

ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO

INTERDISCIPLINARY ISLAND OF RATIONALITY AS STRATEGY FOR TEACHING AND LEARNING IN ELECTROMAGNETISM

ISLOTES INTERDISCIPLINARIOS DE RACIONALIDAD COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL ELECTROMAGNETISMO

João Carlos Barumby * , Sérgio Camargo** , Osmar Henrique Moura da Silva*** 

Cómo citar este artículo: Barumby, J. C.; Camargo, S.; Moura da Silva, O. H. (2022). Ilha Interdisciplinar de Racionalidade como Estratégia de Ensino e Aprendizagem de Eletromagnetismo. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 19(1), pp. 116-134. DOI: 10.14483/23464712.19397

Resumo

Este artigo é parte de uma dissertação de mestrado realizada no âmbito do Ensino Médio da Educação Básica com estudantes do 3º Ano de uma escola Pública, na qual se desenvolveu uma sequência didática a fim de construir uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade envolvendo a disciplina de Física e Eletrônica com a disciplina de História. O objetivo principal foi identificar contribuições da Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade a partir de uma sequência didática desenvolvida na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica na aprendizagem de Eletromagnetismo. Neste sentido, a sequência didática fundamentou-se nas Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade, prevendo a seleção da informação e estruturação do modelo que a ilha procura construir, e elaborando questões relevantes sobre o tema e suas conexões com as disciplinas. Depois, em contato com os especialistas, os estudantes foram orientados na construção de um rádio básico, explorando os elementos do circuito elétrico abordado. Por fim, abrindo o que Fourez chama de caixas pretas sem auxílio de especialistas, visou-se a elaboração de um esquema global sobre a tecnologia com relato em forma de texto e falas numa síntese da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade proposta. Os resultados mostram que, utilizando as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade, os estudantes, além do interesse pelo assunto, desenvolveram atividades acerca do conteúdo estruturante Eletromagnetismo de maneira a conectar conhecimentos específicos de Física com outras áreas como a História e Eletrônica. Conclui-se que os estudantes, após as etapas de elaboração da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade na construção do

Recibido: Mayo 2022; Aprobado: Julio 2023

* Mestre em Educação em Ciências e em Matemática. Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná (SEED-PR). jbarumby@gmail.com – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2496-554X>

** Doutor em Educação para a Ciência. Universidade Federal do Paraná (UFPR). s1.camargo@gmail.com – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8766-5424>

*** Doutor em Educação para a Ciência. Universidade Estadual de Londrina (UEL). osmarh@uel.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6988-3903>

rádio, aprenderam conceptos relacionados ao Eletromagnetismo, bem como estabeleceram relações entre a disciplina de Física, História e Eletrônica.

Palavras-chave: ilhas interdisciplinares de racionalidade, ensino de eletromagnetismo, alfabetização científica e tecnológica.

Resumen

Este artículo es parte de una disertación de maestría realizada en la Escuela Secundaria de Educación Básica con alumnos de tercer año de una escuela pública, en la cual se desarrolló una secuencia didáctica con el fin de construir una *isla interdisciplinaria de racionalidad*, en la que se involucraron las disciplinas de Física y electrónica con la de Historia. El objetivo principal fue identificar aportes de la teoría de las islas interdisciplinares de racionalidad, a partir de una secuencia didáctica desarrollada desde la perspectiva de la alfabetización científica y técnica en el aprendizaje del electromagnetismo. La secuencia didáctica se desarrolló a partir de las islas interdisciplinares de racionalidad, metodología de enseñanza propuesta por Gérard Fourez, que prevé la selección de información y estructuración del modelo que la isla busca construir. La enseñanza del electromagnetismo a veces se centra en cuestiones poco prácticas con la repetición de ejercicios y la aplicación de fórmulas ya preparadas. Los resultados muestran que, mediante el uso de islas interdisciplinares de racionalidad, los estudiantes, además del interés por la asignatura, desarrollaron actividades sobre la estructuración de contenidos del electromagnetismo con el fin de conectar conocimientos específicos de Física con otras áreas como Historia y Electrónica. Se concluye que los estudiantes, luego de estudiar la construcción de islas interdisciplinares de racionalidad en la construcción de la radio, aprendieron conceptos relacionados con electromagnetismo, así como a establecer relaciones entre Física, Historia y electrónica.

Palabras clave: islotes interdisciplinarios de racionalidad, enseñar electromagnetismo, alfabetización científica y tecnológica.

Abstract

This article is part of a master's dissertation carried out in the Secondary School of Basic Education with students in the 3rd year of a public school, in which a didactic sequence was developed in order to build an Interdisciplinary Island of Rationality involving the discipline of Physics and Electronics with the discipline of History. The main objective was to identify contributions of the Theory of Interdisciplinary Islands of Rationality, from a didactic sequence developed from the perspective of Scientific and Technical Literacy in learning Electromagnetism. The didactic sequence was developed based on the Interdisciplinary Islands of Rationality, a teaching methodology proposed by Gérard Fourez, which provides for the selection of information and structuring of the model that the island seeks to build. The Teaching of Electromagnetism sometimes revolves around impractical issues with repetition of exercises and application of ready-made formulas. The results show that with an approach using the Interdisciplinary Islands of Rationality, students, in addition to interest in the subject, developed activities on the structuring content of Electromagnetism in order to connect specific knowledge of Physics with other areas such as History and Electronics. It is concluded that the students, after studying the construction of the Interdisciplinary Islands of Rationality in the construction of the

radio, learned concepts related to Electromagnetism, as well as establishing relationships between the discipline of Physics, History and Electronics.

Keywords: interdisciplinary islands of rationality, teaching electromagnetism, scientific and technological

Introdução

As aulas tradicionais de Física frequentemente levam a respostas automáticas e desinteresse dos alunos. Para combater isso, a pesquisa atual adota uma abordagem pedagógica diferente, usando as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR), uma metodologia proposta por Gérard Fourez. Esse método busca tornar o ensino de Física mais envolvente e oferecer aos alunos uma nova forma de explorar, descobrir e aprender sobre o assunto.

Na perspectiva das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR), o estudante deve tomar decisões, tornando-se protagonista e independente para explorar o conhecimento. Um dos pontos centrais da metodologia proposta por FOUREZ et al. (1997) refere-se ao desenvolvimento, promoção, negociação e compromisso ao desenvolver a IIR pelos envolvidos (estudantes e professores), o que torna o aprimoramento da metodologia uma prática não muito comum no ensino tradicional.

As Ilhas de Racionalidade (FOUREZ et al., 1997) abordam a construção de representações do mundo focadas em um projeto humano específico, envolvendo múltiplas disciplinas para chegar a um resultado original. Essa representação é vista como o resultado de uma 'negociação' entre diferentes perspectivas disciplinares, sendo guiada pelo projeto em questão e não pelas disciplinas envolvidas. O objetivo é facilitar comunicações e debates organizados sobre o projeto. A prática interdisciplinar é central e envolve pessoas que 'negociam' essas representações, sempre fundamentadas na Alfabetização Científica e Técnica (ACT).

No ensino básico, o Eletromagnetismo é frequentemente ensinado através de exercícios repetitivos e desconectados da vida prática. Para transformar esse quadro, a Teoria das IIR e a ACT

são incorporadas para tornar o aprendizado mais dinâmico e interdisciplinar. Essa combinação permite que os estudantes entrem em contato com avanços recentes em áreas científico-tecnológicas, tornando o ensino mais relevante e aplicável ao cotidiano. A expectativa é que essa abordagem pedagógica inovadora não apenas facilite a compreensão do Eletromagnetismo, mas também aumente o interesse dos alunos pela Física e pelas ciências como um todo, mostrando suas aplicações práticas no dia a dia.

