

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**DA ÓTICA AO ELETROMAGNETISMO: UMA PROPOSTA DE
ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE A LUZ E SEUS IMPACTOS
TECNOLÓGICOS**

WENDELL DA SILVA CRUZEIRO

BRASÍLIA – DF
Agosto de 2020

Apresentação

Este produto educacional foi desenvolvido para professores que queiram discutir as interações da luz com a matéria em disciplinas de ciências, utilizando de novas metodologias e entendimentos no processo de ensino-aprendizagem. Ele contribui para a construção de uma matriz metodológica, uma ferramenta que unifica os referenciais da teoria da aprendizagem por descoberta, a metodologia da investigação científica baseada no ensino de ciências (IBSE) e os standards das aprendizagens. A matriz metodológica é solidificada nas representações de Bruner (ativa, icônica e simbólica) e nos 5Es do IBSE (envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação). A avaliação proposta pela matriz metodológica, avaliação qualitativa fenomenológica, discute a resposta em três graus de aquisição de conhecimento: 1º grau – aprendizagem mecânica, 2º grau – aprendizagem visual e 3º grau – aprendizagem sonora. Os graus de aquisições se utilizam de parâmetros que concluem se o estudante compreendeu o fenômeno estudado, se consegue reproduzir ou discutir, propor soluções e formalizar por meio da linguagem escrita ou matemática.

Aplicando a matriz metodologia no estudo da luz e de suas interações com a matéria, percebeu-se a importância de compreender as áreas de interação da luz, dividindo-as em corpuscular, ondulatória, eletromagnética e aplicações tecnológicas. A compreensão da luz como partícula ou como onda, a interação ocorrida entre campos elétricos e magnéticos e a aplicação desses fenômenos em sistemas de circuitos integrados ou em aparelhos que provocam condições melhores de vida e conforto para a humanidade tornam o estudo da luz imprescindível no ensino de ciências. Entretanto, uma análise breve sobre os livros didáticos no ensino de física aponta uma divisão fenomenológica e a inexistência de uma intersecção entre as áreas de óptica, ondulatória e eletromagnetismo. De olho nesse problema, este produto educacional determinou como objetivo geral a contribuição para o ensino de física e de ciências por meio de uma investigação sobre o estudo da luz e de seus impactos tecnológicos cotidianos, com o intuito de diminuir os prejuízos causados pela divisão de conteúdo.

Para que seja possível atender a demanda do objetivo geral, foram traçados quatro novos objetivos específicos: 1) Desenvolver, de forma categórica, aprofundamentos teóricos das representações da aprendizagem por descoberta e complementar com a metodologia de ensino investigativo baseado em ciências. 2) Descrever uma transposição didática dos estudos da óptica, da ondulatória e do eletromagnetismo sobre a interação da luz e seu comportamento em diferentes meios aplicados a recursos tecnológicos cotidianos. 3) Implementar uma matriz metodológica aplicada aos pentágonos das aprendizagens com o intuito de facilitar o processo de aquisição de conhecimento, de forma qualitativa. 4) Produzir uma escala avaliativa que descreva o processo de aquisição de conhecimento integrado a inquirições, explorações e explicações.

Com essas características, este produto foi aplicado em uma turma da 2ª série do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino de Brasília e seus resultados indicaram importantes resultados e avanços por parte dos estudantes no entendimento do fenômeno luminoso. A aplicação durou, em média, quatro encontros de aulas duplas, totalizando quatrocentos minutos de aulas. Houve quatro encontros para discutir a interação da luz no meio, com a seguinte distribuição temática: 1) natureza corpuscular, 2) natureza ondulatória, 3) comportamento eletromagnético e 4) aplicações da natureza da luz.

São apresentados, a seguir, os planos de aula, todos eles referenciados no modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

Construção da metodologia de aplicação

Como investigar o fenômeno luz e suas interações com o meio aplicadas à tecnologia coexistente no cotidiano? Uma das possíveis soluções para essa pergunta está na organização dos fenômenos que envolvem a luz nas suas respectivas áreas de estudo, aplicando-se, em seguida, uma metodologia que reúna todos esses fenômenos em uma única proposta de estudo.

Percebeu-se que o estudo luz está localizado na intersecção de quatro grandes áreas, que são: óptica, ondulatória, eletromagnetismo e na tecnologia, como mostrado na próxima figura.

Figura 1: Tópicos de Física referentes ao estudo da luz.

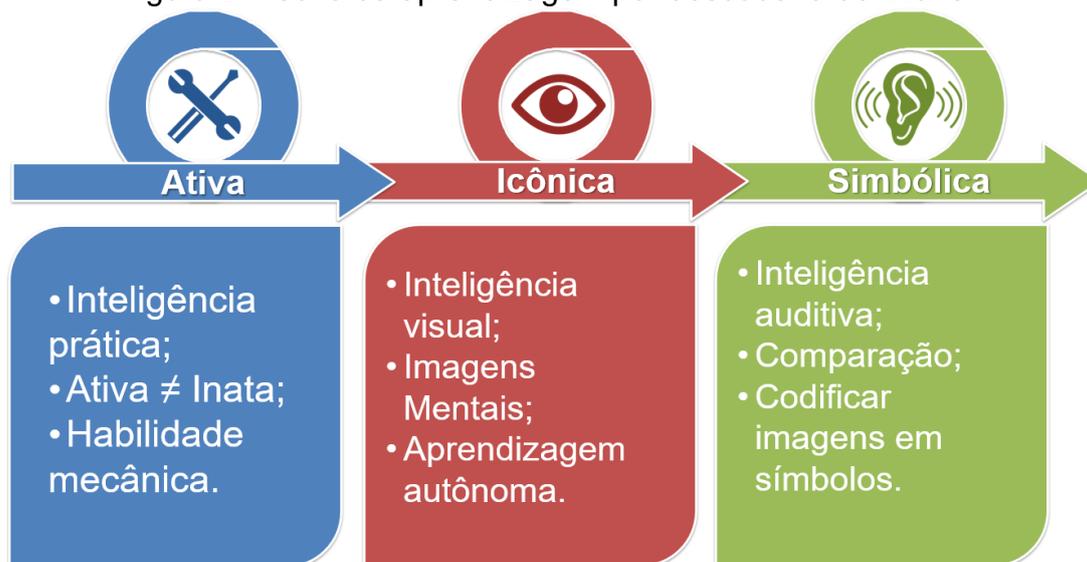


Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Surge uma nova pergunta: como discutir todos esses fenômenos dentro de sala de aula? Essa pergunta pode ser respondida pela teoria da aprendizagem por descoberta, a qual considera que o estudante pode aprender todos os conceitos sugeridos, desde que seja respeitado o nível de abstração e que a linguagem seja clara. Em resumo, Bruner propõe que se pode ensinar conceitos complexos desde que a transposição didática obedeça a idade e os demais fatores circunstanciais.

A teoria da aprendizagem por descoberta descreve que há três representação da aprendizagem: ativa, icônica e simbólica. Cada uma desenvolve um tipo de inteligência e um nível de abstração do que se espera aprender. O aluno pode apresentar o seu entendimento por uma habilidade mecânica: processo de montagem, colagem, recorte ou reprodução experimental; a habilidade pode ser visual, processo de substituição do objeto de estudo por uma imagem mental; habilidade auditiva, transformação da imagem mental em linguagem matemática, escrita ou falada.

Figura 2: Teoria da aprendizagem por descoberta de Bruner.



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

A motivação do processo de aprendizagem acontecerá por meio do contexto histórico e das experimentações, sendo de suma importância que o professor (como mediador) assuma a responsabilidade de promover a interação entre o estudante e o fenômeno estudado, por meio da experimentação ou pelo contexto histórico da descoberta do fenômeno. Cabe ao mediador atualizar-se sobre a temática, para que o seu papel seja realizado com êxito. A esse respeito, sugerimos consultar a discussão sobre a física que consta de um dos capítulos da dissertação que dá origem a este produto educacional ((Da óptica ao eletromagnetismo: uma abordagem a partir de aspectos tecnológicos).

A aprendizagem por descoberta de Bruner mostrou-se muito oportuna para o tipo de articulação que propusemos neste produto educacional, embora ela não se constitua de uma abordagem hermética e perfeitamente constituída. Como alerta Moreira (2009, p. 28), “se o indivíduo entendesse a estrutura do conhecimento, esse entendimento permitir-lhe-ia prosseguir por si mesmo”. Isso implica lembrar de que o material didático e, sobretudo, as intervenções de mediação precisam considerar outros aspectos que ampliem a autonomia do aluno e o horizonte de possibilidades de sua aprendizagem. Foi isso que nos levou a buscar metodologias complementares à perspectiva cognitivista de Bruner, compatíveis com nossa linha de estudo, mas preocupada com outros aspectos, como a investigação científica baseada no ensino de ciências (IBSE).

