



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A UEPS UTILIZANDO CONCEITOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR
NA CONSTRUÇÃO DE MANGÁS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARIA DA RESSURREIÇÃO DONATO MACÊDO GUSMÃO

VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA

ABRIL - 2026



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

MARIA DA RESSURREIÇÃO DONATO MACÊDO GUSMÃO

**A UEPS UTILIZANDO CONCEITOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR
NA CONSTRUÇÃO DE MANGÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientadora: Cristina Porto Gonçalves

Coorientador: Luizdarcy de Matos Castro

VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA

ABRIL – 2026

G99u

Gusmão, Maria da Ressurreição Donato Macêdo.

A UEPS utilizando conceitos de ressonância magnética nuclear na construção de mangás / Maria da Ressurreição Donato Macêdo Gusmão, 2026.

123 f. ; il. color.

Orientador (a): Dr.^a Cristina Porto Gonçalves.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências F. 83 – 85

Contem produto educacional.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Aparelho de ressonância magnética. 3. Mangá. I. Gonçalves, Cristina Porto. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. T.

CDD 530.07



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos vinte e sete dias do mês de abril de 2026, às 14h, no Laboratório de Ensino de Matemática – LaboMat, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada **A UEPS UTILIZANDO CONCEITOS FÍSICOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR NA CONSTRUÇÃO DE MANGÁS**, de autoria de Maria da Ressurreição Donato Macêdo Gusmão, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pela professora Dr^a. Cristina Porto Gonçalves, orientadora do mestrando e contou com a participação da professora Dr^a. Simara Santos Campos e do professor Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue, na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.

Cristina Porto Gonçalves

Prof^a. Dr^a. Cristina Porto Gonçalves
Presidente da Banca Examinadora/Orientadora

Simara Santos Campos

Prof^a. Dr^a. Simara Santos Campos
Examinadora externa

Jorge Anderson P. Ramos

Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos
Examinador interno

Maria da Ressurreição Donato Macêdo Gusmão

Maria da Ressurreição Donato Macêdo Gusmão
Discente

Wagner Duarte José

Prof. Dr. Wagner Duarte José
Coordenador do PPG-MNPEF

2026



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



A UEPS UTILIZANDO CONCEITOS FÍSICOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR NA CONSTRUÇÃO DE MANGÁS

AUTORA: Maria da Ressurreição Donato Macêdo Gusmão

DATA DE APROVAÇÃO: 27 de abril de 2026

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA


Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves
Presidente da Banca Examinadora/Orientadora


Profa. Dra. Simara Santos Campos
Examinadora externa


Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos
Examinador interno

2026



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



DEDICATÓRIA

À minha mãe (em memória), pela dedicação incansável para que eu e meus irmãos obtivéssemos a melhor educação que ela poderia ofertar e pelo apoio na graduação. Mesmo que ela não tenha tido oportunidade de ver o meu mestrado, mas sempre cogitou esse título e muito mais, tanto para mim quanto para meus irmãos, não há palavras para expressar meu obrigado e amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Jesus, toda honra e toda glória à Ele meu Salvador, pois sem Ele jamais teria chegado aqui e prosseguido, pois operou milagres.

As minhas filhas pelo apoio sentimental tanto em momentos de alegrias quanto de angústias e por sempre me ajudarem com as atividades relativas ao mestrado, principalmente na escrita da dissertação.

Ao meu marido pelo apoio e entender a realização de um sonho.

Aos meus irmãos e pai pelo apoio e incentivo à melhoria em minha carreira docente e pessoal e por sempre estarem por perto em momentos que eu precisava.

Aos meus colegas de turma, agradeço a parceria, pelos momentos de muita alegria e aprendizado, em especial Thuane e João, que trilharam essa jornada comigo bem de perto.

Aos meus orientadores, Cristina Porto e Luizdarcy de Matos, pelo apoio e ajuda na execução desse projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil – **CAPES** pelo apoio financeiro. Código de Financiamento 001.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, que foi minha casa na graduação, por implantar o polo com esse mestrado (MNPEF) o qual é uma honra fazer parte .

À Sociedade Brasileira de Ensino de Física, por seu empenho na implementação do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, em todo país, pois era de grande necessidade para professores da área.

Aos meus alunos, que concordaram em fazer parte desse projeto e participaram ativamente.

A gestão do Colégio Estadual de Tempo Integral de Barra do Choça por permitir a aplicação desse projeto.

RESUMO

O ensino de física deve ter uma abordagem contextualizada e interdisciplinar para que o indivíduo tenha sua formação integral em meio a sociedade, acompanhando os avanços científicos e tecnológicos. O trabalho apresentado teve por finalidade contribuir para o ensino de conceitos presentes na ressonância magnética nuclear e a construção de um mangá com esses conceitos. Utilizou-se a leitura de história em quadrinhos e confecção de mangás, mediante a elaboração, implantação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). O referencial teórico vinculado foi a Aprendizagem Significativa de David Ausubel e o modelo da UEPS proposto por Marco Antônio Moreira. A pesquisa foi realizada no Colégio Estadual de Tempo Integral de Barra do Choça, na turma do terceiro ano E, para despertar o interesse nos alunos ao observarem conteúdo da Física presentes no cotidiano. Foram usados recursos e atividades como, o simulador PhET, história em quadrinhos, questionários, textos didáticos, atividade lúdica, confecção de mangás, experimentos simples de campo magnético e WebQuest. Por fim, conclui-se que a execução dessa UEPS levou os alunos a terem um olhar ampliado acerca do estudo de Física, afinal, houve uma materialização da parte teórica estudada, possibilitando uma melhor associação e estimulação de curiosidades sobre assuntos referente a física e seus fundamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem Significativa; Aparelho de Ressonância magnética; Mangás; Física.

ABSTRACT

The teaching of Physics should adopt a contextualized and interdisciplinary approach so that individuals may achieve integral education within society, keeping pace with scientific and technological advances. The work presented aimed to contribute to the teaching of Physics concepts, with the objective of proposing a study of the physical concepts present in nuclear magnetic resonance imaging and the creation of a manga incorporating these concepts. The reading of comic books and the production of manga were employed through the design, implementation, and evaluation of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU). The theoretical framework adopted was David Ausubel's Meaningful Learning and the PMTU model proposed by Marco Antônio Moreira. The research was conducted at the Colégio Estadual de Tempo Integral de Barra do Choça, with the third-year class E, in order to spark students' interest as they observed Physics content present in everyday life. Resources and activities such as the PhET simulator, comic books, questionnaires, didactic texts, playful activities, manga production, simple magnetic field experiments, and webquests were used. Finally, it is concluded that the implementation of this PMTU led students to develop a broader perspective on the study of Physics, since there was a materialization of the theoretical component studied, enabling better association and the consequent development of curiosity about topics related to Physics and its fundamentals.

KEYWORDS: Meaningful Learning; Magnetic Resonance Imaging Device; Manga; Physics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dissertações sobre ensino de Física e Mangá	20
Tabela 2	Dissertações sobre Ensino de Física e Ressonância Magnética	23
Tabela 3	Cronograma	65

LISTA DE IMAGENS

Figura 1	Capacitor (Superfície arredondada)	35
Figura 2	Capacitor de Placas Paralelas	36
Figura 3	Espectro Eletromagnético	39
Figura 4	Espectro Eletromagnético (Ondas de Rádio)	40
Figura 5	Amplitude Modulada e Frequência Modulada	41
Figura 6	Esquema de um Aparelho de Efeito Fotoelétrico	42
Figura 7	Esquema do Experimento de Stern-Gerlach	46
Figura 8	Figura Clássica do Objeto Girando	47
Figura 9	Ampliação do Objeto Girando	47
Figura 10	Estados de energia do spin em um campo magnético	50
Figura 11	Montagem experimental para RMN	51
Figura 12	Funcionamento do aparelho do RMN	52
Figura 13	Movimento dos Spins	52
Figura 14	Um eletroímã usado para obter imagens com a técnica RMN	53
Figura 15	Registro de história em quadrinhos	67
Figura 16	Registro de Simulador PhET	68
Figura 17	Registro de experiência desenvolvida acerca do campo magnético	68
Figura 18	Registro do agrupamento de alunos em formação do experimento	69
Figura 19	Registro de alunos em realização de atividade	70
Figura 20	Registro de atividade desenvolvida na WebQuest por aluna A	71
Figura 21	Registro de atividade desenvolvida na WebQuest por aluna B	71
Figura 22	Registro de atividade desenvolvida na WebQuest por aluna C	72
Figura 23	Registro de mangás produzidos por alunos	73
Figura 24	Registro de mangá produzido por aluno D	73
Figura 25	Registro de mangá produzido por aluno E	74

Figura 26	Registro de mangá produzido por aluno F	74
Figura 27	Respostas do aluno A na avaliação individual	76
Figura 28	Respostas do aluno B na avaliação individual	76
Figura 29	Respostas do aluno C na avaliação individual	76

TABELA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Atividade de sondagem	63
Gráfico 2	Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Como você avalia os conceitos de física presentes no exame de ressonância magnética após as aulas?”	77
Gráfico 3	Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Na sua opinião o estudo de ressonância magnética contribuiu para o aprendizado dos conceitos de física abordados?”	78
Gráfico 4	Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Os recursos utilizados em sala de aula contribuíram para seu entendimento sobre o tema trabalhado?”	78
Gráfico 5	Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Em sua opinião as experiências realizadas em sala de aula e os simuladores computacionais auxiliam na assimilação dos conteúdos abordados?”	79
Gráfico 6	Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Como você avaliaria a confecção de mangás, HQ’s ou textos utilizados nas aulas de física para melhorar a compreensão dos conteúdos?”	79
Gráfico 7	Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Se este tipo de abordagem tivesse sido realizado desde o início do ano você acredita que o rendimento teria sido melhor?”	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	26
3.1 Aprendizagem Significativa de David Ausubel	26
3.2 A aprendizagem significativa crítica de Marco Antônio Moreira	28
4. CONCEITOS DE FÍSICA PRESENTES NA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR	33
4.1. Equações de Maxwell	33
4.1.1. Lei de Gauss para o Campo Elétrico	33
4.1.2. Lei de Gauss para o Campo Magnético	34
4.1.3. Lei da Indução de Faraday	34
4.1.4. Lei de Ampère – Maxwell	34
4.2. Ondas Eletromagnéticas	37
4.3. Espectro Eletromagnético	38
4.4 O Efeito Fotoelétrico	42
4.5. A Teoria do Fóton Proposta por Einstein	43
4.6. Fótons e Ondas Eletromagnéticas	44
4.7. Spin	45
4.7.1. Experimento de Stern-Gerlach	45
4.8. Ressonância Magnética Nuclear	49
5. PROCEDIMENTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS	54
5.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)	55
6. INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA	58
6.1 Contexto da Pesquisa	58
6.2 Aspectos sequenciais da UEPS	59
6.3 Cronograma	65
7. RESULTADO E DISCUSSÕES	66
7.1 Análise do questionário de levantamentos prévios	66
7.2 Situações problemas em nível introdutório	67
7.3 Conhecimento em nível de complexibilidade maior	70
7.4 Conclusão da UEPS	72