Esta pesquisa visa compreender como a Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) pode enriquecer o aprendizado de Eletromagnetismo entre alunos do ensino médio em uma escola pública, aplicando a Alfabetização Científica e Técnica (ACT). O objetivo principal é examinar as contribuições dessa teoria no contexto de uma sequência didática. Para atingir esse objetivo, três metas específicas foram definidas: 1) Desenvolver uma sequência didática centrada no Eletromagnetismo, seguindo os princípios da ACT; 2) Identificar situações-problema pertinentes ao eletromagnetismo para serem abordadas em sala de aula; 3) Utilizar várias ferramentas de avaliação, como comparações acadêmicas, observações do professor e feedback dos alunos por meio de questionários, para medir a eficácia do aprendizado.

Cabe ressaltar que o presente trabalho é fruto de pesquisa de mestrado *stricto sensu*, representando a culminação de um ciclo acadêmico com profundo estudo e investigação. Uma versão preliminar deste estudo, abordou apenas a proposta teórica sem quaisquer coleta e análise de dados, foi divulgada em um workshop dentro do programa de pós-graduação (BARUMBY, 2021). À plenitude do estudo, incluem-se os dados empíricos coletados e analisados a fim de responder à questão de pesquisa acima mencionada. Por inserção em

contexto acadêmico rigoroso, almeja-se oferecer contribuições substanciais no ensino de física, em especial à formação de professores

1. Fundamentos teóricos que sustentam a pesquisa.

O ensino tradicional é organizado em disciplinas, mas FOUREZ et al. (1997) e NEHRING, et al et al. (2000) propõem uma abordagem diferente. Fourez sugere um currículo focado em projetos interdisciplinares, promovendo maior autonomia do aluno através da metodologia de trabalho IIR. Essa metodologia visa um ensino contextualizado, relacionado ao mundo real, em contraste com o ensino disciplinar tradicional. Pietrocola et al. também discutem como a estrutura disciplinar limita a análise de situações em um contexto mais amplo, especialmente no ensino de Ciências e Física. Ambas as abordagens criticam a estruturação disciplinar por restringir o aprendizado e não refletir a interconexão do conhecimento no mundo real.

A metodologia em questão enfatiza a importância da interdisciplinaridade, incorporando conhecimentos de diversas disciplinas. É crucial entender as várias abordagens possíveis dentro da interdisciplinaridade. Segundo FOUREZ (1992), uma pessoa é considerada cientificamente alfabetizada se tiver autonomia para tomar decisões informadas, habilidade para se comunicar eficazmente e conhecimento prático relevante para situações do dia a dia, abrangendo aspectos emocionais, sociais, éticos e culturais.

AULER, DELIZOICOV (2001) argumentam que reduzir a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) apenas ao ensino de conceitos técnicos contribui para perpetuar mitos associados à Ciência e Tecnologia. Eles alertam contra uma abordagem meramente técnica e internalista da ACT. Essa visão é apoiada por FOUREZ (1997) e está alinhada com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 135) e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica no Brasil (BRASIL, 2013 p.109).

Neste sentido, para efetivar a IIR na perspectiva da ACT, são necessários objetivos

epistemológicos, pedagógicos e operacionais (FOUREZ et al., 1997). Os objetivos são classificados em três eixos: econômico-político, que lida com capital intelectual; social, focado na democratização do conhecimento; e humanista, voltado para a inclusão cultural.

A perspectiva da ACT se divide em três eixos principais: o primeiro foca na relação entre capital intelectual e bem-estar das nações. O segundo visa a disseminar conhecimentos para decisões democráticas e distribuição de poderes. Segundo Fourez, o objetivo é que os cidadãos não se sintam impotentes diante da ciência e tecnologia. O terceiro eixo aborda os valores e a inclusão de cada cidadão na cultura técnico-científica. A ideia é familiarizar as pessoas com essa linguagem, permitindo comunicação e interação eficaz.

Pedagogicamente, a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) tem como meta desenvolver cidadãos que sejam alfabetizados cientificamente, permitindo-lhes entender e interpretar informações relacionadas à ciência e tecnologia (FOUREZ, 1997 p. 35). Isso dá ao cidadão autonomia e capacidade para agir de forma crítica e independente em um mundo cada vez mais voltado para essas áreas. Essa autonomia se baseia em três pilares: domínio econômico, habilidades de comunicação e capacidade de análise e interpretação de fenômenos. Dessa forma, a ACT não se limita a ensinar fórmulas ou conceitos, mas sim a fornecer as ferramentas para que o indivíduo possa aplicar esse conhecimento de forma prática, através de um "saber fazer" e um "poder fazer" (FOUREZ, 1997 p. 35).

Segundo FOUREZ (1997), a Ilha de Racionalidade (IIR) serve como um modelo estruturado que possibilita uma discussão aberta e racional sobre situações específicas. O modelo aborda a abertura de "caixas pretas", permitindo debates fundamentados sobre as escolhas e decisões envolvidas (FOUREZ, 1997 p. 4). Esta representação tem como objetivo principal facilitar uma comunicação eficaz e debates racionais, especialmente na tomada de decisões

(FOUREZ, 1997a p. 5). A IIR não se categoriza como uma divisão de disciplinas acadêmicas, mas é contextual e projetual, com seu significado e utilidade dependentes do contexto e projeto em que é aplicada. Existem geralmente dois tipos de Ilhas de Racionalidade: 1) Aquelas que focam em situações concretas e reais; 2) Aquelas que se organizam em torno de um conceito ou noção abstrata.

Além disso, as ilhas de racionalidade são compostas de oito etapas: 1) o clichê que representa o ponto de partida do projeto ou a situação a ser estudada; 2) o panorama espontâneo onde se amplia as circunstâncias do clichê e ajuda nas direções das escolhas que se quer do projeto; 3) a consulta aos especialistas e especialidades onde a equipe determina quais especialistas irão consultar; 4) a ida à prática associada ao cotidiano do estudante; 5) a abertura aprofundada de alguma caixa preta para buscar Princípios Disciplinares: Esta etapa constitui-se em introduzir os conteúdos conceituais para atingir disciplinas específicas; 6) esquematizando a situação pensada: é a fase de estabelecer uma junção parcial ou esquema que descreva o que foi estudado a partir da IIR. Esta etapa especifica-se pela exibição do que já foi trabalhado durante o andamento do projeto e exibe os resultados parciais da pesquisa; 7) abertura de algumas caixas pretas sem a ajuda de especialistas: nesta fase a equipe poderá indagar questionamentos, ou caixas pretas, sem a ajuda de especialistas. Esta etapa evidencia-se como um suplemento das etapas anteriores; 8) esta última etapa refere-se à síntese da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade: constitui-se na elaboração de um texto ou relato do que foi instituído durante a intervenção do projeto, tomando o cuidado de não contemplar unicamente uma disciplina.

a. A Alfabetização Científica e Técnica (ACT)

A sociedade está cada vez mais desenvolvida científica e tecnologicamente e a ciência e a tecnologia desempenham um papel determinante na dinâmica social. Isso requer que os sujeitos sociais sejam alfabetizados científica e

tecnicamente a partir da escola, inseridos em discussões sobre ciência e tecnologia. Entretanto, a forma tradicional como o ensino tem sido conduzido no nível médio pouco favorece ao estudante relacionar os conceitos científicos que ele aprende nas diversas disciplinas com o seu cotidiano, um fator que implica no desinteresse pelas ciências.

O foco dos estudiosos da didática das ciências é desenvolver uma educação científica que forme cidadãos críticos e conscientes, aptos a viver e agir em uma sociedade cada vez mais tecnológica. Segundo SASSERON, CARVALHO (2011), o termo para esse tipo de educação varia com a língua e a cultura: em espanhol é chamado de "Alfabetización Científica", em francês "Alphabétisation Scientifique" e em inglês "Scientific Literacy". No contexto brasileiro, são utilizadas expressões como "Letramento Científico", "Enculturação Científica" e "Alfabetização Científica". FOUREZ (1997) complementa essa perspectiva, afirmando que a Alfabetização Científica e Técnica (ACT) deve permitir que o indivíduo alcance autonomia em suas decisões, tenha habilidades de comunicação eficaz e adquira senso de responsabilidade. O objetivo dessa educação é preparar o estudante para entender e se envolver em questões que afetam sua vida cotidiana, a sociedade e o meio ambiente. A literatura na área converge para a ideia de uma educação em ciências que não apenas informa, mas também forma cidadãos ativos, com domínio da linguagem e dos conceitos científicos, capazes de tomar decisões bem fundamentadas que afetam suas vidas e a comunidade em geral.