Partindo das mesmas premissas que a teoria da aprendizagem por descoberta, o IBSE motiva os estudantes com o envolvimento do que já se sabe com o conhecimento a ser aprendido. Há uma busca exploratória com atividades práticas, fomentando o trabalho em grupo e unindo experiências para o processo de aquisição de conceitos. Ela se complementa por explicações feitas pelos alunos, relativamente aos conceitos aprendidos em uma atividade prática. Elaborar uma situação nova, para que sejam aplicados os conceitos aprendidos na atividade prática, funciona como uma prova real de conhecimentos adquiridos. Por fim, o processo avaliativo deve ser compatível com essas visões, a partir de uma taxonomia própria, buscando estabelecer níveis dos estudantes antes e depois do processo de ensino, qualitativamente, menos para mensurar, comparar ou por em escalas, mais para notar mudanças, posturas, crenças e habilidades adquiridas na inquirição.

Figura 3: Investigação científica baseada no ensino de ciências (IBSE).



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Utilizando-se de Bruner, IBSE e tópicos de física relacionadas com o estudo da luz, buscou-se gerenciar as habilidades a serem desenvolvidas,

visando a melhor organização e à unificação dos standards das aprendizagens em um produto educacional divididos em quatro aulas.

Quadro 1: Standard das aprendizagens.

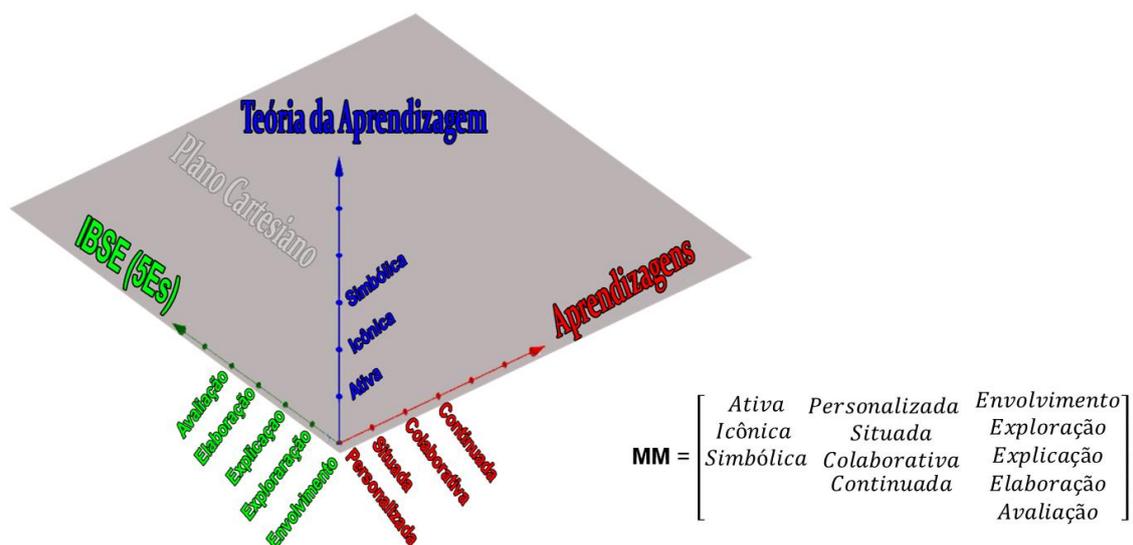
Standard das aprendizagens	Entendimento
Personalizada	A personalização (aprendizagem adaptada aos ritmos e necessidades de cada pessoa) é cada vez mais importante e viável. Cada estudante, de forma mais direta ou indireta, procura respostas para suas inquietações mais profundas e as pode relacionar com seu projeto de vida e sua visão de futuro. É importante aprender a relacionar melhor o que está disperso, a aprofundar as informações relevantes, a tecer costuras mais complexas, a navegar entre as muitas redes, grupos e ideias com as quais convivemos. Num mundo tão agitado, de múltiplas linguagens, telas e efervescências aprender a desenvolver roteiros individualizados de acordo com as necessidades e expectativas é cada vez mais importante e viável (MORAN, 2018. p. 3. ênfase do original).
Situada	O aluno contacta com uma vasta gama de informação, podendo recolher a mesma com recurso a diferentes ferramentas do dispositivo móvel (câmara fotográfica, câmara de vídeo, gravador de áudio) e ao software utilizado; recolhe informação com recurso a diferentes suportes multimédia em espaços onde é possível contactar com o objeto de investigação (Centro de Ciência, Jardim Zoológico, Laboratório da Escola, Mercado de peixe e ambiente imersivo); e constrói o seu conhecimento com recurso a diferentes suportes multimédia em espaços onde é possível contactar com o objeto de investigação (fotografia, áudio, vídeo, animações, apresentações, experiências científicas, simulações) (ALMEIDA; TAVARES, 2015, p. 36).
Colaborativa	A aprendizagem colaborativa é entendida como a soma de quatro princípios fundamentais: 1) trabalho em conjunto; 2) interatividade; 3) compartilhamento; e 4) Desenvolvimento de conhecimento coletivo.
Continuada	O aluno recolhe informação em atividades de contexto (extra)escolar (fotografia, áudio, vídeo, notas de campo); partilha informação em contexto (extra)escolar com recurso a plataformas sociais e constrói o seu conhecimento em atividades de contexto (extra)escolar com recurso a diferentes suportes multimédia (áudio, vídeo, esquemas conceptuais, sistemas de pergunta-resposta, animações, apresentações).

Fonte: Almeida e Tavares (2015, p. 36).

As aulas de característica personalizada buscam uma desenvoltura do estudante na autonomia, o que Bruner almejava com o seu trabalho na organização da estrutura de ensino. As aulas de característica situada fomentam a aplicação da aprendizagem em um certo contexto seja ele tecnológico, laboratorial, prático e etc. As aulas de característica colaborativa exploram as atividades em grupo com a finalidade de gerar e organizar ideias, fortalecendo as relações humanas no debate, no respeito a opinião do outro, ao propor ideias e soluções. As aulas de característica continuada conduzem o processo de ensino aprendizagem ao recolhimento, o compartilhamento e o desenvolvimento de ideias que contribuem para aquisição de conhecimentos.

Nomeada de matriz metodológica, o entrelaçamento da teoria da aprendizagem de Bruner, a metodologia inquiri do IBSE e os standards das aprendizagens tem como objetivo contribuir para o ensino de física e de ciências por meio de uma investigação sobre o estudo da luz e de seus impactos tecnológicos cotidianos.

Figura 4: Matriz Metodológica (MM).



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Diante de todo o exposto, a matriz metodológica foi preponderante para a organização deste produto educacional e auxiliou nas articulações teóricas e metodológicas. A seguir, encontra-se os planos de aulas produzidos nessa perspectiva, todos eles referenciados em Ferreira e Silva Filho (2019).

APÊNDICE 1: PLANO DE AULA 1



Aula 1

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Natureza corpuscular da luz

1. Identificação

Nível de ensino	Médio
Instituição	Colégio DJ
Natureza	Aplicação de produto educacional
Docente responsável	Wendell da Silva Cruzeiro
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica
Título (Tópico) da aula	O comportamento da luz
Tipo predominante	Personalizada (expositiva)
Duração prevista	1h40

2. Objetivo principal

Proporcionar contato investigativo com o problema do comportamento da luz, desde uma análise mecanicista acerca da trajetória dos raios que incidem sobre materiais transparentes, translúcidos e opacos, até a relação dela com os fenômenos de reflexão, refração e absorção. Ao final, o espectro eletromagnético deverá ser opticamente explicado.

3. Objetivos complementares

- Articular, didaticamente, ícones a respeito dos fenômenos de reflexão, refração e absorção da luz.
- Discutir, a partir do objetivo anterior, quais materiais proporcionariam melhor reflexão, refração e absorção.
- Construir uma teoria que explique o comportamento luminoso com base na interação com determinados materiais.
- Conceituar, com base nos fundamentos ópticos discutidos, o espectro eletromagnético.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

É necessário que os estudantes tenham um conhecimento de fundamentos de geometria plana, em particular, definições acerca de pontos, formas geométricas e geometrização dos raios de luz. Tais conhecimentos preliminares serão acionados ao se depararem com o problema investigativo de que aqui se trata. Nesta aula, é importante que os estudantes compreendam o caráter corpuscular da luz, a fim de construir um conceito de espectro eletromagnético.