7.5 Passo final da UEPS – Evidências de Aprendizagem.....	75
7.6 Avaliação da UEPS.....	77
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	83
ANEXOS	86
ANEXO 1	87
ANEXO 2	88
ANEXO 3	89
ANEXO 4	90
APÊNDICES.....	91
APÊNDICE 1.....	92
APÊNDICE 2.....	93
APÊNDICE 3.....	94
APÊNDICE 4.....	95
APÊNDICE 5.....	96
APÊNDICE 6.....	97
APÊNDICE 7.....	98

1. INTRODUÇÃO

De acordo com as diretrizes educacionais, os PCN 's, a BNCC e DCRB, o ensino de Física deve ultrapassar a transmissão de conteúdos conceituais, assumindo um papel estratégico na formação integral do estudante e na ampliação de sua cidadania. Nessa perspectiva, orientações educacionais defendem uma abordagem contextualizada, investigativa e interdisciplinar, na qual os conhecimentos físicos são relacionados aos fenômenos do cotidiano, aos avanços científicos e tecnológicos e às problemáticas sociais.

Ao promover a compreensão crítica das leis naturais e de suas aplicações, o ensino de Física contribui para o desenvolvimento do pensamento científico, da autonomia intelectual e da capacidade de participação consciente em debates públicos, favorecendo a construção de sujeitos capazes de tomar decisões informadas, éticas e socialmente responsáveis em uma sociedade cada vez mais marcada pela ciência e pela tecnologia. (BRASIL,2006)

Para isso, ao abordar acerca da abrangência do ensino de física e sua importância, é necessário fomenta minha trajetória como profissional da educação. Ela iniciou com o magistério, uma formação técnica de nível médio que permite lecionar na Educação Infantil. Com a paixão aflorada pelo ensino, após 2 anos, ingressei na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) no curso de graduação em Ciências Exatas, no qual nasceu o sonho de ser professora de Física, tendo como exemplo um amigo que era um ótimo professor. Antes de terminar a graduação, já trabalhava no Ensino Médio com Física e dúvidas surgiam com reflexões a respeito de como melhorar o ensino daquela disciplina.

Nessa mesma época as secretarias de educação estavam tentando colocar em prática os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN 's), pois era uma sugestão do Ministério da Educação (MEC). Os PCN 's para o ensino de Física sugerem como estratégias, competências e habilidades para formação de um indivíduo a fim que ele compreenda o mundo em que vive e atua nele de forma crítica e solidária. Nessas diretrizes é colocado o papel da física na escola:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na

compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas (BRASIL, 2006)

Tendo em vista essa afirmação foram surgindo várias dúvidas de como desenvolver tais associações em poucas aulas por semana. Muitas discussões foram feitas, principalmente nas escolas, pois os PCN 's sugeriam algo que a maioria dos vestibulares da época não colocava em prática, dificultando o ensino básico. Com a implantação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), percebeu-se a necessidade de trabalhar os assuntos em sala de aula com metodologias diferentes.

Com tal cenário e insatisfação do ensino realizado em sala, que se restringia às fórmulas e teoremas e pouco se ensinava a física na prática independente das diretrizes, houve o anseio por estratégias que despertassem o interesse dos alunos nas aulas de física. Então surgiu a ideia de abordar conteúdos da física usando a literatura, mas será que isso daria certo? Essa angústia persistiu por um tempo, até que cursei, no ano de 2007, uma pós-graduação pela Universidade de Brasília (UNB), na qual foram abordados textos do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), que tinha o objetivo a elaboração de uma proposta de conteúdo e metodologia para o ensino da Física do Ensino Médio. Isso despertou meu interesse em fazer um trabalho com contribuição da literatura.

Em 2023 ingressei no Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no qual algumas dúvidas começaram a sanar e surgiu a ideia de trabalhar os conteúdos de física com uma literatura um pouco diferente, os mangás. Associando a utilização dos mangás com o estudo dos conceitos físicos existentes na ressonância magnética nuclear. Essa foi uma maneira de tentar inserir o estudo da física moderna nas aulas, a competência III do PCN's Contextualização Sócio-Cultural, que diz:

Compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social (III 1).

Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social (III 3). (BRASIL, 2006)

Com base no exposto, é importante frisar a inserção dos conteúdos propostos no currículo aos alunos de maneira a melhor percepção das informações ofertadas a eles. Essa quebra de paradigma desmistifica conceitos errados, preparando-os para a evolução tecnológica e ajudando-os a atuar enquanto cidadão crítico na sociedade. Tendo em vista isso, essa pesquisa é baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e aprendizagem significativa crítica de Moreira, que procura dar um verdadeiro significado e criticidade ao que é aprendido.

Com esse propósito foi utilizado a Unidade de Ensino Potencial Significativa (UEPS) de Moreira, que se trata de uma sequência didática voltada para a aprendizagem de conteúdos de Ciências da Natureza, nesse momento, o estudo de conceitos físicos presentes na ressonância magnética nuclear e na construção de mangás com conteúdos vinculados aos estudados na sequência didática.

Ao começar a fazer a pesquisa foi observado que há poucas dissertações relativas ao tema da ressonância magnética nuclear. Não foi encontrada nas pesquisas, dissertações que trabalhassem ressonância magnética nuclear, no tocante ao ensino de física à nível do ensino básico, concomitantemente com construções de mangás feitas pelos alunos. Assim, foi pensado uma sequência didática composta de textos didáticos, história em quadrinhos, WebQuest, pequenos experimentos, simulações PhET e pôr fim a construção dos mangás em equipes, com o intuito de colaborar com o ensino de física nas escolas.

Portanto, essa pesquisa tem como objetivo, propor um estudo dos conceitos físicos presentes na ressonância magnética nuclear e construção de um mangá com esses conceitos. Para tal é necessário que alguns objetivos específicos sejam alcançados:

- Identificar evidências de aprendizagem significativa por meio da aplicação da UEPS;
- Reconhecer os conceitos físicos aplicados na ressonância magnética nuclear;
- Diferenciar as notícias verdadeiras em relação à ciência das *fake News*, como efeitos da ressonância magnética nuclear nos pacientes, encontradas em textos nas redes sociais e noticiários;

- Confeccionar histórias, no modelo mangá, para ressaltar o que foi aprendido.

Essa proposta de ensino foi aplicada no Colégio Estadual de Tempo Integral de Barra do Choça Bahia, na turma do 3º ano E do Ensino Médio, e está dividida em 16 aulas, entre os meses de setembro a novembro de 2024.

Com o anseio de elaborar mangás utilizando os conceitos físicos estudados, foi realizado este trabalho ao qual, sob a recomendação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, foi dividido em oito capítulos. O primeiro capítulo da introdução, aborda a motivação e o processo pelo qual se deu a sequência didática. No segundo, a revisão da literatura mostra as dissertações encontradas com temas parecidos aos desta dissertação.

No terceiro capítulo é o referencial teórico, que menciona as teorias de aprendizagem levadas em consideração aqui: Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. No quarto capítulo trata-se dos conceitos físicos envolvidos na ressonância magnética nuclear.

Os procedimentos metodológicos se apresentam no quinto capítulo, no qual também é mencionada a visão de Moreira sobre a UEPS. Após isso é descrita a intervenção na sala de aula contendo todo o processo realizado, tem-se o sexto capítulo. No sétimo trata-se das discussões sobre as atividades propostas e seu êxito no processo ensino-aprendizagem.

No oitavo e último capítulo são as considerações finais, que aborda o relato de uma sequência didática que propõe uma aprendizagem significativa com seus resultados encontrados e um material relevante para o ensino de física.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi conduzida com o propósito de identificar dissertações realizadas com a mesma perspectiva, a fim de fornecer suporte e contribuir com o projeto proposto. A busca foi feita nos bancos de dados: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e no Google Acadêmico. Foram realizadas pesquisas no mês de novembro de 2025 com as palavras chaves em todos os bancos de dados: Ensino de Física e Mangá; Ensino de Física e Ressonância Magnética Nuclear.

A tabela 1, nos permite observar as dissertações encontradas em diferentes bancos de dados com os descritores: Física e Mangá. Apesar de não possuírem em seu título os descritores, ao avaliar as abordagens possuíam relação com o tema.

Tabela 1. Dissertações sobre ensino de Física e Mangá

TÍTULO	AUTOR/ANO	BANCO DE DADO	ENDEREÇO
Construção e utilização do mangá para o ensino de magnetismo para a 3ª série do ensino médio	Talles Vinícius de Oliveira Pinto, 2018	BDTD MNPEF	200.130.0.112/bdtd/Record/UNB_8a84899811af387568bc1715853f864a
O ensino de eletrodinâmica na EJA a partir de histórias em quadrinhos baseadas no mangá	Jean Carlo Falcão de Oliveira, 2021	BDTD	200.130.0.112/bdtd/Record/UFF-2_41761e3ac948e59f7698d336bc44bfc5
Mangá e animê: um recurso para aprendizagem do ensino	José Leonardo Martins Rodrigues e	Google	https://www.nucleodoc.onhecimento.com.br/ci

de ciências	Clarisse Beltrão Rosas Rocha, 2018	Acadêmico	encias-sociais/manga-e-anime
Ensino de Física e o uso de mangás como recurso didático	Mayla Aparecida Marques de Almeida, 2022	Google Acadêmico	https://repositorio.unesp.br/entities/publication/04d13968-8ddb-41a8-b233-1bb22af6a949
Mangás e suas utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectivas cts.	Luana von Linsingen, 2008	Google Acadêmico	http://179.108.116.1:3537/ojs/index.php/cienciaseensino/article/download/125/110

Fonte: Autora, 2026.

