



O ensino por investigação como abordagem didática para o estudo da condução de eletricidade em sólidos semicondutores

Lucas Chagas Fazolo
Jardel da Costa Brozeguini



Edifes
ACADÊMICO

LUCAS CHAGAS FAZOLO
JARDEL DA COSTA BROZEGUINI

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ABORDAGEM DIDÁTICA
PARA O ESTUDO DA CONDUÇÃO DE ELETRICIDADE EM SÓLIDOS
SEMICONDUCTORES

1ª Edição



Edifes
ACADÊMICO

CARIACICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO
2023



Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Espírito Santo

R. Barão de Mauá, nº 30 – Jucutuquara

29040-689 – Vitória – ES

www.edifes.ifes.edu.br | editora@ifes.edu.br

Reitor: Jadir José Pela

Pró-Reitor de Administração e Orçamento: Lezi José Ferreira

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional: Luciano de Oliveira Toledo

Pró-Reitora de Ensino: Adriana Piontkovsky Barcellos

Pró-Reitor de Extensão: Lodovico Ortlieb Faria

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: André Romero da Silva

Coordenador da Edifes: Adonai José Lacruz

Conselho Editorial

Aldo Rezende * Aline Freitas da Silva de Carvalho * Aparecida de Fátima Madella de Oliveira * Felipe Zamborlini Saiter * Gabriel Domingos Carvalho * Jamille Locatelli * Marcio de Souza Bolzan * Mariella Berger Andrade * Ricardo Ramos Costa * Rosana Vilarim da Silva * Rossanna dos Santos Santana Rubim * Viviane Bessa Lopes Alvarenga.

Revisão de texto, projeto gráfico e diagramação: José Almeida

Capa: José Almeida, adaptado de a href="https://www.freepik.com/free-vector/blue-dna-structure-background_764991.htm#query=moleculas&position=17&from_view=search&track=sph"

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

F287c Fazolo, Lucas Chagas.

O ensino por investigação como abordagem didática para o estudo da condução de eletricidade em sólidos semicondutores [recurso eletrônico] / Lucas Chagas Fazolo, Jardel da Costa Brozeguini. – Vitória, ES: Edifes Acadêmico, 2023.

91 p. : il. color. ; 30 cm.

ISBN 978-85-8263-694-7 (Livro digital).

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Semicondutores. 4. Lâmpadas de LED. 5. Material didático. I. Brozeguini, Jardel da Costa. II. Instituto Federal do Espírito Santo. Campus Cariacica. III. Título.

CDD 21: 530.07

(Bibliotecária: Luciana Dumer CRB6-ES nº 662)

DOI: 10.36524/9788582636947

Esta obra está licenciada com uma Licença Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Brasil.





**INSTITUTO
FEDERAL**

Espírito Santo

Campus
Cariacica

Jocélia Abreu Barcellos Vargas

Diretoria Geral

Yuri Blanco e Silva

Diretoria de Administração e Planejamento

Filipe Leoncio Braga

Diretoria de Ensino

Daniela da Gama e Silva Volpe Moreira de Moraes

Diretoria de Pesquisa, Pós-graduação e Extensão

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Apresentação

Caro Professor (a),

Este guia didático é o resultado de uma pesquisa científica desenvolvida entre os anos de 2020 e 2023, durante o curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) do Instituto Federal e Educação Tecnológica do Espírito Santo – campus Cariacica. Vinculado a uma dissertação de mestrado, este material estudou possibilidades e desafios do ensino da condução eletrônica em sólidos semicondutores utilizando o Ensino por Investigação como abordagem teórica.

A proposta didática foi aplicada em duas turmas da 1ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino do Espírito Santo, localizada no município de Cariacica. Este guia é destinado a professores do Ensino Médio e tem o objetivo de auxiliá-los em sua prática docente e na utilização de metodologias ativas no ensino de Física.

A intervenção pedagógica foi organizada em forma de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) a partir de diversas atividades investigativas, entre as quais podemos destacar: leitura de texto, demonstração investigativa, atividade computacional investigativa, atividade experimental investigativa, questões e problemas abertos. As orientações, os experimentos e as simulações utilizadas na intervenção didática estão presentes neste guia, destacando o seu potencial no desenvolvimento da autonomia do estudante.

Ainda, com o objetivo de situar o professor quanto à abordagem teórica este guia contém uma breve revisão teórica do Ensino por Investigação, que servirá de apoio ao profissional que opte por aplicar a sequência completa ou alguma de suas atividades.

Sumário

1. Introdução	07
2. Ensino de Ciências por Investigação	10
2.1 Ensino por Investigação.....	10
2.1.1 Demonstração investigativa.....	13
2.1.2 Laboratório aberto.....	14
2.1.3 Aulas de sistematização de conhecimento e textos de apoio.....	16
2.1.4 Questões abertas.....	17
2.1.5 Problemas abertos.....	17
2.1.6 Recursos tecnológicos.....	18
2.2 Alfabetização Científica.....	18
3. A Sequência de Ensino Investigativa	23
3.1 ENCONTRO 01: por que existem diferentes lâmpadas?.....	29
3.2 ENCONTRO 02: por que algumas lâmpadas foram proibidas.....	32
3.3 ENCONTRO 03: incandescente X LED - economia de energia.....	38
3.4 ENCONTRO 04: semicondutores - condutividade e resistividade.....	42
3.5 ENCONTRO 05: semicondutores - o que são?.....	45
3.6 ENCONTRO 06: semicondutores - bandas de energia.....	51
3.7 ENCONTRO 07: semicondutores - dopagem.....	55
3.8 ENCONTRO 08: semicondutores - junção PN.....	61
3.9 ENCONTRO 09: ligando LEDS e lâmpadas pingo d'água.....	68
3.10 ENCONTRO 10: física dos LEDS.....	72
3.11 ENCONTRO 11: A cor dos LED'S.....	78
4 ORIENTAÇÕES FINAIS	87
Referências.....	89



1 Introdução

A construção dos conhecimentos científicos está diretamente relacionada à investigação, de forma que a resolução dos problemas da sociedade é construída a partir da investigação e da colaboração direta ou indireta de diversos pesquisadores ao longo do tempo. Porém, quando discutimos os problemas relacionados ao ensino e aprendizagem de estudantes da Educação Básica, notamos uma dificuldade dos professores em tornar as aulas investigativas. A BNCC cita como terceira competência específica para a área de Ciências da Natureza que,

investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 558).

A partir de uma breve análise da BNCC é possível notar que a palavra “investigar” aparece 45 vezes, enquanto a palavra “investigação” aparece 37 vezes no documento. Desta forma, percebemos que os documentos orientadores da Educação Básica apontam diretamente para um ensino onde a investigação cumpre um importante papel na formação do estudante. Entretanto, é fácil notar nas salas de aula da Educação Básica que as metodologias utilizadas pouco propiciam a investigação.

Acredita-se que o Ensino por Investigação (EI) seja uma alternativa metodológica para favorecer a investigação no ensino de ciências. Para tal, é necessário planejar Sequências de Ensino Investigativas (SEI's), que são sequências de atividades investigativas preparadas com a finalidade de trabalhar conteúdos ou temas científicos. Carvalho (2018) salienta que a diretriz principal de uma atividade investigativa é o grau de liberdade intelectual e a elaboração do problema, pois o problema desencadeia o raciocínio dos estudantes e, com o grau de liberdade intelectual certo, eles têm coragem de expor suas ideias. Ainda, outro aspecto importante para promover a investigação, é criar condições para que o estudante não tenha medo de errar, pois segundo Carvalho (2018) isso é dar liberdade intelectual ao estudante.

Quando abordamos ensino de ciência, especificamente o ensino de Física, é possível enxergar muitas dificuldades, tanto do lado do professor, para encontrar a metodologia adequada, quanto para estudantes, durante a aprendizagem de conteúdos complexos. E ainda, o rápido acesso à informação e o exponencial avanço tecnológico tem transformado a relação de ensino e aprendizagem dos estudantes. Para tal o EI, aplicado a partir das SEI's, atua como um facilitador do processo educacional.

O adolescente contemporâneo já nasceu com uma diversidade de equipamentos eletrônicos e, de modo muito natural, utilizam esses equipamentos em todas as esferas de sua vida. A maioria desses equipamentos utilizam semicondutores como base para o seu funcionamento: celulares, computadores, televisores, tablets, LEDs e etc. Porém, a maioria deles não entendem o seu funcionamento ou a importância deles para o nosso modo de vida. Para tal, desenvolvemos uma SEI, com diversas atividades investigativas, em que a partir dela é possível trabalhar os principais conceitos relacionados à condução elétrica em semicondutores.

Porém, o ensino de Física atual, não busca apenas a aprendizagem de conceitos. Por isso, além dos conceitos, essa SEI também visa promover a Alfabetização Científica (AC) que, segundo Sasseron (2011) busca um ensino que permita ao estudante interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, possibilitando modificá-los e a si próprio por meio da prática consciente, possibilitada pela interação com noções e conhecimentos científicos.

Entende-se que a partir dessa Sequência Didática (SD) o professor poderá trabalhar de forma efetiva a condução elétrica em semicondutores, passando por conceitos de bandas de energia, dopagem, junção PN, chegando ao funcionamento das lâmpadas LED. Além disso, possibilitará aos estudantes o acesso a discussões, proposição de hipóteses e resolução de problemas de forma a aproximá-los da AC.



2 Ensino de Ciências por Investigação

2.1 Ensino por investigação

A sociedade vem sofrendo profundas modificações ao longo do tempo, da mesma forma, a educação acompanha essas transformações, o que impacta diretamente as formas de transmissão de conhecimento de uma geração para a outra. O que antes era passado diretamente, como uma verdade absoluta, por um professor detentor de todo o conhecimento para os alunos que sabem pouco ou nada, agora parece ser pouco eficaz no processo de ensino aprendizagem (CARVALHO, 2013).

No ensino de ciências, especificamente na Física, surgem muitas dificuldades durante o processo de aprendizagem, no qual o estudante surge apenas como um reprodutor de equações, que na maioria das vezes não faz nenhum sentido para ele. O professor frequentemente ignora todo o conhecimento cotidiano que o estudante traz consigo de sua vivência, criando um grande abismo entre seu conhecimento empírico e o conhecimento a ser estudado. Neste sentido Bachelard (1938) afirma:

acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros [...]. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1938, p. 23).

Assim, durante o planejamento, o professor deve levar em conta esses conhecimentos espontâneos, de maneira que questões e problemas apresentados dialoguem com os conhecimentos prévios do estudante, trazendo um engajamento maior ao buscar soluções.

Além disso é importante criar um ambiente em que o estudante se sinta à vontade para se expressar e expor seus conhecimentos, de modo que as questões preparadas pelo professor devem levá-lo a buscar evidências e justificativas para suas respostas, sistematizando seus raciocínios, pois, é nesse momento que a linguagem científica começa a se formar (CARVALHO, 2013). Durante o processo de construção científica, as interações dos estudantes com seus pares e com o professor faz-se indispensável, de maneira que a linguagem se torna muito importante no desenvolvimento do olhar científico do estudante a partir das trocas de ideias durante o levantamento e teste de hipóteses.

Porém, a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica deve ocorrer de forma gradual. É comum no ensino de ciências ocorrerem saltos bruscos entre a linguagem informal e a linguagem científica, o que segundo Cappechi (2013) “em vez de estimular o envolvimento dos estudantes com os temas científicos, esse ensino acaba

por romper com a curiosidade, tornando os alunos cada vez mais distantes e desmotivados” (CAPPECHI, 2003, p. 23).

Vale ressaltar que a linguagem científica vai além da linguagem verbal e para estudar ciências é necessária uma ampla gama de elementos, figuras, tabelas, gráficos, conceitos matemáticos etc. Assim, deve-se atentar em outras linguagens além da oral e da escrita, uma vez que não são o bastante para transmitir o conhecimento científico (CARVALHO, 2013).

Ainda, no processo de construção de novos conhecimentos o erro tem relevância significativa. Segundo Carvalho (2013) o erro quando trabalhado e superado pelo aluno ensina mais do que algumas aulas expositivas, em que o aluno apenas assiste. Segundo Capecchi (2013) para conhecer novas formas de pensamento, o aluno deve ter oportunidade de errar, de forma que gere reflexão, avaliando as ações que levam a erros ou acertos.

Neste âmbito a Alfabetização Científica tem se destacado como um dos principais objetivos do ensino de ciências. Em geral, destaca-se como um processo de construção contínua, que gera mudança de pensamento, influenciando diretamente no posicionamento e na tomada de decisões do aluno. Segundo Sasseron (2015 “pode-se afirmar que a Alfabetização Científica, ao fim, revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento” (SASSERON, 2015, p. 56).

Durante o planejamento de aulas que busquem a AC, Sasseron (2015, p. 57) considera três eixos que orientam o trabalho em sala de aula e trafegam entre pontos importantes do currículo e os aproximam da vida fora da escola. Esses eixos são:

a) a compreensão básica de termos e conceitos científicos, retratando a importância de que os conteúdos curriculares próprios das ciências sejam debatidos na perspectiva de possibilitar o entendimento conceitual; (b) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, deflagrando a importância de que o fazer científico também ocupa espaço nas aulas de mais variados modos, desde as próprias estratégias didáticas adotadas, privilegiando a investigação em aula, passando pela apresentação e pela discussão de episódios da história das ciências que ilustrem as diferentes influências presentes no momento de proposição de um novo conhecimento; e (c) o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, permitindo uma visão mais completa e atualizada da ciência, vislumbrando relações que impactam a produção de conhecimento e são por ela impactadas, desvelando, uma vez mais, a complexidade existente nas relações que envolvem o homem e a natureza (SASSERON, 2015, p. 57).

Alinhado com a ideia de Alfabetização Científica, o ensino por investigação surge como uma importante ferramenta para o ensino, oferecendo condições para a resolução de problemas, buscando relações entre fenômenos por meio de levantamento de hipóteses, podendo ser posta em prática em vários contextos. Para além disso, o ensino por investigação, assim como a AC, possibilita mudança de conceitos, construção de modelos e desenvolvimento de ideias que possam chegar em teorias e leis (SASSERON, 2015).

O ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, e desde que, com a orientação do professor, o processo investigativo seja colocado em prática pelos alunos, pode estar vinculada a qualquer recurso de ensino (SASSERON, 2015). A investigação no ensino leva o aluno a elaborar hipóteses, anotar e analisar dados e desenvolver a capacidade de argumentação, proporcionando o conhecimento dos processos científicos (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), embora, segundo Carvalho (2013) não há expectativa de que o aluno pense ou se comporte como cientistas, pois não possui requisitos para tal.

O que se propõe no ensino por investigação é a criação de um ambiente que conduza e medeie os alunos em um processo simplificado do trabalho científico, ampliando gradativamente a cultura científica, de forma a promover a Alfabetização Científica (CARVALHO, 2013). Para isso, o trabalho deve ser uma parceria entre professor e aprendizes, de modo a construir um entendimento científico sobre conceitos, modelos e teorias relacionados, gerando uma nova forma de perceber e comunicar os fenômenos da natureza, sendo a linguagem uma forma de relação com os conhecimentos e algo a ser aprendido (SASSERON, 2015).

O ensino por investigação é trabalhado por meio de Sequências de Ensino Investigativas, que são sequências de aulas abrangendo tópicos do currículo escolar, em que cada atividade, dos pontos de vista material e das interações didáticas, deve, segundo Carvalho (2013), proporcionar aos alunos

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

Ao trabalhar com SEI's, o professor deve garantir que todas as atividades das sequências sejam igualmente investigativas, tanto as atividades experimentais, quanto as não experimentais (textos, vídeos etc).

Sasseron (2015, p. 59) cita de forma simples o que são SEI's:

Em breves palavras, uma Sequência de Ensino Investigativa é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados (SASSARON, 2015, p. 59).

Carvalho (2013) salienta que uma SEI deve ter atividades-chave e, na maioria das vezes, se inicia com um problema contextualizado, teórico ou experimental, de forma a introduzir os alunos ao tópico a ser estudado e trabalhar variáveis relevantes do fenômeno. Após a resolução do problema, é necessário trabalhar uma atividade de sistematização de conhecimento construído pelos alunos, normalmente feita por leitura de texto, gerando discussões e comparações sobre os caminhos tomados durante a solução e com o relatado no texto. Outra atividade importante é a contextualização do conhecimento, neste ponto os alunos devem entender aplicações no cotidiano e na vida social. A autora ainda salienta que alguns conteúdos mais complexos demandam vários ciclos dessas três atividades ou de outros tipos de atividades que necessitam ser planejadas.

Portanto, o ensino por investigação pode ser promovido por meio de SEI's que são aplicadas a partir de uma série de atividades investigativas abordando tópicos do currículo. A seguir, serão apresentadas as atividades utilizadas na SEI deste trabalho com a descrição detalhada de cada uma delas.

2.1.1 Demonstração investigativa

Demonstrações investigativas são problemas experimentais nos quais a manipulação seja feita pelo professor. O problema relacionado ao fenômeno é apresentado ao estudante, proporcionando uma reflexão de caráter investigativo a esta atividade. Segundo Carvalho (2013) o professor necessita de muito autocontrole na etapa de resolução dos problemas.

Durante a manipulação o professor deve lançar perguntas como “O que vocês acham que devo fazer aqui?” ou “O que acontece caso eu faça isso ou aquilo?”, de modo que os estudantes criem hipóteses e exponham suas ideias, para então o professor manipular o equipamento. Para que a demonstração seja considerada investigativa devem ocorrer alterações consideráveis no papel do professor e do estudante.

O professor transforma-se em orientador, propondo questões, buscando que os estudantes criem hipóteses, estimulando sempre a argumentação em busca de explicações

causais, estimulando a participação ativa da turma. O estudante sai da função de observador e passa a ser componente ativo das aulas, além de apenas aprender conteúdos, também desenvolve atitudes e habilidades importantes como agir, pensar e argumentar.

Durante o processo, ele aprimora sua capacidade de levantar hipóteses, defender pontos de vista frente a turma e justificar suas ideias utilizando a teoria estudada como justificativa (CARVALHO, 2014, p. 46).

É importante lembrar que a resolução do problema não termina ao fim do experimento. Segundo Carvalho (2013) mais importante que a ação manipulativa, neste caso realizada pelo professor, é a passagem para a ação intelectual, realizada pelo estudante. Na etapa de sistematização de conhecimento o professor deve fazer perguntas como “O que fizemos para resolver o problema?” ou “Por que quando fizemos isso o problema foi resolvido?”. Neste momento, o estudante toma consciência do processo realizado pelo professor, estruturando e sistematizando conceitos importantes do fenômeno, além de criar condições para expor seus argumentos.

2.1.2 Laboratório aberto

As práticas de laboratório são muito comuns no ensino de ciências. Em geral essas práticas são formuladas de modo que o aluno siga instruções contidas em um roteiro, que é uma espécie de “receita de bolo” onde a resposta já é conhecida e tem-se pouco ou nenhum grau de liberdade.

No laboratório aberto, diferente do tradicional, não existe uma resposta conhecida e pré-definida para o problema. Nele, os estudantes, em grupo, resolvem os problemas por meio de investigações experimentais, e tem o objetivo de levar o discente a procurar soluções experimentais, usando de linguagens da ciência como construir tabelas com dados experimentais, relacionar variáveis com os fenômenos estudados, construir gráficos e investigar as estruturas matemáticas vinculadas às variáveis (CARVALHO, 2014, p. 71).

