio Nobel de Física de 2000 (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

### **Aplicação: Informação**

Hoje em dia, os dispositivos eletrônicos são usados principalmente para armazenar e processar informação. A revolução ocorrida na tecnologia da informação, com a criação de redes de computadores, sistemas globais de telecomunicações e grandes bancos de dados, é uma consequência direta da invenção dos microcircuitos (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Quase todas as formas de informação (a palavra escrita e falada, as imagens, a música) podem ser analisadas em termos da informação. O termo “informação”, como muitos outros, possui um significado preciso quando é usado pelos cientistas. No contexto científico a informação é medida em uma unidade conhecida como bit (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Podemos pensar no bit como as duas respostas possíveis a uma pergunta simples: sim ou não, ligado ou desligado, para cima ou para baixo. Um transistor usado como computador, por exemplo, pode armazenar um bit de informação: pode estar ligado ou desligado. Toda forma de informação contém um certo número de bits de informação. O computador é um aparelho capaz de armazenar e manipular esse tipo de informação (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

Esta forma de raciocinar a respeito da informação, como uma série de zeros e uns, é ideal quando estamos trabalhando com uma máquina cujo principal componente é o transistor, que pode ser ligado ou desligado. Quando a informação é representada desta forma, dizemos que está em forma binária. Trata-se de um caso especial de informação em forma digital, na qual a informação é especificada por um número finito de símbolos (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

### **Aplicação: Computadores**

O computador é uma máquina capaz de armazenar e manipular informações. As informações são armazenadas no computador em microcircuitos, cada um dos quais contém um grande número de transistores e outros componentes. Na prática um computador possui uma unidade central de processamento ou CPU na qual os transistores armazenam e manipulam quantidades relativamente pequenas de

informação. Quando estão prontas para serem armazenadas (quando, por exemplo, você acaba de escrever um texto ou escrever um programa), as informações são removidas do CPU e armazenadas em outro dispositivo, como um disco rígido ou cd gravável. Nesse caso, os bits de informação deixam de ser representados por transistores ligados ou desligados e passam a ser representados por materiais magnetizados ou por depressões na superfície de um disco de plástico (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

A capacidade de armazenar informações desta forma é extremamente importante para a sociedade moderna. A velocidade e a capacidade de armazenamento dos computadores têm aumentado rapidamente nas últimas décadas. Em meados de década de 1980, os melhores computadores de mesa podiam armazenar algumas centenas de milhares de bits de informação. Em meados de 1990, a capacidade de armazenamento dos computadores já tinha aumentado para bilhões de bits. Os computadores de mesa atuais são mais rápidos que os supercomputadores de década passada. Estes avanços se devem principalmente ao desenvolvimento de novos materiais e ao processamento destes materiais em escala atômica, um campo conhecido como nanotecnologia. O uso de novos materiais magnéticos aumentou consideravelmente a capacidade de armazenamento dos discos rígidos, enquanto novas técnicas de processamento dos semicondutores reduziram drasticamente o tamanho das regiões tipo n e tipo p, o que resultou em computadores menores e mais potentes. Desta forma, os progressos no campo da ciência dos materiais têm um reflexo direto em nossas vidas (TREFIL, HAZEN, p. 90, 2006).

#### **Referências utilizadas:**

ALVEZ, A. M. Uma abordagem para o ensino de dispositivos LED no ensino médio. Dissertação Mestrado - Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados MS. 2017.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**, 23ª tiragem, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Óptica e Física Moderna**, 10ª ed., volume 4. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2016.

KESSLER, S. L. O ensino da física moderna no ensino médio: necessidades e dificuldades no oeste catarinense. Dissertação - Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2008.

Laboratório de Iluminação. **LED – O que é, e como funciona**. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm> Acessado em 12/09/2017.

MACHADO, D.I.; NARDI, R. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n.4, p. 473-485, 2006.

MARQUES, A.E.; JÚNIOR, S.C.; CRUZ, E. C.A. **Dispositivos semicondutores: diodos e transistores**. 4 ed. São Paulo: Érica, 1998.