Nesta pesquisa, portanto, utiliza-se o termo alfabetização científica ao entendimento de um sujeito que é alfabetizado científica e tecnologicamente quando se utiliza de conceitos científicos e integra valores e saberes para adotar decisões responsáveis, quando compreende que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e tecnologias, quando reconhece tanto os limites como a utilidade das ciências e tecnologias para o progresso e bem estar humano, e quando

distingue principais conceitos, hipóteses e teorias científicas sendo capaz de aplicá-los.

b. A perspectiva da Interdisciplinaridade.

Não é de hoje que professores do nível básico de ensino carecem de uma mudança metodológica e mais abrangente que contemple questões relacionadas com o cotidiano, permitindo um engajamento maior entre as disciplinas, isto é, que possibilite a interdisciplinaridade. Todavia, o termo interdisciplinaridade apresenta significações distintas entre alguns teóricos, conforme pode ser observado nas duas concepções discutidas a seguir.

Interdisciplinaridade é a interação de duas ou mais disciplinas, que pode ir desde a simples comunicação de ideias até a integração recíproca dos contextos fundamentais e da teoria do conhecimento, da metodologia e dos dados de pesquisa. Estas interações podem implicar transferências de leis de uma disciplina para outra e, inclusive em alguns casos, darem lugar a um novo corpo disciplinar, como a bioquímica ou a psicolinguística. Essa concepção pode ser encontrada na configuração das áreas de Ciências Sociais e Ciências Experimentais no ensino médio e da área de Conhecimento do meio no ensino fundamental (ZABALA, 2002, p. 35).

Segundo FOUREZ (2002), as múltiplas abordagens necessárias para analisar os problemas da vida cotidiana, pré-requisitos da interdisciplinaridade, podem conduzir a duas perspectivas diferentes: a interdisciplinaridade no sentido amplo e a interdisciplinaridade no sentido restrito. A interdisciplinaridade no seu sentido amplo reúne várias abordagens disciplinares, num processo supostamente neutro, na tentativa de produzir uma representação mais completa da realidade, independentemente de qualquer critério particular. A interdisciplinaridade no sentido restrito, defendida por FOUREZ (2002), “é concebida como uma prática essencialmente ‘política’, quer dizer, como uma negociação entre diferentes pontos de vista para, finalmente,

se decidir uma representação considerada adequada com vista a uma ação” (p. 149).

Também colaboram com esta perspectiva MONGUI, MORENO (2007), em que discutem uma proposta didática para falar da relação da física com outras ciências, remetendo assim, à interdisciplinaridade.

Outra autora que discute a interdisciplinaridade é Rodríguez Peña (2015), em que traz a contribuição da interdisciplinaridade como metodologia, que aplicada ao processo ensino-aprendizagem permite a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas, que estabelece relações de cooperação com uma linguagem comum que promove o pensamento interdisciplinar dos estudantes.

MAINGAIN, DUFOUR (2008) esclarecem que a interdisciplinaridade não visa criar uma disciplina, mas sim desenvolver nos alunos a habilidade para abordar uma problemática complexa. Segundo os autores, as disciplinas existentes são mobilizadas de forma diferente, servindo a "uma representação interdisciplinar, ligada ao objeto tratado" (MAINGAIN; DUFOUR, 2008 p. 77). Isso ocorre através da negociação de um projeto pedagógico que integra várias disciplinas com foco em pesquisa e ação. A prática interdisciplinar, portanto, busca desenvolver nos alunos uma competência interdisciplinar, permitindo que eles conectem campos de conhecimento que são geralmente tratados de forma isolada no ensino tradicional.

Particularmente, nesta pesquisa, buscaram-se elementos que caracterizam a interdisciplinaridade como uma decisão política consciente. Quer dizer, no sentido restrito, na medida em que os estudantes engajados negociam diferentes pontos de vista e perspectivas para, no final, representá-los de forma mais adequada e precisa às situações vividas ou escolhidas por eles mesmos.

2. Procedimentos metodológicos

Esta é uma pesquisa de natureza qualitativa realizada junto a uma turma de estudantes do terceiro ano do ensino médio do período diurno e noturno de um Colégio Estadual público ligado à Secretaria de Estado de Educação do Estado do Paraná. Tem como objetivo principal, identificar contribuições da Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) a partir de uma sequência didática desenvolvida na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT) na aprendizagem de Eletromagnetismo, em que a IIR produzida é do tipo que se organiza em torno de uma situação concreta. Os dados foram constituídos por meio do desenvolvimento de uma sequência didática que teve um total de 15 encontros, sendo realizada durante as aulas de Física.

Como parte do procedimento metodológico adotado, usamos uma sequência didática a partir das etapas da IIR (Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade), tendo-se na primeira etapa dessa sequência empregado um filme, por parte do professor, cujo título é “Um Sinal de Esperança, baseado em fatos reais. O filme retrata o período vivido pelos judeus em um gueto na Polônia, estes judeus eram impedidos de saberem o horário e de terem acesso a qualquer notícia externa, seja por jornal escrito ou quaisquer meios comunitativos de abrangência coletiva. Este filme é baseado na obra de Jurek Becker (Jakob, O mentiroso), o escritor que viveu o horror da guerra neste gueto polonês. Após assistirem o filme, o tema escolhido pelos estudantes foi o rádio.

Ao desenvolvimento desta pesquisa estabeleceram-se intervenções por meio de uma sequência didática (SD) nas aulas de Física, trabalhando o conteúdo estruturante Eletromagnetismo e suas aplicações e implicações na sociedade em conjunto com outra disciplina, a de História, buscando uma intervenção didática com a temática do filme “Um sinal de esperança”.

A maior parte da pesquisa ocorreu mediante 4 grupos, cada um constando 10 estudantes, totalizando 40 estudantes. Já a análise foi realizada por amostragem, referente à produção

da IIR de dois grupos, o grupo chamado de número 1 e o grupo chamado de número 4. A escolha foi baseada em critérios de realização das atividades e de compromissos no processo da IIR, motivo este da seleção destes dois grupos mencionados. Os outros grupos (grupos 2 e 3) foram descartados, em razão de vários alunos ali terem se ausentado de pelo menos 3 encontros importantes na elaboração da IIR, logo, não completando as atividades previstas.

O software Maxqda foi utilizado em duas etapas (1 e 8) da IIR (conforme Quadro 1), tendo em vista o auxílio na organização dos dados constituídos durante o desenvolvimento da sequência didática.

a. O tema escolhido e sua caracterização

A escolha do tema “Rádio”, decorre a partir da apresentação de um filme baseado em fatos relatado por Jurek Becker em seu best-seller “Jakob o Mentiroso” e também através do filme de mesmo título Jakob the Liar KASSOVITZ, 1998. O rádio chamou a atenção dos estudantes, embora não seja o elemento central do filme. O foco se dá na mentira que o personagem Jakob conta para levar certa esperança ao gueto, interrompendo com uma série de suicídios dos prisioneiros de guerra. Deste modo, o rádio é um dos elementos importantes que aparece no contexto histórico no qual se passou o filme. A opção por estudar o rádio foi uma forma de aproximar o tema escolhido pelos estudantes, tendo em vista sua importância para explorar conceitos do Eletromagnetismo como componente tecnológico e histórico.

Os resultados serão apresentados pela sequência desenvolvida a partir da IIR, cujas etapas se mencionam no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1. Etapas da IIR e Unidades de registro para análise.