5. Metodologia

5.1. Desenho metodológico

O percurso metodológico proposto parte das definições de Bruner (2001) a respeito da aprendizagem, que se desenvolve em três pontos: ativa, icônica e simbólica, articulando-as à metodologia IBSE (COSTA, 2014), cujo principal aspecto é a investigação de um fenômeno científico no processo de aprendizagem. Essa metodologia tem como pressuposto que a aprendizagem passa pelas etapas dos denominados 5Es: envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação.

Procedimentalmente, será realizada uma atividade que desenvolva a representação ativa dos estudantes, por meio da observação de experimento que incide luz sobre objetos (materiais) com diferentes características. Para que essas observações induzam a capacidade da observação sistêmica, deverá ser sugerido aos participantes que: i) registrem fatos curiosos acerca da reflexão, refração e absorção da luz, levantando palavras-chaves para a pesquisa; ii) utilizem as palavras-chaves prospectadas em pesquisa na internet; e iii) discorram a respeito dos principais achados da investigação.

O quadro a seguir apresenta, sinteticamente, as metarrelações entre a proposta que articula a teoria de ensino de Bruner e a metodologia IBSE, em uma aula dupla de 100 min. As colunas representam o IBSE, listando os 5Es e como serão organizados; nelas, também se pode perceber a divisão da aula com início, meio e fim. Nas linhas do quadro, há especificações de como ocorrerão essas organizações e o tópico de física que será aplicado, o instrumento

metodológico e a estratégia de cada etapa dos 5Es. A teoria de Bruner interage transversalmente em aspectos como: apresentar o problema ao estudante de forma simples e honesta, respeitando a idade na célula com o raio de luz; ou na explicação em grupo, em que os estudantes se ambientam e se sentem mais à vontade para perguntar, questionar ou afirmar.

A coluna “Instrumento educacional” foi construída com base na IBSE, e as estratégias foram desenvolvidas com tópicos de ótica geométrica, que serão a base (ícones de Bruner), para compreender fenômenos ópticos mais complexos, como o espectro eletromagnético, que é o ponto simbólico máximo esperado na aula.

Quadro 2: Descrição da aula 1: o comportamento da luz.

5Es (Personalizada)	Conteúdo	Instrumento educacional	Estratégia
Envolvimento (início)	Raio de luz	Contexto histórico (<i>slides</i>)	Tópicos iniciais de ótica.
Exploração (meio)	Interação da luz com matéria	Experimentação em grupo	Experimento com material transparente, translúcido e opaco.
Explicação (meio)	Mecânica corpuscular	Explicação em grupo	Explicar os fenômenos da interação da luz.
Elaboração (meio)	Decomposição da luz	Trabalho em grupo	Construir uma teoria para explicar a decomposição da luz de acordo com as estratégias anteriores.
Avaliação (fim)	Espectro eletromagnético (vídeo)	Trabalho individual	Dissertar acerca do espectro eletromagnético.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5.2. Etapas didáticas

A matriz metodológica é um quadro que organiza uma teoria psicológica de aprendizagem com uma metodologia ativa, com foco na investigação científica. Dentro desses dois focos, há uma correlação entre ambas, o estudante no centro da aprendizagem como protagonista na investigação ou descoberta. A matriz metodológica entrelaça esses dois focos, proporcionando um aumento potencial na forma de interacionar dentro do ambiente escolar.

Além disso, ela busca extrair o máximo da teoria da aprendizagem por descoberta e da metodologia IBSE, submetendo ao/à aplicador(a) a responsabilidade de ser rigoroso/rigorosa na aplicação de cada etapa do processo. Sendo fiel na aplicação, é esperado que a aprendizagem seja efetiva no final do transcurso.

O objetivo da matriz metodológica é construir uma relação produtora entre a teoria de Bruner e a metodologia IBSE, passando por todas as fases da teoria educacional – ativa, icônica e simbólica – e por todas as etapas do IBSE – envolvimento, exploração, explicação elaboração e avaliação.

A aula será dividida em sequências procedimentais – início (envolvimento), meio (exploração, explicação e elaboração) e fim (avaliação) (BYBEE, 2009).

5.2.1. Início: motivação e investigação (COSTA, 2014)

A sequência escolhida foi uma das possibilidades de entrelaçar a teoria e a metodologia no mesmo bloco sequencial. No início da aula, há o envolvimento do estudante, de acordo com o IBSE, e há a fase de ativação do conhecimento de Bruner, em que o estudante se sente motivado a investigar os fenômenos envolvidos. Nessa aula, como motivação, o mediador fará um apanhado histórico a respeito da óptica, expondo fatos, curiosidades e imagens, a fim de que seja ativado esse interesse por investigar o fenômeno, que seria o raio de luz. Se o estudante conseguir ativar essa etapa, espera-se também que se envolva com o conteúdo, a turma, o mediador e os meios de pesquisa.

5.2.2 Meio: exploração, pesquisa e desenvolvimento (BRUNER, 2001; COSTA, 2014)

O meio da aula, na sua maior parte, será composto por experimentações, pesquisa e desenvolvimento social acerca do assunto. Essa parte iniciará com um experimento, que tem como foco principal a interação da luz com o meio. Dessa forma, serão necessários *lasers*, espelhos, materiais transparentes, translúcidos e opacos, a fim de investigar as principais características da interação da luz sobre esses materiais.

Esse momento é importante para manter a motivação dos estudantes para que sejam discutidas essas interações e sejam construídos por eles os conceitos que apresentam cada interação, como a luz projetada sobre um espelho, uma reflexão, a luz projetada em um objeto opaco, absorção, entre outros. Haverá outra experimentação com a decomposição da luz, e é importante que o estudante desenvolva bem esses conceitos para que ele possa explicar o fenômeno de decomposição da luz a partir dos conceitos aprendidos na experimentação anterior. Também fortalece a busca na rede e em livros a fim de compreender melhor o fenômeno visualizado e entender como é realizada essa interação. É esperado que, em cada experimentação realizada, seja criado um ícone, uma imagem mental, no processo de aprendizagem do estudante.

5.2.3. Fim: avaliação

O processo avaliativo final (assim caracterizado porque, desde o início da aula, todos os estudantes estão sendo avaliados em relação ao comportamento e ao *feedback* que apresente indícios de aprendizagem ou caracterize de forma clara e precisa algumas das etapas de aprendizagem de Bruner) inicia-se em apresentar um vídeo do espectro eletromagnético para que conheçam qual a base de várias tecnologias cotidianas. De acordo com os conceitos aprendidos nessa aula, e com a assistência do vídeo do espectro eletromagnético, os estudantes deverão ser capazes de explicar o significado físico da interação da luz. Nesse momento, espera-se que a terceira etapa da aprendizagem de Bruner seja atingida, a fase simbólica, na qual os estudantes se apoiam nas imagens mentais construídas no decorrer da aula para explicar um fenômeno mais complexo, utilizando conceitos científicos e descrevendo o

fenômeno com um pouco mais de propriedade e destreza. A fim de garantir que seja atingindo esse ponto, o mediador deve propor aos estudantes, como atividade extraclasse, uma dissertação a respeito da atuação de fenômenos ópticos na saúde e na comunicação, com base em conceitos simples e importantes para o desenvolvimento social e tecnológico.

6. Recursos necessários

Quadro, pincel, caneta, experimentos elétricos, internet e *tablet* ou celular e projetor.

7. Proposta de avaliação

No início da aula, para que seja uma explicação rápida e eficiente, buscando a etapa de ativação do Bruner, o mediador necessitará de um projetor com computador, quadro e pincel para apresentar o *slide* contendo o contexto histórico e curiosidade acerca do estudo da óptica.

Em seguida, o mediador realizará duas experimentações com *lasers*, materiais de diferentes características: transparente, translúcido, opaco, refletivo e prisma, com objetivo de construir conceitos e ícones na estrutura cognitiva dos estudantes.

Serão necessários também objetos para pesquisa, como *tablets* e *smartphones* com acesso à internet, de maneira complementar ao livro-texto dos estudantes, otimizando, assim, o processo de aprendizagem com características autônomas (TAVARES; ALMEIDA, 2015).

A perspectiva avaliativa de Bybee (2009) vai ao encontro do entendimento da avaliação proposta por este plano, o qual se propõe a responder perguntas abertas, utilizando observações ou conceitos solidificados em um ícone na estrutura cognitiva do estudante.

Isso deve denotar entendimento, conhecimento ou habilidade a respeito do fenômeno, gerando autonomia para autoavaliar-se no processo de investigação, incentivar e questionar-se a respeito de possíveis investigações, descrever, de forma autônoma, o objeto de pesquisa, levantando pontos de interesse próprio e coletivo.