Mundo da elétrica. **Como funcionam as lâmpadas de LED**. Disponível em <https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-as-lampadas-led/> Acessado em: 12/09/2017.

PAULA, H.F.; ALVES, E.G.; MATEUS, A.L. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

SANT'ANNA, B. et. al. **Conexões com a Física**. 1. Ed. v. 3. São Paulo, Moderna, 2010.

TREFIL, J.; HAZEN, R. M. **Física Viva – Uma introdução à física conceitual**. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

## Anexo 2 - Atividade diagnóstica 1

### Física Moderna e os Semicondutores: Desvendando os segredos da tecnologia da informação.

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

1. De acordo com seus conhecimentos classifique os materiais abaixo ilustrados de acordo com sua classe de condução:

- a. Condutores;
- b. Isolantes;
- c. Semicondutores.

( ) microchip



( ) diamante



( ) fio de cobre



( ) lã



( ) alumínio



( ) plástico



( ) lata de refrigerante



( ) silício



( ) célula fotovoltaica



2. Agora responda:

- a) O que você já ouviu falar sobre semicondutores?

- b) Quais as aplicações tecnológicas e do nosso cotidiano que estes materiais possuem?

**2. Leia o texto informativo e complete os espaços:**

Todos os avanços da tecnologia só se tornaram possíveis graças aos progressos no campo da ciência dos materiais. De todos os novos materiais descobertos no século XX, nenhum mudou mais a nossa vida do que os semicondutores baseados no \_\_\_\_\_, estes materiais mudaram a forma como compartilhamos informação. O segredo desta revolução está na capacidade de montar cristais complexos, átomo por átomo, a partir do silício, um material produzido a partir da areia comum.

O principal ponto a ser analisado para compreender se um material é condutor, isolante ou semicondutor são as bandas de energia. Mas o que seria isso? Para melhor compreender começamos pelo átomo, um átomo é formado por \_\_\_\_\_ que se movem ao redor do \_\_\_\_\_ obedecendo a força de atração colombiana (atração entre cargas positivas e negativas), o núcleo por sua vez é composto por \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

Os elétrons giram em órbitas e níveis bem definidos (K, L, M, N, O, P, Q), quanto maior a energia do elétron, maior é o raio de sua órbita. Quando os átomos se encontram muito próximos uns dos outros, as órbitas eletrônicas começam a se superpor, quando isso acontece um dado nível de energia do sistema se desdobra em vários outros níveis diferentes. Cada desdobramento desses que pode conter N níveis é chamado de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_. Quando um elétron recebe \_\_\_\_\_ este pode saltar entre as bandas. Dessas bandas, temos a banda de valência (BV), banda de condução (BC), banda permitida e banda proibida. Banda de valência: banda contendo a lacuna causada pela falta do elétron; Banda de condução: banda contendo o elétron que saltou de seu nível original; Banda permitida: níveis de energia que são permitidos os elétrons saltarem; Banda proibida, região onde não é possível existir elétrons, o tamanho dessa banda define o comportamento elétrico do material.

Temos um material \_\_\_\_\_ quando o elétron passa facilmente da banda de valência para a banda de condução sem precisar de muita energia. Já nos isolantes a banda proibida (que fica entre a BV e BC) é muito grande, nesse caso o elétron precisa dar um salto muito grande, o que faz com que pouquíssimos elétrons



tenham a energia suficiente gerando uma corrente elétrica muito \_\_\_\_\_. Por sua vez, nos \_\_\_\_\_ (material intermediário entre os condutores e isolantes) o elétron precisa dar um salto pequeno, para atingir a banda de condução, isso acontece quando o elétron recebe energia, ou seja, os materiais semicondutores quando aquecidos tem sua resistividade \_\_\_\_\_ e com isso conduzem energia mais facilmente.