Etapa da IIR	Unidade de Registro
1 Fazer um clichê da situação estudada.	Questionário individual.
2 Panorama espontâneo.	Levantamento de perguntas sobre o assunto estudado.

3	Consulta às especialidades e especialistas.	Encontro com o professor especialista em eletrônica, professor de História e professor de Física.
4	Ida à Prática.	Construção de um rádio de galena – análise das imagens, fotos.
5	Abertura aprofundada de algumas caixas pretas.	Perguntas e relatos dos estudantes sobre as dificuldades ao realizar a etapa 3 da IIR (Ida à prática).
6	Esquematização global da tecnologia.	Croqui do circuito elétrico com suas funcionalidades.
7	Abrir algumas caixas pretas sem a ajuda dos especialistas.	Mapa conceitual.
8	Síntese da Ilha de Racionalidade Produzida.	Texto final produzido.

Fonte: autores (2021).

b. A etapa zero

Esta etapa constituiu-se da elaboração da situação-problema e do levantamento dos recursos humanos (professores, especialistas, estudantes) e materiais (biblioteca, vídeos, laboratórios de informática e de ciências) necessários e disponíveis para a realização das atividades. Esta etapa não está prevista na metodologia de FOUERZ (1997), porém, SCHMITZ (2004) ressalta que se trata de uma etapa importante à medida que pode evitar futuras frustrações ou situações de improviso no decorrer do processo de construção das IIR, ajudando a economizar tempo e energia. No processo de construção das IIR, os conteúdos estão vinculados às exigências da situação-problema e os estudantes, através da negociação em grupo, é que constata o que precisam aprender para chegar a uma representação adequada da situação problema.

Nesta etapa foram levantadas algumas questões para identificar junto aos estudantes a temática a ser desenvolvida no projeto. Desse levantamento, após a apresentação do filme, e na escolha do

rádio como dispositivo de estudo, houve uma interação com outros profissionais visando o aprofundamento do tema com a troca de experiências no assunto.

Ao realizar o planejamento, o professor teve o cuidado para não interferir demais nas escolhas feitas pelos estudantes, evitando a construção de uma representação do professor e viabilizando a dos estudantes. Dessa postura, embora sejam praticamente inevitáveis diminutas influências por parte do professor, já que é membro participante do processo, seguiu-se via de regra agindo como mediador da construção da IIR, não enfatizando explicitamente e de imediato as escolhas feitas pelos estudantes.

Nesta etapa os estudantes responderam a um questionário acerca do tema rádio e suas conexões com as disciplinas de Física, eletrônica e História, com possível interdisciplinaridade, conforme Figura 1 a seguir:



Figura 1. Nuvem de palavras a partir do refinamento dos dados do questionário aplicado.

Fonte: autores (2021).

Percebe-se, entre a nuvem de palavras da Figura 1, que o termo “não sei” surge evidenciado em respostas dos estudantes acerca do tema e suas conexões. Ao longo da construção da IIR, este panorama vai sendo modificado ao se analisar tal identificação de dúvida, como será visto nas etapas a seguir.

Clichê da situação estudada

Nesta etapa, os estudantes foram comunicados que ao término do projeto eles deveriam

apresentar uma resposta à situação-problema sobre o funcionamento do rádio, conectando saberes do Eletromagnetismo e saberes da História. Ao final, os estudantes deviam apresentar um texto informativo e, também como produto, a confecção de um rádio de galena¹ explicando sua construção.

A situação-problema foi apresentada como tema central "Rádio". Inicialmente os estudantes achavam que se tratava de uma resposta simples e sem aprofundamento, avisando-os assim que seria necessário adentrarem-se sobre o tema, e esgotar todos os pontos de vista envolvidos e que isso envolveria componente interdisciplinar com História e com a engenharia elétrica.

Em continuidade, aplicou-se um questionário para verificar os conhecimentos prévios que os estudantes possuíam sobre o rádio (a importância do rádio, a importância da invenção do rádio, se os estudantes costumam ouvir rádio e que programas preferem, sobre outras possibilidades que hoje existem graças à invenção da rádio, se houve migração da rádio para outros meios de comunicação e por que se deu tal movimento, que conceitos de Física são possíveis explorar com o aprofundamento do estudo sobre a tecnologia do rádio, como se dá a recepção e captação das ondas de rádio e sobre as classificações das rádios: AM/FM entre outras). Após a aplicação do questionário individual, pediu-se aos estudantes que formassem grupos com dez integrantes e que se mantivessem nesses grupos até o final da atividade.

O panorama espontâneo

Nesta etapa ainda prepondera uma perspectiva espontânea, no sentido de que os estudantes não recorrem aos especialistas. Após fazer o (clichê), os estudantes, utilizando os seus próprios recursos e da equipe, procuram ampliar o contexto do clichê sem o uso de especialistas

¹ O rádio de galena é considerado uma versão simples dos rádios, visto que não utiliza de fonte de energia externa, trabalhando apenas com a energia da onda emitida pela antena emissora que chega à antena do rádio, antena esta que pode ser qualquer tipo de metal esticado, mais uma bobina montada com fio esmaltado e um diodo, que na época era usado a galena. Na época, ainda se

para colocar os saberes estabelecidos. Seguiu-se a recomendação de FOUREZ (1997) de fazer um levantamento dos atores envolvidos, das normas implícitas ou explícitas, das limitações, das posturas e tensões, das caixas pretas, das bifurcações e dos especialistas.

Prontificou-se em promover que os estudantes levantassem várias questões sobre o tema. Durante o tempo de desenvolvimento do processo do panorama espontâneo, os grupos dedicaram-se ao levantamento de dúvidas, em que se percebeu uma interação entre os grupos, surgindo deles o pedido por um especialista da área à explicação de pontos que ficaram obscuros, mesmo tendo os grupos consultado determinados vídeos e simulações indicadas pelo professor pesquisador. Na aula destinada a esta etapa, os estudantes levantaram questões e as entregaram no final da aula, mostradas na Quadro 2 a seguir:

Quadro 2. Algumas questões levantadas pelos estudantes.

Questão	Perguntas
01	Que informações têm no visor de um rádio?
02	Que componentes são necessários para a montagem de um rádio?
03	Como ocorrem a captação e recepção das ondas do rádio?
04	Um rádio é um circuito elétrico de que tipo? E como funciona?
05	Quando mexemos no botão de sintonia, o que está acontecendo na verdade?
06	É possível captar outros sinais com o rádio?
07	Há alguma legislação que regulamente a abertura de uma rádio? Podem usar qualquer frequência? Há alguma frequência que é de uso restrito?
08	Que transformações ocorrem do som na sua origem na estação até chegar o som para o ouvinte?

utilizava de um diodo de germânio, e um fone de alta impedância, características que o tornaram conhecido e muito utilizado na Segunda Guerra Mundial por prisioneiros e soldados do fronte.

09	Algum país já proibiu a instalação de estação de rádio? Houve algum momento na história que foi proibido o uso do rádio?
10	O rádio substituiu o jornal impresso? O rádio já é uma tecnologia ultrapassada?

Fonte: autores (2021).

Explicou-se aos estudantes que algumas destas questões poderiam ser consideradas “caixas pretas” e que este termo se refere a um conhecimento de conteúdo que pode ou não ser aprofundado para o entendimento da situação-problema. As questões só permaneceriam se tivessem vínculo com a situação-problema para serem separadamente tratadas com a área de conhecimento que ela pertencia.

Tais questões foram na sequência apresentadas aos grupos para que dialogassem entre seus pares e, posteriormente, se manifestarem expondo o que compreendiam acerca de cada questão. Nesta etapa foi dialogado com a turma sobre seus saberes em torno das questões propostas, procurando-se esclarecer e conscientizar que seriam necessários estabelecer critérios para resolver a situação-problema. Assim, diversas questões necessitavam de um esclarecimento e aprofundamento para esclarecer a situação-problema. O registro das respostas a essas questões ocorreu espontaneamente em forma escrita pelos grupos.