Borges (2002) define as atividades investigativas de acordo com quatro níveis de investigação, apresentados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Níveis de investigação em laboratórios de ciências

NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO	ENUNCIADO DO PROBLEMA	PROCEDIMENTOS	CONCLUSÕES
0	Dado	Dados	Dados
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: BORGES (2002)

No Quadro 1 o nível 0 de investigação refere-se ao laboratório fechado, onde o problema é enunciado, os procedimentos e a conclusão são dados, de forma que o estudante tenha o trabalho apenas de coletar os dados e verificar se o resultado é igual a conclusão. No nível 1, o problema é anunciado e os procedimentos são dados, mas os estudantes têm a liberdade de chegar a suas próprias conclusões. O nível 2, segundo Carvalho (2014, p. 72) é o laboratório aberto, onde o problema é dado, cabendo aos estudantes escolher os procedimentos usados para chegar às conclusões. Temos ainda o nível 3, em que todo o processo está em aberto, desde o enunciado do problema até a conclusão.

No laboratório aberto a investigação pode, segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014), ser subdividida em seis etapas:

1. Proposta do problema: o problema deve ser proposto de forma a estimular a curiosidade científica dos estudantes. É importante que a pergunta não seja muito específica, para gerar uma discussão ampla o bastante.
2. Levantamento de hipóteses: após a proposição do problema, os grupos de alunos devem levantar hipóteses por meio de discussões para tentar solucionar o problema.
3. Elaboração do plano de trabalho: após levantar hipóteses, deve ser decidido como o experimento será realizado. Nesta etapa decide-se desde o material utilizado até a coleta e análise dos dados. Segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014) é importante que esta discussão seja feita com toda a turma, para que se observe que nem todas as hipóteses podem ser testadas com um mesmo experimento e que mudanças experimentais controladas devem ser feitas de acordo com a hipótese a ser testada.
4. Montagem do arranjo experimental e coleta de dados: nesta etapa, os alunos manipulam o material, logo esta é a etapa mais prática do laboratório aberto. Para Azevedo (2004) e Carvalho (2014) é muito importante para que o estudante se acostume a ver a física como uma ciência experimental. Ainda, após a montagem do experimento, deve-se coletar os dados de acordo com o plano de trabalho elaborado.

5. Análise de dados: após a coleta de dados é necessário que sejam analisados de forma a obter-se informações importantes sobre o problema. Este momento engloba a construção de gráficos, equações e teste de hipóteses. Segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014) é o momento do laboratório aberto em que os estudantes apresentam mais dificuldades, cabendo ao professor mostrar que essa é a parte fundamental do trabalho científico e que a matemática ajuda na generalização do trabalho.

6. Conclusão: essa é a etapa de formalizar respostas para o problema inicial, momento de discutir sobre a validade das hipóteses tratadas inicialmente. É comum os alunos necessitem do auxílio do professor durante a conclusão do trabalho.

2.1.3 Aulas de sistematização de conhecimento e textos de apoio

Ao fim de atividades de laboratório aberto ou demonstração investigativa, Carvalho (2014, p. 83) recomenda que o professor sistematize os conhecimentos construídos por meio de uma aula teórica interativa, tratando o que foi trabalhado nos experimentos.

É importante fazer a passagem das relações qualitativas das variáveis, sistematizando em uma equação, isso é importante, pois é neste momento que são construídas as interações entre linguagem oral, gráfica e matemática. Em relação a esta etapa Carvalho (2014) propõe:

Esta é, em geral, a etapa mais difícil do ensino, pois os alunos, apesar de saberem construir gráfico a partir de uma função (exercícios que fazem sempre nas aulas de matemática), não têm nenhuma experiência sobre como fazer o inverso, isto é, descobrir qual a função matemática a partir de um gráfico obtido em um trabalho experimental (isso deve ser ensinado pelo professor de Física) (CARVALHO, 2014, p. 83-84).

Ao fim da aula de sistematização recomenda-se que o professor indique textos de apoio adaptados ou sugeridos do próprio livro didático, para que o estudante tenha contato com o conteúdo em uma linguagem mais formal. Durante a passagem para esta linguagem formal é comum surgirem dúvidas, que devem ser esclarecidas em uma discussão sobre o texto. Para Carvalho (2014) esses textos são importantes durante o estudo do aluno em casa ou em discussões das questões e problemas.

2.1.4 Questões abertas

Questões abertas são ferramentas imprescindíveis para as SEI's. Segundo Azevedo (2004) e Carvalho (2014) elas devem propor aspectos associados ao dia a dia dos estudantes, com a explicação ligada aos conteúdos abordados e discutidos nas aulas anteriores.

Azevedo (2004) comenta sobre a importância de desenvolver a argumentação e redação dos alunos. Neste sentido, Carvalho (2014) aponta que as questões abertas devem buscar permitir a participação do aprendiz, de forma a estimular a capacidade de reflexão, organização de pensamento e o uso da linguagem científica corretamente.

O uso deste tipo de questão proporciona o desenvolvimento de competência e habilidades exigidas na avaliação do ENEM:

- Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade;
- Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos;
- Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Azevedo (2004) e Carvalho (2014) destacam o potencial das questões abertas para serem usadas de diversas maneiras, em grupos pequenos ou desafio para a turma, podendo também ser colocadas em provas. Cabendo ao professor o devido cuidado para que as questões propostas desenvolvam as características citadas anteriormente.

2.1.5 Problemas abertos

Problemas abertos são situações gerais mostradas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde condições de contorno até potenciais soluções para a situação mostrada (AZEVEDO, 2004). O processo para solucionar esse tipo de problema vem por meio de um processo reflexivo e de tomada de decisões, que culmina em uma determinada sequência de etapas (CARVALHO, 2014).

Diferente das questões abertas, os problemas abertos levam à matematização dos resultados, e geralmente é uma atividade demorada que inclui muitos aspectos. Segundo Azevedo (2002), na busca da solução, os estudantes necessitam usar habilidades

características do fazer científico, como levantar hipóteses, delimitar condições de contorno, conhecer variáveis, escolher equações conhecidas e aplicá-las.

2.1.6 Recursos tecnológicos

Nos últimos anos a tecnologia se desenvolveu de forma exponencial e com ela surgiram recursos voltados para o ensino de Física, como vídeos, filmes, simulações, softwares e aplicativos. Em um primeiro momento esses recursos surgiram para computadores e mais recentemente para celulares e tablets.

A tecnológica alcançou um patamar nunca visto antes, ocupando um grande espaço na vida cotidiana. Moran (2013) afirma que a tecnologia nos atingiu como uma avalanche, envolvendo a todos, de maneira que há um significativo investimento na educação. Ainda, Carvalho (2014) incentiva o uso desses objetos de aprendizagem, pois se devidamente trabalhados com os alunos podem tornar a aprendizagem mais atraente e significativa. Já Moran (2013) ressalta que a tecnologia deve ser usada com cuidado para promover uma educação com qualidade, não servindo apenas para transmitir informações.

Carvalho (2014) ressalta que a utilização desses recursos não visa substituir os experimentos reais ou colocá-los no mesmo nível epistemológico e educacional. Durante o uso de simulações o professor deve deixar claro para o aluno que está interagindo com um modelo físico simplificado, que apenas se aproxima da realidade. Quanto aos vídeos, podem ser usados durante o processo para gerar discussões ou para concluir conteúdo.

2.2 Alfabetização Científica

A Alfabetização Científica (AC) é, sem dúvida, um dos grandes objetivos do ensino de Ciências. Segundo Sasseron e Carvalho (2011) a proposição da AC tem como objetivo a formação de cidadãos para atuarem na sociedade. Desta forma, o ensino visa a promoção de capacidades e competências entre os estudantes, capazes de permitirem-lhes a participação nos processos de decisões dia a dia.

Embora seja comum usar o termo “Alfabetização Científica”, Sasseron e Carvalho (2011) ressaltam que podem ser encontrados, na literatura nacional, os termos “Letramento Científico” e “Enculturação Científica”. Apesar de terem nomes diferentes, ambos os termos designam um ensino de Ciências que “almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 60).

Na BNCC é utilizada a expressão “Letramento Científico”, cuja definição é a proposta por Kleiman (1995), que define o letramento sendo o “resultado da ação de ensinar ou aprender a ler e escrever: estado ou condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita” (SOARES, 1998, p. 18).

Ainda, Sasseron e Carvalho (2011) salientam que o termo AC é utilizado para,

[...] designar as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON; CARVALHO, 2011, p.61).

Segundo Sasseron (2015, p. 56) a AC, ao fim, “revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento”. Ela é vista como um processo contínuo, que não se encerra no tempo e em si mesma, e assim como a Ciência, a AC está em constante construção, integrando novos conhecimentos. Esses novos conhecimentos impactam diretamente na tomada de decisões e posicionamentos, evidenciando as relações entre ciência, sociedade e diversas áreas do conhecimento.

Desta forma, o currículo de Ciências não deve ser pensado apenas com o objetivo de formar cientistas ou profissionais para o mercado de trabalho, mas também deve conter relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, voltando-se para a formação pessoal. Sasseron e Carvalho (2011) ressaltam que o foco deixa de estar apenas nos conceitos e métodos das ciências e recai sobre as naturezas das ciências e suas implicações mútuas com a sociedade e o ambiente.

Sasseron e Carvalho (2011) listam, partindo do estudo de textos de vários autores, diversas habilidades necessárias de serem encontradas em pessoas alfabetizadas cientificamente. Mas, levando em conta os pontos comuns e fazendo a convergência entre as diversas classificações das habilidades, pode-se agrupar essas habilidades em três blocos, chamados de eixos estruturantes da AC.

Assim, a Alfabetização Científica possui três eixos estruturantes, conforme pode ser observado no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Eixos estruturantes da Alfabetização Científica

EIXOS ESTRUTURANTES	CONCEITUAÇÃO
Compreensão básica de termos e conceitos científicos.	Retrata a importância de que os conteúdos curriculares próprios das ciências sejam debatidos na perspectiva de possibilitar o entendimento conceitual.
Compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática.	Deflagra a importância de que o fazer científico também ocupa espaço nas aulas de mais variados modos, desde as próprias estratégias didáticas adotadas, privilegiando a investigação em aula, passando pela apresentação e pela discussão de episódios da história das ciências que ilustrem as diferentes influências presentes no momento de proposição de um novo conhecimento.
Entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.	Permite uma visão mais completa e atualizada da ciência, vislumbrando relações que impactam a produção de conhecimento e são por ela impactadas, revelando, uma vez mais, a complexidade existente nas relações que envolvem o homem e a natureza.

Fonte: SASSERON; CARVALHO (2015, p. 56), adaptado pelo autor

Sasseron e Carvalho (2011) acreditam que a partir desses eixos estruturantes é possível classificar os sujeitos como alfabetizados cientificamente. Sendo assim, propostas didáticas que levem em conta esses três eixos, criando oportunidades para trabalhar problemas envolvendo sociedade e ambiente, discutindo fenômenos naturais e a construção do conhecimento, devem ser capazes de promover a Alfabetização Científica.

Moreira, Silva e Malheiro (2020) embasados nessas premissas, enfatizam que

Neste sentido, ao utilizar o termo Alfabetização Científica é necessário perceber que um dos princípios mais importantes dela não é inserir conteúdo, mas fazer pensar e refletir que essa alfabetização é a introdução dos alunos no universo de ciências em prol de resultados que os permitam dialogar sobre temas científicos, discutir seus desdobramentos e tomar atitudes (MOREIRA; SILVA; MALHEIRO, 2020, p. 5).

Inferimos assim que a promoção da AC está relacionada a vários fatores que podem facilitá-la ou dificultá-la. Portanto, cabe ao professor enquanto pesquisador, entender as dificuldades de seu contexto escolar e de seus estudantes.

AAC vai além de apenas conteúdos escolares, Caruso (2003) cita que ela é importante para o pleno exercício da cidadania, auxiliando o indivíduo em situações simples do cotidiano como, por exemplo, tomar um remédio de forma correta ou identificar se uma informação é verdadeira ou falsa. Por fim, cabe ressaltar que o professor deve estar atento, pois as aulas devem ser pensadas de maneira a preparar o estudante para a vida cotidiana, e não apenas como um simples reprodutor de conteúdos escolares.



3 A Sequência de Ensino Investigativa

A SEI proposta neste trabalho contempla o conteúdo condução eletrônica em sólidos semicondutores, usando como fio condutor a proibição das lâmpadas incandescentes e a troca destas pelas lâmpadas LED.

O planejamento da SEI tem como objetivo promover a participação ativa dos estudantes na construção dos conhecimentos científicos. Para atingir este objetivo, a SEI foi elaborada para ser aplicada ao longo de 14 aulas.

O Quadro 3 a seguir apresenta o resumo da Sequência de Ensino Investigativo, abordando o conteúdo de condução elétrica em sólidos semicondutores.

Quadro 3 – Resumo da Sequência de Ensino Investigativa

(continua)

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
1	50	Apresentação da proposta didática	Apresentar a proposta didática e Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	Reunião para apresentação do projeto e esclarecimentos sobre as dinâmicas e assinatura do TCLE e TALE
2	50	Demonstração investigativa Atividade 1: Nuvem de palavras. Diferença entre as lâmpadas.	1. Verificar os conhecimentos relacionados a lâmpadas incandescentes e lâmpadas LED. 2. Estimular a participação ativa. 3. Elaborar hipóteses. 4. Promover o debate. 5. Avaliar o conhecimento conceitual.	No primeiro momento o professor utilizará o site "Mentimeter" para criar uma nuvem de palavras que será exibida na TV da sala de aula. Os alunos deverão usar os Chromebooks ou seus próprios smartphones para responder às primeiras palavras que lhes vierem à mente sobre a seguinte pergunta: "Quais são as primeiras palavras que vem à sua mente quando você pensa no funcionamento das lâmpadas?" No segundo momento, o professor utilizará um experimento com duas lâmpadas com mesma capacidade de iluminação, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada LED. As lâmpadas serão ligadas simultaneamente em um circuito e os alunos receberão o roteiro da atividade para responder uma pergunta sobre as diferenças entre as duas lâmpadas.

(continua)

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
3	50	<p>Leitura de texto e questões relacionadas ao texto.</p> <p>Atividade 2:</p> <p>Por que algumas lâmpadas foram proibidas?</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.2. Promover o debate.3. Compreender o funcionamento das lâmpadas incandescentes.4. Identificar os impactos que a troca das lâmpadas causa no meio ambiente. <p>Avaliar a aprendizagem conceitual.</p>	<p>A aula iniciará com a apresentação do tema e em seguida a turma será dividida em grupos de quatro pessoas que receberão um roteiro com um diálogo fictício entre dois irmãos conversando sobre a proibição da fabricação e da venda de lâmpadas incandescentes.</p> <p>Após a leitura, cada grupo deverá discutir entre si e responder questões relacionadas ao texto.</p> <p>No momento final, será iniciada uma discussão, onde as respostas serão apresentadas para a turma. O professor mediará a conversa de forma a conduzir os estudantes aos conceitos necessários para a próxima etapa.</p>
4	50	<p>Leitura de texto, interpretação de conta de energia elétrica e questões relacionadas.</p> <p>Atividade 3:</p> <p>incandescente x LED - economia de energia.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.2. Promover o debate.3. Relembrar conceito de potência elétrica.4. Compreender o cálculo do consumo de energia elétrica.5. Identificar os impactos que a troca das lâmpadas causam na conta de energia e no orçamento familiar.6. Avaliar a aprendizagem conceitual.	<p>A aula iniciará com a apresentação do tema e em seguida a turma será dividida em grupos de quatro pessoas que receberão um roteiro contendo um texto sobre o cálculo do consumo de energia elétrica e uma conta de energia elétrica da EDP Escelsa, típica de residências do ES.</p> <p>Após a leitura do texto, o grupo deverá analisar e interpretar a conta de energia elétrica. Em seguida, deverão resolver um problema relacionado à economia financeira mensal com a substituição das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas LED e uma dissertativa argumentativa sobre as vantagens dessa substituição.</p> <p>No momento final, será iniciada uma discussão e as respostas serão apresentadas para a turma. O professor mediará a conversa de forma a conduzir os estudantes aos conceitos necessários para a próxima etapa.</p>

(continua)

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
5	50	Leitura de texto, interpretação de tabela e questões relacionadas. Atividade 4: Semicondutores - condutividade (σ) e resistividade (ρ).	1. Apresentar os conceitos de condutividade e resistividade. 2. Apresentar o conceito de semicondutores. 3. Leitura de texto. 4. Interpretação de tabela. 5. Resolução questão aberta.	A aula iniciará com a apresentação da tabela de maneira que os estudantes serão divididos em grupos de 4 pessoas, os quais deverão interpretar os valores de condutividade e resistividade, classificando os elementos como “condutores”, “isolantes” ou “não sei”. Os estudantes deverão responder qual foi o critério utilizado para classificar os elementos. Ao fim, lerão o texto “semicondutores”, o qual apresentará o conceito de semicondutores.
6	Assíncrono 50	Texto para leitura em casa e um questionário sobre o texto. Atividade 5: Semicondutores.	1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal. 2. Promover o debate. 3. Compreender o que são semicondutores e suas características. 4. Avaliar a aprendizagem conceitual. 5. Analisar as dificuldades encontradas e auxiliar na preparação de aula expositiva, além de ensinar conceitos básicos de materiais semicondutores.	Ao final da atividade 5 será disponibilizado um roteiro contendo um texto sobre semicondutores e cinco questões relacionadas ao mesmo. Os alunos irão realizar a atividade em casa e entregar em até 48 horas de antecedência, para que o professor tenha tempo de avaliar e adaptar a aula as dificuldades encontradas pelos alunos.
	Síncrono 50	Aula expositiva e dialogada sobre Semicondutores.	1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal. 2. Promover o debate. 3. Fortalecer os conceitos de semicondutores adquiridos nas atividades anteriores.	Baseado nas respostas apresentadas pelos estudantes na atividade anterior, o professor vai preparar uma aula expositiva e dialogada com o intuito de fortalecer os conceitos de semicondutores necessários para as próximas etapas da SD.