**3.** “Os Semicondutores possuem diversas aplicações, dentre elas temos o led (diodo emissor de luz) dispositivo capaz de transformar energia elétrica em luz. O led é utilizado em diversos equipamentos e objetos, dentre eles as lâmpadas”. Assinale (V) verdadeiro e (F) falso, e justifique as falsas.

- a. ( ) O componente mais importante de um LED é o chip semicondutor responsável pela geração de luz. Este chip tem dimensões muito reduzidas.
- b. ( ) A cor do LED é determinado pela cor do plástico que o envolve, ou seja, para que se tenha um LED verde é necessário que a cápsula que o envolve seja verde;
- c. ( ) Apesar de ser mais econômico, o LED é mais sensível a impactos do que a lâmpada comum, o que faz com que se perca muitas lâmpadas após seu manuseio;
- d. ( ) As lâmpadas de LED são mais eficientes do que as comuns pois produzem a mesma quantidade de luz utilizando bem menos energia. Além disso, a geração de calor durante esse processo é praticamente nula, o que ajuda na economia energética.

**4.** O computador é uma máquina capaz de armazenar e manipular informações. Para termos o computador como temos hoje foi necessário um grande avanço da tecnologia, iniciando pela válvula, evoluindo para o transistor e conseqüentemente o circuito integrado. Diante disso, qual a relação do estudo dos semicondutores com a evolução do computador? Explique.

## **Anexo 3 – Roteiro experimental**

### **Construção de um circuito - Roteiro experimental**

#### **1. Roteiro utilizado**

##### **1.1 Objetivo**

- Testar materiais (isolantes e condutores) a partir da construção de um circuito simples;
- Relacionar a teoria: Propriedades elétricas dos materiais com as observações feitas a partir da construção do circuito.

##### **1.2 Materiais utilizados**

- 2 pilhas comuns de 1,5V cada;
- Led;
- Fita isolante;
- Fios elétricos;
- Materiais condutores e isolantes (disponíveis na bancada)

##### **1.3 Procedimentos utilizados**

- Construa um circuito simples;
- Ligue as duas pilhas (parte negativa com a parte positiva, por meio da fita isolante);
- Pegue três pedaços de fio, faça um circuito de modo que dois fios se liguem ao led, encoste uma das pontas à pilha e a outra....
- Faça o teste dos materiais, verificando se os materiais dispostos conduzem ou não corrente elétrica.

#### **2. Tomada de dados/ Atividades**

- Anexo 4.

## Anexo 4 – Relatório atividade experimental

### Construção de um circuito – Ficha de atividade

Nomes: \_\_\_\_\_

Pergunta da pesquisa:	
Objetivo da atividade:	Procedimento realizado/ metodologia:
Conceitos envolvidos:	Dados levantados:
Fenômenos a observar/investigar:	Conclusões:
Materiais utilizados:	Asserções de valor (valor do conhecimento para a sociedade):
Pergunta da pesquisa:	

## Anexo 5 – Texto: “Luzes do Novo Século”

### LUZES DO NOVO SÉCULO

Invenção da luz LED de cor azul, que abriu caminho para uma revolução na iluminação, com o desenvolvimento de alternativas mais econômicas, sustentáveis e eficientes, recebe o prêmio Nobel de Física de 2014. O LED branco, cuja criação se tornou possível devido à tecnologia laureada com o Nobel de Física de 2014, pode representar nos próximos anos a maior revolução na iluminação desde a invenção da lâmpada elétrica.

Um pouquinho do prêmio Nobel de Física deste ano está na sua casa. E na minha. E na de todas as pessoas com qualquer equipamento tecnológico moderno. Isso porque os laureados, os japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura (este último naturalizado norte-americano), receberam o prêmio pela invenção de “uma nova fonte de luz eficiente e sustentável, o diodo LED de luz azul”, passo fundamental para a criação do LED branco e de alternativas de iluminação mais modernas, econômicas e potentes para o próximo século.