A avaliação proposta por este plano é corroborada pelo IBSE, ao proporcionar aos aprendizes ferramentas psicológicas para encarar os problemas e buscar soluções por meio da investigação, e pela teoria de Bruner, que constrói um caminho, desde a motivação até o reforçamento, tornando, assim, as fases de aprendizagem mais efetivas na solução dos problemas.

Nesse sentido, buscar-se-á verificar qualitativamente a compreensão do fenômeno óptico do comportamento da luz. Isso ocorrerá pela construção de uma aprendizagem situada, cujos indicadores serão: i) a realização da investigação de forma autônoma; ii) o desenvolvimento de trabalho colaborativo; iii) analisar o percurso da investigação; iv) proporcionar *feedbacks*; e iv) avaliar o desempenho (TAVARES; ALMEIDA, 2015).

8. Sugestões de fontes complementares

Essas sugestões de leituras e vídeos são materiais de apoio que podem ajudar o professor mediador a compreender melhor a perspectiva de como aplicar a aula. Nos tópicos a seguir, estão materiais básicos de óptica com base teórica e experimental.

Proposta de avaliação

Até aqui, foi visto um conjunto de conceitos sobre óptica, tais como reflexão, refração, absorção etc. Foi falado também do espectro eletromagnético, como ele auxilia na exploração espacial, por meio de comparações com conhecimento que já detemos. Enfim, a óptica é uma parte da ciência que visa a explicar fenômenos que tratam da interação da luz com o meio. Sabendo disso, escreva, com suas palavras, como o conhecimento do espectro eletromagnético facilita o processo de comunicação social e contribui para as ciências médicas. Utilize os conhecimentos adquiridos, desde raios de luz até espectro eletromagnético, a fim de estabelecer clareza a respeito do assunto.



Aula 2

Natureza ondulatória

1. Identificação

Nível de ensino	Médio
Instituição	Colégio DJ
Natureza	Aplicação de produto educacional
Docente responsável	Wendell da Silva Cruzeiro
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Ondulatória
Título (Tópico) da aula	O comportamento das ondas
Tipo predominante	Situada (expositiva)
Duração prevista	1h40

2. Objetivo principal

Ampliar o conhecimento dos aprendizes com a interpretação ondulatória da luz, utilizando experimentos e simulações, a fim de corroborar o funcionamento da luz, vista na primeira aula. Ao final desta aula, os estudantes deverão ter condições de explicar como as ondas eletromagnéticas interagem com os materiais para proporcionar evolução tecnológica.

3. Objetivos complementares

- Apresentar a física ondulatória de forma ampliada e focada nas aplicações do espectro eletromagnético.
- Realizar uma simulação controlada, iconizando a interação da onda nas simulações com os objetos de estudo.
- Experimentação da gaiola de Faraday, proporcionando um símbolo na estrutura cognitiva do estudante.
- Avaliar o conceito de rede sem fio, wi-fi.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

É necessário que os estudantes tenham conhecimento de fundamentos de óptica geométrica, raios de luz, trajetória da luz sobre objetos com características transparentes ou não, fenômenos que cercam a interação da luz com a matéria: reflexão, refração e absorção. Tais conhecimentos preliminares serão necessários quando se depararem com o problema investigativo deste plano. Nesta aula, é importante que os estudantes compreendam o caráter ondulatório da luz, a fim de somar conceitos para fortificar o conhecimento acerca do espectro eletromagnético.

5. Metodologia

Evoluir os conceitos primitivos, obtidos na aula acerca da natureza da luz corpuscular, com introdução ondulatória da luz, experimentações e simulações de situações cotidianas atreladas à tecnologia do dia a dia.

Nesta aula, serão necessários computadores com acesso à internet e capacidade para simular situações de interação da perturbação com o objeto.

5.1. Desenho metodológico

Este plano se compromissou a construir um trajeto metodológico que facilite a aprendizagem por descoberta, por meio da investigação dos alunos. Para que esse trajeto seja possível, é importante seguir a matriz metodológica, pois ela é uma forma de unificar a teoria da aprendizagem de Bruner e a metodologia IBSE. A teoria da aprendizagem por descoberta alude em três pontos de aprendizagem: ativação, iconização e simbolização (BRUNER, 2001), já o vínculo metodológico da IBSE narra que a construção da aprendizagem se desenvolve em cinco etapas: envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação (COSTA, 2014). Ambas as teorias de aprendizagem e metodológica traçam o mesmo caminho: uma aprendizagem efetiva e com o estudante no centro da descoberta ou da investigação.

O mecanismo aplicado será o da continuidade da aprendizagem, aula contínua. Nesse caso, os estudantes realizarão atividades em outros ambientes diferentes de sala de aula. Para essa aula, foi pensado utilizar simulador

computacional para transformar uma estrutura de aprendizado em um ícone, nessa circunstância, o fenômeno simulado. Seguindo a teoria de aprendizagem de Bruner e a IBSE, os primeiros passos de ambos são a ativação e o envolvimento, em que o mediador preparará uma pequena apresentação relatando o contexto histórico, uma linha do tempo, da evolução das ideias dos fenômenos ondulatórios. Esse ponto, além de motivar os estudantes, impulsionará a investigação e a descoberta.

Os próximos passos da prognose são a iconização e a experimentação, a exploração e a explicação. O que será experimentado é um fenômeno simulado, o qual relaciona uma frequência de uma gota colidindo com uma quantidade de água. Claramente, quando ocorre essa colisão, a perturbação da gota com a água constrói cristas de ondas que se distanciam do ponto da colisão. Esse experimento nos remete ao ponto inicial: a luz tem características duais. Na primeira aula, foi visto o comportamento corpuscular, e, nesta aula, o comportamento ondulatório. Os fenômenos abordados na primeira aula foram reflexão, refração e absorção, e, nesta aula, veremos os mesmos conceitos, só que com viés ondulatório. Logo, será experimentado o simulador, explorando os conceitos visualizados no simulador e explicando de acordo com a teoria científica.

Para explicar melhor, é necessário que os alunos pesquisem um pouco mais para fortalecer os argumentos acerca dos fenômenos. O foco principal é que os estudantes expliquem o ocorrido com a função de onda. Será reproduzido o experimento da gaiola de Faraday para representar a reflexão.

A avaliação e a simbolização serão o ponto em que os estudantes desenvolverão um desenho utilizando programas de computador. Nele, será pedido para correlacionar os conceitos tanto de forma corpuscular quanto de forma ondulatória. Essa é uma forma de extrair dos envolvidos o elo dos mesmos conceitos explicados com outros argumentos.

O quadro a seguir apresenta, de forma simplificada, as correlações das teorias de aprendizagem e metodológica para que sejam aplicadas em uma aula de 100 minutos. Neste quadro, há quatro colunas, que representam a IBSE, o conteúdo, o instrumento educacional e a estratégia utilizada. A coluna “Conteúdo” foi construída com base em Bruner (2001), em que foi enunciado o

fenômeno no contexto histórico, motivado pela proposta do simulador para contrastar com a teoria vista na aula anterior, proposta uma exploração com pesquisa do que é a função de onda, o que é relativamente simples de perceber modificando a frequência e, por consequência direta, aumenta a velocidade de propagação da perturbação, a elaboração com a gaiola de Faraday, um elo entre o simulador e a função de onda. Além disso, a avaliação com o sistema wi-fi cotidiano, em que o professor propõe uma conexão de forma artística, ao correlacionar o funcionamento do wi-fi com todos os elementos vistos em sala.

Já as colunas “Instrumento educacional” e “Estratégia” relacionam como serão as atividades, o que será feito, como serão realizadas, em cada momento da aula.

Quadro 3: Descrição da aula extraída da matriz metodológica.

5Es (Situada)	Conteúdo	Instrumento educacional	Estratégia
Envolvimento (início)	Comportamento ondulatório	Contexto histórico	Tópicos iniciais de ondas.
Exploração (meio)	Simuladores de ondas	Experimentação em grupo	Simular uma situação de ondas.
Explicação (meio)	Função de onda	Explicação em grupo	Questionar-se acerca da propagação nos meios.
Elaboração (meio)	Gaiola de Faraday	Trabalho em grupo	Construir uma teoria para explicar a reflexão das ondas na gaiola de Faraday.
Avaliação (Fim)	Wi-fi	Trabalho individual	Dissertar acerca da propagação de pulsos eletromagnéticos.

5.2. Etapas didáticas

A matriz metodológica é um quadro que organiza uma teoria psicológica de aprendizagem com uma metodologia ativa, com foco na investigação científica. Dentro desses dois focos, há uma correlação entre ambas, sendo o estudante no centro da aprendizagem, como protagonista na

investigação ou da descoberta. O quadro metodológico entrelaça esses dois focos, proporcionando um aumento potencial na forma de interacionar dentro do ambiente escolar.