(continua)

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
7	50	<p>Atividade investigativa com auxílio de simulação.</p> <p>Atividade 6: semicondutores - bandas de energia (simulador PHET).</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.2. Promover o debate.3. Relembrar os conceitos de condutor, isolante e semicondutor.4. Introduzir o conceito de bandas de energia.5. Compreender o conceito de bandas de energia.6. Compreender a condução por bandas em condutores, isolantes e semicondutores.7. Avaliar a aprendizagem conceitual.	<p>A aula iniciará com a apresentação do tema e da simulação, em seguida a turma será dividida em grupos de 4 alunos. Cada grupo terá acesso a 01 Chromebook e receberá um roteiro de atividade contendo 05 questões investigativas.</p> <p>Após a familiarização, os grupos irão manipular a simulação, discutir e criar hipóteses sobre as questões propostas. O professor deverá ficar atento aos questionamentos e conduzir as discussões para que os estudantes cheguem aos conceitos de forma correta.</p> <p>Por fim, os grupos apresentarão suas respostas para a turma e o professor terá o papel de conduzir as discussões para a formação adequada dos conceitos.</p>
8	50	<p>Demonstração investigativa com auxílio de experimento.</p> <p>Atividade 7: semicondutores - dopagem (experimento bolas de isopor).</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.2. Promover o debate.3. Introduzir o conceito de dopagem.4. Compreender o conceito dopagem.5. Avaliar a aprendizagem conceitual.	<p>A aula iniciará com a apresentação do tema e do experimento de dopagem com bolas de isopor. No momento inicial o professor demonstrará o experimento com diversos átomos de silício ligados entre si com ligações covalentes, os questionamentos serão conduzidos de forma que os alunos visualizem a falta de elétrons livres.</p> <p>Após os questionamentos iniciais, um átomo de silício será substituído por um átomo de fósforo, com 5 elétrons de valência, de forma a visualizar um elétron livre após a ligação. Finalmente, o átomo de fósforo será substituído por um átomo de boro, com 3 elétrons de valência. Os questionamentos devem conduzir a turma a visualizar os elétrons livres e as lacunas deixadas pelas impurezas adicionadas.</p> <p>No momento final, o professor deverá, de forma expositiva e dialogada, esclarecer os conceitos e conduzir a turma a um conhecimento mais formal.</p>

(continua)

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
9	50	<p>Atividade investigativa com auxílio de simulação e vídeo.</p> <p>Atividade 8: semicondutores - junção PN (simulador PHET).</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.2. Promover o debate.3. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.4. Promover o debate.5. Introduzir o conceito de Junção PN e Diodos.6. Compreender o conceito de junção PN.7. Compreender a aplicação Junção PN em Diodos.8. Avaliar a aprendizagem conceitual.	<p>A aula iniciará com a apresentação do tema e da simulação, em seguida a turma será dividida em grupos de 4 alunos. Cada grupo terá acesso a 01 Chromebook e receberá um roteiro de atividade contendo 03 questões investigativas.</p> <p>Após a familiarização, os grupos irão manipular a simulação, discutir e criar hipóteses sobre as questões propostas. O professor deverá ficar atento aos questionamentos e conduzir as discussões para que os estudantes cheguem aos conceitos de forma correta.</p> <p>Por fim, os grupos apresentarão suas respostas para a turma e será apresentado um vídeo sobre junção PN e diodos para fortalecer os conceitos necessários para a próxima etapa.</p>
10	50	<p>Aula expositiva e dialogada sobre Junção PN.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.2. Promover o debate.3. Fortalecer os conceitos de semicondutores adquiridos nas atividades anteriores.	<p>Aula expositiva e dialogada usando slides, quadro e a simulação para sistematizar o conceito de junção PN.</p>
11	50	<p>Atividade experimental e questionário.</p> <p>Atividade 9: semicondutores - diodo emissor de luz (LED).</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Compreender o funcionamento de LEDs.2. Avaliar a aprendizagem conceitual.	<p>Os estudantes serão divididos em grupos de até 4 pessoas e receberão um kit contendo uma lâmpada pingom d'água, um LED alto brilho, duas pilhas AA e uma base para as pilhas.</p> <p>Receberão um roteiro de questões, onde deverão montar circuitos e responder às perguntas.</p> <p>Por fim, deverão apresentar as respostas para a turma e discutir para chegar aos conceitos corretos.</p>

(conclusão)

AULA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DINÂMICA
12	50	Demonstração investigativa. Atividade 10: A cor dos LEDs.	1. Compreender a emissão de luz das lâmpadas incandescentes. 2. Compreender a emissão de luz nas lâmpadas LED. 3. Resolução questão aberta. 4. Leitura de texto.	Breve retomada de conceitos estudados ao longo da SEI. Construção histórica sobre a invenção dos LEDs vermelho, verde e azul. Demonstração investigativa com circuito de LED RGB. Leitura do texto. Resolução de questão aberta diferenciando a emissão de cor entre LED e incandescente. Exposição das respostas e discussão.
13	50	Reaplicação da atividade 1. Nuvem de palavras. Diferença entre as lâmpadas.	1. Averiguar mudança conceitual a partir da nuvem de palavras e da atividade sobre a diferença entre as lâmpadas.	No primeiro momento utilizaremos o site “Mentimeter” para criar uma nuvem de palavras que será exibida na TV da sala de aula. Os alunos deverão responder a pergunta: “Quais são as primeiras palavras que vem à sua mente quando você pensa no funcionamento das lâmpadas?”. No segundo momento utilizaremos um experimento com duas lâmpadas com mesma capacidade de iluminação, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada LED. As lâmpadas serão ligadas simultaneamente em um circuito e os alunos receberão o roteiro da atividade para responder uma pergunta sobre as diferenças entre as duas lâmpadas.

As atividades investigativas foram enumeradas no Quadro 1 com o intuito de organizar os objetivos de cada uma das etapas da SEI. Vale ressaltar que o professor deve criar um ambiente investigativo, deixando os estudantes à vontade para discutir e formular hipóteses sem medo de errar.

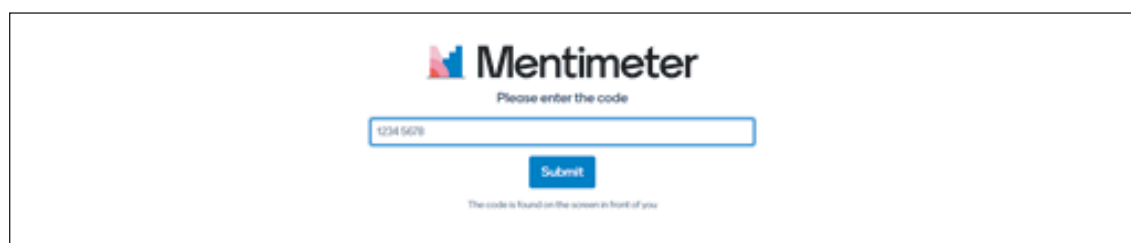
Esta SD pode ser aplicada em qualquer ambiente escolar, desde que seja adaptada para a realidade do professor.

3.1 ENCONTRO 01: por que existem diferentes lâmpadas?

Esta atividade teve como objetivo identificar os conceitos prévios dos estudantes sobre o funcionamento das lâmpadas, de maneira a utilizar, em um primeiro momento, o “Mentimeter” para criar uma nuvem de palavras e, em um segundo momento, utilizar um experimento e um questionário, sobre as diferenças entre uma lâmpada incandescente e uma lâmpada LED.

No primeiro momento utiliza-se o aplicativo Mentimeter para criar uma nuvem de palavras que é exibida em tempo real em uma TV ou Datashow, à medida que os estudantes respondem à pergunta “O que vem a sua mente quando pensa no funcionamento das Lâmpadas?” O professor deve orientar que os estudantes escrevam as 5 primeiras palavras que vierem a sua mente ao pensarem no funcionamento de uma lâmpada. Ainda, os estudantes devem utilizar computador, celular ou Chromebook. Para que os estudantes tenham acesso a pergunta, o professor deve solicitar que entrem no site **www.menti.com** e digitem o código da nuvem de palavras. A Figura 1 a seguir apresenta a tela a que o estudante terá acesso para digitar o código fornecido pelo professor.

Figura 1 – Tela de inserção de código no site www.menti.com



Fonte: MENTIMETER (2023)

Após a inserção do código, o estudante terá acesso a tela mostrada na Figura 2. Vale ressaltar que o professor deve orientar os estudantes a inserirem todas as palavras antes de acionarem a tecla “Enter”. A nuvem de palavras aparece em tempo real no monitor da sala conforme os estudantes enviam suas respostas ao site.

Figura 2 – Tela de inserção de palavras que o estudante terá acesso após a inserção do código fornecido pelo professor

The image shows a screenshot of the Mentimeter web interface. At the top, the Mentimeter logo is displayed. Below it, a poll question is presented: "O que vem a sua mente quando pensa no funcionamento das Lâmpadas?". There are five text input fields stacked vertically, each with a small arrow icon on the right side. At the bottom of the input fields is a blue button labeled "Enviar".

Fonte: MENTIMETER (2023)

A nuvem será usada na última aula, ocasião em que esta atividade será repetida para averiguar as mudanças conceituais ocorridas na turma após a aplicação da SEI. Esta etapa pode ser adaptada com o professor fazendo uma nuvem de palavras no quadro, à medida que os estudantes oralizam o que vem a sua mente sobre o funcionamento das lâmpadas.

No segundo momento o professor deve usar um aparato experimental com duas lâmpadas de mesma capacidade de iluminação, uma incandescente com potência de 40W e outra LED com potência de 6W (Figura 3). As lâmpadas devem ser ligadas simultaneamente em um circuito elétrico simples.

Figura 3 – Experimento com uma lâmpada incandescente de 40W e com uma lâmpada LED de 6W



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Os estudantes receberão o roteiro da atividade para responder a uma pergunta sobre as diferenças entre as duas lâmpadas. O questionário, em folha impressa, deve ser aplicado a cada aluno participante da sequência investigativa.

Atividade

Escola: _____

Professor: _____


Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Por que existem diferentes lâmpadas

Caro aluno, neste experimento temos à nossa disposição duas lâmpadas, uma incandescente e outra LED. Faremos uma demonstração investigativa com vistas a criar hipóteses sobre o funcionamento de ambas.

As duas lâmpadas emitem luz, mas podemos ver que elas são diferentes. Você poderia dizer qual é a principal diferença (ou principais diferenças) entre elas? (Faça desenhos e esquemas se julgar necessário).



Esta etapa foi desenvolvida com a finalidade de iniciar a SEI, conduzindo o estudante à percepção de que existem diferentes tipos de lâmpadas com funcionamentos diferentes.

Estas atividades foram preparadas para uma aula de 50 minutos e devem ser aplicadas novamente ao final da SEI para verificar o quanto as concepções dos alunos sobre lâmpadas foram modificadas.

3.2 ENCONTRO 02: por que algumas lâmpadas foram proibidas

A aula inicia-se com a apresentação do tema e, em seguida divide-se a turma em grupos de quatro pessoas que receberão o texto “Por que algumas lâmpadas foram proibidas?” Esse texto é composto por um diálogo fictício entre dois irmãos que, enquanto esperam seus lanches em uma lanchonete, assistem à chamada de uma notícia no Jornal Nacional sobre a proibição da fabricação e da venda de lâmpadas incandescentes.

O texto foi escrito em formato de diálogo e apresenta uma conversa informal entre os irmãos Ana e João. Onde, João é um adolescente curioso e Ana é uma jovem estudante de Física, que responde pacientemente a todos os questionamentos lançados por seu irmão depois de assistirem à chamada da notícia. Esta atividade de leitura foi pensada para apresentar os conceitos de Física envolvidos no funcionamento das lâmpadas incandescentes, rendimento das lâmpadas LED e das incandescentes, e, além disso, levantar a discussão sobre os impactos ambientais positivos trazidos pela substituição das lâmpadas menos econômicas pelas mais econômicas.

Os grupos devem ler, discutir e responder às 5 questões abertas relacionadas ao texto. Nesta etapa cabe ao professor verificar se os alunos entenderam a atividade e orientá-los durante o trabalho, sem fornecer as respostas.

No momento final, os grupos apresentam suas hipóteses sobre as questões para toda a turma, para discutir e averiguar se suas respostas estão conceitualmente corretas. Esta etapa é importante, pois possibilita a ampliação do vocabulário dos estudantes. O professor deve mediar a apresentação e ao final de cada pergunta conduzir os estudantes aos conceitos corretos, quando estes responderem de forma equivocada e/ou trouxerem os conceitos com uma linguagem menos formal, de forma a sistematizar conhecimentos.

O objetivo desse encontro é fazer com que os estudantes entendam os conceitos relacionados ao funcionamento das lâmpadas incandescentes, que as lâmpadas LED são mais eficientes que as incandescentes e se conscientizem dos impactos ambientais gerados a partir da proibição da produção das lâmpadas incandescentes. A atividade foi preparada para ser aplicada em uma aula de 50 minutos.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- Incandescência;
- Efeito Joule;
- Potência Elétrica.

Atividade

Caro aluno, nesta atividade vamos usar uma história fictícia entre um casal de irmãos conversando sobre a proibição da fabricação e da comercialização das lâmpadas incandescentes. A partir da história você deve discutir com o professor e com seus colegas para resolver os questionamentos.

Por que algumas lâmpadas foram proibidas?

Quinta à noite, Ana e João, seu irmão mais novo, saíram para lanchar e na TV da lanchonete viram a chamada de uma notícia que chamou atenção de João.

William Bonner: “No próximo bloco, a partir de 1º de julho, lâmpadas incandescentes sairão do mercado”.

Sabendo que Ana era estudante de Física e muito atenta às notícias, João pergunta.

João: Como assim Ana, vão parar de vender lâmpadas? E quando as lâmpadas de casa queimarem? Vamos ter que usar vela?

Depois de uma longa e sonora gargalhada, Ana responde.

Ana: Não é isso mano, são só as lâmpadas IN-CAN-DES-CEN-TES que vão sair do mercado, HAAAAHA.

João: Ué, mas lâmpada não é tudo igual? Existe mais de um tipo?

Ana: Claro, existem vários tipos de lâmpadas, tem as incandescentes, as halógenas, as fluorescentes e as LED.

João: Eita, mas por que isso? Lâmpada não serve só para dar luz e pronto?

Ana: Sim João, mas existem tecnologias diferentes, assim como os celulares e os videogames evoluem com o tempo, as lâmpadas também passaram por isso.

João: Hum, saquei! Mas por que essa tal de incandescente está sendo proibida?

Ana: Isso é fácil, a história dessas lâmpadas é legal...

João: xiiii, lá vem a nerd dar palestra, hahaha.

Ana: Elas foram inventadas por Thomas Edison em 1879 e mudaram o mundo porque antes disso a iluminação era feita por velas ou lamparinas, tipo quando acaba a energia em nosso bairro...

João: Tá, mas você ainda não me disse porque foram proibidas!

Ana: Calma, seu impaciente! Voltando ao assunto... elas são produzidas da mesma forma a quase 150 anos e assim como os ferros de passar e o chuveiro elétrico, elas funcionam por

Atividade

um negócio chamado Efeito Joule...

João: Efeito o que?!

Ana: Efeito “Jaule”, se fala “jaule” mas se escreve “joule”. Este efeito transforma energia elétrica em energia térmica. Lembra da resistência do chuveiro? Os elétrons passam pelo fio enroladinho e por conta da dificuldade de “andar” lá dentro acabam liberando calor e esquentando o fio, por isso que a água fica quentinha.

João: Mas por que o chuveiro e o ferro não acendem igual a lâmpada?

Ana: Eles geram luz sim, lembra da churrasqueira elétrica do papai? A resistência fica vermelhinha quando vai esquentando, mas as lâmpadas brilham mais porque esquentam mais.

João: Sim, mas ela não fica brilhante como as lâmpadas lá de casa.

Ana: As lâmpadas lá de casa são LED, funcionam de outro jeito. Mas as lâmpadas no farol do Fusca de papai são incandescentes, lembra como elas esquentam quando a gente bota a mão pertinho?

João: É verdade, você disse que existe mais de um tipo de lâmpada.

Ana: As incandescentes brilham mais porque são feitas para isso, elas são feitas por um fio fininho de tungstênio, enroladinho tipo uma hélice de DNA, que fica dentro de um bulbo de vidro. Quando a corrente passa por esse fio, sua temperatura fica em torno de 3000° C, deixando ele tão incandescente que emite luz.

João: Ok, mas você ainda não me disse porque estão sendo proibidas.

Ana: É verdade, me empolguei na explicação e esqueci disso... Elas estão sendo proibidas por mais de um motivo, primeiro pela baixa eficiência elétrica...

João: Eficiência elétrica?! O que é isso?

Ana: HUUUUUM, excelente pergunta. Pensa comigo...qual é a função principal de uma lâmpada?

João: Função principal? Deixa eu pensar... acho que iluminar as coisas?!

Ana: Isso mesmo, a principal função é produzir luz. Mas, se temos uma lâmpada que transforma 95% da energia elétrica em calor e apenas 5% em luz, ela é eficiente?

João: Acho que não!

Ana: Por que não?

João: Haaaa, porque quase toda a energia consumida por ela é desperdiçada com calor.

Ana: Isso mesmo irmão! As lâmpadas incandescentes fazem justamente isso, usam só 5% da energia para produzir luz, o resto é dissipado em forma de calor.

Atividade

João: Haaaaa, é por isso que mamãe trocou as lâmpadas lá de casa?!

Ana: Exatamente, ela pediu para o papai botar as LED, que gastam muito menos energia e duram muito mais tempo. As lâmpadas LED economizam até 85% de energia em relação a outra, fora que enquanto a incandescente dura umas mil horas, a LED dura umas 25 mil.

João: Caramba, então foi por isso que papai estava falando que a conta de luz ficou mais barata?

Ana: Isso mesmo! E isso só em nossa casa que tem umas 10 lâmpadas, imagina a quantidade de energia que isso consome em todas as lâmpadas do Brasil?!

João: Nossa, é muita energia!

Ana: É aí que entra um outro motivo de proibirem essas lâmpadas, quanto mais energia a gente consome, mais precisa ser produzida e maiores são os impactos ambientais. Com essa economia da substituição das lâmpadas, menos regiões precisam ser alagadas para abastecer hidrelétricas e menos CO₂ é emitido pelas usinas termelétricas.

João: O que é CO₂ mesmo?

Ana: Credo João, você já estudou isso! CO₂ é gás carbônico, aquele gás que ajuda a provocar o efeito estufa.

João: Caramba, essa tal de incandescente é ruim mesmo heim!

Ana: Pois é mano...elas já foram top, mas com o avanço da ciência e da tecnologia acabaram ficando para trás.

João: Viva a ciência e a tecnologia!

Ana: Calma que ainda tem mais...como as lâmpadas incandescentes duram 25 vezes menos do que as LED, ao substituí-las produzimos muito menos lixo, poluindo menos o meio ambiente.

João: Então quando proibem as lâmpadas incandescentes, estão fazendo bem para o meio ambiente e para o nosso bolso né?!

Ana: Isso mesmo!

João: Eureka! Isso é bom demais!

Ana: E ainda tem mais...

João avista ao fundo o garçom chegando com o pedido e interrompe sua irmã.

João: Tem mais, nada! Agora deixa de conversa fiada que chegou nosso lanche!

Ana: Ai que bom! Tô morrendo de fome!

Lucas Chagas Fazolo
Autor

Esta atividade de leitura foi planejada para apresentar os conceitos de Física envolvidos no funcionamento das lâmpadas incandescentes, rendimento das lâmpadas LED e das incandescentes e, além disso, levantar a discussão sobre os impactos ambientais positivos trazidos pela substituição das lâmpadas menos econômicas pelas mais econômicas.

Questões relacionadas ao texto

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caros alunos, a partir da leitura da história vocês devem discutir com seus colegas para resolver os questionamentos a seguir:

Questão 1 – O que são lâmpadas incandescentes? Como elas funcionam?

Questão 2 – Por que as lâmpadas incandescentes foram proibidas no Brasil?

Questões relacionadas ao texto

Questão 3 – As lâmpadas incandescentes mudaram o mundo, elas foram o principal aparelho de iluminação durante mais de 100 anos. Antes delas a iluminação era por meio de velas, lamparinas ou fogueiras. Levando em conta a importância destas lâmpadas para a história da humanidade, elabore uma hipótese que explique a proibição da fabricação e venda destas lâmpadas:

Questão 4 – Quais as vantagens de trocar as lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED?

Questão 5 – Nos últimos anos, fala-se muito sobre desenvolvimento sustentável e consumo consciente. Dada a importância destes temas para a sociedade, quais os impactos ambientais que a troca das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas LED causa no meio ambiente?

3.3 ENCONTRO 03: incandescente x led - economia de energia

A aula inicia-se com a apresentação do tema e, em seguida divide-se a turma em grupos de quatro pessoas que receberão o roteiro contendo o texto “Cálculo do consumo de energia elétrica” e duas questões abertas, além de uma conta de energia da distribuidora de energia elétrica.

O texto sobre o conceito de energia elétrica em quilowatt-hora (kWh) foi escrito em formato expositivo o qual dialoga com o estudante, ligando potência elétrica, em Watts (W), com o tempo de uso dos aparelhos, em hora (h).

O professor deve orientar os estudantes a lerem o texto e discutir. Caso o professor ache necessário, também é recomendável fazer uma leitura em conjunto com toda a turma.

O objetivo dessa etapa foi conduzir os estudantes à percepção de que a economia de energia gerada com o uso de lâmpadas LED também gera economia financeira. A atividade foi preparada para ser aplicada em uma aula de 50 minutos.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- Cálculo do consumo de energia elétrica (quilowatt-hora (kWh));
- Cálculo financeiro do consumo de energia.