Não é sempre que a premiação consagra algo tão palpável e próximo de nosso dia a dia – que dirá o inefável bóson de Higgs, cuja concepção foi laureada em 2013, por exemplo. Seja como for, a edição deste ano tem aplicações muito diretas no nosso mundo moderno e, provavelmente, terá importância crescente nos próximos anos. Segundo o comitê responsável pelo prêmio, o diodo LED marcará o século 21 e reflete o ‘espírito de Alfred Nobel’ de fazer invenções que geram grande benefício à humanidade.

Para o engenheiro Henrique Antônio Carvalho Braga, da Universidade Federal de Juiz de Fora, em Minas Gerais, a premiação da invenção do LED de luz azul poderia ser comparada, pela guinada que promoveu nessa área da tecnologia, a láureas concedidas a inventos como o transistor, que promoveram grandes mudanças de paradigmas. “A descoberta é o marco inicial de uma revolução, pois foi fundamental para a criação do LED de luz branca, necessário para aplicações de iluminação em geral”, avalia.

### **Do azul para o branco**

O funcionamento da tecnologia LED (sigla em inglês para Light Emitter Diode) se baseia no fenômeno da eletroluminescência, ou seja, a emissão de luz pela passagem de corrente elétrica por um material semicondutor. O LED funciona de forma bem diferente das lâmpadas tradicionais, que utilizam filamentos metálicos aquecidos, descargas de gases e outros expedientes para produzir luz.

Sua história remonta à década de 1960, quando o primeiro LED foi inventado – na cor vermelha e ainda com baixa intensidade luminosa. Nas décadas seguintes, surgiram outras cores, como verde e amarelo, mas só o trabalho dos laureados utilizando nitreto de gálio como semicondutor, no início da década de 1990, permitiu a criação de luzes LED com comprimentos de onda menores, como o azul, ‘fechando’ o espectro luminoso.

“A partir daí, a tecnologia pôde ser utilizada para produzir luz branca, pela mistura de azul, vermelho e verde ou pela utilização apenas do LED azul em lâmpadas revestidas com fósforo, que decompõe parte do azul em cores de maior comprimento de onda (vermelho e verde) e cria o branco a partir da sua mistura”, explica Braga.

As luzes LED têm uma série de vantagens em relação às fontes tradicionais – em especial, uma vida útil muito maior e grande eficiência em relação à quantidade de luz emitida por energia consumida. De forma geral, elas podem durar até 100 mil horas, contra apenas mil das lâmpadas incandescentes e 10 mil das fluorescentes. Hoje, suas aplicações vão da iluminação dos visores de cristal líquido de smartphones e TVs a faróis de carros. O LED branco vem sendo muito estudado como alternativa para iluminação pública, inclusive no Brasil, por sua alta luminosidade e consumo reduzido.

Uma das áreas em que a utilização de luzes LED já vem sendo estudada é a iluminação pública. Mais econômicas, brilhantes e duráveis, elas ainda podem impactar muito a redução do consumo de energia em todo o mundo.

Como destacou o comitê do Nobel, uma vez que um quarto do consumo de energia do mundo está relacionado à iluminação, a tecnologia pode contribuir muito para preservar os nossos recursos naturais. “O impacto da adoção dessas luzes pode ser enorme, com a redução do consumo de energia e da emissão de gases de efeito estufa”, avalia o engenheiro Marco Antônio Dalla Costa, da Universidade Federal de Santa Maria (RS).

O LED ainda tem outras vantagens ecológicas: ao contrário das lâmpadas fluorescentes, não possui mercúrio ou qualquer elemento que possa causar dano à natureza. Além disso, pode ser alimentado facilmente com energia solar, o que permite melhorar a qualidade de vida de 1,5 bilhão de pessoas que não têm acesso à energia elétrica.

### **Gargalos e perspectivas**

Além de suas muitas vantagens, a tecnologia LED tem trunfos adicionais: está em evolução acelerada e tem um grande potencial ainda inexplorado. “Hoje, há lâmpadas que produzem cerca de 150 lúmens [unidade de intensidade luminosa] por watt, o que já é mais eficaz do que qualquer outra existente, mas acredita-se que podemos chegar a 200 ou 300 lúmens por watt”, destaca Costa.