Ela busca extrair o máximo da teoria da aprendizagem por descoberta e da metodologia IBSE, submetendo ao aplicador a responsabilidade de ser rigoroso na aplicação de cada etapa do processo. Assim, se ele for fiel na aplicação, é esperado que a aprendizagem seja efetiva no final do transcurso.

O objetivo da matriz metodológica é construir uma relação produtora entre a teoria de Bruner e a metodologia IBSE, passando por todas as fases da teoria educacional – ativa, icônica e simbólica – e por todas as etapas do IBSE – envolvimento, exploração, explicação elaboração e avaliação.

A aula será dividida em sequências procedimentais – início (envolvimento), meio (exploração, explicação e elaboração) e fim (avaliação) (BYBEE, 2009).

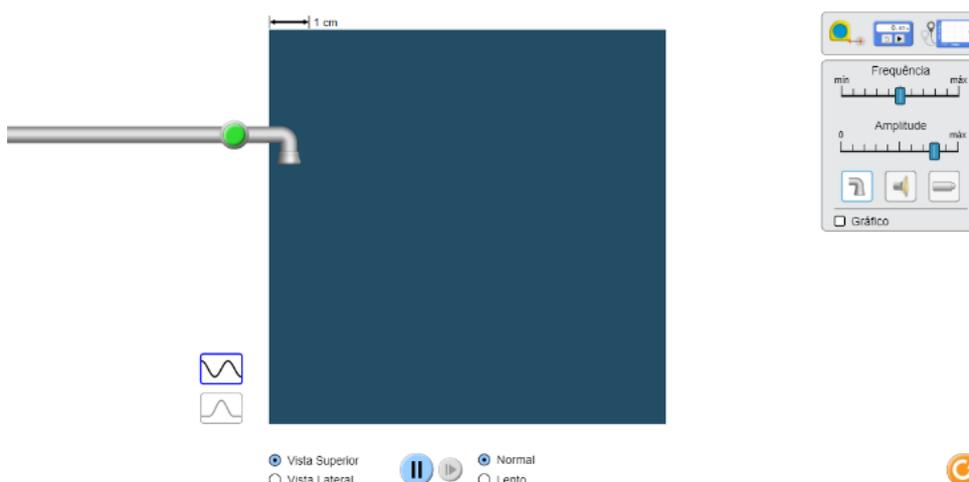
5.2.1. Início: experimentação e investigação (BRUNER, 2001; COSTA, 2014)

Realizar uma aula explicativa, apresentando alguns conceitos básicos de ondulatória, principais tópicos entre a dualidade, a onda e a partícula. Proporcionar aos alunos a apreciação da evolução da ciência dessa discussão e apontar alguns avanços tecnológicos advindos da evolução das áreas da ciência da óptica e a ondulatória

5.2.2. Meio: motivação e pesquisa (BRUNER, 2001; COSTA, 2014)

A motivação será construída por meio de um ambiente diferente do cotidiano desses alunos, a aula será desenvolvida dentro do laboratório de informática, utilizando computadores com acesso à internet e *softwares* de modelagem de imagens, caso seja necessário.

Figura 5: Tela principal do simulador de ondas.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O mediador deixará todos os computadores com a página do simulador aberto para que os estudantes possam interagir na plataforma e, dessa forma, simular uma onda a partir de um simulador computacional.

Os alunos simularão, por um tempo, e o mediador abrirá uma discussão, questionando: como funciona esse simulador, ele aparenta ser alguma coisa do dia a dia? E o que esse fenômeno tem a ver com a luz? Os estudantes farão pesquisas com objetivo de responder a essas perguntas, e, em seguida, o professor realizará um experimento que poderá somar as respostas.

Inicialmente, o professor utilizará um aparelho celular para ligar para o outro e mostrar que está tudo normal com o fornecimento de sinal e, em seguida, ele envolverá um dos aparelhos com papel alumínio.

O professor mediador utilizará dois celulares para realizar um experimento demonstrativo que visa a compreender o fenômeno de reflexão de uma onda. É esperado que os alunos entrelacem a ondulatória com a mecânica corpuscular para explicar o funcionamento da gaiola de Faraday; serão acrescentados também os conhecimentos advindos do simulador e dos tópicos históricos.

Espera-se dos estudantes, em um trabalho em grupo, que consigam relacionar a primeira aula, que relatou o conceito de reflexão, à segunda aula, a propagação de ondas.

5.2.3. Fim: avaliação

A avaliação consiste em entrelaçar a figura do pulso eletromagnético do sinal sem fio com a torneira que goteja sobre uma superfície; e a velocidade de propagação de sinal com a velocidade de gotejamento da torneira. Para que essa relação seja estabelecida, o professor mediador apresentará um filme que aborda a rede sem fio wi-fi e, a partir dele, os estudantes estarão aptos a discorrer acerca do assunto.

Essa avaliação final inicia-se ao apresentar um vídeo do funcionamento da rede wi-fi. Esse vídeo contém o surgimento e o funcionamento elétrico e computacional do wi-fi, sua relevância na sociedade, entre outros pontos. De acordo com os conhecimentos adquiridos, o mediador proporá que os estudantes, ainda em grupos, construam uma imagem que explique, de forma simples, como funciona a rede sem fio, com base nos conceitos físicos. A resposta deverá ser expressa em forma de desenho ou de diagrama, pode ser feita com modelagem computacional e terá o auxílio do professor nesse processo.

Essa forma de avaliar por desenho, diagrama ou imagem visa a acessar a estrutura cognitiva do aluno, como uma conformação interpretativa de como foi realizado esse processo de simbolização do fenômeno e seus entrelaçamentos.

6. Recursos necessários

Quadro, pincel, caneta, experimentos elétricos, internet e *tablet* ou celular e projetor.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

A perspectiva avaliativa de Bybee (2009) busca resolver problemas abertos, no ambiente de aprendizagem, acerca dos fenômenos da natureza, nesse caso, a ondulatória. Em conformidade com a teoria, os estudantes devem utilizar suas observações e conceitos aprendidos para desenvolver um ícone em sua estrutura cognitiva. Em vista disso, quando outrora eles se depararem com

um problema que se assemelhe a esse, acessarão o ícone construído nessa avaliação.

Exceto no caso de, outrora ter se deparado com uma experiência semelhante, o estudante, após essa aula, sairá com habilidades desenvolvidas dentro dos 100 minutos, que seriam: recolher, partilhar e desenvolver. Eles recolhem informações ou conceitos aprendidos e partilham, e, ao final, todos desenvolvem uma aprendizagem semelhante. Note que nem todos recolhem a mesma informação e podem até repassá-la sob pontos de vista diferentes, em que se abrirá uma discussão acerca da veracidade da investigação e da informação obtida. Como resultado, todos desenvolvem o conhecimento necessário para a próxima aula.

A perspectiva de avaliação desse trabalho é compreender o fenômeno ondulatório. Para atingir esse objetivo, buscar-se-á constituir uma aprendizagem continuada, balizada pelos seguintes indicadores: realização da investigação de forma autônoma, trabalho em conjunto, analisar o percurso da investigação, proporcionar *feedbacks* e avaliação de desempenho.

Essa forma avaliativa é corroborada pela IBSE, ao proporcionar aos estudantes o acesso a ferramentas de pesquisa e de desenvolvimento do processo de investigação. É validada também por Bruner, ao apresentar para os alunos a aprendizagem de forma traduzida em etapas dentro da aula, desde a motivação até o reforçamento.

Proposta de avaliação

Até aqui, foi vista uma gama de conceitos acerca de ondulatória: propagação, velocidade, tipos de ondas etc. Foi falado também da gaiola de Faraday, que provoca uma reflexão da onda no momento do choque da crista de onda com o objeto, nesse caso, a proteção com papel alumínio. Também foram realizadas simulações computacionais, com intuito de transformar o fenômeno ondulatório em um ícone a ser acionado quando o estudante se deparar com uma situação semelhante.

As redes sem fio (wi-fi), ou redes móveis, invadiram o nosso dia a dia, proporcionando facilidade em navegar na internet, sem a necessidade de conexões físicas como cabos. A rede móvel funciona semelhante a um

princípio básico de ondulatória, que é a propagação de pulso. Uma análise física do wi-fi é que ele é um aparelho tecnológico que converte sinal elétrico em uma onda e que pode ser reconhecido por outros aparelhos, como celulares, desde que ambos estejam sincronizados na mesma frequência.