Pinto (2018), em seu trabalho, apresenta uma metodologia nova para ensinar magnetismo por meio de uma sequência didática na qual os alunos confeccionam os mangás. Para esta confecção houve necessidade de pesquisa sobre o conteúdo, e o autor percebeu que ao realizar a pesquisa os alunos manifestaram interesse por outros conteúdos como cosmologia e esboçaram interesse em comprar livros. Também concluiu que os alunos que tinham dificuldades com o estudo dos conteúdos físicos evoluíram na aprendizagem. A segunda parte do projeto foi aplicar esse mangá na turma do ano seguinte pelos alunos que confeccionaram, tornando-os tutores, houve uma participação muito relevante por parte dos alunos que leram e dos que aplicaram, proporcionando um momento de aprendizado mais lúdico.

Oliveira (2021) emprega o uso de histórias em quadrinhos baseados no mangá em sua sequência didática. O professor aplicou um teste de conhecimentos prévios e, posteriormente, trouxe as histórias com o intuito de aproximar os alunos do conteúdo que seria abordado e desenvolver a criação de hipóteses do que estaria por vir. Também foram usados slides, questionários, experimentos em laboratório e *website* com a finalidade de efetivar o seu objetivo. Para evidenciar o aprendizado, ele propôs uma avaliação da metodologia empregada e se constatou um interesse maior dos alunos em relação aos conteúdos e um resultado satisfatório.

Rodrigues e Rocha (2018), em “Mangá e *animê*: um recurso para aprendizagem do ensino de Ciências”, mostra a dificuldade que a maioria dos professores tem em utilizar materiais paradidáticos com a finalidade de potencializar o ensino. A pesquisa foi de campo, afinal o projeto foi um conjunto de investigação realizada por meio de questionários, respondidos tanto por professores quanto alunos. Após finalizar a aplicação dos questionários observou-se que os alunos e os professores consideraram a utilização desse recurso de maneira satisfatória para a compreensão dos conteúdos, reconheceram que as dificuldades se encontravam na metodologia do ensino. Com isso, os autores evidenciam que os mangás e animes contribuem de forma significativa para o processo ensino-aprendizagem.

Almeida (2022) buscou contribuições no mangá “Dr Stone” para aprimorar as aulas de Física, tornando-as mais dinâmicas e interessantes. Para isso, foi feita uma seleção das histórias desse mangá que continham conteúdos relativos à conteúdos da física do 1º, 2º ou 3º ano do Ensino Médio. Nesse projeto ela diz:

“Os mangás aguçam a curiosidade e a capacidade de análise dos jovens, usados não apenas para compreender, mas também para exemplificar o tema”

Linsinger (2007) traz em seu artigo o uso de mangás em aulas de Ciências tanto para o fundamental quanto para o Ensino Médio como uma alternativa inovadora abordando CTS no aspecto tecnológico e social. Há uma descrição das características de um mangá, em sua escrita, forma de leitura e design das personagens com olhos e expressões significativas assim como os temas abordados que geralmente estão relacionados ao misticismo, arquetípicas, religiosidade, cientificidade, que normalmente não se encontra em histórias em quadrinhos. A autora chama a atenção que muitos professores utilizam mais as histórias em quadrinhos deixando de lado um recurso pedagógico muito adequado para trabalhar que são os mangás, muitas vezes por desconhecimento.

Já na tabela 2, pode-se observar os trabalhos encontrados no mesmo período de novembro de 2025, em diferentes bancos de dados com os descritores: Ensino de Física e Ressonância Magnética nuclear. Esses descritores foram associados para reunir dados vinculados com o tema proposto.

Tabela 2. Dissertações sobre Ensino de Física e Ressonância Magnética

TÍTULO	AUTOR/ANO	BANCO DE DADO	ENDEREÇO
Ressonância magnética no ensino de Física: Uma proposta de ensino problematizadora para a Educação de Jovens e Adultos	Gerinaldo da Silva, 2022	BTDT	200.130.0.112/bdtd/Record/UEPB_0f60a1a874dd45e6f2ffe537987147c8
Leitura sobre ressonância magnética nuclear em aulas de física do ensino médio	André Coelho da Silva, 2013	BTDT	200.130.0.112/bdtd/Record/UNICAMP-30_056f44777dce47f8af002fbe1dd47226
Uma proposta de UEPS sobre tópicos de física relacionados a ressonância magnética para o ensino médio	Arimaél Alves Silva, 2022	BTDT	200.130.0.112/bdtd/Record/UFMA_9884c36d9c033b4d13ddd8c81ee5afbe
Ressonância Magnética Nuclear e o Diagnóstico de Imagem para alunos do Ensino Médio	Rodrigo Zell de Sousa, 2020	MNPEF	mnpef/ressonância-magnética-nuclear-e-o-diagnóstico-de-imagem-para-alunos-do-ensino-médio

Fonte: Autora, 2026.

Silva (2022) propõe em sua sequência didática o estudo da Ressonância Magnética Nuclear nas aulas de Física na modalidade do EJA, pois compreende que há necessidade de trazer para as aulas de Física temas do cotidiano, principalmente na questão da medicina que são significativos para os alunos, para tanto ele utilizou a metodologia voltada à problematização. Foram empregados vídeos, uma simulação

do PhET sobre ressonância magnética nuclear, experimento em sala, slides, e aula dialogada. Como resultado ele percebeu o engajamento dos alunos e muita participação nas aulas, sanando assim muitas dificuldades por parte dos alunos nesse componente curricular.

Silva (2013) busca o aprimoramento do estudo dos alunos por meio de leituras de textos científicos, tendo como objetivo a produção de sentidos com leituras dos textos citados. Foi feita a leitura dialogada dos dois textos apresentados e depois a realização de questionários para avaliar o entendimento do que foi lido. Concluiu-se que, os alunos tiveram muita dificuldade na leitura e na realização destas atividades, o que leva a refletir que há necessidade de mais atividades como esta para despertar no aluno o aperfeiçoamento do aprendizado.

Silva Alves (2022) em sua dissertação se preocupa em implementar nas aulas de Física assuntos relacionados com a Física Moderna pois acredita que esta deve ser vinculada ao avanço da ciência e da tecnologia, para tanto ele propõe estudar os aspectos físicos presentes na ressonância magnética nuclear. Foi aplicada uma UEPS, na qual utilizou-se de questionários, experimentos, simulação PhET, vídeos e mapas conceituais além da aula dialogada. Concluiu-se que, com essa metodologia, foi despertado maior interesse pelos alunos nas aulas de Física e um aprendizado de forma mais significativa.

Sousa (2020) aborda o tema de ressonância magnética nuclear com o objetivo de diversificar e aprimorar as aulas de Física, tendo em vista, que na maioria do currículo do Ensino Médio, a Física Moderna é deixada de lado, porém é ela que encontramos no cotidiano. Para tanto, foi desenvolvida uma sequência didática que se utilizou de mapas conceituais, jogos de Kahoot, estudo de caso, simulação PhET, vídeos, questionários e slides. Percebeu-se que os alunos tiveram um aproveitamento satisfatório em todas as atividades e que seus trabalhos finais obtiveram embasamento teórico muito bom.

Com as evidências científicas encontradas na revisão da literatura ficou constatado que há poucos trabalhos abordando o tema de ressonância magnética e a utilização de mangás, seja para leitura ou confecção deles, realizado de forma concomitante. Porém, foi observado que há um grande interesse dos professores-

pesquisadores em aplicar esses dois temas nas aulas de Física no Ensino Médio, mesmo que em momentos diferentes.

Isso se deve, a diversidade e ludicidade, envolvimento com a Física do cotidiano presente na Física Moderna e relação dos conteúdos da Física estudada na escola com equipamentos tecnológicos da medicina. Dessa forma fica evidente, a aspiração de aprimoramento das metodologias aplicadas nas aulas de Física e da relevância de inserir conteúdos de Física Moderna no currículo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Ensinar Física no Ensino Médio é desafiador, uma vez que os discentes têm muita dificuldade na compreensão da Ciências (Física, Química e Biologia) também em sua aplicabilidade. Além disso, há um déficit no aprendizado de cálculos matemáticos e a maneira tradicional com que os conteúdos de Física são transmitidos e escolhidos não proporcionam ao estudante um bom entendimento deles.

Tendo em vista esses e outros problemas no Ensino de Física, o produto apresentado em forma de uma sequência didática que se baseia na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a aprendizagem significativa crítica de Moreira.

3.1 Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Atualmente, ao observar a educação em Física, ela deixa de ser baseada na memorização mecânica de fórmulas e passa a promover uma aprendizagem ativa, reflexiva e contextualizada. Quando fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, assume um papel essencial na construção do conhecimento científico de forma consciente e duradoura. Nessa perspectiva, o ensino de Física deve partir dos conhecimentos prévios dos estudantes para que seja feita assimilação de novos conceitos, leis e fenômenos físicos.

David Ausubel nasceu em Nova York, filho de uma família judia e pobre, estudou sua graduação em psicologia e depois focou seus estudos para a educação, pois ele não concordava com a metodologia empregada na época. Nessa perspectiva, Ausubel, em alguns momentos, se assemelha a Piaget, mas seus estudos eram voltados à sala de aula, afinal acreditava no valor da aprendizagem por descoberta, não negando a importância das aulas expositivas (CRUZ, 2011).

Em seu livro “Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva”, Ausubel, afirma a seguinte sentença com relação ao conhecimento:

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 2000).

Ao avaliar a Aprendizagem Significativa pode ser definida como um processo não arbitrário. Dentro desse aspecto o novo conceito adquirido deve ter relação com o que o indivíduo tem de conhecimento e ser substantiva. Ou seja, por ser não-arbitrária entende-se que seja uma construção lógica e substantiva quando o aluno explica algo aprendido com suas palavras. Em contrapartida, a aprendizagem mecânica é aquela em que o aluno aprenderá de forma arbitrária e literal, não havendo interação do que é sabido com o conhecimento novo (MOREIRA, 2006).

Apesar de estarem em lados opostos a aprendizagem mecânica e significativa não forma uma bifurcação na qual deve-se escolher um lado, ao contrário, a aprendizagem é um contínuo. Nessa premissa, ela pode começar mecânica e evoluir para a significativa ou o adverso também pode ocorrer (MOREIRA, 2016).

Para Ausubel a interação entre o que vai ser aprendido e o que já existe no cognitivo do indivíduo é dado por assimilação, e nesse processo a tomada de outros significados não afetam as ideias ancoradas com o que foi assimilado. A assimilação segundo Ausubel possui dois aspectos: o novo conhecimento se relaciona com conceitos específicos já existentes na estrutura cognitiva e a assimilação é um processo constante e por isso há alterações revelando uma diferenciação e integração de conceitos relevantes ao aprendido (MOREIRA, 2006).