Texto

Caro aluno, você tem em mãos um texto que trata do cálculo do consumo de energia e uma conta de energia elétrica, o objetivo desta atividade é entender o cálculo do valor pago pela energia elétrica e obter o valor poupado com a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED.

Cálculo do consumo de energia elétrica

Todo aparelho elétrico tem uma potência específica apresentada em Watts (W), o cálculo da energia elétrica consumida por esses aparelhos é feito com base em sua potência e no tempo em que cada um permanece ligado, de modo que a energia elétrica consumida seja calculada em quilowatt-hora (kWh). Entender esse cálculo é de grande importância para um uso consciente da energia elétrica.

Texto

Assim, para calcular o consumo da energia elétrica é necessário conhecer a potência e o tempo em que esse aparelho funciona. A equação que usamos para calcular o consumo da energia elétrica é a seguinte:

$$E_{EL} = P \cdot \Delta t$$

onde,

E_{EL} - Energia elétrica consumida (kWh)

P - Potência (kW)

Δt - Intervalo de tempo de uso (h)

Esta equação mostra que o consumo de energia elétrica, medido kWh, pode ser calculado pelo produto (multiplicação) entre a potência, geralmente é informada no aparelho, e o intervalo de tempo de funcionamento desse aparelho, em horas.

Para sabermos o impacto deste consumo no preço da conta de luz, é necessário verificar qual é o preço do kWh em sua fatura de energia elétrica, uma vez que esse valor muda de acordo com a região do Brasil.

Para calcular o impacto mensal de determinado aparelho na conta de luz, basta multiplicar o valor cobrado por kWh com o a energia elétrica consumida pelo aparelho (E_{EL}), onde:


$$R\$ = (\text{valor por kWh}) \cdot (E_{EL})$$

Após a leitura do texto, cada grupo receberá uma conta de energia elétrica para analisar e interpretar, de forma a identificar o valor cobrado por kWh. Esta conta de energia elétrica, Figura 4 a seguir, foi adaptada a partir de uma conta real, para que os estudantes aprendessem a analisar as informações contidas nas contas de suas residências.

Além disso, a atividade vem acompanhada de questionário contendo dois exercícios discursivos: o primeiro foi um problema não experimental, no qual por meio da discussão, do cruzamento de informações contidas no texto e na conta de energia e dos cálculos,

os alunos deveriam descobrir a economia financeira na conta de energia com a troca das lâmpadas incandescente por LEDs; e o segundo exercício, uma questão aberta, onde os alunos deveriam dissertar sobre as vantagens dessa substituição.

Figura 4 - Conta de energia elétrica


EDP ESPÍRITO SANTO DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA S.A.

ALBERT EUSTEN
 RUA ISAAC NEWTON 1687
 CASA 01
 DISTRITO CARACIÁ - ES
 91200-000 CARACIÁ - ES
 UF PERNAMBUCO - MOEDAFACIL - SINALIZADA TAMPA COM CONTROLO
 TENSÃO NOMINAL 127 V

Central de Atendimento
 0800 721 9797

Número de Contador
 1234567

Data de Emissão
 27/04/2022

Data de Venc.
 Abr 11/2022

Endereço de Instalação
 EPD01234567891011121314151617181920

Informações sobre o sistema de medição (energia) estão disponíveis no site da ABBE (www.abbe.gov.br)

Local de Instalação
Albert Eusten
 RUA ISAAC NEWTON 1687
 CASA 01
 91200-000 CARACIÁ - ES

Dados do Cliente		Dados do Contrato		Dados da Conta		Dados de Pagamento	
Nome	Nº do Contrato	Nº da Conta	Valor da Conta	Data de Venc.	Data de Emissão	Valor do Débito	Valor em Dívida
ALBERT EUSTEN	123456789	123456	R\$ 128,33	27/04/2022	27/04/2022	R\$ 128,33	R\$ 0,00

Descrição de Pagamento		Valor	Valor em Dívida
Parâmetro de energia elétrica		128,33	
Consumo	11,00 kWh	128,33	
Alíquota Bandeira Especial Pátria		0,00	
Impostos		0,00	
Outros		0,00	
Contribuição de Rec. Pátria - Lei Municipal		0,00	
Total		R\$ 128,33	

Valor Total a Pagar
R\$ 128,33


Valor em Dívida
R\$ 0,00

Agradecemos a pontualidade no pagamento.

ALBERT EUSTEN	PC de Contador	Uso	Valor a Pagar
RUA ISAAC NEWTON 1687 CASA 01 DISTRITO CARACIÁ - ES	1234567	27/04/2022	R\$ 128,33

ATENÇÃO: Defeitos para Débito Automático: 4404000000

Considere esta conta quitada, pagando pelo o débito em sua conta corrente. Caso contrário, pagar na rede bandeira creditadora. Após o vencimento aplica-se multa de 2% por dia de 1% ao mês e atualização monetária.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Atividade

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caros alunos, utilizem as informações contidas no texto e na conta de energia elétrica para discutir e resolver as questões propostas.

Questão 1 – Uma prática comum da maioria das fabricantes de lâmpadas LED é estampar na embalagem a equivalência entre a potência de seu produto e a de uma lâmpada incandescente, veja o exemplo na Figura 1 a seguir: a ideia é mostrar que o seu produto gera a mesma quantidade de luz utilizando uma quantidade significativamente menor de energia, trazendo assim economia financeira.

Figura 1 – Lâmpada LED Osram com potência de 6W

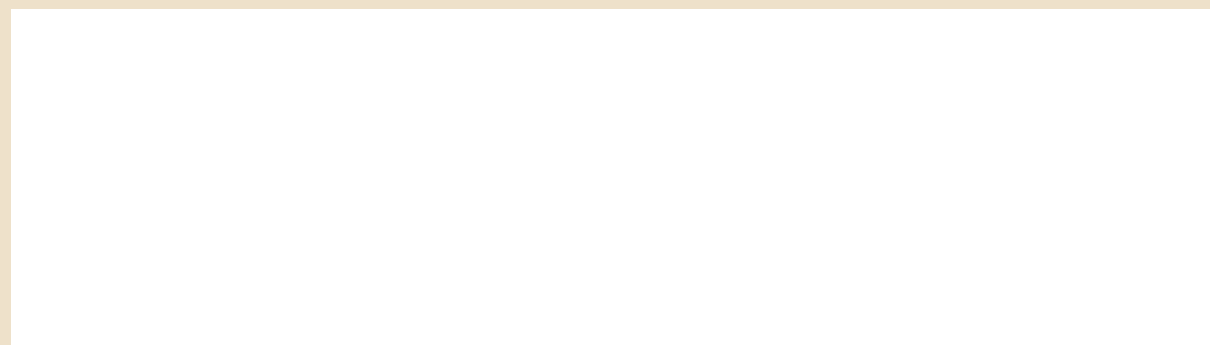


Fonte: OSRAM (2022)

Você tem em mãos uma conta de energia contendo diversas informações comuns a este tipo de fatura. Levando em conta o valor pago por kWh, sabendo que o “Sr. Albert Einstein” usa as lâmpadas de sua casa por 5 horas diárias, qual seria a economia em 30 dias se ele trocasse 10 lâmpadas incandescentes de 60W por 10 lâmpadas LED de 8W? Mostre os cálculos e explique o caminho seguido para chegar aos valores finais.

Atividade

Questão 2 – Elabore uma hipótese sobre o que aconteceria com a conta de luz se ele utilizasse lâmpadas não econômicas. Será que vale a pena, do ponto de vista financeiro, trocar as lâmpadas incandescentes pelas LED?



Ao final, assim como na etapa anterior, os grupos apresentam suas hipóteses sobre as questões para toda a turma, de forma a discutir e averiguar se suas respostas estão conceitualmente corretas. Todo o processo deve ser mediado pelo professor, conduzindo a turma a uma linguagem científica, além de gerar consciência coletiva do impacto econômico causado pela troca e/ou substituição das lâmpadas.

3.4 ENCONTRO 04: semicondutores - condutividade e resistividade

Essa aula foi elaborada com intuito de introduzir o conceito de materiais semicondutores. A estratégia utilizada é, a partir dos conceitos de condutividade e de resistividade elétrica, conduzir os estudantes a entenderem que existe um tipo de material diferente de condutores e isolantes, que habitualmente estão acostumados a ver no cotidiano. A atividade foi preparada para ser aplicada em uma aula de 50 minutos.

A turma deve ser dividida em grupos de quatro pessoas que receberão a atividade intitulada “Condutividade e Resistividade”. Esse roteiro contém um pequeno texto introduzindo os conceitos em questão de maneira a levar o estudante a concluir que essas são grandezas inversas, onde, quanto maior for a condutividade de um material, menor será a resistividade e vice-versa. O roteiro contém uma tabela com os valores de condutividade e a resistividade de diversos materiais, de forma que os estudantes devem analisar os valores, discutir e classificar os materiais entre “condutores”, “isolantes” e “não sei dizer”.

Após discutir e classificar os materiais, os grupos devem responder uma pergunta aberta sobre quais foram os critérios utilizados por cada grupo para classificar os materiais.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- Condutividade;
- Resistividade;
- Introdução aos semicondutores.

Atividade

Caro aluno, nesta atividade discutiremos a capacidade de condução eletrônica em sólidos. O objetivo é identificar qual o tipo de material de acordo com a condutividade e a resistividade.

Condutividade (σ) e Resistividade (ρ)

Quando abordamos a condução de elétrons em sólidos é necessário entender sobre a condutividade e a resistividade elétrica desses materiais. Condutividade (σ) é a capacidade que um material possui em conduzir corrente elétrica, quanto maior é o seu valor maior sua capacidade de conduzir elétrons. Resistividade (ρ) é o inverso da condutividade e está relacionada com a dificuldade que o material tem em conduzir eletricidade.

Na tabela a seguir observamos colunas com valores de Condutividade (σ) e Resistividade (ρ), faça uma análise das informações e responda qual é o tipo de material. Marque a opção de acordo com os números descritos (1 – Condutor / 2 – Isolante / 3 – Não sei dizer).

TABELA DE CONDUTIVIDADE (σ) E RESISTIVIDADE (ρ) DE MATERIAIS DIVERSOS			
Material	Condutividade σ (Ωm^{-1})	Resistividade ρ (Ωm)	Classificação
Prata	$6,8 \times 10^7$	$1,6 \times 10^{-8}$	
Cobre	$6,0 \times 10^7$	$1,7 \times 10^{-8}$	
Ouro	$4,3 \times 10^7$	$2,4 \times 10^{-8}$	
Alumínio	$3,8 \times 10^7$	$2,8 \times 10^{-8}$	
Aço Inox	$0,2 \times 10^7$	$0,5 \times 10^{-8}$	
Germânio	2,1	$4,7 \times 10^{-2}$	
Silício	$4,6 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^3$	
Vidro	$1,0 \times 10^{-11}$	$1,0 \times 10^{11}$	
Mica	$1,1 \times 10^{-15}$	$9,0 \times 10^{14}$	
Borracha	$1,1 \times 10^{-15}$	$9,1 \times 10^{14}$	
Quartzo	$1,3 \times 10^{-16}$	$7,5 \times 10^{15}$	

Atividade

Qual foi o critério utilizado para classificar os elementos?

Semicondutores

Sabemos por estudos anteriores e por nossas experiências cotidianas que existem os materiais condutores, que conduzem energia elétrica e os materiais isolantes, que não conduzem energia elétrica. Os condutores têm elevados coeficientes de condutividade e consequentemente baixos coeficientes de resistividade, diferente dos isolantes que possuem pequenos valores de condutividade e elevados valores de resistividade.

O que talvez você ainda não saiba é que existe uma terceira categoria de classificação, os semicondutores. Esses materiais possuem condutividade e resistividade intermediária entre condutores e isolantes. Provavelmente você identificou condutores e isolantes com certa facilidade, mas deve ter encontrado alguma dificuldade para encontrar os semicondutores, que na tabela são Silício (Si) e Germânio (Ge). Existem diversos materiais semicondutores, mas estes dois são os mais usados na indústria para a produção de dispositivos eletrônicos.

Esta atividade foi pensada com o intuito de propiciar aos estudantes, a partir das interações didáticas e do material, a criação de hipóteses de forma a utilizarem seus conhecimentos prévios sobre condutores e isolantes para iniciarem novos conhecimentos sobre semicondutores. O que está de acordo com uma das definições de SEI, que são

sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

Na etapa seguinte o professor deve convidar os grupos a apresentarem suas respostas para a turma e discutirem sobre quais foram os seus critérios de classificação com os componentes dos outros grupos e alterarem suas hipóteses conforme a discussão avança.

Ainda, para finalizar a atividade, os grupos devem ler o texto “Semicondutores”, localizado no final do roteiro. O objetivo dessa leitura é de sistematização do conhecimento, pois o texto conduz os estudantes a entender que quando tratamos de condução eletrônica, existe uma terceira categoria de materiais, os materiais semicondutores.

3.5 ENCONTRO 05: semicondutores - o que são?

Ao final da aula anterior os alunos receberão o roteiro contendo o texto “O que são semicondutores?” e 5 questões abertas relacionadas a ele. Esta atividade foi planejada para ser realizada em casa ou nas aulas de estudo orientado, como uma sala de aula invertida, de modo a ser devolvida ao professor com pelo menos 48 horas de antecedência, para que este tenha tempo de analisar as respostas e preparar uma aula de acordo com as dificuldades encontradas pelos alunos.

O objetivo desta atividade é o estudo do conceito de materiais semicondutores, trazendo características básicas desses materiais, que são importantes para as próximas aulas da SEI.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- Características básicas dos materiais semicondutores;
- Elétrons livres e Buracos(lacunas);
- Condução elétrica em materiais semicondutores.

Texto

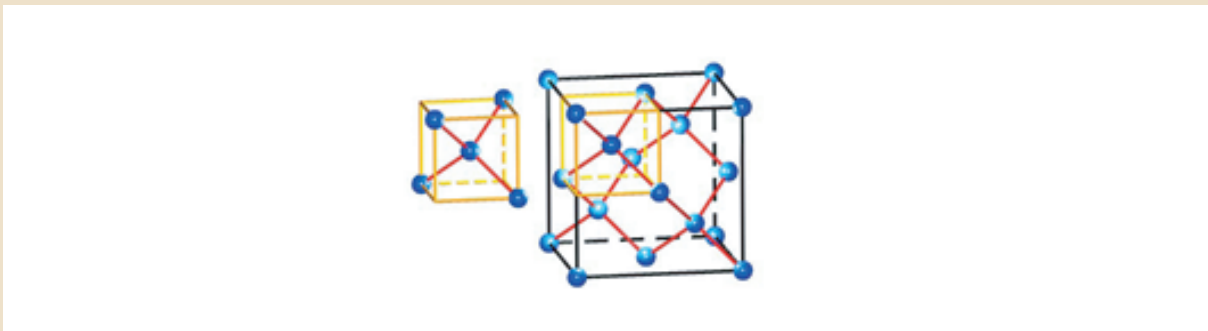
O que são semicondutores?

Caro aluno, esta atividade foi desenvolvida com o objetivo de gerar base para as próximas etapas de nossa sequência. Você deverá estudar o texto e responder uma série de questões desenvolvidas para avaliar seus conhecimentos sobre semicondutores.

Texto

Os semicondutores são sólidos cristalinos, sua organização atômica têm uma ordem de longo alcance que se repete ao longo do material. Essas estruturas são chamadas de estruturas cristalinas e repetem-se por distâncias muito maiores do que um átomo, formando uma rede cristalina. A Figura 1 a seguir apresenta o arranjo atômico de Silício (Si) e Germânio (Ge) que apresentam a mesma estrutura atômica cristalina do diamante.

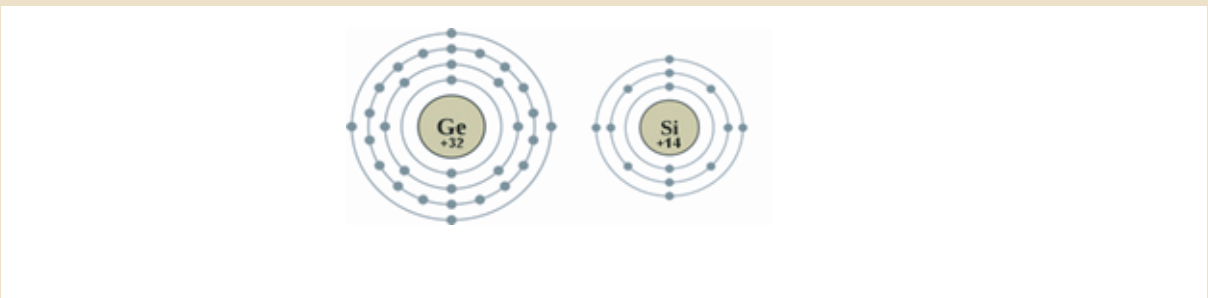
Figura 1 – Estrutura cúbica do diamante na qual se cristaliza o Si e o Ge



Fonte: UNIOESTE (2010)

Silício (Si) e Germânio (Ge) são os elementos químicos puros mais usados em dispositivos eletrônicos. Eles pertencem à família 14 (família do Carbono) da tabela periódica e possuem 4 elétrons na camada de valência. A Figura 2 apresenta a distribuição dos elétrons desses elementos com seus 4 elétrons na camada mais externa.

Figura 2 – Distribuição eletrônica dos átomos de Germânio (Ge) e Silício (Si)

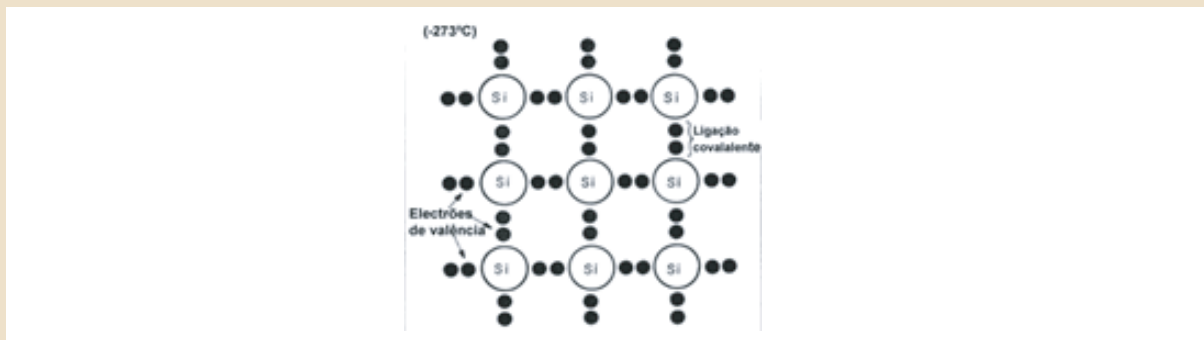


Fonte: CIRCUITO AMIGO [s.d]

É impossível encontrar átomos de Germânio ou Silício “soltos” na natureza. Eles fazem ligação covalente entre si e cada átomo liga-se a outros quatro átomos iguais, formando o cristal, o que se repete por toda a rede cristalina. A Figura 3 exibe algumas ligações de átomos de Silício a temperaturas próximas ao zero Absoluto (-273 °C).