Sabendo disso, construa um diagrama ou desenho que explique o funcionamento de um roteador, ou *modem*, considerando os aspectos físicos que corroboram para o funcionamento do aparelho. Peça ajuda ao seu professor para construir esse diagrama ou imagem no computador.



Aula 3

Comportamento eletromagnético

1. Identificação

Nível de ensino	Médio
Instituição	Colégio DJ
Natureza	Aplicação de produto educacional
Docente responsável	Wendell da Silva Cruzeiro
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Eletromagnetismo
Título (Tópico) da aula	A origem eletromagnética
Tipo predominante	Colaborativa (expositiva)
Duração prevista	1h40

2. Objetivo principal

Apresentar aos estudantes os campos eletromagnéticos e suas interações com o meio. Esta aula tem como objetivo principal mostrar que se pode obter raios de luz a partir da variação de fluxo eletromagnético, semelhante ao sistema de transmissão de informação sem fio. Ao final desta aula, os estudantes terão condições de explicar como as ondas eletromagnéticas interagem com os materiais para proporcionar evolução tecnológica focada na transmissão de energia.

3. Objetivos complementares

- Apresentar aos estudantes as leis de Maxwell de forma simplificada e sua importância para o cotidiano.
- Realizar o experimento de corrente induzida para apresentar a conservação do fluxo magnético em corrente elétrica.

- Construir uma bobina de Tesla, a fim de corroborar a conexão entre raios de luz, comportamento ondulatório e leis de Maxwell aplicadas à tecnologia.
- Avaliar o conceito de carregamento sem fio por meio da indução eletromagnética e comparar com a bobina de Tesla.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

São necessários conhecimentos a respeito de circuitos elétricos, tópicos de geometria, óptica e ondulatória. A participação das aulas anteriores é de suma importância, pois as conexões necessitam de uma participação ativa no processo de aprendizagem. Esses conhecimentos preliminares podem ser lembrados quando o estudante se deparar com uma situação semelhante nessa nova investigação. Nesta aula, é importante que os estudantes compreendam que a luz é uma onda eletromagnética emitida na escala do visível e que sua origem pode ser reproduzida de forma eletromagnética, a fim de construir um conceito amplo a respeito do espectro eletromagnético.

5. Metodologia

5.1. Desenho metodológico

O desenho metodológico proposto por esta sequência didática dialoga com uma teoria de aprendizagem e uma metodologia que, juntas, podem potencializar a forma de aprender, tornando a aprendizagem uma investigação e uma descoberta. De acordo com a teoria da aprendizagem por descoberta de Bruner, o aluno que está dentro do processo de aprendizagem pode passar por três etapas sequenciais ao longo da descoberta: 1) ativa, em que o fenômeno se torna acessível, questionado e compreensível; 2) ícone, no qual o fenômeno ganha um significado, tornando a compreensão do fenômeno robusta e com argumentos sólidos; e 3) simbólica, quando os argumentos acerca do fenômeno ganham uma descrição formal, com postulações ou escrita lógica-matemática (BRUNER, 2001).

A metodologia IBSE apresenta uma série contínua de como desenvolver a educação baseada na investigação científica, tratando seu

desenvolvimento em cinco pontos essenciais, os 5Es: 1) envolvimento, processo em que os alunos se motivam a pesquisar e a resolver o problema; 2) exploração, passagem que visa a que os estudantes enfrentem o problema; 3) explicação, momento de organizar as informações obtidas e descrever o fenômeno; 4) elaboração, situação em que os estudantes são desafiados a construir uma situação, experimental, artística, entre outras, que enuncie o fenômeno e apresente suas descobertas; e 5) avaliação, os estudantes são colocados em que o fenômeno investigado se coloca em uma posição mais complexa, específica, e o mediador orienta os estudantes a relacionar os problemas e a buscar semelhanças que expliquem seu comportamento (BYBEE *et al.*, 2006).

Com objetivo de integrar uma teoria da educação e a metodologia, neste trabalho foi proposta uma matriz metodológica que unifica as duas áreas e facilita a aplicação de maneira efetiva.

O objetivo deste quadro é apresentar aos estudantes tópicos do eletromagnetismo que focam nas interpretações das quatro leis de Maxwell para a luz, em que se espera que seja acionada a representação ativa. Realizar o experimento da corrente induzida tornará o conteúdo mais sólido dentro da estrutura cognitiva dos estudantes, e dela se espera atingir a representação icônica.

No momento da explicação, espera-se que sejam conectados com tópicos das aulas anteriores, a fim de explicar como funciona o experimento de corrente induzida. Em seguida, será apresentada a bobina de Tesla, em que o professor explicará a função dos componentes elétricos e mostrará o circuito de construção da bobina. Dessa forma, os estudantes poderão construir um relatório que explica a construção e o funcionamento da bobina de Tesla. No momento avaliativo da aula, o mediador apresentará aos estudantes um vídeo a respeito do sistema de carregamento sem fio, tecnologia recente no mercado, a fim de conectar as leis de Maxwell com a óptica e a ondulatória.

Quadro 4: Descrição da aula extraída da matriz metodológica.

5Es (colaborativa)	Conteúdo	Instrumento educacional	Estratégia
Envolvimento (início)	Campo eletromagnético	As leis de Maxwell	Tópicos de eletromagnetismo.
Exploração (meio)	Experimento de corrente induzida	Experimentação em grupo	Experimento de eletromagnetismo.
Explicação (meio)	Corrente induzida	Explicação em grupo	Variação de fluxo magnético produz corrente elétrica.
Elaboração (meio)	Bobina de tesla	Trabalho em grupo	Formular uma hipótese que sintetize a construção e o funcionamento da bobina de Tesla.
Avaliação (fim)	<i>Charge Wireless Power Shell</i>	Trabalho individual	Realizar conexão entre os experimentos apresentados com essa tecnologia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5.2. Etapas didáticas

O quadro metodológico organiza uma teoria psicológica de aprendizagem e uma metodologia ativa com foco na investigação científica. Dentro desses dois focos, há uma correlação entre ambas, o estudante no centro da aprendizagem como protagonista na investigação ou descoberta. A matriz metodológica entrelaça esses dois focos, proporcionando um aumento potencial na forma de interacionar dentro do ambiente escolar.

A matriz metodológica busca extrair o máximo da teoria da aprendizagem por descoberta e da metodologia Investigation Based Science Education, submetendo ao aplicador a responsabilidade de ser rigoroso em cada etapa do processo. Assim, se ele for fiel na aplicação, é esperado que a aprendizagem seja efetiva no final do transcurso.

O objetivo da matriz metodológica é construir uma relação produtora entre a teoria de Bruner e a metodologia IBSE, passando por todas as fases da teoria educacional – ativa, icônica e simbólica – e por todas as etapas do IBSE – envolvimento, exploração, explicação elaboração e avaliação.

A aula será dividida em sequências procedimentais – início (envolvimento), meio (exploração, explicação e elaboração) e fim (avaliação) (BYBEE, 2009).

5.2.1. Início: motivação e investigação (COSTA, 2014)

Uma forma de motivar e de envolver o estudante dentro desta aula é na apresentação das leis de Maxwell e suas aplicações, com intuito de despertar a curiosidade e proporcionar a investigação de fenômenos eletromagnéticos, óticos e ondulatórios. Buscar-se-á ativar o conhecimento na estrutura cognitiva do sujeito, com a finalidade de iniciar buscas e pesquisas, objetivando à inserção do envolvido no processo de aprendizagem e possibilitando o entrelaçamento feito entre Bruner e a IBSE na matriz metodológica, citados no quadro anterior.

5.2.2 Meio: exploração, pesquisa e desenvolvimento (BRUNER, 2001; COSTA, 2014)

O meio da aula é o ponto de intersecção entre o conhecimento apresentado e o conhecimento adquirido, sendo esse um dos pontos-chave para que seja efetivo o processo de inquirição de sabedoria. Iniciaremos o meio da aula com um experimento simples de corrente induzida explicado por Faraday, um fio condutor próximo de um campo magnético oscilando, que possibilita uma corrente induzida. O medidor levará um experimento que, com a variação do fluxo magnético, um LED receberá uma corrente induzida e ligará de acordo com o momento realizado. Para esse experimento, o mediador conectou uma leitora de CD de computador e conectou um LED no motor. Quando o motor for acionado, modifica-se o fluxo magnético interno, o fio que conecta o LED receberá uma corrente elétrica, ligando-o. Será investigado esse fenômeno, e os estudantes farão pesquisas a fim de unificar suas suspeitas e chegar a uma resposta que seja cientificamente satisfatória.