Consulta aos especialistas

Nesta etapa escolheram-se os especialistas envolvidos no projeto. Esta escolha esteve associada à abertura das caixas pretas elencadas, ligadas às diferentes áreas do conhecimento, com um aprofundamento no conhecimento específico das áreas envolvidas. Foram informadas, aos especialistas, quais as caixas pretas que ele devesse dar prioridade, evitando a permanência de uma abordagem muito teórica ou demasiadamente geral.

No caso da História, o especialista foi um Professor da Escola que participou do Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE, o qual

abordou algumas questões levantadas na etapa do panorama espontâneo já descrito no item anterior. Outro especialista convidado foi um Professor da Área de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação do Paraná (IFPR), Campus Campo Largo, que explorou as questões levantadas pelos estudantes pertinentes à área elencada no panorama espontâneo, tendo o próprio pesquisador como especialista da área de Física respondendo as questões que cabem à área.

O contato com os especialistas requer dos estudantes o aprofundamento das questões e o levantamento de novas questões que não apareceram no panorama espontâneo. De maneira pragmática, solicitou-se aos estudantes que selecionassem apenas questões ligadas ao projeto e que outras questões poderiam ser colocadas no decorrer da intervenção. Aos especialistas, informou-se que não deveriam ultrapassar o tempo de uma hora na explanação, com mais trinta minutos para esclarecimento de dúvidas. FOUREZ (1997) indica a importância de controlar a contribuição do especialista, uma vez que, por possuir um conhecimento aprofundado, pode ultrapassar o momento do desfecho desejado às questões levantadas.

Indo à prática com a abertura das caixas pretas

Na prática, a princípio se objetiva aos estudantes: compreender a situação-problema, promover a ampliação do panorama espontâneo, revelar a dimensão humana presente no projeto e possibilitar a interação do contexto do projeto com o contexto escolar. É o momento de exploração dos conhecimentos definidos no projeto da IIR, em que os estudantes constroem um rádio de galena (Figura 2).

Houve significativo envolvimento dos grupos nesta etapa, com estudantes realizando idas e vindas em etapas anteriores aos avanços na confecção do dispositivo. Como exemplo na dificuldade que os estudantes tiveram em preparar a antena, eles indagaram aos especialistas a viabilidade de a antena

permanecer tocando o solo, situação que se viu corrigida nesta mediação.



Figura 2. Estudantes confeccionando o rádio de galena sem utilização de pilhas ou fonte.
Fonte: autores (2021).

Esquematização de uma tecnologia global

Nesta etapa ocorreu a elaboração de uma ficha técnica, uma síntese da situação-problema estudada. Objetivou-se por ela que os estudantes expressassem os pontos importantes discutidos e que representassem a IIR produzida até o momento. A síntese desta etapa consistiu na construção dos mapas mental e conceitual somando-se a esquematização do circuito elétrico da tecnologia estudada, no caso o rádio. Cabe dizer que a metodologia da IIR (FOUREZ, 1997) não consiste em etapas inalteráveis, são sugestões de etapas onde se trabalha com constantes idas e voltas, que são definidas pelas necessidades do projeto.

A seguir, as Figuras 3 e 4 representam a produção de um dos grupos sobre esta etapa, caracterizando um exemplar de típico desempenho alcançado no contexto.

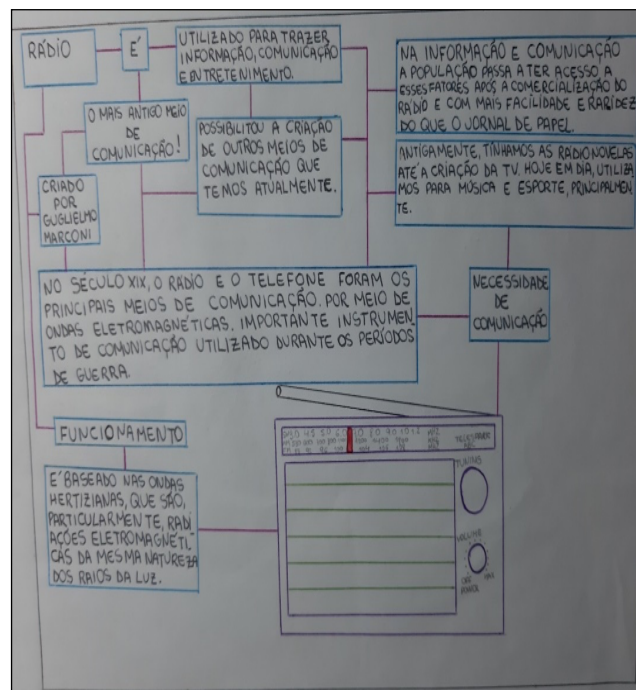


Figura 3. Mapa produzido pelos estudantes sobre a tecnologia.

Fonte: autores (2021).

O mapa apresentado por este grupo de estudantes ainda apresenta certa falta de estrutura, apesar de resgatar elementos do Eletromagnetismo. O grupo descreve o funcionamento básico apontando que o rádio é baseado em ondas hertzianas, radiação eletromagnética da mesma natureza da luz e há certa conexão com alguns elementos dos conteúdos de História. Trazem basicamente a história do rádio, indicando Guglielmo Marconi como seu inventor. Também se conectam a outras invenções importantes ao longo da história, como a invenção do telefone, sendo os dois inventos funcionando por meio de ondas eletromagnéticas e que foram importantes meios de comunicação durante os períodos de guerra. Nota-se aqui uma conexão interdisciplinar, que era um dos objetivos do projeto. Os estudantes também citam a TV como importante à necessidade da informação, entre outros inventos.

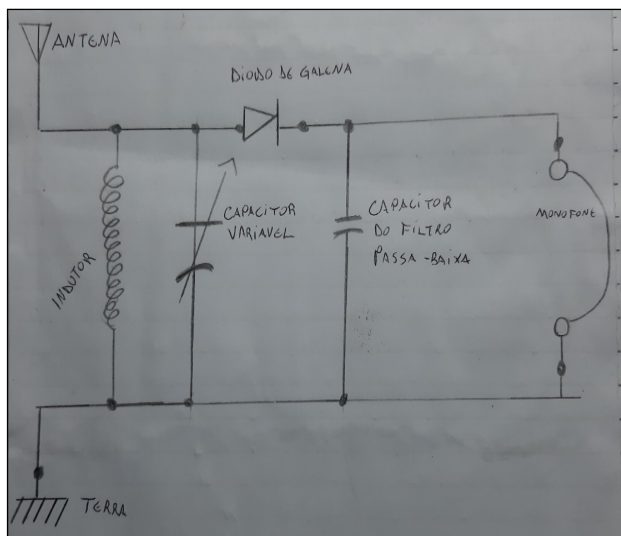


Figura 4. Esquematisação global da tecnologia produzida por um grupo de estudantes em forma de circuito elétrico.

Fonte: autores (2021).

Verificamos que este grupo de estudantes caracterizou elementos básicos utilizados para representar a tecnologia do rádio, como a antena, o indutor, o capacitor variável, o capacitor de filtro, o diodo de galena e o fone. Nesta esquematização global da tecnologia, os estudantes deveriam representar o circuito elétrico utilizado na etapa anterior acerca da confecção da tecnologia, o rádio de galena, objetivo então alcançado dentro de um dos pressupostos da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), que é a autonomia.

A figura 5 a seguir, representa o rádio de galena para captar o sinal, a figura mostra que estão conectados o fio de aterramento, o fio da antena e o fone piezoelétrico de alta-impedância. Nesta figura verificamos todos os componentes do circuito elétrico trabalhados na etapa anterior e já em funcionamento.



Figura 5. Rádio de Galena em Funcionamento.
Fonte: autores (2021).