Texto

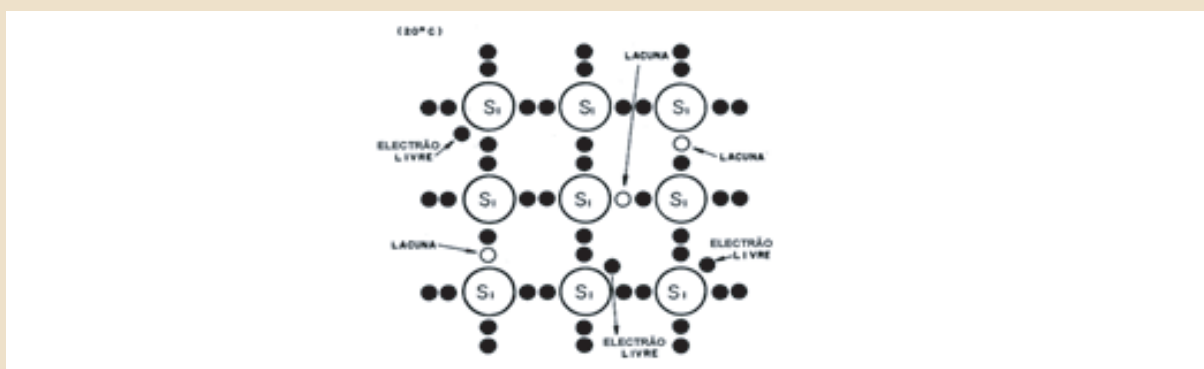
Figura 3 – Representação bidimensional da estrutura cristalina do Silício a -273°C



Fonte: ALCHEMIST ENGENHARIA [s.d]

Os semicondutores funcionam como isolantes quando estão a temperaturas próximas do zero absoluto (-273°C), pois seus 4 elétrons de valência estão ligados a outros 4 elétrons de outros átomos, não sobrando elétrons livres no material. Porém, à temperatura ambiente (20°C) alguns elétrons “pulam” da camada de valência para a camada de cima, deixando lacunas (buracos) em seus lugares de origem. A Figura 4 apresenta a estrutura cristalina do Silício à temperatura de 20°C com os elétrons livres e os buracos deixados por eles.

Figura 4 – Representação bidimensional da estrutura cristalina do Silício a 20°C



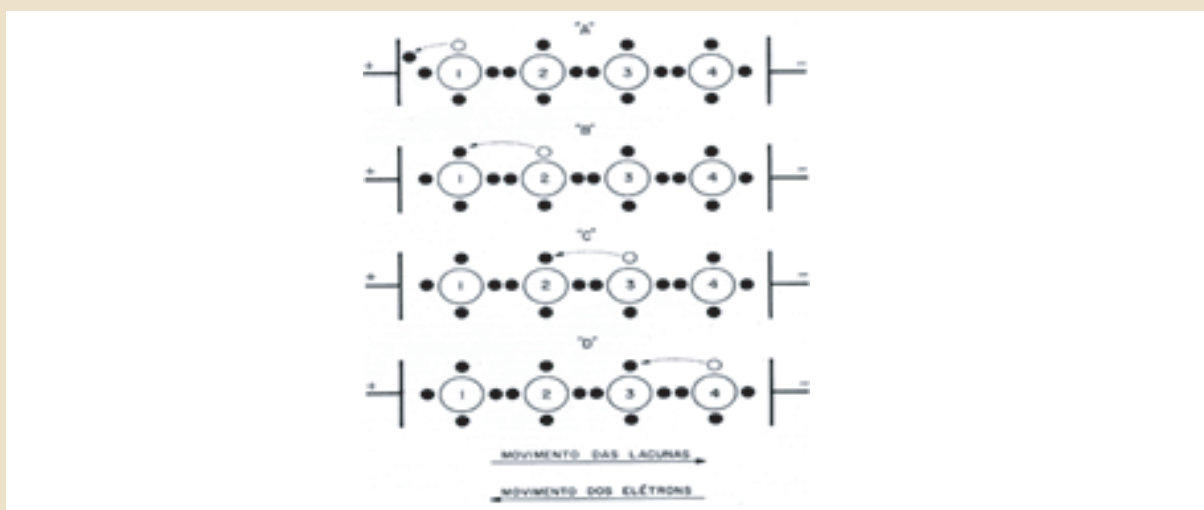
Fonte: ALCHEMIST ENGENHARIA [s.d]

Conforme a temperatura se eleva mais elétrons são liberados devido à energia da agitação térmica e a condutividade elétrica do material aumenta. Assim como os elétrons livres, as lacunas deixadas por eles também participam da condução eletrônica. Embora não apresente carga elétrica a lacuna se comporta como se fosse uma carga positiva, devido à falta de um elétron. Vale lembrar que o elétron tem sinal negativo e o buraco sinal positivo.

Texto

Quando um elétron deixa um buraco o elétron de um átomo vizinho pode deixar sua ligação e preencher esse "vazio". Com isso, o segundo elétron deixa um buraco em sua posição original que por sua vez pode ser preenchido por um outro elétron. Dessa forma um buraco pode "caminhar" por um cristal na direção contrária à do movimento dos elétrons. A Figura 5 a seguir exibe o movimento sucessivo dos elétrons e dos buracos deixados por eles, as setas indicam que eles se movimentam em sentidos opostos.

Figura 5 – Movimento dos elétrons e das lacunas em semicondutores



Fonte: ALCHEMIST ENGENHARIA [s.d]

A partir do entendimento sobre os materiais semicondutores a ciência deu um enorme salto em relação ao desenvolvimento tecnológico. O estudo destes materiais ao longo dos anos possibilitou a invenção de aparelhos que fazem parte do nosso cotidiano como computadores, celulares, notebooks e as lâmpadas LED, que serão nosso objeto de estudo nas próximas aulas.

Atividade

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caro aluno, tomando o que você estudou no texto “O que são semicondutores?”, responda às questões desenvolvidas para avaliar seus conhecimentos sobre semicondutores (Utilize desenhos e esquemas se julgar necessário).

Questão 1 - O que são semicondutores? Quais são suas principais características?



Questão 2 – Quais são os principais semicondutores puros usados na fabricação de dispositivos eletrônicos? Existem outros além desses?



Atividade

Questão 3 – Como os semicondutores se comportam quando estão a temperaturas próximas do zero absoluto (-273°C)?

Questão 4 – O que acontece com esse tipo de material com o aumento da temperatura

Questão 5 – Como funciona a condução dos elétrons no material? As lacunas (buracos) deixados por ele exercem algum papel?

Em nossa aplicação da SEI, baseado nas respostas apresentadas pelos estudantes, preparamos uma apresentação em slides para uma aula expositiva e dialogada com o intuito de fortalecer os conceitos de semicondutores necessários para as próximas etapas da SD. Com o auxílio de imagens e esquemas o conceito de material semicondutor foi sistematizado com uma linguagem mais formal, introduzindo conceitos fundamentais para o andamento das próximas etapas da SEI.

A apresentação em slides preparada para a nossa aplicação da SEI pode ser encontrada no endereço eletrônico: <https://docs.google.com/presentation/d/1I86KCN-TzpHrq8-cuoc9yzszfIBOgODCU/edit?usp=sharing&oid=108782152170471485371&rtpof=true&sd=true>.

3.6 ENCONTRO 06: semicondutores - bandas de energia

Esta aula inicia-se com a apresentação do tema e da simulação e, em seguida, a turma deve ser dividida em grupos de 4 alunos. Cada grupo deve ter acesso a 1 Chromebook ou computador e receber o roteiro de atividades contendo 5 questões investigativas.

Inicialmente, o professor deve explicar a atividade e demonstrar o funcionamento do simulador de forma que se familiarizem com a ferramenta. Após este momento os grupos devem manipular a simulação, discutir e criar hipóteses sobre as questões propostas.

Nesta etapa é importante ficar atento aos questionamentos e conduzir as discussões para que os estudantes cheguem aos conceitos de forma correta. Por fim, os grupos devem apresentar suas respostas para a turma, cabendo ao professor conduzir as discussões para a formação adequada dos conceitos.

O simulador utilizado é o *conductivity* (condutividade) da plataforma PHET, criado pela Universidade de Colorado. As questões foram planejadas de maneira que os estudantes manipulem a simulação, levando-os a perceber a condução dos elétrons a partir das bandas de energia em materiais condutores, isolantes e fotocondutores. O objetivo desta atividade é trabalhar as bandas de energia, levando os estudantes a estudar conceitos importantes para entender a teoria das bandas.

Esta atividade foi preparada para uma aula de 50 minutos e foi elaborada com o objetivo de trabalhar o conceito de bandas de energia a partir da manipulação da simulação da plataforma PHET “condutividade”, que pode ser acessada no endereço eletrônico: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/conductivity.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- Bandas de energia.

A questões foram planejadas para que os estudantes manipulem a simulação, levando-os a entender a condução dos elétrons a partir das bandas de energia em materiais condutores, isolantes e fotocondutores.

Roteiro de atividade

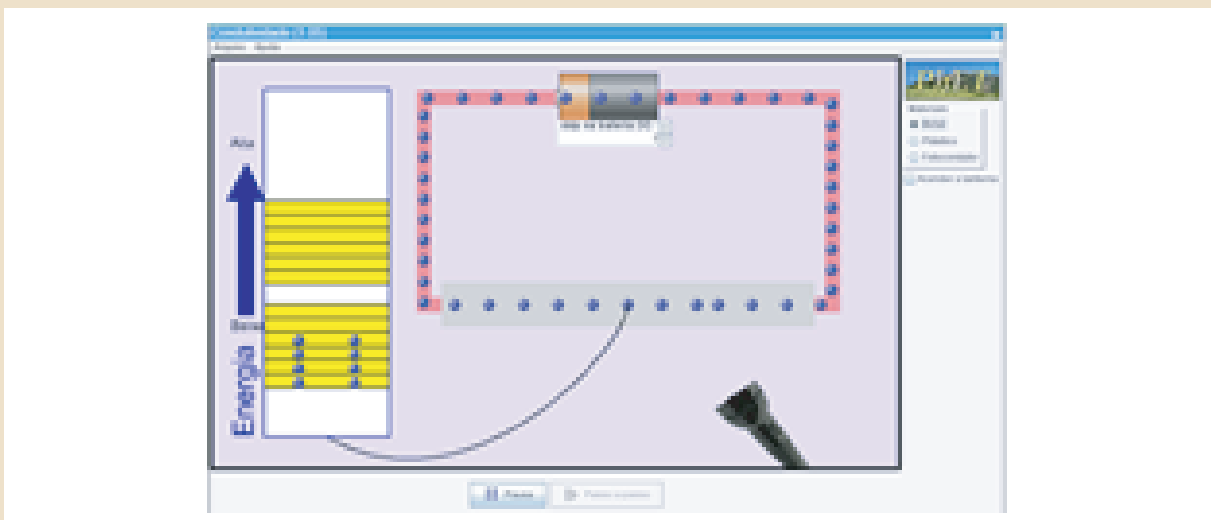
Escola: _____
Professor: _____
Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____
Aluno: _____

ATIVIDADE COMPUTACIONAL

Bandas de energia

Caro aluno, nesta atividade vamos usar a simulação “CONDUTIVIDADE” como auxiliar para entender a condução elétrica em materiais semicondutores. A partir dela vamos visualizar o funcionamento das Bandas de Energia. Siga as instruções e discuta com seus colegas e professor para resolver os questionamentos propostos.

Figura 1 – Simulação “Condutividade” do PHET Colorado



Fonte: PHET COLORADO (2022)

Roteiro de atividade

Questão 1 – Observe a aba Materiais, no canto superior direito, você pode selecionar três materiais diferentes: Metal, Plástico e Fotocondutor.

Selecione os três materiais (Metal, Plástico e Fotocondutor) e observe atentamente cada um deles. Crie hipóteses sobre qual é a diferença entre cada um deles (Se julgar necessário faça desenhos e esquemas para explicar).

Questão 2 – Selecione a opção Metal. Ajuste a tensão em + 2V e reduza lentamente até chegar em 0V. O que você observa?

Questão 3 – Selecione a opção Plástico e ajuste a tensão em + 2V e reduza lentamente até chegar em 0V. O que você observa?

Roteiro de atividade

Questão 4 – Selecione a opção Fotocondutor. Ajuste a tensão em + 2V e reduza lentamente até chegar em 0V. O que você observa?

Questão 5 – Selecione a opção Fotocondutor, marque a opção “acender a lanterna”. Ajuste a tensão em + 2V e reduza lentamente até chegar em 0V. O que você observa?

Questão 6 – Descobrimos em nossos estudos que podemos classificar os materiais de acordo com sua condutividade e sua resistividade. Dependendo dos valores registrados podemos classificá-los como condutores, isolantes ou semicondutores. Após manipular a simulação e discutir com seus colegas, você seria capaz de responder qual ou quais são as principais diferenças entre esses materiais? Por que alguns conduzem os elétrons e os outros não conduzem? (Se achar necessário faça desenhos e esquemas para explicar).

3.7 ENCONTRO 07: semicondutores - dopagem

O objetivo desta aula é introduzir o conceito de dopagem em semicondutores, a partir das ligações químicas covalentes. Esta aula foi planejada para que o professor manipule a maquete (Figura 4), discutindo com os estudantes e fazendo questionamentos com o objetivo de que entendam o conceito de dopagem em semicondutores.

O professor deve iniciar com a apresentação do tema e da maquete (Figura 5) e na sequência demonstrar o experimento com diversos átomos de silício ligados entre si com ligações covalentes. Os questionamentos devem ser conduzidos de forma que os estudantes visualizem a falta de elétrons livres no cristal de silício puro.

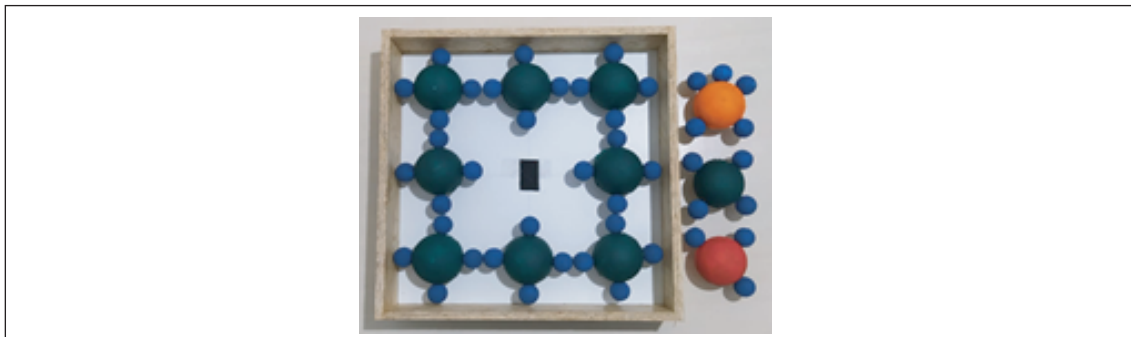
Após os questionamentos iniciais, o átomo de silício deve substituído por um átomo de fósforo, com 5 elétrons de valência, de forma a visualizar o elétron livre após a ligação. Finalmente, o átomo de fósforo deve ser substituído por um átomo de boro, com 3 elétrons de valência. Os questionamentos devem conduzir a turma a visualizar os elétrons livres e as lacunas deixadas pelas impurezas adicionadas. No momento final, o professor pode esclarecer os conceitos, de forma expositiva e dialogada, conduzindo a turma a um conhecimento mais formal.

Esta atividade é uma demonstração investigativa preparada para uma aula de 50 minutos e seu objetivo principal é introduzir o conceito de dopagem em semicondutores, a partir das ligações químicas covalentes. Cabe ao professor organizar a turma de maneira que os estudantes possam participar das discussões durante a demonstração. Além disso, os estudantes devem ser estimulados a discutir suas possíveis hipóteses com seus pares ao longo da aula. Esta aula pode ser aplicada em qualquer ambiente, porém recomendamos aplicá-la em um laboratório, para que se crie um ambiente investigativo.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- Dopagem em semicondutores;
- Dopagem tipo N;
- Dopagem tipo P.

Figura 5 – Maquete criada para ensinar o processo de dopagem, com os elementos Boro (B) na cor vermelha, Silício (Si) na cor verde e Fósforo (P) na cor laranja



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

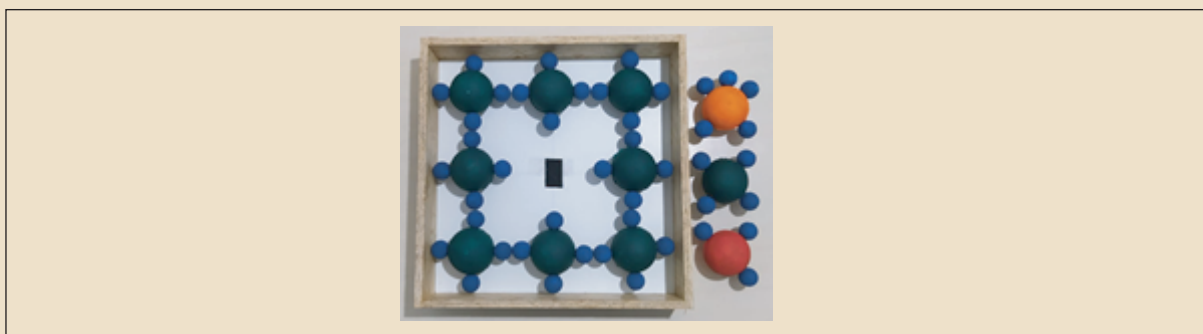
Construção do aparato experimental: para construir a maquete serão necessárias bolas de isopor com 60 mm de diâmetro, bolas de isopor com 25 mm de diâmetro, palitos de madeira para fixar as bolas, tinta guache a base de água de cores diversas, cola quente e velcro, mdf de 06 mm (base), compensado OSB (caixa e tampa) e parafusos. A caixa da maquete tem dimensões de 370 mm de comprimento, 370 mm de largura e 100 mm de altura.

Material de orientação ao professor

Demonstração investigativa - dopagem

Este documento foi preparado para auxiliar o professor durante a aplicação da demonstração investigativa. É importante que o professor conheça bem a teoria envolvida no processo de dopagem e que crie um ambiente propício para a proposição de hipóteses pelos estudantes. Este momento deve durar no máximo 20 minutos.

Figura 1 – Maquete criada para ensinar o processo de dopagem, com os elementos Boro (B) na cor vermelha, Silício (Si) na cor verde e Fósforo (P) na cor laranja



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Dopagem

O Professor deve colocar a caixa sobre a mesa sem explicar o conteúdo, de forma a provocar expectativas nos estudantes, o que pode gerar um interesse maior pela aula. É importante que seja criado um ambiente propício para a proposição de hipóteses, onde o estudante não tenha medo de errar.

A aula pode ser iniciada com os seguintes questionamentos que serão respondidos de forma oral pela turma:

- Vocês já ouviram a palavra Doping? Se sim, onde?
- O que é o Doping?
- O que o Doping faz com os atletas? Por que é proibido no esporte?

Durante os questionamentos, o professor deve conduzir os alunos no processo de apropriação dos conceitos relacionados ao Doping de forma geral, pois esse entendimento é importante para que o estudante entenda o conceito de Dopagem em semicondutores.

Após a discussão gerada pelos questionamentos o professor começa a demonstração do experimento explicando:

- O processo de dopagem em semicondutores é semelhante ao doping esportivo, onde uma substância é injetada no corpo do atleta com o objetivo de melhorar o seu desempenho. Nos semicondutores, átomos de certos elementos químicos com características específicas são adicionados ao cristal com o objetivo de melhorar sua condutividade.
- Temos duas formas possíveis de dopagem em semicondutores: Dopagem tipo N e Dopagem Tipo P.
- Para compreender melhor o processo de dopagem vamos analisar a maquete que temos em mãos, ela simula as ligações covalentes de um cristal de silício (Si). Cada átomo de Silício (Si) tem 14 elétrons, dos quais 4 estão na camada mais externa...

Neste momento o professor pode elaborar a seguinte pergunta:

- Alguém lembra como é chamada essa camada mais externa? (espera-se que respondam: camada de valência).
- Pela regra do octeto, o silício precisa fazer quatro ligações covalentes, para ter oito elétrons na camada de valência e ficar estável.
- Primeiro vamos analisar um cristal de silício “puro”, na forma como é encontrado na natureza.