Além dessa metodologia, Ausubel propõe a aprendizagem por descoberta ou recepção, aos quais pode ocorrer de maneira mecânica ou significativa. Na aprendizagem por descoberta o aluno é quem descobre o conteúdo a ser aprendido e isso não significa que a aprendizagem se dará de forma significativa. Assim como na aprendizagem por recepção, no qual o que deve ser aprendido é apresentado ao aluno e esta pode ser de forma significativa, isso depende da forma como o conteúdo interage com o que o aluno já possui de conhecimento e que seja não arbitrária e substantiva (AUSUBEL, 2000).

Assim como na disputa, no quesito ser um melhor ensino, entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa; também, entre a aprendizagem por descoberta e por recepção não pode ser definido qual o melhor método. Dessa forma, o que define o fato de ser significativa não é a maneira como é apresentado ao aluno o conteúdo, mas como ele interage com a estrutura cognitiva

do aluno. Logo, com o subsunçor da aprendizagem por descoberta ou recepção, que pode ser uma imagem, um símbolo ou um conceito, deve ser algum aspecto existente que facilite o ensino individual (MOREIRA, 2016).

Por subsunçor pode-se considerar um conhecimento prévio capaz de acolher um novo conceito que é aprimorado por meio de um processo interativo entre o que já era conhecido e o que é novo. Esses subsunçores são adquiridos ao longo do desenvolvimento humano. Quando o indivíduo possui maturidade intelectual, mas não dispõe até então deles se faz necessário o uso de organizadores prévios que farão a ponte entre o que se sabe e o que precisa aprender com o material potencialmente significativo (MOREIRA, 2006).

Para que haja essa estimulação vinculada à aprendizagem utiliza-se a diferenciação progressiva, que ocorre quando há uma interação entre o conceito novo e um conceito subsunçor. Também, pode utilizar a reconciliação integrativa as ideias pré-existentes são relacionadas e reorganizadas resultando novos significados. A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos constantes que ocorrem quando se quer obter uma aprendizagem significativa, ora uma ocorre, ora outra (CRUZ, 2011).

Para tanto, as atividades avaliativas aplicadas em sala de aula têm como incumbência avaliar se os objetivos educacionais estão sendo alcançados. Com a finalidade de verificar se houve uma internalização do que foi proposto pelo educador e se ao longo do processo há indícios de uma aprendizagem significativa.

3.2 A Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira

Na perspectiva de Marco Antônio Moreira (2005), a aprendizagem significativa crítica representa uma evolução da clássica teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, pois requer mais do que significado para o conhecimento adquirido, mas também que esse indivíduo possa refletir sobre o mesmo e fazer interferência quando necessário.

A aplicação dessa teoria na prática docente implica que o professor deixe de ser transmissor de conteúdos e se torne mediador do conhecimento. Ele deve, por meio de atividade introdutória, identificar os conhecimentos que o aluno já possui,

propor situações-problema que despertem curiosidade e desafio cognitivo, e fomentar o aluno a pensar de forma autônoma e crítica a respeito do que se aprendeu (MOREIRA, 2010).

A aprendizagem significativa crítica exige que o aprendiz não apenas compreenda e diferencie conhecimentos novos a partir de sua estrutura cognitiva, mas também desenvolva reflexão crítica sobre sua inserção cultural, social e histórica. Isso acarreta uma condição essencial num mundo em que ocorrem mudanças e informações rápidas que requer cada vez mais compreensão, e reflexão do que ocorre na sociedade. Para tanto Moreira propõe atividades que conectem o conhecimento escolar à realidade social do aluno, para que ele desenvolva sua criticidade e que dê um significado para aquilo que foi aprendido (MOREIRA, 2012).

Em Aprendizagem Significativa Crítica, Moreira diz:

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo (MOREIRA, 2005).

Não obstante, é reconhecido os limites e os desafios de sua própria proposta. Em *Aprendizagem Significativa Crítica: um conceito em construção* (2005), Moreira destaca que essa concepção exige mudanças profundas na cultura escolar, o que é difícil em sistemas educativos baseados em provas, currículos fragmentados e ensino voltado ao vestibular.

Outra crítica levantada pelo próprio autor é que a aprendizagem significativa, por depender da predisposição do aluno para aprender, pode ser inviável em contextos em que os estudantes estão desmotivados ou socialmente excluídos. Por isso, ele insiste que a dimensão afetiva e social da aprendizagem é inseparável da cognitiva — o aluno precisa “querer aprender” e “ver sentido” no que aprende (Moreira, 2010).

Por fim, Moreira (2012) admite que a aprendizagem significativa crítica ainda é uma proposta em desenvolvimento. Essa teoria exige uma escola que não cultive

apenas a memorização e o preparo para testes, mas que fomente sujeitos capazes de lidar com o novo, o incerto e o transformador

Com o intuito de auxiliar, Moreira projetou alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner porém de maneira bem menos radical e bem mais viável:

1. Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos.
2. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.
3. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.
4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador
5. Princípio do conhecimento como linguagem
6. Princípio da consciência semântica.
7. Princípio da aprendizagem pelo erro.
- 8, Princípio da desaprendizagem.
9. Princípio da incerteza do conhecimento
10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.
11. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.

Para que esses facilitadores favoreçam a aprendizagem dependem não somente do ensino e da aprendizagem, mas também do currículo. Esse deve ser flexível, vinculado ao contexto social em que o aluno está inserido e da avaliação subjetiva que deve seguir os mesmos princípios da aprendizagem significativa crítica.

3.3 Mangás e sua utilização pedagógica

Com a globalização o mundo tem passado por muitas transformações tanto no aspecto social quanto na modernização de muitos serviços que são utilizados no cotidiano. O processo de ensino também acompanha essa movimentação, logo os profissionais da educação necessitam se adequar com metodologias e recursos diferentes, buscando práticas pedagógicas que atendam o novo público formado de pessoas inseridas nessa tecnologia (DARROS, 2019; LOPES, 2024).

Segundo Rodrigues (2018, apud Santos 2008), a aprendizagem ocorre devido algumas condições que devem ser atendidas: a motivação, o interesse, a capacidade de compartilhar experiências e de interagir com contextos diversos. Tendo isso em vista, as histórias em quadrinhos, jornais e revistas são meios de comunicação de massa e que devido suas características de leitura fácil e que despertam interesse por parte dos jovens constitui uma estratégia excelente como instrumento de aprendizagem (TESTONI, 2003).

Para criar tal ambiente que desperte o interesse dos alunos e que motive o processo ensino aprendizagem, Amaral (2023) ressalta a utilização de abordagem lúdica utilizando o mangá, pois é um material estimulante e conhecido pelos jovens, além de desenvolver o interesse pela leitura, criatividade e leitura de imagens. (TALLES, 2018). Rodrigues (2018) enfatiza que o mangá tem a capacidade de atrair o leitor de tal forma que este mergulhe nas histórias.

Segundo Almeida (2022) e Talles (2018), os mangás surgiram na época feudal com histórias e lendas sendo escritas em rolos, sendo difundido devido sua leitura rápida e prazerosa e traços únicos. O mangá é uma palavra japonesa para as histórias em quadrinhos, mas que se diferem das ocidentais devido algumas características como a leitura da direita para esquerda, os traços dos desenhos que ressaltam os olhos cuja proporcionalidade é maior do que o nariz e a boca.

Provavelmente os mangás chegaram ao Brasil junto com os imigrantes japoneses, sendo importado e distribuído nas colônias nipônicas. Desde 2000 que houve uma popularização desse tipo de leitura por meio dos jovens brasileiros. O mangá começou a fazer parte do ensino de Física com “O Guia Mangá”, da editora Novatec, (Talles, 2018).

Linsingen (2007) sugere que os mangás podem ser interessantes para se trabalhar ciência e tecnologia devido ao dinamismo na linguagem, variedade temática, facilidade do material e debates que relacionam ciência, sociedade e tecnologia. Ela ainda ressalta:

“As representações visuais são recursos úteis para a construção de significados, e quando aliados a um texto sempre presente, dinâmico, de aparência leve e descompromissada, essa construção se torna ainda mais significativa, porque as informações se tornam mais facilmente assimiladas pelo leitor.” (Linsingen, 2007)

4. CONCEITOS DE FÍSICA PRESENTES NA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Este capítulo aborda os fundamentos do estudo da ressonância magnética nuclear. Estes conceitos estão ligados ao desenvolvimento do estudo do magnetismo e da física quântica no século XX. As bibliografias utilizadas na produção deste material foram: Sears e Zemansky (2003); Halliday, Resnick, Walker (1996); Tipler (2000); Alonso e Finn (2014); Nussenzveig (2014), Griffiths (2011), Caruso (2006), Serway e Jewett(2004).

4.1. Equações de Maxwell

A teoria da eletrodinâmica é baseada em um conjunto de equações fundamentais: as duas leis de Gauss para o campo elétrico e magnético que não sofrem modificações para fontes variáveis no tempo; a lei de Ampère modificada pela inclusão da corrente de deslocamento e a lei de Faraday que descreve como o fluxo variável no tempo produz campo elétrico no espaço. A esse conjunto de equações é denominado Equações de Maxwell. Por meio dessas equações Maxwell descreve como as ondas eletromagnéticas se propagam no espaço livre com a velocidade da luz.

As equações básicas do eletromagnetismo são essenciais para entender as ondas eletromagnéticas e todas as suas aplicações no cotidiano das pessoas, como no uso dos celulares, na transmissão de rádio e TV, no aparelho de ressonância magnética nuclear, internet, entre outros.

As equações de Maxwell são descritas em quatro definições, que serão abordadas nos próximos tópicos

4.1.1. Lei de Gauss para o Campo Elétrico

Conforme esta lei, o fluxo de campo elétrico através de uma superfície fechada é proporcional à soma das cargas envolvidas por essa superfície.

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0} \quad , \quad (I)$$

em que $\mathbf{E}$ é o campo elétrico, $d\mathbf{A}$ é elemento vetorial diferencial da superfície, Q_{int} é a carga interna e ϵ_0 é a permissividade no vácuo.

4.1.2. Lei de Gauss para o Campo Magnético

De acordo com a Lei de Gauss do Magnetismo é possível afirmar que os monopolos magnéticos não existem. Deste modo, o fluxo magnético que atravessa uma superfície fechada é zero:

$$\int_s \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (II)$$

em que $\mathbf{B}$ é o campo magnético.