O desperdício envolvido na iluminação também pode diminuir. “A tecnologia LED não produz luz ultravioleta, como a incandescente, nem envolve aquecimento intenso, então pode ser possível aproveitar próximo de 100% da energia total”, analisa Costa. “Hoje, no entanto, a eficiência ainda é bem menor, pois há perda de energia na forma de calor, o que pode ser aprimorado com a melhora do semicondutor empregado no processo.”

Para concretizar o grande potencial da tecnologia LED, Braga lembra que é preciso resolver gargalos técnicos que ainda dificultam sua exploração comercial – em especial equacionar custo e confiabilidade. As lâmpadas incandescentes (que vêm pouco a pouco sendo proibidas no mercado por sua baixa eficiência energética, inclusive no Brasil) custam cerca de 2 reais, enquanto uma luz LED pode custar de 40 a 80 reais. “Talvez o apelo ecológico possa ajudar a superar a barreira inicial do preço, mas é preciso garantir a durabilidade dos produtos para que haja economia de fato”, avalia Braga.

Nesse sentido, Costa ressalta a necessidade de aprimorar também componentes do sistema – assim como a luz fluorescente precisa de um reator para dar início ao processo de geração luminosa, o LED depende de componentes eletrônicos. “Com lâmpadas que duram 10 mil, 20 mil horas, isso não era um problema, mas com fontes LED que podem chegar a mais de 50 mil horas, é possível que elas tenham uma vida maior do que o componente eletrônico associado, o que não pode acontecer”, pondera.

Além disso, o LED ilumina de forma muito mais pontual, diferente das lâmpadas usadas atualmente, o que é ruim para fins de iluminação em geral. “Por isso, é preciso um trabalho intenso de engenharia e de ótica, com o estudo de melhores arranjos geométricos das fontes luminosas e o uso de lentes específicas para reproduzir efeito similar ao das lâmpadas comuns”, diz Braga. Seja como for, a laureada invenção do LED de cor azul parece ter sido mesmo o estopim de uma revolução na iluminação do próximo século – e ter garantido à humanidade um futuro mais brilhante pela frente.

Fonte: Instituto Ciência Hoje. Luzes do novo século. Disponível em [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2521/n/luzes\\_do\\_novo\\_seculo/Post\\_page/3#](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2521/n/luzes_do_novo_seculo/Post_page/3#). Acesso em 12/09/2017.

**Anexo 6 – História em quadrinhos.****Construção de História em Quadrinhos**

Atividade: Construa uma história em quadrinhos baseando-se nos conceitos que foram estudados nos dois dias de oficina.




## **Anexo 7 – Atividade experimental.**

### **Atividade experimental demonstrativa – O LED e as células fotovoltaicas**

#### **1. ROTEIRO EXPERIMENTAL**

##### **1.1 Objetivo**

- Visualizar uma das aplicações dos LEDs e dos semicondutores no funcionamento dos painéis fotovoltaicos;
- Compreender como ocorre a produção de energia em um painel fotovoltaico.

##### **1.2 Materiais utilizados**

- 1 relógio digital pequeno;
- 1 LED vermelho com encapsulamento transparente, de alto brilho, de 10 ou 5 milímetros de diâmetro;
- 2 pedaços de fio fino, de 15 cm, com as pontas desencapadas;
- 1 pilha de 1,5 V;
- 1 lâmpada incandescente, de pelo menos 100W, com boquilha e tomada ou um dia ensolarado;
- 1 multímetro.