Texto

Neste momento o professor abre a caixa e apresenta o experimento contendo apenas átomos de Silício (Si) (pintados de verde) ligados entre si.

- Na simulação, podemos ver que os átomos do silício se ligam entre si. As bolinhas menores, que estão pintadas de azul, são os elétrons da camada de valência, cada átomo de silício tem 4 elétrons nessa camada e liga-se a outros 4 elétrons de átomos de silício vizinhos, formando ligações covalentes.

Agora o professor pode fazer o seguinte questionamento:

- O que vocês podem dizer sobre as ligações covalentes e os elétrons no cristal de silício?
- Da forma como é apresentado na maquete, o cristal de silício é um condutor ou um isolante? (Resposta esperada: Isolante elétrico). Por que?

Aqui a discussão deve ser conduzida de forma que os estudantes percebam que o semicondutor intrínseco se comporta como um material isolante, pois todos os seus elétrons da camada de valência fazem ligações covalentes com outros elétrons, não sobrando elétrons livres.

- O semicondutor intrínseco por si só não tem muita utilidade prática para a tecnologia, e é neste momento que entra a dopagem (doping).
- Temos em mãos a representação de outros dois elementos que nos ajudarão a entender melhor esse processo.
- O elemento químico pintado na cor laranja representa o Fósforo (P), que pertence à família 15 (5A) e tem cinco elétrons na camada de valência.

Agora o professor pode retirar o átomo de silício e adicionar o átomo de Fósforo, propondo a seguinte pergunta:

- Alguém consegue me dizer o que acontecerá com o cristal de silício se retirarmos um átomo de Silício (Si) da sua estrutura interna e adicionarmos um átomo de Fósforo (P)?

O professor deve ouvir com atenção as hipóteses propostas pelos estudantes e direcionar a discussão para o fato de haver um elétron sobrando no cristal, o que vai criar um semicondutor do tipo N.

- Como a maioria deve ter percebido, diferente do semicondutor intrínseco, quando havia apenas átomos de Silício (Si), agora temos um elétron proveniente do átomo de Fósforo (P) sobrando.
- Este elétron sobrando é muito importante, pois antes todos os elétrons da camada de valência faziam ligação covalente com outros elétrons vizinhos, agora o cristal tem um elétron “livre” para circular pelo material.

Texto

- O processo em que ocorre a adição de um elemento químico com 5 elétrons na camada de valência é chamado de dopagem tipo N.
- O “N” do nome é de negativo, o que faz sentido, pois os elétrons têm sinal negativo e como neste tipo de dopagem têm elétrons “sobrando”, o semiconductor fica com excesso de portadores de carga negativa.

Agora o professor pode propor:

- Alguém pode me dizer o que muda no material quando são adicionados átomos com 5 elétrons na camada de valência? A condutividade do material se altera?

A discussão deve ser mediada de forma que os alunos se apropriem do conceito de dopagem tipo N. Se o educador julgar necessário podem ser lançados outros questionamentos que ajudem na construção desse conhecimento.

- A Condutividade do material aumenta, pois agora ele tem elétrons livres, que são portadores de cargas negativos.

Após a conversa sobre a dopagem tipo N deve-se iniciar a etapa da demonstração investigativa sobre a dopagem tipo P. O professor pode retomar da seguinte maneira:

- Agora temos em mãos um elemento químico pintado na cor vermelha que representa o Boro (B). Vocês conseguem ver alguma diferença entre o Boro e o Fósforo?

Espera-se que os alunos respondam que ele possui apenas 3 elétrons na camada de valência. Caso não percebam, o professor deve mediar de forma que cheguem a esta percepção.

- O Boro é um elemento da família 13 (3A) e tem 3 elétrons na camada de valência.
- Se adicionarmos à estrutura cristalina do silício átomos de Boro em vez de átomos de Fósforo teremos uma dopagem diferente. Alguém consegue me dizer que diferença é essa?

Após esta pergunta o professor troca o átomo de Fósforo (P) pelo átomo de Boro (B), confirmando ou não as hipóteses lançadas pelos estudantes.

- Agora temos um tipo diferente de dopagem, diferente da anterior nesse processo, o átomo adicionado tem apenas 3 elétrons na última camada, o que deixa um buraco (ou lacuna) onde deveria haver uma ligação covalente.
- Este processo é chamado de dopagem tipo P, o “P” é de positivo. Os buracos ou lacunas se comportam como portadores de carga positivos, por onde os elétrons podem deslocar-se para criar corrente elétrica.

Texto

- Os semicondutores dopados recebem o nome de semicondutores extrínsecos, devido às impurezas externas recebidas por eles durante o processo de dopagem.

Após finalizar a demonstração investigativa, o professor pode pedir que os alunos tentem descrever e definir o processo de dopagem com lápis e papel ou aplicar uma aula de sistematização de conhecimentos.

Após a demonstração, os estudantes devem receber o questionário contendo 3 questões abertas e a partir delas descrever a definição de dopagem em semicondutores, esquematizando as dopagens de tipo N e de Tipo P usando desenhos e esquemas.

Questões relacionadas à demonstração investigativa

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Dopagem

Caro aluno, esta atividade tem o objetivo de sistematizar o conhecimento adquirido durante a demonstração investigativa sobre dopagem em semicondutores. Siga as instruções e discuta com seus colegas e professor para resolver os questionamentos propostos.

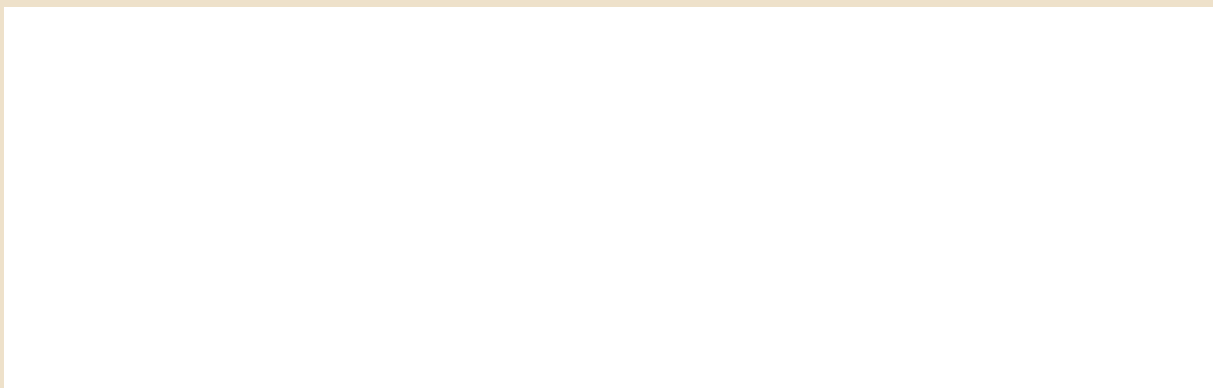
Questão 1 – O que é dopagem em semicondutores?

Questões relacionadas à demonstração investigativa

Questão 2 – Faça um desenho e explique a dopagem tipo N



Questão 3 – Faça um desenho e explique a dopagem tipo P



No momento final, após a finalização dos questionários, é recomendado ao professor, esclarecer os conceitos de forma expositiva e dialogada com o objetivo de conduzir a turma a uma definição formal do que é dopagem.

3.8 ENCONTRO 08: semicondutores - junção PN

Esta atividade foi preparada para uma aula de 50 minutos e foi criada com o objetivo de trabalhar o conceito de junção PN, a partir da manipulação da simulação da plataforma PHET “Semicondutores” que pode ser acessada no endereço eletrônico https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/semiconductor.

A turma deve ser dividida em grupos de quatro pessoas. Cada grupo terá acesso a 1 Chromebook (ou computador) e receberá o roteiro de atividades contendo 3 questões.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- Bandas de energia;
- Junção PN;
- Polarização direta;
- Polarização reversa;
- Barreira de potencial.

O professor deve explicar a atividade e demonstrar o funcionamento do simulador, de forma que os estudantes se familiarizem com a ferramenta. Após a familiarização, os grupos devem manipular a simulação, discutir e criar hipóteses sobre as questões propostas.

As questões foram planejadas para que os estudantes manipulem a simulação e entendam a condução dos elétrons a partir das bandas de energia em materiais semicondutores, de maneira a assimilar que conforme a junção PN é ligada com a fonte ocorre ou não a condução dos elétrons.

Questões de orientação ao uso da simulação

Escola: _____
Professor: _____
Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____
Aluno: _____

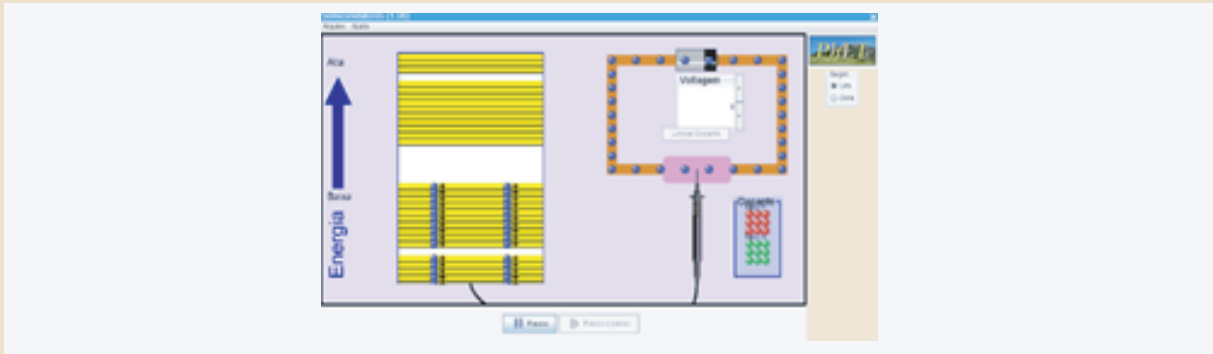
ATIVIDADE COMPUTACIONAL

Junção PN - Como funcionam os diodos?

Caro aluno, nesta atividade vamos utilizar a simulação “SEMICONDUCTORES” como auxiliar para entender a condução elétrica em materiais semicondutores. A partir dela vamos visualizar o funcionamento de junções PN. Siga as instruções e discuta com seus colegas e professor para resolver os questionamentos propostos.

Questões de orientação ao uso da simulação

Figura 1 – Simulação “Semicondutores” do PHET Colorado



Fonte: PHET COLORADO (2022)

Questão 1 – Na aba Segmentos, no canto superior direito, selecione a opção “Um”.

a) Como estão distribuídos os elétrons na banda de Valência? O que acontece com o circuito se você alterar a tensão para +4V? O que acontece com se alterar para -4V?

b) Arraste o material dopado “Tipo P” para a caixa. O que acontece com os elétrons distribuídos na banda de valência? O que acontece com o circuito se você alterar a tensão +4V? Altere lentamente até chegar a -4V. O que acontece na banda de condução?

Questões de orientação ao uso da simulação

c) Arraste o material dopado “Tipo N” para a caixa. O que acontece com os elétrons distribuídos na banda de valência? O que acontece com o circuito se você alterar a tensão +4V? Altere lentamente até chegar a -4V. O que acontece na banda de condução?

d) Arraste o material dopado “Tipo N” para a caixa. O que acontece com os elétrons distribuídos na banda de valência? O que acontece com o circuito se você alterar a tensão +4V? Altere lentamente até chegar a -4V. O que acontece na banda de condução?

Questão 2 – Na aba Segmentos, no canto superior direito, selecione a opção "Dois" (Lembre-se de observar a força interna e a força da bateria).

a) Ajuste a tensão para +4 V, o que você observa?

Questões de orientação ao uso da simulação

b) Arraste o material “Tipo P” para a caixa da esquerda e o material tipo “Tipo N” para a caixa da direita. O que acontece com o circuito? O que acontece nas bandas de condução?

c) Altere a tensão lentamente de + 4V até chegar a - 4V. O que você observa?

d) Limpe os dopantes no botão “Limpar dopantes” e ajuste a bateria para + 4V.

e) Arraste o material “Tipo N” para a caixa da esquerda e o material tipo “Tipo P” para a caixa da direita. O que acontece com o circuito? O que acontece nas bandas de condução?

Questões de orientação ao uso da simulação

f) Altere a tensão lentamente de + 4V até - 4V. O que você observa?

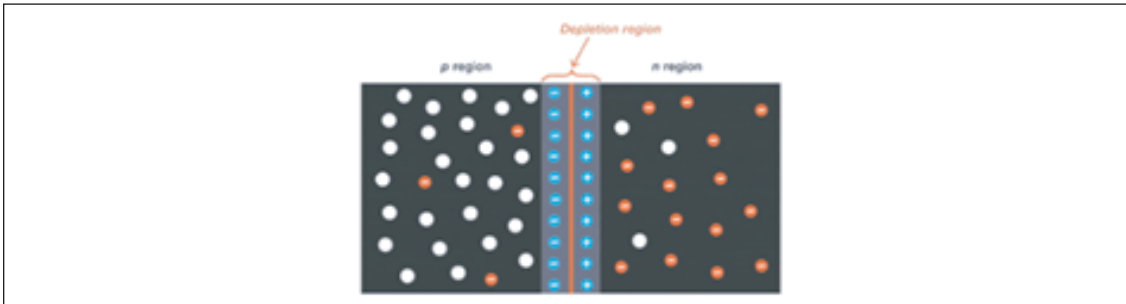
Questão 3 – De acordo com o que foi observado na simulação, a direção do fluxo de elétrons é importante? A posição em que a pilha é ligada tem influência na condução dos elétrons? Explique.

Após a aula com a simulação, recomenda-se ao professor retomar o conteúdo com uma aula expositiva e dialogada para sistematizar os conhecimentos de junção PN e Bandas de Energia. O professor inicia a aula revisitando a simulação “Semiconductor”, projetando no aparelho que preferir, de maneira a relembrar o que foi feito pelos estudantes durante a manipulação.

Após revisar a simulação, utiliza-se a apresentação em slides para sistematizar o conhecimento com base em uma aula expositiva e dialogada. Inicia-se a apresentação definindo a junção PN como a união de um semicondutor do tipo P (com excesso de portadores de carga positiva) com um semicondutor do tipo N (com excesso de portadores de carga negativa). Em seguida, discute sobre a definição e a formação da zona de depleção, com um GIF demonstrando, de forma lúdica, a formação da zona (Figura 5) e,

esclarece ainda que, os portadores de carga são esgotados próximo à junção, formando uma barreira de potencial que evita a passagem de cargas.

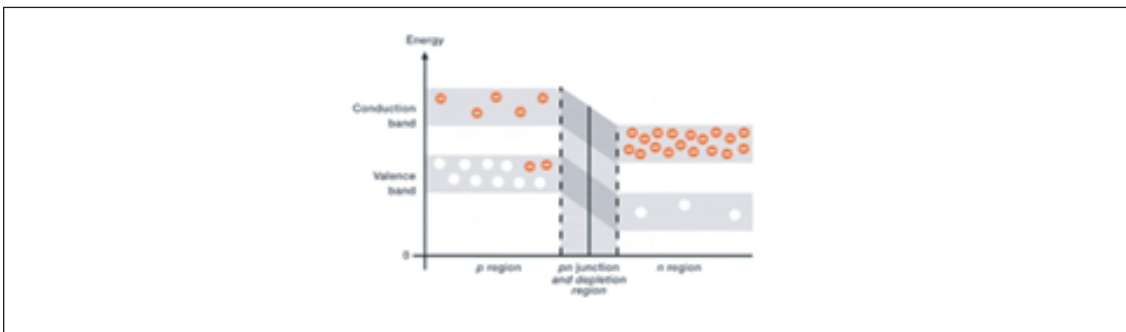
Figura 6 – GIF demonstrando a formação da zona de depleção



Fonte: CIRCUIT BREAD (2022)

O próximo passo é discutir a formação da zona de depleção partindo da teoria das bandas de energia, discutindo sobre a diferença energética das bandas nos materiais tipo P e Tipo N. Em seguida, deve explicar a partir do slide e de um GIF (Figura 7), que demonstra a formação da zona de depleção pelo ponto de vista das bandas de energia.

Figura 7 – GIF demonstrando a formação da zona de depleção pela teoria das bandas



Fonte: CIRCUIT BREAD (2023)

Neste momento, introduz-se a ideia de eletroluminescência. Definindo então o que são diodos, discutindo suas principais características, demonstrando seu formato por meio de imagens, além de definir o ânodo e o cátodo, ensinando a identificá-los em diodos reais.

Finalmente, sistematiza-se o conhecimento de polarização direta e reversa, definindo como ocorre cada uma delas. Discutindo que a polarização direta permite a passagem dos elétrons, quando se liga o positivo da bateria com o ânodo e o lado negativo com cátodo do diodo, e que para isso é necessário que a tensão seja maior do que a barreira de potencial. Assim, discute-se também que a polarização reversa acontece quando se liga o positivo da bateria com o cátodo e o positivo com o ânodo do diodo e, isso faz a zona de depleção aumentar, não permitindo a passagem dos elétrons. Ao final da apre-

sentação em slides deve apresentar o resumo com os conceitos de junção PN, diodo, polarização direta e polarização reversa.

Esta aula tem duração de 50 minutos e seu objetivo é sistematizar o conhecimento adquirido na aula anterior, formalizando os conceitos relacionados a junção PN e Bandas de Energia.

A apresentação em slides preparada para a nossa aplicação da SEI pode ser encontrada no endereço eletrônico: <https://docs.google.com/presentation/d/1cPGEKO-9WoXE-EjnNTSHoVZXD6eTdrJKI/edit?usp=sharing&ouid=108782152170471485371&rtpof=true&sd=true>.

3.9 ENCONTRO 09: Ligando LEDs e lâmpadas pingo d'água

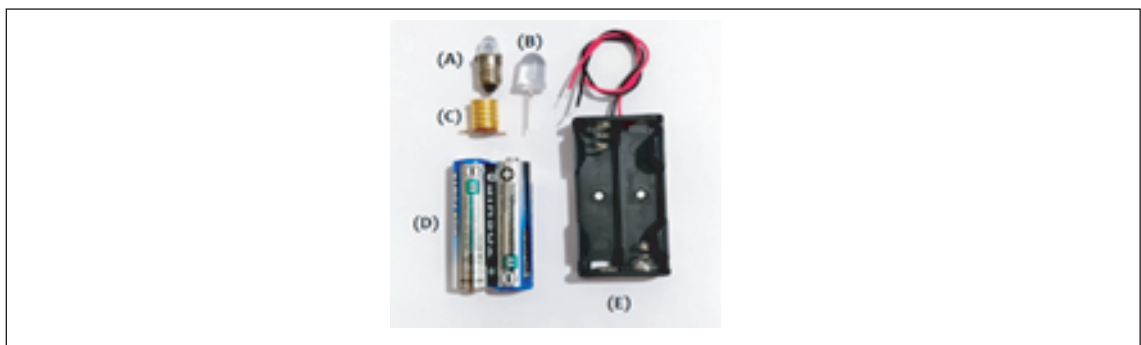
Esta atividade foi elaborada para uma aula de 50 minutos com o objetivo de que os estudantes entendam na prática que os LEDs emitem luz apenas quando ligados em polarização direta, diferente das lâmpadas incandescentes que emitem luz independente da forma como são ligados no circuito.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

- Polarização direta;
- Polarização reversa.

O professor deve dividir a turma em grupos de 4 pessoas, que receberão o texto intitulado “Ligando LEDs e lâmpadas pingo d'água”, o roteiro experimental e o kit experimental contendo uma lâmpada pingo d'água (A), um LED alto de alto brilho, um soquete (C), duas pilhas AA (D) e uma suporte para pilhas (E) (Figura 8).