Em seguida, o professor apresentará a bobina de Tesla, que também pode ser descrita pela lei de Faraday, mas ela contém um esquema elétrico com componentes elétricos que intensificam o fluxo magnético, diminuindo a necessidade de um fio condutor. Logo, uma lâmpada próxima do campo eletromagnético construído pela bobina ligará.

Essa etapa é importante para notar a evolução dos conceitos vistos nesta aula e construir ramificações entre a luz e o eletromagnetismo, deixando mais robusta a descrição do que seria a luz e suas características em materiais de diferentes aspectos.

5.2.3. Fim: avaliação

Várias empresas de *smartphones* e eletrônicos estão utilizando as leis de Maxwell para facilitar o sistema de carregamento sem fio. Essa tecnologia está cada vez mais presente em nosso cotidiano, celulares, relógios inteligentes e painéis de automóveis. No caso, a bobina de Tesla, ela está acoplada em uma base de carregamento sem fio e, assim, o *smartphone* seria o análogo da lâmpada. Sabendo dessa semelhança, o mediador busca compreender se os estudantes também realizaram essa conexão, caso ocorra, corrobora que foi construído um ícone na estrutura cognitiva do estudante e que foi acessado quando foi mostrado o sistema *Charge Wireless Power Shell*, no vídeo.

Espera-se que o estudante conecte as leis de Maxwell com os fenômenos apresentados em sala de aula, e no relatório final, apresentar uma explicação acerca da equação que proporciona a compreensão do fenômeno. É aguardado que os estudantes desenvolvam uma conexão entre a luz produzida por meio da variação de fluxo magnético e de suas características corpuscular e ondulatória.

6. Recursos necessários

Quadro, pincel, caneta, experimentos elétricos, internet e *tablet* ou celular e projetor.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Esta aula foi construída de acordo com as concepções de ensino personalizado (BACICH; MORAN, 2018). Uma aula personalizada, em sua essência, proporciona aos alunos autonomia, trabalho em equipe e individual, buscando sempre uma otimização de suas investigações. A pesquisa torna-se essencial para que o ensino personalizado seja eficaz na solução de problemas e na ressignificação de conceitos.

O ensino personalizado está no mesmo sentido do ensino proposto pela matriz metodológica, com objetivos alinhados, e espera-se de ambos uma aprendizagem efetiva. A proposta avaliativa final busca aferir se essa autonomia foi conquistada pelo indivíduo e se ele está seguro em dar significado a fenômenos investigados.

A perspectiva de Bybee (2009) a respeito da avaliação busca responder a questões abertas dentro do processo de aprendizagem, e cabe ao mediador realizar perguntas inéditas para ajudar no processo de busca de significado. Para Bruner (2001), deve-se transformar essa resposta adquirida por meio da inquirição em um símbolo, resultado do processo avaliativo.

Todos estão com o discurso sincronizado de que a avaliação é um processo no qual o estudante apresenta suas habilidades desenvolvidas no decorrer da aprendizagem e expõe esse conhecimento de forma clara e lógica utilizando ferramentas psicológicas, associativas e matemáticas, adquiridas na derivação de seus frutos de pesquisa. O sucesso em desvendar o problema ou fenômeno ocorre depois de passar pelas etapas de aprendizagem previstas por Bruner.

Proposta de avaliação

A aula de hoje proporcionou uma visão simplificada das leis de Maxwell e foi visto que a tecnologia cotidiana é baseada em princípios básicos do eletromagnetismo. Evidenciou-se também que, a partir da corrente induzida por ímãs, podemos ligar LEDs e lâmpadas, fontes primárias, e que há componentes elétricos que substituem a variação dos ímãs de forma mais eficiente. A bobina de Tesla recebe corrente induzida dentro de um campo eletromagnético e proporciona a ligação da luz. Com base neste conjunto de aulas aplicadas acerca da luz e de suas características ondulatórias e corpusculares, a luz se mostra um fenômeno complexo e, ao mesmo tempo, compreensível. Assim, descreva como a luz é construída. Tente construir analogias entre os experimentos apresentados e as explicações realizadas em grupo.



Aula 4

Aplicações da natureza da luz

1. Identificação

Nível de ensino	Médio
Instituição	Colégio DJ
Natureza	Aplicação de produto educacional
Docente responsável	Wendell da Silva Cruzeiro
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica
Título (Tópico) da aula	Aplicação da luz na formação de imagem 3D
Tipo predominante	Continuada (expositiva)
Duração prevista	1h40

2. Objetivo principal

Organizar e gerenciar ideias são habilidades esperadas nesta etapa do processo de aprendizagem. A aula com foco colaborativo tem como base a retomada de símbolos que foram criados no propósito de explicar o fenômeno investigado. É esperado que a capacidade associativa dos símbolos seja acionada para dar início à explicação de mais um novo fenômeno ou conceito – nesse caso, a formação de imagem.

3. Objetivos complementares

- Apresentar tópicos da óptica da visão, ressaltando o funcionamento da visão desde a incidência do raio de luz até a transformação em pulso elétrico.
- Construir um suporte holográfico que interaja com *smartphones*, com objetivo de transformar uma imagem 2D em 3D.
- Investigar como uma imagem é formada e interagir com uma plataforma digital com óculos de realidade virtual.

- Avaliar o funcionamento da impressora 3D, seu processo de transformação de linha de código em movimentos produzidos por pulsos elétricos.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

É importante que o estudante tenha participado das aulas anteriores de descrição corpuscular, ondulatória e eletromagnética da luz. De conhecimentos específicos, é necessário o entendimento da interação da luz com a matéria, do funcionamento do espectro eletromagnético e da lei de indução de Faraday. Nesta aula, é importante que os estudantes consigam conectar esses tópicos relevantes para descrever a formação de imagem.

5. Metodologia

5.1. Desenho metodológico

Este trabalho se debruçou a desenvolver um quadro nomeado de matriz metodológica que aplica a teoria da aprendizagem por descoberta de Bruner e a metodologia investigativa baseada na educação científica, IBSE. É esperado que essa matriz metodológica potencialize o processo de investigação e de descoberta de um aluno com base nos fundamentos que se tornaram os pilares dela. Tais pilares são as etapas de aprendizagem de Bruner e os 5Es do IBSE. Para Bruner (2001), as etapas se dividem em três: 1) ativa; 2) icônica; e 3) simbólica.

A aprendizagem ativa, ou motivação, está conectada ao relacionamento construído entre o aluno e o fenômeno, provocando uma investigação e, à posteriori, uma descoberta. A aprendizagem icônica entrelaça o relacionamento construído com os conceitos adquiridos por meio da investigação, transformando-o em uma imagem que será salva na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem simbólica fortalece os dados obtidos na aprendizagem icônica, transformando-a em uma linguagem carregada de conceitos primitivos, proporcionando uma descrição científica-matemática.

De acordo com Bybee (2009) e Costa (2014), a IBSE subdivide a estrutura de aprendizagem em cinco pontos: envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação.

O quadro a seguir apresenta três colunas: conteúdo, instrumento educacional e estratégia. Cada célula é conectada com uma das fases da IBSE; a primeira conexão envolve a ótica da visão, elemento motivacional que será apresentado por *slides* mostrando a descrição fisiológica do olho, desde a emissão do raio de luz por uma fonte divergente até a transformação em pulsos elétricos. Na segunda célula, a experimentação está conectada com hologramas utilizando *smartphones*, será um trabalho realizado em grupo e será construído um suporte de reflexão holográfica que transforma várias imagens 2D em 3D. Em seguida, deve-se desenvolver uma investigação de como foi desenvolvida a imagem em 3D e ampliar o campo da investigação para a realidade virtual e aumentada, com manuseio de aplicativos do Google Cardboard. Por fim, deve-se avaliar, individualmente, o entendimento desenvolvido nesta aula, trazendo para o foco o funcionamento da impressora 3D.

Quadro 5: Descrição da aula 1: o comportamento da luz.

5Es (continuada)	Conteúdo	Instrumento educacional	Estratégia
Envolvimento (início)	Ótica da visão	<i>Slides</i>	Descrição fisiológica.
Exploração (meio)	Experimentação com hologramas	Experimentação em grupo	Construir um holograma de pirâmide.
Explicação (meio)	Formação de imagem	Explicação em grupo	Explicar acerca da soma de imagens.
Elaboração (meio)	Realidade virtual	Trabalho em grupo	Investigar acerca do funcionamento da realidade virtual.
Avaliação (fim)	Impressoras 3D	Trabalho individual	Relacionar a impressora 3D com conceitos aprendidos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5.2. Etapas didáticas

A matriz metodológica é um quadro que organiza uma teoria psicológica de aprendizagem com uma metodologia ativa com foco na investigação científica. Dentro desses dois focos, há uma correlação entre ambas e o estudante no centro da aprendizagem como protagonista na investigação ou descoberta. A matriz metodológica entrelaça os dois focos, proporcionando um aumento potencial na forma de interacionar dentro do ambiente escolar.