##### **1.3 Procedimentos utilizados**

- Abra o compartimento onde se encontra a bateria do relógio. Retire a bateria e conecte os pedaços de fios aos terminais da bateria;
- Coloque uma fita adesiva para segurar os fios no lugar. Isso evitará a perda de contato elétrico entre os fios e os terminais da bateria quando você movimentar o experimento. Na outra extremidade dos fios, conecte os terminais do LED;
- Aproxime o LED de uma lâmpada incandescente de no mínimo 100W ou coloque o LED em um lugar com Sol intenso. O relógio irá funcionar. Se o relógio não funcionar, mova o LED em todas as direções até alcançar a melhor incidência da luz sobre o LED. A luz deve chegar até o fundo do LED. Se ainda assim o relógio não

funcionar, troque os terminais do LED que estão ligados ao relógio. Tanto o relógio quanto o LED possuem polaridade (como uma pilha, que possui polos positivo e negativo) e não funcionam se forem ligados invertidos;



Figura 15: Atividade experimental LED e as células fotovoltaicas  
Fonte: Educar Brasil. Gerando energia elétrica com a luz do Sol

## 2. TOMADA DE DADOS / DISCUSSÃO

Os diodos, assim como os LEDs, são formados por dois materiais semicondutores modificados, um deles, denominado semicondutor do tipo P, é eletricamente positivo; o outro, conhecido semicondutor tipo N, é eletricamente negativo. A união de um semicondutor do tipo P com um semicondutor do tipo N dá origem à chamada junção PN.

O LED e o painel fotovoltaico são duas das muitas aplicações tecnológicas da junção P-N e, por essa razão, ambos os dispositivos são estruturalmente similares. É essa semelhança estrutural que permite a um LED iluminado gerar tensão e manter funcionando um relógio digital.

Em um circuito elétrico, a função de uma bateria, ou de outra fonte de tensão qualquer, pode ser comparada à função exercida, em um circuito hidráulico, por uma bomba de água. Num circuito hidráulico, essa bomba mantém a água em movimento, porque a desloca continuamente, a partir de um potencial gravitacional mais baixo (reservatório A) até um potencial mais alto (reservatório B).

Essa função é similar à função de uma fonte de tensão em um circuito elétrico, já que as fontes de tensão também deslocam, continuamente, as cargas elétricas móveis presentes nesse circuito, desde um potencial elétrico mais baixo (ponto A), até um potencial elétrico mais alto (ponto B). Em uma bateria eletroquímica, como o que foi retirada do relógio, são químicas as reações responsáveis por “bombear” os elétrons entre os pontos de menor e de maior

potencial. Sem esse “bombeamento”, não poderia ser mantida a circulação de cargas elétricas no interior do circuito.

No caso de um LED iluminado ligado a um relógio digital, é a luz que “bombeia” as cargas elétricas entre os dois terminais do LED ligados ao relógio. Com isso, ela mantém o semicondutor do tipo P na condição de receptor de elétrons do circuito do relógio, bem como o semicondutor do tipo N na condição de doador de elétrons para o mesmo circuito. (Fonte: PAULA, ALVES, MATEUS. 2011, p. 91).

Fonte:

Educar Brasil. **Gerando energia elétrica com a luz do Sol**. Disponível em <http://www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/2982.pdf>. Acesso em 12/09/2017.

ALVES, E. G. e FORTINI, A. S. Usando um LED como fonte de energia. **Física na Escola**, v. 9, maio de 2008, p. 26-28.

**Anexo 8 – Vídeo.****Criação de Vídeo – Semicondutores e suas aplicações na tecnologia**

NOMES: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_/\_\_/\_\_

**Roteiro do vídeo****Dados:**

Nome do vídeo	
Tempo estimado	
Público alvo	
Ambiente de gravação	
Ator/atores:	
Cinegrafista	
Conteúdo abordado	

**Descrição do vídeo:**

Cena 1:

---



---



---



---



---

Cena 2:

---

---

---

---

---

Cena 3:

---

---

---

---

---

## Anexo 9 – Atividade diagnóstica 2.

### Atividade Diagnóstica 2

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

1. O texto a seguir contém erros. Identifique esses erros e corrija escrevendo corretamente o texto.

O estudo das propriedades elétricas dos materiais é muito importante para o desenvolvimento tecnológico da sociedade. Mas para entender os materiais que temos disponíveis, primeiro precisamos entender a estrutura atômica que envolve esses materiais. O átomo é composto por prótons e neutros em seu núcleo e elétrons em suas órbitas (níveis de energia). Quando temos um material sólido os átomos ficam muito distantes, com isso, as órbitas eletrônicas começam a se sobrepor criando bandas de energia (desdobramento de níveis de energia). Dessas bandas temos três tipos: Banda de valência (BV), banda proibida (BP) e banda de condução (BC).