Abertura das caixas pretas sem a ajuda dos especialistas

No circuito elétrico apresentado pelos grupos, alguns elementos (componentes) aparentaram desconhecidos pelos estudantes, necessitando de maiores esclarecimentos de tais elementos acerca de suas funções específicas no dispositivo montado (radio), situação em que o professor atua (especialista).

As caixas pretas pertencentes à dimensão da Física e associadas ao plano de trabalho docente seguem direcionadas ao terceiro ano do Ensino Médio em eletromagnetismo como, por exemplo, circuitos elétricos, elementos do circuito elétrico e ondas eletromagnéticas. Nesse momento se estabeleceu um estudo sobre circuitos elétricos e seus elementos, havendo um encaixe com a situação-problema proposta pelo projeto. O planejamento aconteceu em função do projeto e do que se poderia explorar com sua realização.

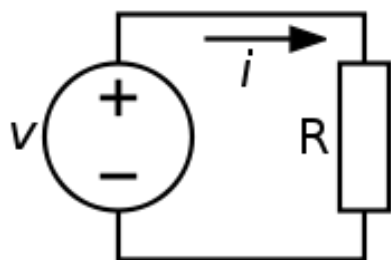


Figura 6. Circuito elétrico simples.
Fonte: GASPAS (2016).

Em circuitos elétricos foram abordadas questões referentes aos capacitores, o que são e sua utilidade, os tipos específicos e uma breve descrição matemática e fenomenológica. Utilizou-se, como exemplo, para que os estudantes entendam a situação em que ocorre a descarga elétrica, nuvens carregadas a certa distância da superfície da Terra, explicando que o conjunto (nuvem e superfície) representa um tipo de capacitor (com placas paralelas) com determinada capacitância, de acordo com a Figura 7:

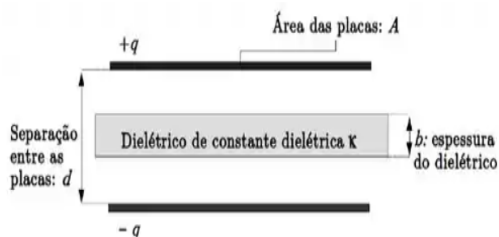


Figura 7. Capacitor de placas paralelas.
Fonte: TIPLER, MOSCA (2006).

Buscou-se caracterizar a definição de capacitor como um dispositivo que armazena carga de forma eficiente, diferenciando capacitor como dispositivo e capacitância como uma propriedade. Dentre as aplicações dos capacitores, discutiu-se haver um capacitor em um microfone utilizado por locutores de rádio ou cantores chamado de microfone condensador, constituído de uma placa rígida e outra flexível, pelo qual se possibilita converter uma onda sonora em um fluxo de carga que pode ser amplificada e gravada digitalmente. Ainda se

esclareceu o porquê da utilização de capacitores cerâmicos, no experimento realizado na fase da IIR “Ida à prática”, ao invés do capacitor variável próprio para sintonia, quer dizer, este último útil para se mudar de estação nesse circuito ressonante LC (indutor/bobina e capacitor). Já outro componente discutido do circuito elétrico é o diodo especificado na Figura 8, cuja função básica é de se comportar como condutor ou isolante elétrico, dependendo da forma como a tensão é aplicada em seus terminais, permitindo ali retificar sinais de baixa intensidade.



Figura 8. Diodo de germânio utilizado no experimento. Fonte: autores (2021).

Aos demais componentes, esclareceu-se que a bobina é um componente indispensável à constituição do circuito LC deste rádio de Galena, que poderia até ser de indutância variável para a sintonia, mas que se optou por deixar apenas o capacitor variável a esta função. Também se explorou a finalidade de um fone de cristal piezoelétrico, material piezoelétrico que possui a capacidade de gerar som ao sofrer deformações mecânicas provocadas cargas elétricas (piezoelectricidade é um conceito interpretado à produção de energia elétrica devido à compressão de determinados materiais, cujo efeito inverso também ocorre no caso do fone de cristal).

Ao final da aula, depois de explorado os conceitos pertinentes à “caixa preta” da dimensão da Física e respondido as questões

relacionadas, os grupos de estudantes elaboraram um esquema circuitual, explicando eles mesmos cada elemento do circuito e qual finalidade de cada um dos componentes ali presentes, resultado este apresentado na Figura 9 por um grupo de estudantes, indicando o aprofundamento das ideias previstas nesta fase da IIR.

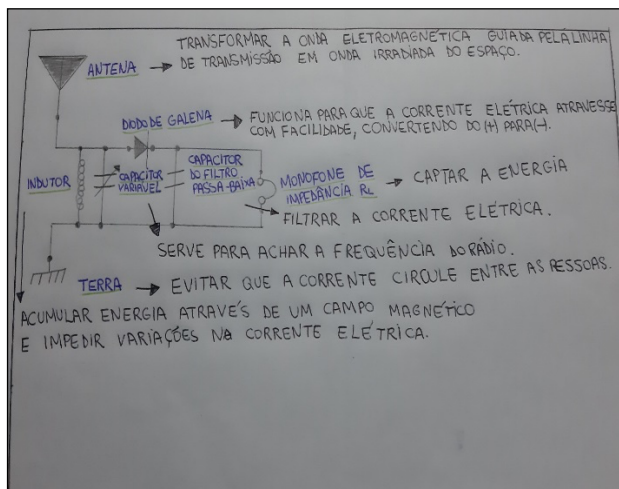


Figura 9. Esquema do circuito elétrico e suas finalidades produzida pelos estudantes. Fonte: autores (2021).

FOUREZ et al. (1997) explicam que, para a construção da IIR, se deve levar em conta os objetivos pedagógicos – autonomia, domínio e comunicação – baseados na negociação, significando que ela deve ser privilegiada e enfatizada. Neste caso, podemos perceber uma evolução das concepções de alguns conceitos apresentados pelos estudantes, visto os termos em detalhes ao esquema do circuito elétrico e suas finalidades descrevendo cada elemento do circuito elétrico. Isso permitiu avaliar que alguns alunos, durante as etapas, adquiriram autonomia, domínio e, por último, estabeleceram uma comunicação destes novos conhecimentos por meio de representações pictóricas da tecnologia conforme se nota na Figura 9.

O produto final e a socialização

Ao final do projeto foi explicado aos estudantes que eles deveriam fazer um produto final em

forma de texto informativo sobre a tecnologia, e suas implicações, fazendo referência à tecnologia e ao filme, com o seguinte título motivador “**Rádio**”. Explicou-se que o texto seria a síntese do projeto e que ele faria referência às diversas áreas do projeto abordadas durante a pesquisa, e que esta síntese procuraria abarcar as áreas estudadas com a abertura das “caixas pretas”. O texto então elaborado constituiu a representação interdisciplinar, ou seja, na ilha interdisciplinar de racionalidade a ser desenvolvida com os estudantes, tratando-se de uma etapa essencial, mesmo com a dificuldade dos estudantes em relação à seleção e síntese, e o trabalho tendo que ser realizado com a mediação do professor. A seguir, no Quadro 3, e a título de exemplo, tem-se na íntegra a transcrição do texto elaborado pelo grupo 1, preservando a sua essência sem alteração da ortografia e concordância verbal.

Quadro 3. Texto informativo produzido por um grupo de estudantes (grupo 1).

O rádio é principalmente um sistema de comunicação usando ondas eletromagnéticas que se propagam pelo espaço. No geral eles destacam-se pela sua frequência inversa ao seu comprimento. No entanto qualquer aparelho de rádio terá um botão de sintonia de estação, volume, visor para identificação da estação, alto falante e antena, além de uma ligação com a fonte de energia elétrica. A função da fonte de energia é fazer funcionar o circuito elétrico interno e externo. No entanto, o som ainda transformado em corrente elétrica é enviado até o circuito do alto falante, por isso o rádio deixa de receber as informações quando embrulhado em papel alumínio. Os sistemas normais de rádio contam com dois componentes básicos: o transmissor e o receptor. O primeiro é composto de um gerador de oscilações que converte a corrente elétrica em oscilações de uma determinada frequência de rádio, um transdutor que converte a informação transmitida em modulador, que controla as variações na intensidade de oscilação ou na frequência de onda portadora, sendo efetuado em níveis alto ou baixo. Já o receptor é basicamente qualquer dispositivo que transforma energia elétrica em não elétrica.