4.1.3. Lei da Indução de Faraday

Esta lei descreve o campo elétrico produzido por um fluxo de um campo magnético variável:

$$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi_B}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (III)$$

Conclui-se que campos magnéticos variáveis no tempo gera campos elétricos do tipo rotacional, sendo estes campos elétricos diferentes daqueles gerados por cargas elétricas estáticas, que são sempre divergentes. Constata-se assim, que a integral do campo elétrico, em um caminho fechado, é diferente de zero.

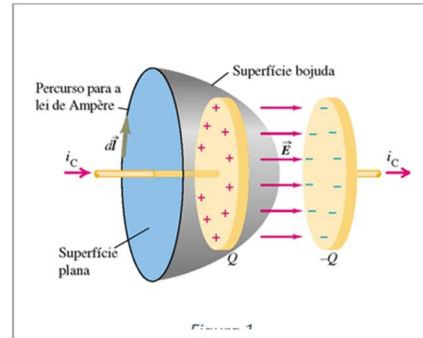
4.1.4. Lei de Ampère – Maxwell

Analisando o processo de carga de um capacitor, tem-se fios que conduzem a corrente i_c (corrente de condução) para dentro de uma das placas e para fora da

outra. Aplicando a Lei de Ampère para a curva C considerando a área azul atravessada pelo fio:

Figura 1. Capacitor (superfície arredondada)

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 i_c \quad (IV)$$



Fonte: Sears e Zemansky (2003).

Suponha agora a mesma curva C envolvendo a placa esquerda do capacitor (superfície bojuda), em que $i = 0$.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = 0 \quad (V)$$

Como é possível, usando a mesma curva amperiana C , encontrar valores diferentes para $\oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$ (nulo e $\mu_0 i_c$)?

Conforme o capacitor é carregado, tanto o campo elétrico quanto o fluxo elétrico através da superfície estão aumentando. Como:

$$Q = CV, C = \frac{\epsilon_0 A}{d}, V = Ed \quad (VI)$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} Ed = \epsilon_0 EA \quad (VII)$$

Sendo $EA = \phi_E$ o fluxo do campo elétrico, escrevemos $Q = \epsilon_0 \phi_E$, e à medida que o capacitor está sendo carregado, a taxa de variação da carga Q é a corrente,

$$i_D = \frac{dQ}{dt} = \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad (VIII)$$

A corrente de deslocamento i_D , está passando através do capacitor. Então:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 (i_c + i_D)$$

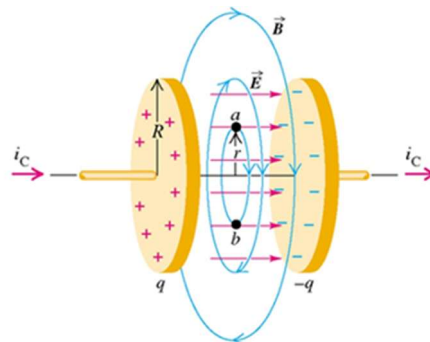
(IX)

A equação acima é definida como **Lei de Ampère Generalizada**, descoberta em 1865 pelo físico James Clerk Maxwell. Onde a corrente de deslocamento é uma fonte de campo magnético e um fato fundamental da natureza. Outro fato é que um campo elétrico variável em uma região do espaço induz um campo magnético nas regiões vizinhas, mesmo não existindo nenhuma matéria e nem corrente de condução. A partir desta formulação foi possível entender a radiação eletromagnética e a luz, sendo está uma forma particular dessa radiação.

Sendo assim, a lei de Ampère é válida qualquer que seja a superfície usada. Para a superfície plana $i_D = 0$ sendo $i_c \neq 0$ e para a bojudá $i_c = 0$ sendo $i_D \neq 0$.

Considerando agora, capacitor de placas paralelas sendo carregado por uma corrente de condução i_c , possui uma corrente de deslocamento i_D , associada a variação do campo elétrico. Sendo uma fonte de campo magnético entre as placas.

Figura 2. Capacitor de placas paralelas



Fonte: Sears e Zemansky (2003).

Como:

$$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} \Rightarrow i_D = \int_S \vec{J}_D \cdot d\vec{S} \quad (\text{X})$$

E:

$$i_D = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_S \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (\text{XI})$$

A partir das duas equações anteriores, pode-se escrever:

$$\vec{J}_D = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{XII})$$

Encontra-se então a **Lei de Ampère-Maxwell**, que expõe a formulação, onde o campo magnético é produzido por um campo elétrico variável ou por uma corrente elétrica ou por estas duas causas.

As equações de Maxwell mostram que os campos elétricos criados por cargas elétricas são divergentes ou convergentes, os campos magnéticos são rotacionais (não existem monopolos magnéticos), campos magnéticos variáveis no tempo geram campos elétricos rotacionais assim como campos elétricos variáveis no tempo geram campos magnéticos rotacionais e que correntes elétricas ou cargas em movimento geram campos magnéticos.

4.2. Ondas Eletromagnéticas

James Clerk Maxwell mostrou que um raio luminoso é a propagação no espaço de campos elétricos e magnéticos, denominada onda eletromagnética. No século XIX as únicas ondas eletromagnéticas conhecidas eram a luz visível e os raios infravermelhos e ultravioleta, mas utilizando as previsões de Maxwell, Heinrich Hertz descobriu as ondas de rádio, e que elas se propagam com a mesma velocidade da luz visível (Halliday, 2012).

A equação de onda do campo elétrico é:

$$\vec{\nabla}^2 f = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad (\text{XIII})$$

Como o laplaciano do campo elétrico é:

$$\vec{\nabla}^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \quad (\text{XIV})$$

Então o campo elétrico é função de x, y e z, além do tempo.

Sendo a medida da velocidade da luz no vácuo, encontrada quando substitui os valores da permissividade elétrica e da permeabilidade magnética:

$$v = 1/\sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = 299729,5 \text{ km/s} = c \quad (\text{XV})$$

Maxwell demonstrou através da sua teoria unificada, que as ondas eletromagnéticas são geradas sempre que as cargas elétricas forem aceleradas, sendo assim explicou o fato que as ondas eletromagnéticas eram radiadas por circuitos de corrente alternadas, o que foi confirmado por Hertz, em 1887, através do transmissor-receptor de rádio.

A equação de onda para o campo magnético é:

$$\vec{\nabla}^2 \vec{B} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad (\text{XVI})$$

As equações encontradas através da lei de Faraday e lei de Ampère são:

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{e} \quad \vec{\nabla}^2 \vec{B} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad (\text{XVII e XVIII})$$

Estas são consideradas as **equações de propagação das ondas eletromagnéticas**. Ressaltando que no caso mais geral as soluções seriam mais complexas, mas isso não invalida os resultados aqui obtidos, pois elas valem para qualquer caso.

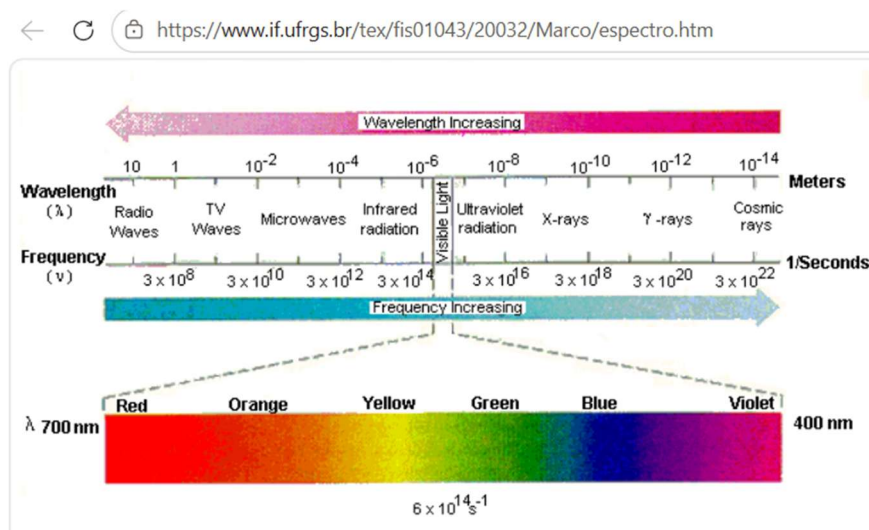
4.3. Espectro Eletromagnético

Em meados do século XIX, a luz - incluindo o infravermelho - e as radiações ultravioleta eram os únicos tipos de radiações eletromagnéticas conhecidas. Atualmente, o espectro eletromagnético, de acordo a figura 3, inclui uma enorme variedade de radiações originadas de vários tipos de fontes, que são caracterizadas pelo comprimento de onda e pela frequência. A relação entre frequência e comprimento é expressa por:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (\text{XIX})$$

As radiações são diferentes em suas propriedades, na maneira como são produzidas e como podem ser observadas, mas todas podem ser descritas em termos de campos elétricos e magnéticos, e todas se propagam através do vácuo com a mesma velocidade c (a velocidade da luz).

Figura 3. Espectro Eletromagnético



Fonte: <http://www.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Marco/esp.html>.

No espectro eletromagnético os limites da região visível vão de cerca de 400 nm (violeta) até 700 nm (vermelho). A emissão da **luz** é comumente emitida quando os elétrons das camadas mais externas (ou de valência) dos átomos realizam transições de um nível de energia mais alto para um mais baixo. A cor da luz está

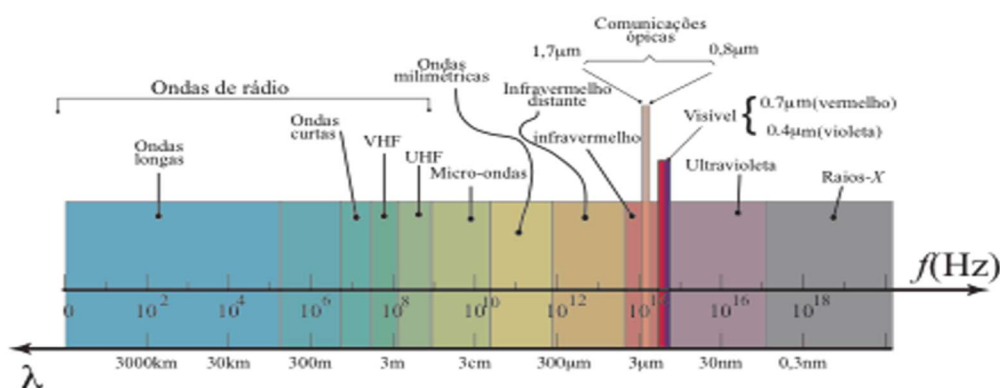
relacionada aos átomos do objeto que está emitindo. Como exemplo da luz emitida pelo Sol e por estrelas distantes que transmitem informações sobre sua composição.