Para que os elétrons possam conduzir corrente elétrica, estes precisam dar um salto da BV para a BC. Para isso dois fatores são importantes: A BV precisa estar semipreenchida e também os elétrons precisam receber uma quantidade de energia necessária para conseguir saltar pela BP. Dependendo do tipo de material essa BP pode se apresentar de forma diferente.

Nos isolantes, além da banda de valência estar totalmente preenchida a BP é bastante estreita, o que faz com que os elétrons não consigam adquirir energia suficiente para saltar, com isso não conduzem eletricidade. Já os condutores, possuem todos os pontos favoráveis, além de possuírem a BV semipreenchida, a BV e BC encontram-se ligadas, com isso, esses materiais são capazes de conduzir corrente elétrica na própria temperatura ambiente. Já nos semicondutores, a estrutura de bandas é semelhante a de um isolante, no entanto, sua BP é bem menor. Os semicondutores são materiais neutros, ou seja, não se comportam nem como condutor, nem como isolante. Os semicondutores são materiais essenciais no desenvolvimento da tecnologia, graças a esses materiais foi possível avançar muito, tanto na miniaturização quando na eficiência dos equipamentos e objetos que temos hoje.

2. Sobre as bandas de energia, faça um desenho que ilustre como são apresentadas as bandas de energia para os três materiais estudados: isolantes, condutores e semicondutores.
3. Em um material semicondutor, quando um elétron adquire energia este consegue saltar para a BC e conduzir corrente elétrica.
  - a. Nessa situação a concentração de portadores de carga aumenta ou diminui? Por quê?
  - b. Faça um desenho que ilustre essa situação:
4. Assinale V para verdadeiro e F para falso.
  - a. ( ) A Física Moderna não descarta a Física Clássica, mas tenta através de seus estudos contribuir para deixá-la mais precisa, estudando coisas inacessíveis aos nossos sentidos.
  - b. ( ) O processo de dopagem é um processo que prejudica a utilização dos materiais semicondutores na indústria tecnológica;
  - c. ( ) Um semicondutor do tipo P é um semicondutor que foi dopado com uma impureza doadora, da forma que ele passe a ter excesso de elétrons;
  - d. ( ) Os diodos são constituídos pela junção de um cristal dopado com impurezas do tipo N com outro cristal dopado com impurezas do tipo P. A união desses dois materiais dá origem a uma junção PN, que é a base de muitos dos dispositivos usados atualmente
  - e. ( ) Um dos problemas que impossibilita a utilização dos materiais semicondutores em grande escala são sua matéria prima. Elementos como o silício não são abundantes na natureza.
  - f. ( ) O transistor é um dispositivo semicondutor de 2 terminais. Este pode ser usado como computador e redutor de sinais.
  - g. ( ) A geração de energia luminosa em um LED é determinada pelo processo de recombinação que ocorre dentro do LED. Para isso, o material semicondutor precisa ser fortemente dopado e polarizado.
5. O LED é uma junção P-N capaz de emitir luz. Faça um pequeno quadro comparativo descrevendo as vantagens e desvantagens de uma lâmpada de LED e de uma lâmpada comum.

6. O computador é uma máquina capaz de armazenar e manipular informações. Após o estudo do conteúdo, qual a relação entre os materiais semicondutores e o desenvolvimento da tecnologia da informação? Faça um pequeno texto que descreva a evolução da computação relacionando com o estudo dos materiais semicondutores.