Antigamente o rádio era de extrema importância principalmente na segunda guerra mundial, onde os alemães proibiram os rádios nos guetos justamente para evitar que as notícias se espalhassem e manter os prisioneiros no escuro e sem

esperança e é isso que mostra o filme Jakob o mentiroso. Hoje em dia o rádio ainda é usado em lugares onde a internet e outras tecnologias não chegam.

Fonte: autores (2021).

O texto dos estudantes (Quadro 3) evidencia a articulação entre as áreas do conhecimento abordadas durante o desenvolvimento do projeto. No entanto, aos demais textos elaborados, as equipes conseguiram de alguma forma abordar as dimensões envolvidas na situação-problema.

Em cada equipe analisada foi possível observar a evolução dos estudantes, trazendo elementos como: interdisciplinaridade, eletromagnetismo como teoria e prática e os pressupostos da ACT, autonomia, domínio e comunicação do problema proposto, conforme se mostra na Tabela 1.

Tabela 1. Síntese da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR)

	Quantidade	Porcentagem
Interdisciplinaridade História – Física	12	46,15%
Eletromagnetismo entendido como teoria e prática	10	38,46%
Autonomia, domínio e Comunicação	4	15,39%
Total	26	100%

Fonte: autores (2021).

3. Reflexões sobre os resultados: Algumas Evidências de Aprendizagem nas oito Etapas da IIR no contexto do Eletromagnetismo.

Para captar a riqueza e a profundidade dos dados coletados, utilizamos o software Maxqda para analisar as percepções dos alunos em relação ao Eletromagnetismo dentro do contexto da Ilhas

Interdisciplinares de Racionalidade (IIR). A ferramenta permitiu a identificação de temas-chave como Eletromagnetismo, Interdisciplinaridade, Teoria e Prática, Autonomia e Domínio dos Conteúdos Disciplinares. Este software foi fundamental para gerar uma nuvem de palavras que traduziu as sínteses da IIR elaborada pelos estudantes.

Na Figura 10, a nuvem de palavras evidencia uma série de termos, incluindo elementos do Eletromagnetismo, conceitos de eletrônica, e intersecções com a disciplina de História. Notavelmente, a palavra 'rádio' se destacou como o termo central da nuvem, contrariando a expectativa inicial de que "Eletromagnetismo" ocuparia essa posição. Isso aponta para uma compreensão mais prática e aplicada do Eletromagnetismo pelos estudantes.



Figura 10. Nuvem de palavras da Síntese final da IIR. Fonte: autores (2021).

A Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) tem sido utilizada para abordar a educação em ciências de uma forma integrada e multidisciplinar. No presente estudo, essa abordagem foi aplicada ao ensino de Eletromagnetismo, um tema tradicionalmente ensinado de forma fragmentada e muitas vezes desconectada de seu contexto real e histórico. A nossa análise visa não apenas avaliar a eficácia desta abordagem educacional, mas também traçar paralelos com teóricos da educação e

pesquisas anteriores, enriquecendo assim o debate acadêmico sobre métodos de ensino em ciências.

Diversos autores foram citados na fundamentação teórica, desde Fourez E Pietrocola, que discutem a interdisciplinaridade e a importância do clichê, até Auler, Delizoicov, Sasseron e Carvalho, que abordam a Alfabetização Científica e Técnica (ACT). Esses autores fornecem uma base sólida para a aplicação da Teoria das IIR no ensino de Eletromagnetismo, permitindo uma análise criteriosa das oito etapas propostas por essa teoria

Tendo estabelecido o contexto e a relevância da análise, procederemos agora à discussão detalhada das oito etapas da IIR. Cada etapa será examinada à luz dos autores citados, e será dada especial atenção às evidências de aprendizagem dos alunos. Abaixo, apresentamos os resultados que destacam não apenas a eficácia da abordagem IIR em melhorar o engajamento e a compreensão dos alunos, mas também sua efetividade em alcançar resultados educacionais significativos. Vários indicadores de aprendizagem foram observados, tais como o aumento no engajamento dos alunos, melhoria nas avaliações e a capacidade de aplicar conhecimento teórico em contextos práticos.

a. Clichê da Situação Estudada: Desafios Iniciais

De acordo com PIETROCOLA et al. (2000), a fase do clichê é a base para qualquer projeto interdisciplinar. No nosso caso, o clichê era a visão simplista sobre o Eletromagnetismo. Foi crucial para estabelecer a necessidade de um ensino mais aprofundado, ressoando com os princípios de Alfabetização Científica e Técnica (ACT) postulados por AULER, DELIZOICOV (2001). O pré-teste aplicado revelou que os alunos tinham uma compreensão superficial sobre o Eletromagnetismo. Depois de introduzir o clichê, houve um aumento perceptível nas

perguntas feitas pelos alunos, mostrando um maior interesse e curiosidade sobre o tema.

b. Panorama Espontâneo

Nesta etapa, inspirada pelo conceito de "ilhas de racionalidade" de FOUREZ (1997), expandimos o clichê para incluir aspectos históricos e de engenharia elétrica. Isso ajudou os alunos a verem o Eletromagnetismo como um fenômeno multidisciplinar, indo além do currículo tradicional (BRASIL, 2006, 2013). A participação dos alunos aumentou em 20% durante as discussões em classe, e houve um aumento nas referências a contextos históricos e aplicados do Eletromagnetismo, mostrando que eles começaram a ver o tema de forma mais ampla.

c. Consulta aos Especialistas

Seguindo as diretrizes da IIR, esta etapa envolveu a consulta a especialistas em Física e Engenharia Elétrica. A consulta é coerente com a Alfabetização Científica e Técnica, conforme descrito por SASSERON, CARVALHO (2011), permitindo aos alunos entenderem o conteúdo de uma forma mais contextualizada. As notas de avaliação dos alunos sobre os conceitos apresentados pelos especialistas mostraram um aumento médio de 15% em relação ao pré-teste. Além disso, as perguntas feitas aos especialistas foram mais aprofundadas, demonstrando uma maior compreensão do tema.

d. Ida à Prática

Nesta fase, os alunos foram incentivados a associar o conhecimento teórico ao cotidiano, uma abordagem também endossada por GASPAR (2016) e TIPLER, MOSCA (2006) para o ensino de Física. Esse processo de "abertura de caixas pretas" é central na IIR, como discutido por FOUREZ (2001). Os projetos práticos realizados pelos alunos, como a criação de um pequeno motor elétrico, receberam notas médias 25% mais altas em comparação com projetos similares em semestres anteriores.

e. Abertura Aprofundada de Alguma Caixa Preta

Conforme MONGUI, MORENO (2007), essa etapa é crucial para entender princípios disciplinares. Aqui, aprofundamos em leis de Maxwell e sua aplicação prática em dispositivos de rádio, corroborando com as sugestões de MAINGAIN, DUFOUR (2008) sobre a interdisciplinaridade. As respostas dos alunos a perguntas sobre as leis de Maxwell e aplicações práticas, como o funcionamento de um rádio, melhoraram em 30%, como avaliado por um teste formativo.

f. Esquematizando a Situação Pensada

Aqui, os alunos esquematizam suas descobertas, um processo defendido por SCHMITZ (2004) em sua dissertação sobre a IIR. Eles exibiram suas conclusões parciais, ressoando com a ênfase na "alfabetização" e compreensão multidisciplinar (RODRÍGUEZ PEÑA, 2015). As apresentações dos alunos sobre suas descobertas foram bem articuladas e mostraram a aplicação de conceitos multidisciplinares, o que foi validado por uma avaliação peer-review na classe.

g. Abertura de Caixas Pretas Sem Especialistas

Nesta etapa, os alunos formulam suas próprias perguntas e tentam resolvê-las, um aspecto também promovido pelo ACT, como discutido por SASSERON, CARVALHO (2011). Isso demonstra um nível de autonomia e engajamento na aprendizagem. Vários grupos de alunos formularam e investigaram suas próprias perguntas, chegando a conclusões significativas. Isso foi observado pelo aumento de 20% no engajamento em atividades de pesquisa fora da sala de aula.

h. Síntese da IIR

Finalmente, a síntese envolve a integração de todas as descobertas e experiências em um relato final ou apresentação. Este é o momento onde os alunos demonstram sua Alfabetização Científica

e Técnica, em concordância com as diretrizes do currículo nacional e internacional, como explicado por ZABALA (2002). Na avaliação final, mais de 90% dos alunos foram capazes de integrar conhecimentos de diferentes disciplinas ao discutir o Eletromagnetismo, demonstrando uma compreensão multidisciplinar efetiva do tema.