A faixa da **radiação infravermelha**, com comprimentos de onda maiores do que os da luz visível (de $0,7\text{ mm}$ a cerca de 1 mm). Sua emissão é normalmente feita por átomos ou moléculas, quando realizam transições entre níveis rotacionais ou vibracionais. Esta mudança ocorre, em geral, com a variação da energia interna do objeto emissor, sendo este um meio importante de realizar transferência de calor, chamada de *radiação de calor*.

As **micro-ondas** são curtas de rádio, com comprimentos de ondas entre 1 mm e 1 m , produzidas por osciladores eletromagnéticos em circuitos elétricos, como nos fornos de micro-ondas. São utilizadas também em sistemas de telefonia. E ainda existem fontes extraterrestres de micro-ondas (estrelas).

Com comprimentos de onda maiores do que 1 m , as **ondas de rádio** são produzidas por fontes terrestres através de oscilações de elétrons nos fios de circuitos elétricos. São utilizadas na transmissão de informações. Se houver transmissão de uma onda senoidal para o espaço, através de uma antena, tem-se uma estação de rádio, mas essa onda seno não contém informações, para isso é necessário modular a onda.

Figura 4. Espectro eletromagnético (ondas de rádio)

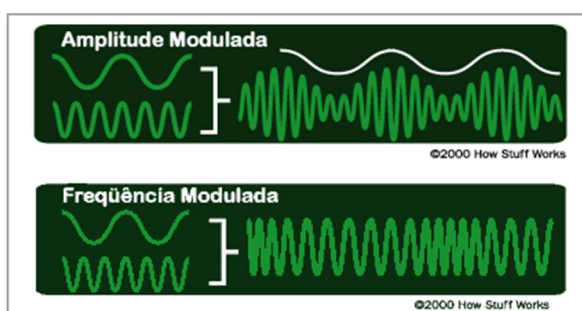


Fonte: <https://www3.ufpe.br/fontana/Eletromagnetismo2/EletromagnetismoWebParte02/mag2cap7.htm#mozTocId132033>.

De acordo com a representação da figura 4, as ondas longas têm comprimento de onda maiores que 1 km e inferiores a 300 kHz , e são usadas em geração, transmissão e distribuição de energia. As ondas médias, de 300 kHz a 3 MHz , são agregadas nos sistemas de radiodifusão (AM). Já as ondas curtas, usadas no radioamadorismo (navios, aviões), tem frequência de 3 a 30 MHz . As rádios FM (modulação de frequência) estão na faixa VHF (frequência muito alta), apresentando entre 30 e 300 MHz . Na faixa UHF (ultra alta frequência) estão, por exemplo, os sistemas de TV a cabo, celulares, satélites e operam na frequência entre 300 MHz e 3 GHz .

A amplitude modulada (AM) é usada nas estações de rádio e imagens de sinal de TV, para codificar informações, neste caso a amplitude da onda senoidal muda.

Figura 5. Amplitude Modulada e Frequência Modulada



Fonte: <http://acampamento.wikidotm/radio>.

No caso da frequência modulada (FM), usada para rádios e tecnologias sem fio, é imune a ruídos e sua onda senoidal muda muito ligeiramente de acordo com o sinal da informação.

Conforme a divisão do espectro eletromagnético as radiações de comprimentos de onda menores do que o visível começa com a **ultravioleta** (1 nm a 400 nm). Produzidas, comumente, em transições de elétrons nas camadas atômicas mais externas, sendo um componente muito comum das radiações de fontes térmicas, como o Sol.

Os **raios X** têm comprimento de onda entre $0,01\text{ nm}$ e 10 nm , podem ser produzidos em transições individuais dos elétrons dos níveis mais internos de um átomo ou quando partículas carregadas são desaceleradas. São usados em

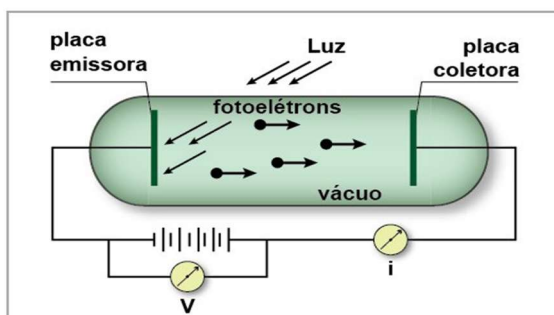
diagnósticos médicos por penetrar facilmente em tecidos não muito densos, mas barrados por tecidos ósseos.

Concluindo a descrição do espectro, teremos os **raios gama**, que são radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda, menores do que $10pm$, elas são mais penetrantes, por isso podem causar danos ao corpo humano. São emitidas em transições entre estados de núcleos atômicos e também ocorre como um dos produtos do decaimento de certas partículas elementares.

4.4 O Efeito Fotoelétrico

No final do século XIX experiências mostravam que a luz incidente sobre certas superfícies metálicas fazia com que os elétrons fossem emitidos das superfícies. Esse fenômeno descoberto inicialmente por Hertz, é conhecido como efeito fotoelétrico. Os elétrons emitidos são chamados de fotoelétrons. A figura 6 é um esquema de um aparelho para o efeito fotoelétrico um tubo de vidro evacuado contém uma placa metálica emissora (E) conectada ao terminal negativo de uma bateria. Uma outra placa metálica coletora (C) é mantida em um potencial positivo pela bateria. Quando o tubo é mantido no escuro, a leitura do perímetro é nula, contudo, quando a luz de um comprimento de onda apropriado incide sobre a placa E, é detectado uma corrente pelo perímetro indicando um fluxo de carga através do espaço entre E e C. Essa corrente surge dos elétrons emitidos pela placa negativa E é coletada na placa positiva C.

Figura 6. Esquema de um aparelho de efeito fotoelétrico.



Fonte: <https://medium.com>.

Segundo HALLWACHS, Wilhelm e LENARD, Philipp quando a luz monocromática incide sobre o catodo, nenhum elétron é emitido se a frequência da luz incidente é menor que a chamada frequência de corte. Essa frequência mínima, abaixo da qual não ocorre emissão de elétrons, é uma característica do material do catodo. Para a maioria dos metais, a frequência de corte está na região do ultravioleta, entre 200 nm e 300 nm; porém, para óxidos de potássio e de césio ela está na região visível do espectro entre 400nm e 700nm.

Quando a frequência f é maior que a frequência de corte, alguns elétrons são emitidos do catodo com velocidade inicial elevada. A energia cinética máxima dos elétrons emitidos pode ser obtida usando a equação, abaixo, do teorema trabalho-energia.

$$W_{total} = -eV_0 = \Delta K = 0 - K_{max} \quad (XX)$$

$$K_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 \quad (XXI)$$

Em que K_{max} é a energia cinética máxima dos fotoelétrons.

4.5. A Teoria do Fóton Proposta por Einstein

A análise correta do efeito fotoelétrico foi feita por Albert Einstein em 1905. Desenvolvendo uma hipótese apresentada 5 anos antes por Max Planck, Einstein postulou que um feixe de luz era constituído por pequenos pacotes de energia, chamados fótons ou *quanta*. A energia E de um fóton é igual a uma constante h vezes a frequência f . De acordo com a relação $f = \frac{c}{\lambda}$ para ondas eletromagnéticas no vácuo, temos a equação

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (XXII)$$

Onde E é a energia de um fóton, e h é a constante universal chamada constante Planck o valor numérico dessa constante é $h = 6,6260693 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Um fóton que atinge uma superfície é absorvido por um elétron. Essa transferência de energia é um processo do tipo tudo ou nada, ou seja, o elétron ganha a energia total do fóton ou não absorve nenhuma energia. Quando essa energia é maior que a função trabalho Φ , o elétron pode escapar da superfície. Uma intensidade maior para a mesma frequência corresponde ao número proporcionalmente maior de fótons por segundo absorvido, portanto o número de elétrons emitidos por segundo é proporcionalmente maior e a corrente é proporcionalmente maior.

A função trabalho Φ é a energia mínima necessária para remover um elétron da superfície. Então Einstein aplicou a lei da conservação da energia e mostrou que a energia cinética máxima $K_{\text{máx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2$ de um elétron emitido pela diferença entre a função trabalho Φ e a energia hf que o elétron ganhou do fóton é dado pela equação:

$$K_{\text{máx}} = \frac{1}{2} m v_{\text{máx}}^2 = hf - \Phi \quad (\text{XXIII})$$

A função trabalho e as energias dos elétrons são geralmente expressas em elétron-volt (eV), $1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{J}$, a constante de Planck $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{J.s} = 4,136 \times 10^{-15} \text{eV.s}$. Portanto, quanto maior for a função trabalho, maior deverá ser a frequência mínima necessária para a emissão de fotoelétrons.

4.6. Fótons e Ondas Eletromagnéticas.

Onda ou partícula? Pergunta que incomodou muito os físicos. A resposta depende do fenômeno que está sendo observado. Temos que aceitar os dois modelos e admitir que a natureza da luz não pode ser descrita a partir de uma visão clássica, a luz tem uma natureza dual: possui tanto características ondulatória quanto corpusculares. O modelo corpuscular e o modelo ondulatório da luz complementam-se mutuamente

A *teoria Quântica* atribui, para qualquer partícula individual, aspectos ondulatórios, e para qualquer forma de radiação, aspectos corpusculares.

4.7. Spin

Na mecânica *clássica*, um objeto rígido admite dois tipos de momento angular: o orbital ($\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$), associado ao movimento *do* centro da massa, e o spin ($\mathbf{S} = I \boldsymbol{\omega}$), associado ao movimento *em torno* do centro de massa. Por exemplo, a Terra tem um momento angular orbital atribuível à sua revolução anual em torno do Sol e o momento angular de spin proveniente de sua rotação diária sobre o eixo norte-sul. No contexto clássico, essa distinção é uma questão de conveniência, pois quando você o aborda, $\mathbf{S}$ nada mais é do que a somatória dos momentos angulares 'orbitais' de todas as pedras e blocos de lama que formam a Terra, já que eles circulam em torno do eixo. Mas uma coisa semelhante acontece na mecânica quântica, e aqui a distinção é absolutamente fundamental. Além do momento angular orbital, associado (no caso do hidrogênio) ao movimento do elétron em torno do núcleo (e descrito pelos harmônicos esféricos), o elétron também traz *outra* forma de momento angular, a qual nada tem a ver com o movimento no espaço (e que não é, portanto, descrita por qualquer função das variáveis de posição) mas que é de alguma maneira semelhante ao spin clássico (e para a qual, portanto usamos a mesma palavra). Não vale a pena forçar muito essa analogia: o elétron até onde sabemos é uma partícula pontual sem estrutura e seu momento angular de spin não pode ser decomposto em momentos angulares orbitais das partes constituintes. Basta dizer que partículas elementares carregam um momento angular intrínseco ($\mathbf{S}$), além de seu momento angular 'extrínseco' ($\mathbf{L}$).