Figura 8 – Componentes elétricos utilizados para realização do experimento



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

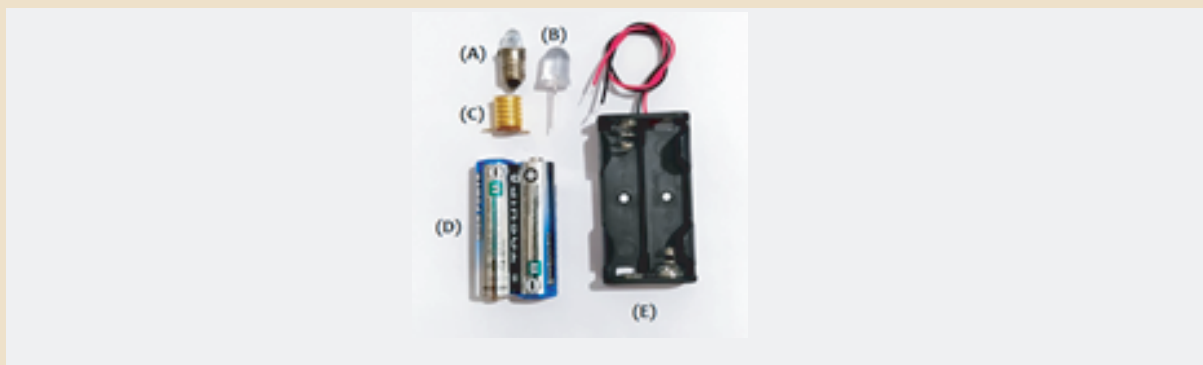
Após receberem os materiais, o professor deve orientar a turma sobre o experimento e fazer uma leitura do texto em conjunto e, em seguida, os estudantes devem ser orientados a manipular o experimento. Durante a manipulação os estudantes devem ser instigados a discutir e responder às questões contidas no roteiro experimental.

Texto de orientação ao estudante

Ligando LEDs e lâmpadas pingo d'água

Para acender uma lâmpada qualquer é necessário ligá-la em um circuito elétrico, de forma que os elétrons saiam de um polo, passe pela lâmpada e chegue ao outro polo da fonte de alimentação. Entre os componentes que você recebeu estão uma lâmpada pingo d'água (A), que funciona por incandescência e um LED de alto brilho (B), que funciona por eletroluminescência.

Figura 1 – Componentes elétricos utilizados para realização do experimento



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

A lâmpada pingo d'água é uma lâmpada incandescente constituída de um filamento fino de tungstênio. Quando a corrente passa pelo filamento, ele se aquece devido à energia dissipada e atinge uma temperatura da ordem de 3000°C. Assim, o filamento torna-se incandescente e emite luz. Esse tipo de lâmpada é pouco eficiente porque transforma a energia elétrica em energia térmica (calor), para então emitir luz.

O LED é feito por uma junção de dois semicondutores dopados (junção PN). Um semicondutor tipo N, com excesso de elétrons livres e um semicondutor tipo P, com excesso de buracos ou lacunas. Quando percorrido por uma corrente elétrica os elétrons de N se recombinam com as lacunas de P, liberando energia em forma de luz. Os LEDs são mais eficientes pois transformam quase toda sua energia elétrica em energia luminosa.

O roteiro experimental possui 3 questões. Na primeira questão os estudantes são levados a esquematizar, por meio de desenhos, a forma da montagem experimental. A segunda foi dividida em três partes (A, B e C): a questão A aborda a emissão (ou não) de luz pelos dois componentes; as questões B e C trabalham a proposição de hipóteses sobre a emissão de luz em caso de inversão de polaridade. Por fim, na terceira questão os estudantes são levados a inverter a polaridade, de maneira a observar e explicar se suas hipóteses estão corretas.

Roteiro para montar o circuito

Escola: _____

Professor: _____


Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Experimento: montando um circuito elétrico

Caro aluno, nesta atividade usaremos os componentes distribuídos para montar um circuito elétrico simples. A montagem do circuito deve ser planejada de forma a acender tanto a lâmpada pingo d'água quanto o LED de alto brilho.

Questão 1 – Antes de iniciar a montagem façam um desenho dos circuitos esquematizando como serão feitas as ligações:



Roteiro para montar o circuito

Questão 2 - Monte o circuito elétrico, primeiro utilizando a lâmpada pingo d'água e depois o LED.

a) Ambos os componentes emitiram luz?

Responda antes de fazer o teste no circuito:

b) Se invertermos os polos da pilha a lâmpada pingo d'água irá acender? Explique:

c) Se invertermos os polos da pilha, o LED irá acender? Explique:

Roteiro para montar o circuito

Questão 3 – Inverta a polaridade da lâmpada pingo d'água e do LED.

a) Suas hipóteses estavam corretas? Caso suas hipóteses tenham falhado, explique o motivo:

Esta atividade pode ser feita em qualquer ambiente, porém, recomenda-se sua aplicação em um laboratório de ciências para potencializar seu caráter investigativo.

3.10 ENCONTRO 10: física dos LEDS

Esta atividade foi elaborada para uma aula de 50 minutos e foi planejada com o objetivo que os estudantes compreendam o conceito de eletroluminescência, a partir das diferenças energéticas nas bandas de energia em uma junção PN. Para tal, serão utilizados o texto intitulado “Princípio de funcionamento dos LEDS” e o questionário com 4 questões abertas relacionadas ao texto.

Conteúdos estabelecidos para esta atividade:

- Eletroluminescência.

Antes de iniciar a atividade, recomenda-se ao professor revisar os conceitos relacionados ao princípio da incandescência, de modo a lançar perguntas para os estudantes relembra-rem os conceitos estudados em aulas anteriores.

Após a revisão, a turma deve ser dividida em grupos de 4 pessoas, que receberão o texto e o questionário para ler e discutir, com o objetivo de responder às questões.

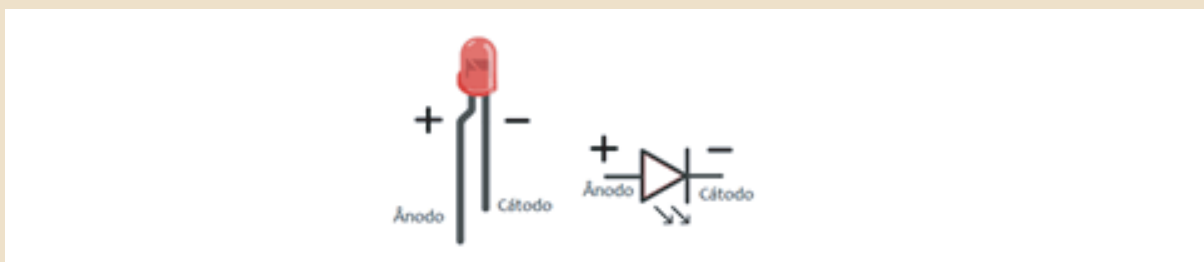
Texto para leitura dos estudantes

Caro aluno, nesta atividade vamos investigar a Física envolvida na emissão de luz nas lâmpadas LEDs. Siga as instruções e discuta com seus colegas e professor para resolver os questionamentos propostos.

Princípio de funcionamento dos LED's

O LED (Light Emitting Diode ou Diodo Emissor de Luz) é um diodo semiconductor que emite luz quando submetido a uma tensão. Assim como no diodo retificador, o LED é feito por uma junção PN que conduz corrente elétrica apenas por polarização direta. A perna maior é o polo positivo (+), chamado de ânodo e a menor é o polo negativo (-), chamado de cátodo. A Figura 1 a seguir demonstra um LED comum vermelho e sua representação esquemática.

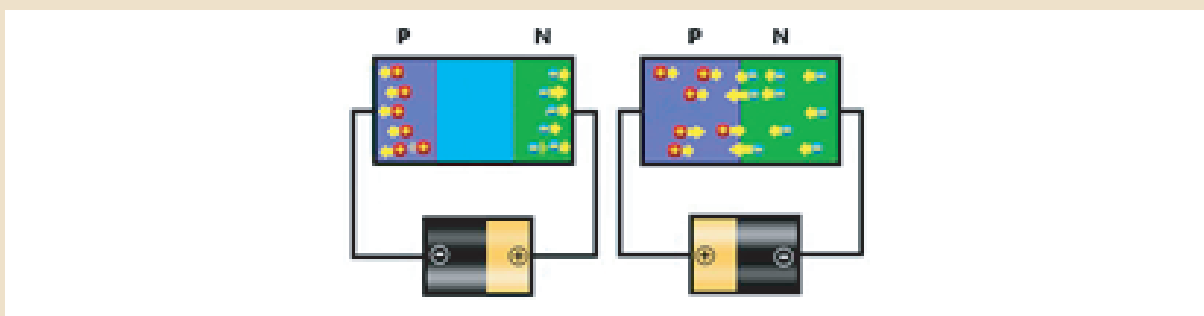
Figura 1 – LED (esquerda) e esquema de um LED (direita)



Fonte: E DISCIPLINAS USP (2019)

Você deve ter percebido durante o experimento que os LEDs não emitem luz quando ligados em polarização reversa, isso acontece porque este tipo de ligação aumenta a zona de depleção, aumentando também a barreira de potencial e impedindo a passagem de elétrons. Já na polarização direta a zona de depleção é reduzida, até que os elétrons da região N cruzem a barreira de potencial e ocupem as lacunas da região P, gerando assim a corrente elétrica. Veja na Figura 2 a seguir dois tipos de polarização.

Figura 2 – Polarização reversa (esquerda) e polarização direta (direita) em diodos



Fonte: MECAWEB EDUCATION (2019)

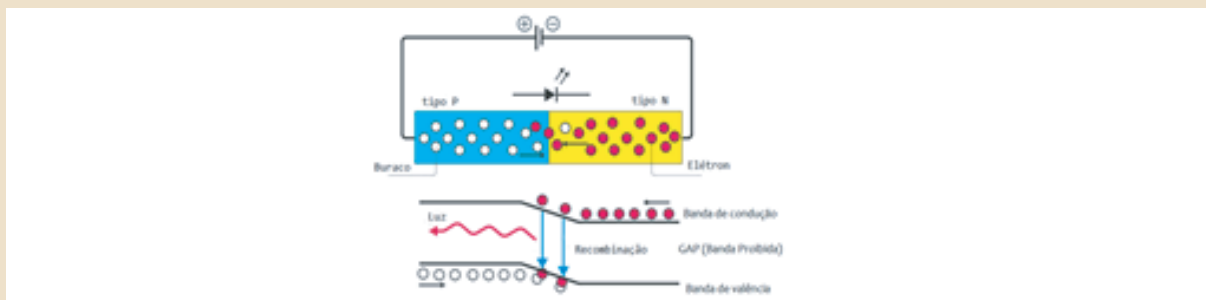
Texto para leitura dos estudantes

Os LEDs funcionam da mesma forma que um diodo, mas a emissão depende do material semicondutor utilizado em sua fabricação. A construção de um LED é exatamente a mesma de um diodo de junção PN normal. Porém, em vez de silício ou germânio, os LEDs são feitos de materiais semicondutores compostos como arseneto de gálio, fosforeto de gálio e outros materiais semicondutores que emitem luz. O silício é mais amplamente utilizado em diodos normais porque é menos sensível à temperatura. No entanto, não libera energia na forma de luz, mas libera energia na forma de calor, por isso não são utilizados em LEDs.

Como os LEDs emitem luz?

Como exposto anteriormente, o LED só emite luz quando polarizado diretamente, o que ocorre quando ligamos o terminal positivo da fonte ao ânodo e o negativo ao cátodo. Quando ligado em polarização direta, os elétrons livres da região N ganham energia suficiente para vencer a barreira de potencial e se recombinam com as lacunas (buracos) da região P. Inicialmente, os elétrons livres presentes na banda de condução da região N atravessam a junção para a banda de condução da região P e à medida que isso acontece rapidamente liberam energia e caem para a banda de valência da região P, recombinando-se com uma lacuna (buraco). A Figura 3 a seguir demonstra o processo de emissão de luz em LEDs.

Figura 3 – Processo de emissão de luz em LEDs



Fonte: BYJU'S FUTURE SCHOOL (2022)

Quando ocorre a recombinação os LEDs liberam a energia em forma de fótons (luz), diferente dos diodos de silício que liberam em forma de calor. Este processo é chamado de eletroluminescência. A eletroluminescência é um fenômeno óptico e elétrico onde um material emite luz em resposta a uma corrente elétrica que passa por ele, de forma que a energia elétrica é transformada em energia luminosa. Essa energia liberada tem o mesmo valor da banda proibida (gap) e depende dos materiais usados na construção do LED.

A questão 1 leva os estudantes à reflexão sobre as diferenças entre os princípios de funcionamento das lâmpadas LED e das lâmpadas Incandescentes. A questão 2 leva os estudantes a refletir sobre os motivos de as lâmpadas LED serem mais eficientes. A questão 3 leva os estudantes a refletir sobre a sigla LED e seu objetivo é trazer a percepção de que o LED nada mais é do que um diodo emissor de luz. A questão 4 tem o objetivo de sistematizar o conceito de polarização direta e reversa abordados nas aulas anteriores sobre junção PN. Os estudantes devem definir os dois tipos de polarização, além de sistematizar a partir de desenhos.

Questões relacionadas ao texto

Escola: _____
Professor: _____
Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____
Aluno: _____

Caro aluno, discuta com seus colegas e responda às questões a seguir com base no texto e em nossos estudos sobre semicondutores (faça desenhos se julgar necessário):

Questão 1 – Sabemos que as lâmpadas incandescentes e as lâmpadas LED funcionam de formas diferentes, você seria capaz de diferenciar o funcionamento delas? (Explique o funcionamento das duas lâmpadas).

Questões relacionadas ao texto

Escola: _____

Professor: _____

Turma: _____ Data: ____ / ____ / ____

Aluno: _____

Caro aluno, discuta com seus colegas e responda às questões a seguir com base no texto e em nossos estudos sobre semicondutores (faça desenhos se julgar necessário):

Questão 1 – Sabemos que as lâmpadas incandescentes e as lâmpadas LED funcionam de formas diferentes, você seria capaz de diferenciar o funcionamento delas? (Explique o funcionamento das duas lâmpadas).

Questão 2 – Discutimos nas aulas anteriores que as Lâmpadas LED têm maior eficiência em relação a outras lâmpadas, o que gera uma economia de energia e financeira, além de ter maior vida útil, o que reduz a produção de lixo. Por que as lâmpadas LED são mais eficientes que as lâmpadas incandescentes?

Questões relacionadas ao texto

Questão 3 – Qual é o significado da sigla LED?

Questão 4 – O que é polarização direta? O que é polarização reversa? (Demonstre usando desenhos).

Ao final da atividade, cada grupo deve apresentar suas respostas para a turma, com o professor podendo sistematizar o conceito de eletroluminescência no quadro, tendo em vista a complexidade desse conteúdo.

3.11 ENCONTRO 11: a cor dos LED'S

Esta aula teve duração de 50 minutos e seu objetivo foi o de compreender a cor dos LEDs e a forma na qual é feita a emissão da luz branca nesses dispositivos. A atividade consiste em uma demonstração investigativa, orientada pelo material do professor, com um texto de apoio ao estudante com o título “A cor dos LEDs” e uma questão aberta.

Conteúdos estabelecidos para essa atividade:

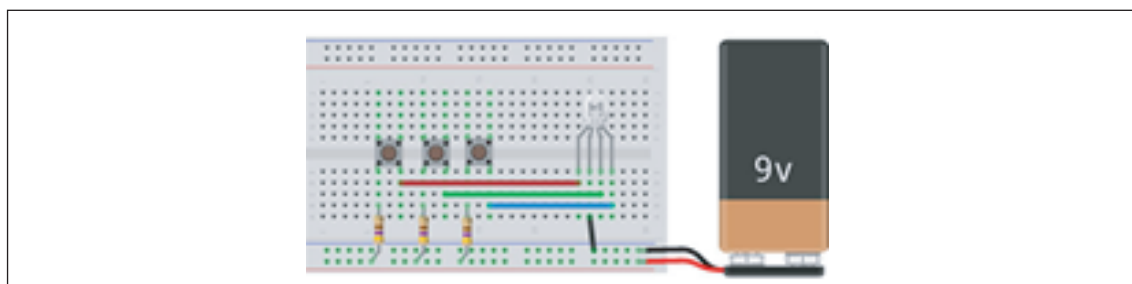
- História do LED;
- Cor e frequência;
- Luz mono e policromática;
- Cores primárias da Luz.

O professor deve iniciar a atividade com uma retomada de conceitos para relembrar o princípio de emissão de luz nas lâmpadas incandescentes e nas lâmpadas LED. Após a retomada dos conceitos, deve ser discutida a formação da cor branca nos LEDs e nas lâmpadas incandescentes.

Assim, recomenda-se ao professor que faça uma breve reconstituição histórica sobre a invenção dos LEDs, começando pelos LEDs vermelhos, criado por Nick Holonyak em 1962, passando pela invenção dos LEDs amarelos, no final dos anos 60 e verdes, em meados dos anos 1970, finalmente, chegando à descoberta dos LEDs azuis em 1993, pelos pesquisadores Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura, ressaltando que essa invenção foi tão importante que rendeu o prêmio Nobel de Física no ano de 2014 (AMANO; KITO; HIRAMATSU; AKASAKI, 1989; AMANO; SAWAKI; AKASAKI; TOYODA, 1986; NAKAMURA; SENOF; MUKAI, 1991; NAKAMURA, 1991; NAKAMURA; MUKAI, 1992).

Após a conversa sobre a história dos LEDs, o professor deve realizar a demonstração investigativa introduzindo a ideia de misturar as cores vermelho (R), verde (G) e amarelo (B). Para tal, apresentamos o circuito elétrico da Figura 9 a seguir.

Figura 9 – Esquema de circuito elétrico com LED RGB para demonstração investigativa



Para ajudar durante a demonstração investigativa criou-se um material em forma de texto que pode ser consultado como orientação de como proceder na demonstração.

Material do professor

DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

A cor dos LEDS

Este documento foi preparado para auxiliar o professor durante a aplicação da demonstração investigativa. É importante que o professor conheça bem a teoria envolvida no processo de dopagem e que crie um ambiente propício para a proposição de hipóteses pelos estudantes. Este momento deve durar no máximo 20 minutos.

Um pouco de história

O professor deve iniciar a demonstração investigativa fazendo um breve resumo sobre a história dos LEDs. Este momento é importante, pois auxiliará o estudante a compreender a importância do desenvolvimento do estudo dos LEDs. A aula pode iniciar da seguinte forma:

- Nas aulas anteriores, estudamos o funcionamento físico dos semicondutores. Discutimos sobre dopagem, junção PN e a forma de emissão de luz dos LEDs. Alguém pode me dizer como os LEDs emitem luz?

Neste momento, o professor pode retomar alguns conceitos necessários para o andamento da atividade.

- A sigla LED significa light-emitting diode ou diodo emissor de luz. Os LEDs emitem luz de forma diferente das lâmpadas incandescentes antigas. As lâmpadas incandescentes funcionam por incandescência, que além de emitir a luz no espectro do visível, também emitem ultravioleta e infravermelho. Já os LEDs emitem luz por eletroluminescência com frequências muito específicas que variam de acordo com os elementos usados na dopagem.

- Vamos falar um pouco da história dos LEDs!

- Os primeiros LEDs foram criados por Nick Holonyak, em 1962. Inicialmente eram capazes de emitir somente luz vermelha. Pouco tempo depois surgiram LEDs de cor amarela e verde. Por muito tempo esses componentes serviam apenas para mostrar o estado (de ligado ou desligado) de aparelhos eletrônicos.