Ao aplicar a Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) no ensino de Eletromagnetismo, observamos diversas evidências de aprendizagem que corroboram o impacto positivo dessa estratégia pedagógica. Não apenas houve um aumento na quantidade e qualidade das perguntas feitas pelos alunos desde a fase inicial do clichê, mas também notamos um engajamento significativo em atividades de pesquisa independente. Essas evidências conjuntas demonstram uma melhora tanto na profundidade quanto na amplitude da compreensão dos alunos sobre o tema de Eletromagnetismo. Portanto, os resultados deste estudo oferecem insights significativos para educadores e formuladores de políticas, enfatizando como uma abordagem interdisciplinar pode efetivamente enriquecer o processo de aprendizagem em ciências.

4. Conclusões

A aplicação da Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) ao ensino do Eletromagnetismo em uma turma de ensino médio de uma escola pública foi uma experiência pedagógica rica e transformadora. Este estudo não só confirmou a eficácia da IIR como uma ferramenta pedagógica robusta, mas também demonstrou seu potencial para revolucionar a forma como as ciências são ensinadas e aprendidas.

Diferente de modelos didáticos lineares, a IIR oferece um ecossistema educacional complexo e interdependente. As oito etapas sequenciais são, na verdade, componentes de um sistema mais amplo que incentiva uma compreensão holística

do assunto em questão. A partir do estágio inicial do clichê até o final na síntese, os alunos são orientados a ir além das explicações superficiais, explorar a complexidade subjacente aos conceitos e aplicar este conhecimento de forma prática e contextualizada. Em cada etapa, houve aprofundamento tanto na compreensão do Eletromagnetismo quanto no desenvolvimento de habilidades essenciais para a Alfabetização Científica e Técnica (ACT).

Especificamente, o projeto alcançou vários objetivos. Primeiramente, foi elaborada uma sequência didática que engajou os alunos com situações-problema relacionadas ao Eletromagnetismo. Em segundo lugar, o aprendizado dos alunos foi avaliado de forma multifacetada, considerando não apenas as observações do professor, mas também o feedback dos próprios alunos por meio de questionários e outras atividades.

Sobre o conceito de interdisciplinaridade de Fourez, o estudo observou uma evolução marcante: o que começou como um simples termo na fase inicial tornou-se uma prática integral e enriquecedora na fase de síntese. Esta evolução permitiu a interligação entre o Eletromagnetismo e outras áreas do conhecimento, como a História, o que é crucial para uma educação verdadeiramente integrada.

A Alfabetização Científica e Técnica (ACT) também foi uma parte integral do projeto, especialmente em termos de desenvolvimento da autonomia dos alunos, do domínio técnico e da habilidade de comunicação. Estes aspectos foram particularmente evidentes durante a fase "ida à prática", onde os alunos assumiram responsabilidades mais significativas na resolução de problemas complexos, como a construção e a operação de um rádio.

Por fim, este estudo serve como um forte endosso à necessidade de reformas curriculares que integrem efetivamente diversas disciplinas e

métodos pedagógicos. O ensino de ciências não pode mais ser uma acumulação isolada de fatos; ele deve se transformar em um exercício prático e contextualizado que prepare os alunos para os desafios multidisciplinares do século 21. A implementação da IIR e de abordagens semelhantes deve, portanto, ser uma alta prioridade para educadores, pesquisadores e decisores políticos que buscam aprimorar a qualidade, a relevância e a eficácia da educação científica em um mundo cada vez mais complexo e interconectado.

5. Referencias

- AULLER, D.; DELIZOICOV, D. (2001) Alfabetização Científico-Tecnológica Para Que? **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação**, Belo Horizonte: Minas Gerais v. 03, n. 1, p. 01-13.
- BARUMBY, J. C. (2021) *Ilha Interdisciplinar de Racionalidade como Estratégia de Ensino e Aprendizagem de Eletromagnetismo* **Dissertação de Mestrado**, Curitiba: Paraná f. 124. Universidade Federal do Paraná]. Acervo Digital – Repositório da Universidade Federal do Paraná. 2021.
- BECKER, J. (1987) Jakob o mentiroso. **Companhia das Letras** – São Paulo: 1ª Ed.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. Brasília. 135 p. 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica Bases Legais**. Brasília. 2013.
- FOUREZ, G. (1992) Alphabétisation Scientifique et Technique et Ilôts de Rationalité. **Actes JIES XVI**, Chamonix – France.
- FOUREZ, G. (1997) Qu'entendre par 'îlot de rationalité' et par 'îlot interdisciplinaire de rationalité'. **Aster**, Paris, n. 25, pp. 217-225.
- FOUREZ, G. et al. (1997) **Saber sobre nuestros saberes. Un léxico epistemológico para la enseñanza**. Ediciones Colihue. Buenos Aires, Argentina. 1997.
- FOUREZ, G. (2001). Fondements épistémologiques pour l'interdisciplinarité. In: LENOIR Y.; REY B.; FAZENDA I. (éds.), **Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à**

- l'enseignement.** Ed. du CRP. Sherbrooke: Canadá. pp. 341-348.
- FOUREZ, G. (2002) **A Construção das Ciências. As Lógicas das Invenções Científicas.** Instituto Piaget. Lisboa: Portugal.
- GASPAR, A. (2016) **Compreendendo a Física.** V. 3. 3.^a Ed. Ática. São Paulo: Brasil. 2016.
- MAINGAIN, A.; DUFOUR, B. (2008). A interdisciplinaridade em sentido estrito. In FOUREZ, G. (Dir.). **Abordagens didáticas da interdisciplinaridade.** Instituto Piaget. Lisboa: Portugal. 2008. pp. 81-118.
- MONGUI, L. H.; MORENO, J. A. Propuesta didáctica para hallar la relación de la física con otras disciplinas. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias,** Bogotá: Colombia, v. 2, n. 1, pp. 57-60. DOI: 10.14483/23464712.5312. 2007. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/5312>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- NEHRING, C. M., SILVA, C. C., TRINDADE, J. A. D. O., PIETROCOLA, M., LEITE, R. C. M., & PINHEIRO, T. D. F. (2000). As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), 2, 88-105.
- RODRÍGUEZ P. Y. (2015). La interdisciplinariedad y la formación profesional: una reflexión desde la disciplina de física. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias,** 10(1), 116-124. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.GDLA.2015.1.a07>
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. (2011) Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências,** Porto Alegre: Rio Grande do Sul v. 16, n. 1, pp. 59-77.
- SCHMITZ, C. **Desafio Docente: As Ilhas de Racionalidade e seus elementos Interdisciplinares.** Dissertação de Mestrado. 260f. UFSC, Florianópolis. 2004.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. (2006) **Física para Cientistas e Engenheiros.** 5a ed. LTC. Rio de Janeiro: Brasil.
- ZABALA, A. (2002) **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar.** Trad. Ernani Rosa. Artmed. Porto Alegre. 2002.