4.7.1. Experimento de Stern-Gerlach

O experimento de Stern-Gerlach foi uma experiência científica realizada em 1922 pelos físicos alemães Otto Stern e Walther Gerlach cujo resultado foi constatar que o momento angular de um átomo é quantizado.

Uma partícula carregada girando constitui um dipolo magnético. Seu momento de dipolo magnético, $\boldsymbol{\mu}$, é proporcional ao seu momento angular de spin, $\mathbf{S}$:

$$\vec{\mu} = \gamma \vec{S}, \quad (\text{XXIV})$$

a constante de proporcionalidade, γ , é chamada de razão giromagnética. Quando um dipolo magnético é posicionado em um campo magnético $\vec{B}$, experimenta um torque, $\vec{\mu} \times \vec{B}$, o qual tende a alinhá-lo paralelo ao campo (assim como a agulha de um compasso). A energia associada a esse torque é de

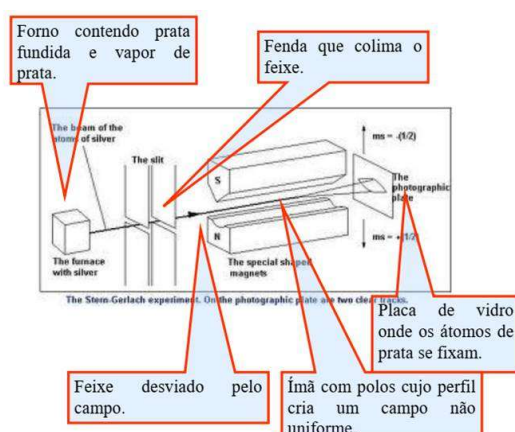
$$H = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}; \quad (\text{XXV})$$

e por isso o Hamiltoniano de uma partícula carregada girando, em repouso em um campo magnético $\vec{B}$, é

$$H = -\gamma \vec{B} \cdot \vec{S}. \quad (\text{XXVI})$$

O objetivo do experimento foi investigar o comportamento do momento magnético de átomos quando submetidos a um campo magnético não uniforme. Na física clássica, esperava-se que os valores possíveis do momento angular fossem contínuos. O experimento mostrou que isso não acontece. Stern e Gerlach utilizaram, conforme ilustrado na figura 7: uma fonte de átomos de prata (Ag) que eram aquecidos em um forno formando um feixe; um colimador onde o feixe era estreitado para formar um jato bem definido; o campo magnético não uniforme, o feixe passava por um ímã com campo magnético variável no espaço (não uniforme); e uma tela detectora, os átomos atingiam uma placa, deixando marcas detectáveis.

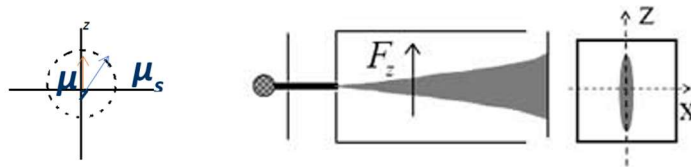
Figura 7. Esquema do Experimento de Stern-Gerlach



Fonte: Caruso, 2006.

O que é esperado classicamente para ser visto na placa detectora?

Figura 8. Figura clássica do objeto girando



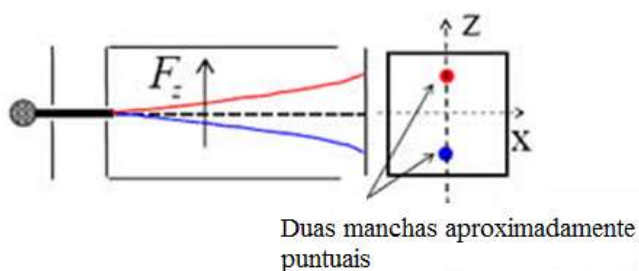
Fonte: Caruso, 2006.

Os átomos de prata estão orientados aleatoriamente quando saem do forno (pois não há direção preferida de μ_s), de acordo com a figura 8.

Se o elétron fosse igual a um objeto clássico girando, nós esperaríamos que todos os valores de μ_z pudessem existir, no intervalo entre $+\mu_s$ e $-\mu_s$, conforme figura 2 e 3.

O que é observado

Figura 9. Ampliação do objeto girando



Fonte: Caruso, 2006.

O aparato divide o feixe que vem do forno em apenas duas componentes distintas, conforme figura 9, um fenômeno conhecido nos primórdios da Teoria Quântica como quantização do espaço. Ora, visto que $\vec{\mu}_s \propto \vec{S}$ (S é o spin do elétron), então somente dois valores possíveis da componente z de $\mathbf{S}$ podem ser observados:

S_z **up** (para cima) e S_z **down** (para baixo). Os dois valores são múltiplos de $\hbar$, $\hbar = 1,0546 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

A experiência de Stern-Gerlach teve um dos maiores impactos na física moderna:

Na década que seguiu, cientistas mostraram, usando técnicas similares, que o núcleo de alguns átomos tem também o momentum angular quantizado. Isto é, a interação com o spin do elétron que é responsável pela estrutura hiper fina das linhas espectroscópicas.

Nos anos 30, usando uma versão prolongada do instrumento de Stern-Gerlach, Isidor Rabi e colegas mostraram que usando um campo magnético variável, podemos forçar o momentum magnético para ir de um estado ao outro. Uma série de experiências culminou em 1937 na descoberta que as transições do estado poderiam ser induzidas usando campos variáveis no tempo. A assim chamada Oscilação de Rabi é o mecanismo de trabalho para a Ressonância Magnética por Imagem, equipamento encontrado em hospitais.

Mais tarde, Norman F. Ramsey modificou o instrumento de Rabi para aumentar o tempo da interação com o campo. A extrema sensibilidade devido à frequência da radiação faz com que isso seja muito útil para manter o tempo exato, e é ainda usado hoje em relógios atômicos.

No início dos anos 60, Ramsey e Daniel Kleppner usaram um sistema de Stern-Gerlach para produzir um feixe de hidrogênio polarizado como fonte da energia para a maser de hidrogênio, que é um dos mais populares relógios atômicos.

A observação direta do spin é a prova mais direta da quantização na mecânica quântica.

4.8. Ressonância Magnética Nuclear

A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) é uma das mais importantes técnicas de diagnóstico por imagem da medicina moderna. Baseada em princípios da física clássica e da física moderna, em especial no comportamento magnético dos núcleos atômicos e na interação destes com campos magnéticos e ondas eletromagnéticas, a RM permite a obtenção de imagens detalhadas do interior do corpo humano sem o uso de radiação ionizante.

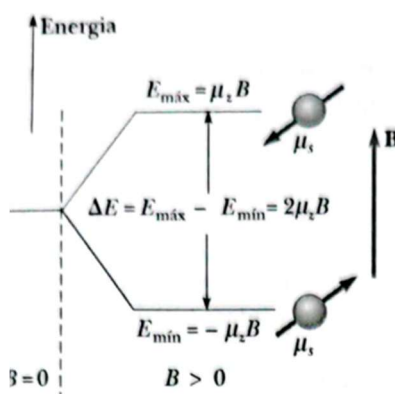
Os fundamentos da ressonância magnética estão ligados ao desenvolvimento do estudo do magnetismo e da física quântica no século XX. Em 1924, Wolfgang Pauli introduziu o conceito de spin nuclear, um momento angular intrínseco associado às partículas subatômicas. Posteriormente, em 1938, Isidor Isaac Rabi demonstrou experimentalmente a ressonância magnética em feixes moleculares, estabelecendo a base do fenômeno físico. Na década de 1940, Felix Bloch e Edward Purcell, de forma independente, observaram a Ressonância Magnética Nuclear em sólidos e líquidos. Esses trabalhos renderam aos cientistas o Prêmio Nobel de Física em 1952. Inicialmente, a RMN foi utilizada como técnica analítica em química e física do estado sólido. A aplicação médica surgiu apenas nos anos 1970, quando Paul Lauterbur introduziu o conceito de gradientes de campo magnético para obtenção de imagens espaciais, e Peter Mansfield desenvolveu métodos matemáticos para reconstrução rápida das imagens. Ambos receberam o Prêmio Nobel de Medicina em 2003, consolidando a Ressonância Magnética como ferramenta essencial no diagnóstico clínico.

Nesta seção é discutido esse fenômeno. É apresentado e explicado fisicamente tal técnica.

A aplicação de um campo magnético externo produz um desdobramento dos níveis de energia do átomo por causa da interação entre os momentos magnéticos eletrônicos e o campo aplicado, conhecido como efeito Zeeman. Como muitos núcleos também possuem um momento magnético, os níveis de energia nucleares também podem ser desdobrados por um campo magnético. A energia potencial associada com um momento de dipolo magnético em um campo magnético externo é dada por $-\boldsymbol{\mu} \cdot$

B. Quando a projeção de μ está ao longo do campo, a energia potencial associada com o momento de dipolo é $-\mu B$; este é o valor mínimo. Quando a projeção de μ é oposta ao campo, a energia potencial tem seu valor máximo μB . Como a direção do momento magnético para uma partícula é quantizada, as energias do momento magnético no campo também são quantizadas. Além disso, como o vetor spin não pode se alinhar exatamente com a direção do campo magnético, os valores extremos da energia são $\pm \mu_z B$, onde μ_z é a componente z do momento magnético. Esses dois estados de energia para um núcleo com um spin de 1/2 são mostrados na Figura 10. Esses estados são chamados muitas vezes de estados de spin, pois diferem em energia como consequência da direção do spin.