Material do professor

- Mas, em 1993 houve uma revolução neste tipo de tecnologia. O pesquisador Shuji Nakamura conseguiu produzir o primeiro LED azul comercialmente viável.
- À primeira vista, a invenção do LED azul não parece algo muito relevante, mas a partir dela foi possível a fabricação e a comercialização dos LEDs brancos, que são utilizados em quase toda iluminação mundial.
- Os estudos relacionados aos LEDs azuis foram tão importantes que renderam em 2014 o prêmio Nobel de Física para os pesquisadores japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura.

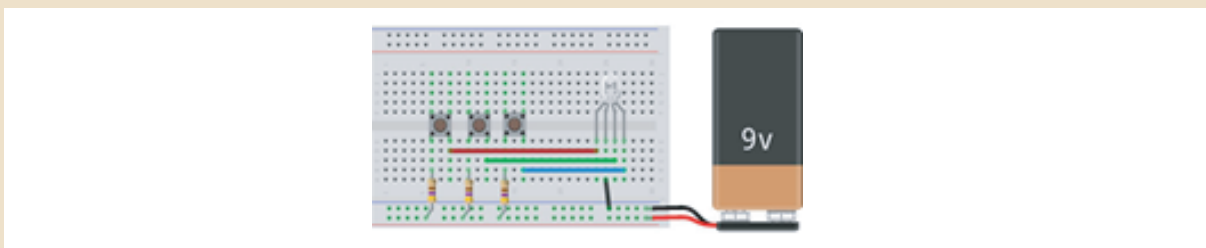
DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA: A COR DOS LEDS

Neste momento o professor começará a demonstração investigativa. O objetivo dessa etapa é que os alunos percebam que a partir da combinação dos LEDs vermelho, verde e azul, conseguimos obter a cor branca.

A demonstração pode ser iniciada da seguinte forma:

- Esta atividade trata-se de uma demonstração investigativa. Temos em mãos um circuito elétrico composto por uma placa protoboard, um LED RGB, resistores, fios e uma bateria de 9V.

Figura 1 – Esquema de circuito elétrico com LED RGB para demonstração investigativa



Fonte: COMO FAZER AS COISAS (2015)

- Dissemos anteriormente que cada cor de LED emite luz em frequências bem específicas, por isso emite luz monocromática (de uma cor). A cor de cada um deles depende da frequência emitida e do tipo de material usado na dopagem.
- Para se obter o LED vermelho é usado o arsenieto de gálio e alumínio, no verde, fosfato de alumínio, já no azul é necessário nitreto de gálio.

Material do professor

Nesse momento o professor pode lançar as seguintes perguntas para instigar os estudantes:

- Já sabemos os materiais necessários para obter LEDs vermelhos, verdes e azuis. Mas o que é necessário para se obter o LED de luz branca? Porque a descoberta do LED azul foi tão importante?

O professor então começa a manipular o experimento.

- O LED RGB é um componente eletrônico capaz de emitir luz vermelha, verde ou azul. O R vem de Red, o G de Green e o B de Blue, por isso RGB.

Nessa etapa, o pesquisador aperta as chaves individualmente, acendendo o LED nas três cores diferentes.

1ª parte: apresentando o aparato experimental

Apertando a chave da esquerda, ele acende na cor vermelha, acionando a chave do meio, emite o verde, mas acionando a da direita, emite azul.

Após a demonstração das cores deve lançar a seguinte pergunta:

- É possível fazer esse LED emitir luz branca? Criem hipóteses.

2ª parte: realizar a demonstração investigativa

Após a discussão o professor realiza a demonstração.

- Se apertarmos duas chaves ao mesmo tempo, o LED emite cores diferentes do R, do G e do B.

O professor então pode lançar outra pergunta:

- Vocês conseguem identificar quais são essas cores?

O pesquisador espera os alunos interagirem, então lança o questionamento que os levará ao conceito de que a luz branca é a mistura das cores:

- E qual será a cor da luz obtida se apertamos as três chaves ao mesmo tempo? Criem hipóteses.

Material do professor

Quando o professor acionar as três chaves simultaneamente o LED emitirá luz branca, gerando a percepção de que a cor branca é a mistura das cores.

Nesse momento o professor conduz a discussão de forma a entenderem como o LED emite luz branca.

- Como vimos agora, quando acionamos as três chaves simultaneamente, o LED RGB emite luz na cor branca. O branco é a soma das sete cores do arco-íris.
- Alguém lembra quais são elas?

Espera os alunos responderem, caso os alunos não lembrem o professor pode completar:

- As cores do arco-íris são: Vermelho, Alaranjado, Amarelo, Verde, Azul, Anil e Violeta. A lâmpada incandescente emite essas sete cores simultaneamente, por isso a luz branca.
- No caso do LED, não é possível criar um material dopado com emissão de luz branca. Para que isso aconteça é necessário sobrepor camadas de azul, verde e vermelho, que são as cores primárias.
- Por isso a invenção do LED azul foi considerada tão importante a ponto de render um prêmio Nobel aos pesquisadores responsáveis.

Ao fim da demonstração, a turma deve ser dividida em grupos de até 4 estudantes, com o intuito de estudar o texto, discutir e responder a uma questão aberta sobre as diferenças das cores emitidas pela lâmpada incandescente e pela lâmpada LED.

Material do aluno

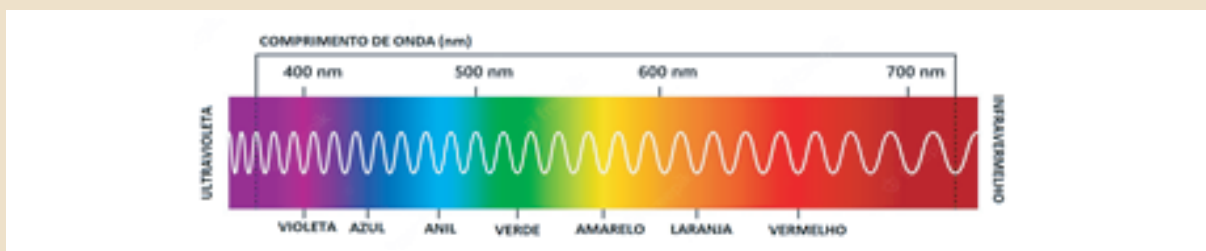
A cor dos LEDs

A sigla LED significa light-emitting diode ou diodo emissor de luz. Os LEDs emitem luz de forma diferente das lâmpadas incandescentes antigas. As lâmpadas incandescentes funcionam por incandescência, que além de emitirem a luz no espectro do visível, também emitem ultravioleta e infravermelho. Já os LEDs emitem luz por eletroluminescência com frequências muito específicas, que variam de acordo com os elementos usados na dopagem.

Material do aluno

A luz branca da lâmpada incandescente na verdade é composta por um conjunto de radiações de diferentes cores, que chamamos de “espectro visível”. Esse espectro é composto por sete cores, que vão do vermelho ao violeta e contém a luz que podemos enxergar. A Figura 1 exibe o espectro visível e a faixa de comprimentos de onda em que ele é encontrado.

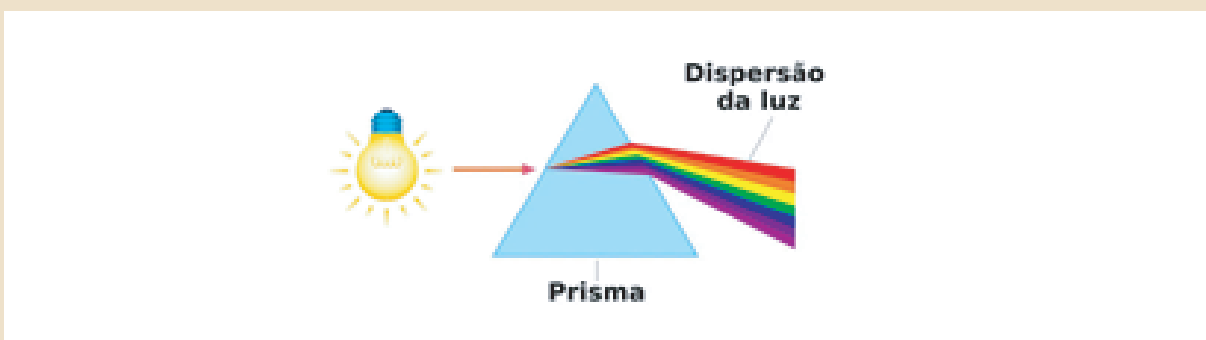
Figura 1 – Espectro de emissão de uma lâmpada incandescente



Fonte: FREEPIK (s.d.), adaptada pelo autor

É possível separar as cores do espectro visível utilizando um prisma. Cada cor desse espectro tem comprimentos de onda e frequências diferentes, quando ela atravessa o prisma, cada uma desvia com um ângulo diferente, formando um “arco-íris”. Esse experimento foi realizado por Newton no século XVII provando que a luz branca na verdade é composta por todas as outras cores. A Figura 2 apresenta o esquema de dispersão da luz branca através de um prisma.

Figura 2 – Dispersão da luz branca em um prisma



Fonte: BRASIL ESCOLA [s.d]

Diferente das lâmpadas incandescentes, o LED emite luz monocromática (que apresenta uma única cor). A cor de cada um deles depende da frequência emitida e do tipo de material usado na dopagem. Para se obter o LED vermelho são usados o arsenieto de gálio e alumínio, no verde, fosfato de gálio, já no azul é necessário nitreto de gálio. A Quadro 1 apresenta alguns semicondutores usados na fabricação dos LEDs e suas cores características.

Material do aluno

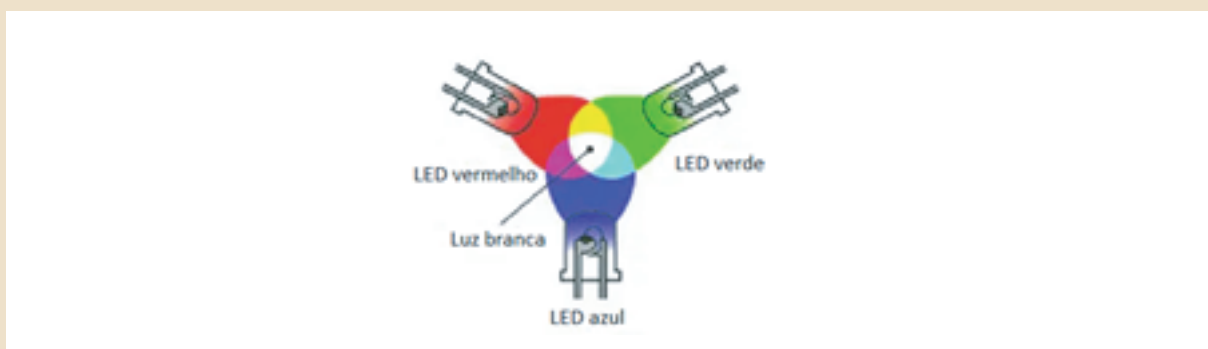
Quadro 1 – Semicondutores usados na fabricação dos LED, suas cores e comprimentos de onda

SEMICONDUCTOR	COR DA LUZ	COMPRIMENTO DE ONDA
Arseneto de alumínio e gálio (AlGaAs)	Vermelha	665 nm
Fosfato de gálio (GaP)	Verde	565 nm
Nitreto de gálio (GaN)	Azul	430 nm

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Após sua descoberta sobre a luz branca, Newton ainda percebeu que se combinasse o vermelho, o verde e o azul era possível chegar o branco. Esse sistema ficou conhecido como RGB, que significa red (vermelho), green (verde) e blue (azul). O RGB funciona por soma de cores e somando essas três cores na porção certa é possível obter luz branca. A Figura 3 demonstra a mistura das cores no sistema RGB.

Figura 3 – Círculos cromáticos RGB



Fonte: ELECTRICAL4U (2020)

Os primeiros LEDs foram criados por Nick Holonyak, em 1962, e inicialmente eram capazes de emitir somente luz vermelha. Pouco tempo depois surgiram LEDs de cor amarela e verde. Por muito tempo esses componentes serviam apenas para mostrar o estado (de ligado ou desligado) de aparelhos eletrônicos. Mas, em 1993 houve uma revolução neste tipo de tecnologia.

O pesquisador Shuji Nakamura conseguiu produzir o primeiro LED azul comercialmente viável. À primeira vista, a invenção do LED azul não parece algo muito relevante, mas a partir dela foi possível a fabricação e a comercialização dos LEDs brancos, que são utilizados em quase toda iluminação mundial.

Material do aluno

Para entender a importância do LED azul, basta pensar que, para se obter luz branca é necessária sobreposição de vermelho, verde e azul. Então, uma das técnicas para construir o LED branco é por meio da sobreposição de camadas dessas três cores em um único LED. Os estudos relacionados aos LEDs azuis foram tão importantes que renderam em 2014 o prêmio Nobel de Física para os pesquisadores japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura.

A questão leva os grupos a diferenciar a emissão de luz e de cores nos dois tipos de lâmpadas, de forma a criar uma resposta discursiva e fazer esquemas por meio de desenhos. Após responder à questão, os grupos apresentam sua resposta para a turma e, ao final, o professor deve fazer uma sistematização do conhecimento.

Questão relacionada à demonstração investigativa

Escola: _____
Professor: _____
Turma: _____ Data: ____/____/____
Aluno: _____

Caro aluno, discuta com seus colegas e responda à questão a seguir com base no texto e em nossos estudos sobre “A cor dos LEDS” (faça desenhos se julgar necessário):

Questão 1 – As lâmpadas LED e as lâmpadas incandescentes emitem luz de formas diferentes, enquanto a LED emite por eletroluminescência, a incandescente emite por incandescência. Mesmo emitindo luz por processos diferentes, as duas emitem luz branca. Existe alguma diferença na emissão das cores delas? Explique:



4 Orientações finais

Este produto educacional se constitui um Guia Didático para aulas de condução elétrica em sólidos semicondutores. Orienta-se que ao aplicar a SEI o professor crie um ambiente no qual os estudantes não tenham medo de errar e sintam-se à vontade para discutir e propor suas hipóteses durante a resolução dos problemas. Cabe ressaltar que o professor tem papel fundamental para o sucesso das atividades investigativas, devendo, durante o planejamento da SEI, estar sempre atento ao grau de liberdade intelectual e aos problemas que serão propostos.

Recomenda-se que o professor aplique todas as atividades da SEI na íntegra e na sequência planejada. Porém, caso escolha por aplicar apenas uma ou algumas dessas atividades da SEI, deve ficar atento para que as adaptações mantenham o caráter investigativo das atividades.



Referências

- AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004, p. 19-33.
- AMANO, Hiroshi; KITO, M.; HIRAMATSU, K.; AKASAKI, Isamu. P-type conduction in Mg-doped GaN treated with low-energy electron beam irradiation (LEEBI). **Japanese Journal of Applied Physics**, Tokyo, v. 28, n. 12 A, pp. L2112-L2114, 1989. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/234520327_P-Type_Conduction_in_Mg-Doped_GaN_Treated_with_Low-Energy_Electron_Beam_Irradiation_LEEBI#read. Acesso em: 4 dez. 2022.
- AMANO, Hiroshi; SAWAKI, N., AKASAKI, Isamu, TOYODA, Y. Metalorganic vapor phase epitaxial growth of a high quality GaN film using an AlN buffer layer. **Applied Physics Letters**, Melville, v. 48, n. 5, pp. 353-355, 1986. Disponível em: [https://pubs.aip.org/aip/apl/article-pdf-48/5/353/7758963/353_1_online.pdf](https://pubs.aip.org/aip/apl/article-pdf/48/5/353/7758963/353_1_online.pdf). Acesso em: 14 jan. 2023.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. 5. reimp. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília-DF: MEC, 2018.
- BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em: 2 nov. 2022.
- CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes. Problematização no ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 21-39.
- CARUSO, Francisco. **Desafios da Alfabetização Científica**. Resumo da palestra apresentada em 8 set. 2003 no Ciclo 21 da Fundação Planetário, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.cbpf.br/~caruso/fcn/publicacoes/pdfs/ciclo21.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 1-20.
- CARVALHO, Anna Maria P. de. **Calor e temperatura**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Calor e temperatura**: um ensino por investigação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>. Acesso em: 12 mar. 2023.

COMO FAZER AS COISAS. Circuito com LED RGB e botões para acender cada uma das cores, simples e fácil. **Portal Como fazer as coisas**, [s.d.]. Disponível em: <http://www.comofazerascosas.com.br/circuito-com-led-rgb-e-botoes-para-acender-cada-uma-das-cores-simples-e-facil.html>. Acesso em: 26 out. 2022.

E DISCIPLINAS USP. Pisca-pisca de LED. **Portal E Disciplinas Usp**, 2019. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/page/view.php?id=2556933>. Acesso em: 08 set. 2022.

ELECTRICAL4U. White Light Emitting Diode or White LED Light? **Portal Neg.co.jp**, 2020. Disponível em: <https://www.neg.co.jp/en/rd/topics/product-lumiphous/>. Acesso em: 08 set. 2022.

FREEPIK. Espectro Visível. **Freepik**, [s.d.]. Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-premium/espectro-de-luz-visivel-infravermelho-e-ultravioleta-comprimento-de-onda-da-luz-optica-espectro-de-cores-visiveis-eletromagneticas-para-o-olho-humano-diagrama-de-gradiente-ilustracao-vetorial-educacional-sobre-fundo-branco_26755336.htm. Acesso em: 22 set. 2022.

HELERBROCK, Rafael. "Dispersão da luz branca". **Portal Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-dispersao-luz-branca.htm>. Acesso em: 22 set. 2022.

MECAWEB EDUCATION. Pisca-pisca de LED. **Mecaweb**, 2019. Disponível em: http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e_diodo. Acesso em: 09 set. 2022.

MORAN, José Manoel; MASETTO, Marcos T; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21. ed. Campinas-SP: Papirus, 2013.

MOREIRA, Amanda Sylmara da Rocha; SILVA, Edilene da Silva e; MALHEIRO, João Manoel da Silva. As evidências de Alfabetização Científica em um clube de ciências da Amazônia. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. e111953111, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3111>. Acesso em: 5 mar. 2023.

NAKAMURA, Shuji; SENOF, M.; MUKAI, T. Highly p-typed mg-doped gan films grown with gan buffer layers. **Japanese Journal of Applied Physics**, Tokyo, 1991, v. 30, n. 10A, pp. L1708-L1711, 1991. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1143/JJAP.30.L1708>. Acesso em: 13 fev. 2023.

NAKAMURA, Shuji. Gan growth using gan buffer layer. **Japanese Journal of Applied Physics**, Tokyo, v. 30, n. 10A, pp. L1705-L1707, 1991. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8ae5/20a563ba5488c8f3f0d05984aab7af296e81.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2023.

NAKAMURA, Shuji; MUKAI, T. High-quality ingan films grown on gan films. **Japanese Journal of Applied Physics**, Tokyo, v. 31, n. 10, pp. L1457-L1459, 1992. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1143/JJAP.31.L1457>. Acesso em: 16 jan. 2023.

RODRIGUES, Barbara Scola; DA SILVA, Matheus Ireno; MARQUES, Amanda Cristina Teagno Lopes; MIRANDA JUNIOR, Pedro. Alfabetização Científica nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma sequência didática com o tema “conservação de alimentos”. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 3, p. 90-107, 2020. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID770/v15_n3_a2020.pdf. Acesso em: 12 dez. 2022.

ROSA, Cleci Werner da *et al.* O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, v. 58, n. 2, p. 1-24, 2012. Disponível em: <https://rieoei.org/RIE/article/view/1446/2517>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epc/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 2 fev. 2023.

SASSERON, Lúcia Helena; DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844768/mod_resource/content/1/SASSERON_CARVALHO_AC_uma_revis%C3%A3o_bibliogr%C3%A1fica.pdf. Acesso em: 5 jan. 2022.

SOARES, Magda. **Letramento**: um tema em três gêneros. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, c1998.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epc/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 jan. 2023.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Espírito Santo

Campus
Cariacica

ISBN 9788582636947