Ela busca extrair o máximo da teoria da aprendizagem por descoberta e da metodologia Investigation Based Science Education, submetendo ao aplicador a responsabilidade de ser rigoroso e fiel em cada etapa do processo. É esperado que a aprendizagem seja efetiva no final do transcurso.

O objetivo da matriz metodológica é construir uma relação produtora entre a teoria de Bruner e a metodologia IBSE, passando por todas as fases da teoria educacional – ativa, icônica e simbólica – e por todas as etapas do IBSE – envolvimento, exploração, explicação elaboração e avaliação.

A aula será dividida em sequências procedimentais – início (envolvimento), meio (exploração, explicação e elaboração) e fim (avaliação) (BYBEE, 2009).

5.2.1. *Início: motivação e envolvimento (BRUNER, 2001; COSTA, 2014)*

O começo da aula dá origem ao início da aplicação da matriz metodológica. Bruner (2001) e a IBSE relacionam o início da atividade a um ponto de envolvimento e motivação dos aprendizes com o fenômeno. No caso desta aula, esse ponto comum é a fisiologia do olho humano. O raio de luz atravessa todo o globo, sendo direcionado pelo cristalino para que atinja um ponto focal. Nesse ponto, há várias células nervosas absorvendo o raio e gerando um pulso elétrico que, por meio do nervo óptico, chega ao cérebro e realiza o processamento da imagem, discriminando o objeto pela cor, profundidade, forma, tamanho, entre outros.

Essa descrição da fisiologia faz-se necessária para prender a atenção dos alunos e aguçar a curiosidade. Esse é o real motivo, se o conteúdo não for convidativo a ser investigado, não há como continuar a aplicar a matriz

metodológica, pelo fato de não se conseguir passar pela primeira etapa de ambas as teorias.

5.2.2 Meio: exploração, pesquisa e desenvolvimento (COSTA, 2014; BRUNER, 2001)

O meio da aula tem o compromisso de investigar, explorar e desenvolver. Nas aulas anteriores, o fenômeno estava conectado com o objeto de exploração de forma simples. Deve-se realizar conexões que unifiquem o início e o meio, nesse caso, a construção da pirâmide holográfica fará o papel de elo entre a fisiologia do olho e a formação de imagem, sendo o foco da fisiologia do olho, a formação de imagem também.

O professor levará os materiais para construir a pirâmide holográfica juntamente com os alunos e projetará a imagem em 3D com os recursos de aplicativos disponíveis nas principais lojas de aplicativos de *smartphones*. Em seguida, serão questionadas as conexões entre as formações de imagens e como funciona o holograma de forma física. Espera-se dos estudantes que eles relacionem a imagem como fonte primária de luz e a pirâmide como fonte refratora da luz, tornando quatro imagens em 2D em uma imagem em 3D. Uma investigação será feita, e os estudantes desenvolverão conceitos para descrever esse fenômeno, e, o mais importante, desenvolverão as habilidades de organizar e gerenciar ideias.

Por fim, o professor ampliará a pesquisa e a investigação apresentando um brinquedo que é sensação em eventos tecnológicos, os óculos de realidade virtual, contrastando com a formação de imagem 3D. A realidade aumentada proporciona, a quem vê, uma alusão de um mundo em movimento por meio da passagem de imagens refletidas para o foco. Em vez de construir uma imagem em 3D, foi criada uma simulação computacional em 3D; serão investigados o funcionamento e a física, que dão base a essa simulação.

5.2.3. Fim: avaliação

O processo avaliativo final inicia-se após a discussão a respeito da realidade virtual. Será contrastado o que foi visto na aula com a modelagem computacional nas impressoras 3D. O processo de impressão é simples, depois

de conectá-la a uma fonte de energia, ela processará uma imagem, como a imagem produzida dentro do holograma, em seguida, os braços mecânicos são direcionados aos pontos de luz, construindo um contorno. A impressão é complexa, mas o processo é simples.

O mediador iniciará a avaliação com um vídeo do funcionamento da impressora 3D e organizará a turma desfazendo os grupos para que, de forma individual, o aluno discorra a respeito do processo físico que descreve o funcionamento da impressora, utilizando os conceitos básicos aprendidos nesta aula e nas aulas anteriores.

6. Recursos necessários

Quadro, pincel, caneta, experimentos elétricos, internet e *tablet* ou celular e projetor.

7. Proposta de avaliação

A proposta avaliativa foi solidificada com a aula colaborativa, que busca transformar os estudantes, proporcionando autonomia e trabalho em grupo. Barkley, Major e Cross (2014) alertam que a aprendizagem colaborativa por si só não produz conhecimento. Assim, para que o conhecimento seja efetivo, foi proposto neste trabalho a matriz metodológica, tecendo duas teorias em um quadro procedimental.

A matriz metodológica é baseada em uma teoria de aprendizagem, a aprendizagem por descoberta de Bruner, e uma metodologia bastante utilizada na Europa, que é a IBSE (Investigation Based Science Education). Ambas são constituídas de etapas de aprendizagem pelas quais o aprendiz deve fortalecer o seu conhecimento acerca de determinado fenômeno.

O prognóstico avaliativo de Bruner visa a que o aprendiz alcance o processo de simbolização, etapa final da aprendizagem por descoberta. Já no IBSE, a avaliação é preparada colocando o estudante em uma situação fenomenológica com ferramentas psicológicas, a fim de resolver o problema. Todas as etapas avaliativas evoluem no mesmo sentido, dessa forma, a matriz metodológica ajuda na construção de uma avaliação amparada por várias teorias que se debruçaram em oferecer uma aprendizagem de qualidade.

Proposta de avaliação

O estudo da interação da luz com a matéria nos trouxe até aqui, foi visto que a luz pode se comportar de acordo com duas características: corpuscular e ondulatória; foi também descoberto que a luz pode ser produzida pela interação entre campos elétricos e magnéticos, e toda essa inquirição proporcionou uma visão ampliada do espectro eletromagnético. O manuseio correto da função de onda satisfaz a tecnologia cotidiana com diversas aplicações médicas e recorrentes.

Nesta aula, foi visto como funcionam uma imagem em 3D, os hologramas e a realidade aumentada. Agora que você tem uma visão ampla do espectro eletromagnético e de suas aplicações, descreva com suas palavras como uma impressora 3D funciona. Esse é o momento de agregar todos os conceitos aprendidos, desde o raio de luz até os hologramas, para que sua descrição física seja clara e honesta.

REFERÊNCIAS

BARKLEY, E. F.; MAJOR, C. H.; CROSS, P. K. **Collaborative learning techniques: a handbook for college faculty**. 2. ed. São Francisco/CA: Jossey-Bass, 2014.

BRUNER, J. **A cultura da educação**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BRUNER, J. **O processo da educação**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972.

BRUNER, J. **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Edições Block, 1969.

BYBEE, R. W. **The BSCS 5E instructional model and 21ST century skills**. Colorado Springs, CO: BSCS, 2009. Disponível em: https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/d_basse_073327.pdf. Acesso em: 16 jun. 2020.

BYBEE, R. W. *et al.* **The BSCS 5E instructional model: origins, effectiveness, and applications**. Colorado Springs, CO: BSCS, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242363914_The_BSCS_5E_Instructional_Model_Origins_Effectiveness_and_Applications. Acesso em: 16 jun. 2020.

COSTA, M. F. P. C. M. (ed.). **45 atividades IBSE de aprendizagem das ciências para crianças dos 3-11 anos**. Braga, Portugal: Universidade do Minho, 2014. Disponível em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37365/1/45Atividades_PriSciNet_versaoelectronica.pdf. Acesso em: 16 jun. 2020.

CRUZEIRO, W. DA S.; FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. DA; ALBERNAZ, A. F. Investigação sobre a luz e seus impactos tecnológicos no cotidiano. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. Especial, p. 13-14, 6 jul. 2019.

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. Proposta de plano de aula para o ensino de física. **Physicae Organum**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2019. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/physicae/index>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: a teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

TAVARES, R.; ALMEIDA, P. Metodologia *Inquiry Based Science Education* no 1.º e 2.º CEB com recurso a dispositivos móveis – uma revisão crítica de casos práticos. **Educação, Formação & Tecnologias**, Portugal, v. 8, n. 1, p. 28-41, 2015. Disponível em: <http://eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/445/0>. Acesso em: 16 jun. 2020.