Figura 10. Estado de energia de um spin em um campo magnético

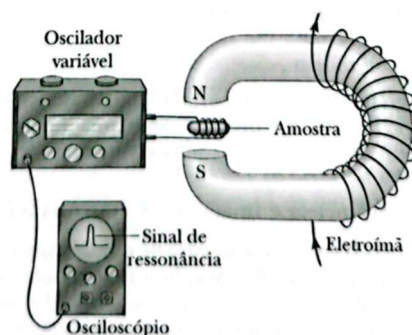


Fonte: Serway, Ramond A. (2004).

É possível observar transições entre esses dois estados de spin em uma amostra utilizando-se uma técnica conhecida como Ressonância Magnética Nuclear. Um campo magnético contínuo modifica a energia associada com os estados de spin, separando-os em energia. Além disso, a amostra é irradiada com ondas eletromagnéticas no intervalo das ondas de rádio do espectro eletromagnético. Quando a frequência das ondas de rádio é ajustada de tal forma que a energia do fóton coincida com a energia de separação entre os estados de spin, o fóton é absorvido por um núcleo no estado fundamental, elevando o sistema composto pelo núcleo e pelo campo magnético ao estado de spin com energia mais alta. Isso termina

em uma absorção resultante de energia pelo sistema, que é detectada pelo controle experimental e sistema de medida. A figura 11 ilustra um diagrama do aparelho utilizado para detectar um sinal de ressonância magnética nuclear. A energia absorvida é fornecida pelo gerador que produz as ondas de rádio. A ressonância magnética nuclear é uma técnica relacionada chamada de ressonância do spin do elétron são métodos muito importantes para estudar sistemas nucleares e atômicos e como esses sistemas interagem com suas vizinhanças. Uma técnica de diagnóstico médico muito utilizada, chamada de imagem por ressonância magnética, é baseada na ressonância magnética nuclear.

Figura 11. Montagem experimental para a ressonância magnética nuclear.



Fonte: Serway, Ramond A. (2004).

Na imagem por ressonância magnética nuclear, ilustrado na figura 12, o paciente é colocado dentro de um grande solenoide que fornece um campo magnético que varia ao longo do espaço. Devido ao gradiente no campo magnético, prótons em átomos de hidrogênio, nas moléculas da água em diferentes partes do corpo, têm separações diferentes na energia entre os estados de spin, de tal forma que o sinal ressonante pode ser utilizado para fornecer informações sobre as posições dos prótons. Um computador é utilizado para analisar a informação da posição, fornecendo dados para construir a imagem final. A principal vantagem da imagem por ressonância magnética sobre outras técnicas de imagem no diagnóstico médico é que ela não causa danos às estruturas celulares como ocorre com os raios X. Os fótons

associados com os sinais de radiofrequência utilizados na imagem por ressonância magnética têm energias de apenas aproximadamente 10^{-7} eV. Como as intensidades das ligações moleculares são muito maiores (da ordem de 1 eV), a radiação de radiofrequência não pode causar dano celular. Em comparação, os raios X ou os raios γ têm energias variando de 10^4 até 10^6 eV e podem causar dano celular considerável. Assim, apesar dos receios de alguns indivíduos com a palavra nuclear associada com a imagem por ressonância magnética, a radiação de radiofrequência envolvida é muito mais segura do que os raios X!

Figura 12. Funcionamento do aparelho de RMN

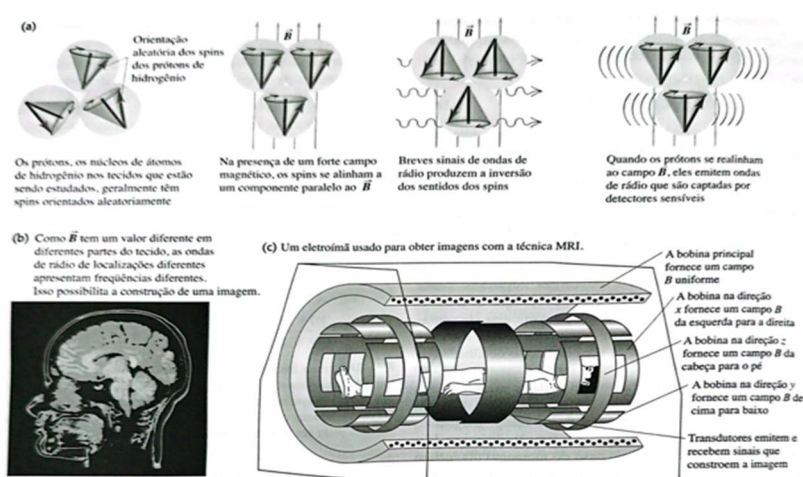
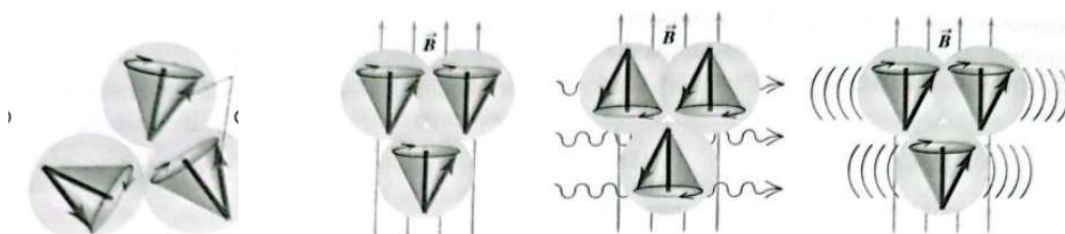


Figura 13. Movimento dos spins



Fonte: Sears, Zermansky (2003)

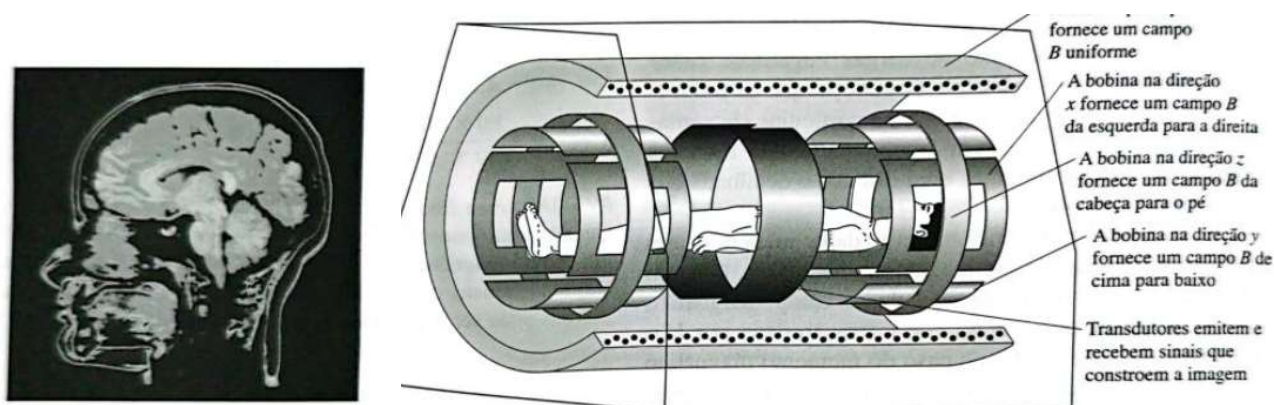
Na figura 13, observa-se o movimento dos spins. No primeiro desenho há a orientação aleatória dos spins dos prótons do hidrogênio. Os prótons, os núcleos de átomos de

hidrogênio nos tecidos que estão sendo estudados, geralmente têm spins orientados aleatoriamente.

Na presença de um forte campo magnético, no segundo desenho, os spins se alinham a um componente paralelo ao $\mathbf{B}$, é o que ocorre no exame de ressonância magnética nuclear, enquanto a pessoa está dentro do aparelho.

No terceiro desenho (figura 13), os breves sinais de ondas de rádio produzem a inversão dos sentidos dos spins. E no último desenho da figura mostra que quando os prótons se realinham ao campo $\mathbf{B}$, eles emitem ondas de rádio que são captadas por detectores sensíveis.

Figura 14. Um eletroímã usado para obter imagens com a técnica RMN



Fonte: Sears, Zermansky (2003)

Na figura 14, a primeira imagem mostra que como $\mathbf{B}$ tem um valor diferente em diferentes partes do tecido, as ondas de rádio de localizações diferentes apresentam frequências diferentes. Isso possibilita a construção de uma imagem. Já a segunda imagem mostra o paciente dentro do aparelho de RMN e de forma resumida a função de cada elemento contido neste equipamento.

5. PROCEDIMENTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS

A metodologia quantitativa e a qualitativa são abordagens de pesquisa amplamente discutidas na literatura científica. Segundo Creswell (2014), a metodologia quantitativa busca mensurar fenômenos por meio de dados numéricos, utilizando instrumentos padronizados e técnicas estatísticas, com o propósito de testar hipóteses, identificar padrões e generalizar resultados.

Já a metodologia qualitativa, conforme defendem Denzin e Lincoln (2018), concentra-se na compreensão aprofundada dos significados, percepções e processos sociais, valorizando a interpretação do pesquisador, o contexto e a subjetividade dos participantes, por meio de entrevistas, observações e análise de documentos. Elas podem ser associadas de acordo com o objetivo da pesquisa.

Essa pesquisa possui como abordagem qualitativa, como determina Gerhardt e Silveira, preocupando-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. (GERHARDT, SILVEIRA, 2009, P.32)

Um dos princípios que Moreira (2011) elege para uma UEPS é que a avaliação da aprendizagem significativa deve ser progressiva. Ou seja, que no seu desenvolvimento deve-se buscar evidências dessa aprendizagem por meio de atividades que atraiam a atenção dos estudantes. Moreira (2016) também ressalta que:

“A avaliação da aprendizagem pode, em princípio, promover evidências não só sobre o que foi aprendido, mas também sobre até que ponto o ensino foi responsável por isso.”

Tendo em vista esse aspecto, essa sequência didática buscou elucidar aos estudantes conceitos físicos contido num exame de ressonância magnética nuclear, os quais foram propostos: ondas eletromagnéticas com enfoque nas ondas de rádio, campo magnético, spin e o funcionamento do exame de ressonância magnética

nuclear. Para isso, foram compostas atividades como questionários, Google Forms, simulador PhET, história em quadrinhos, textos didáticos, WebQuest, atividade lúdica em sala, experimentos simples e vídeos, construção de mangás em equipe e a participação dos alunos em sala.

5.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

A UEPS, Unidade de Ensino Potencialmente significativa, é uma sequência didática que tem como características ter foco em tópicos específicos de um conteúdo de ciências. Ela tem duração curta em sua aplicação em sala de aula, para que haja uma aprendizagem significativa em que o aluno possa repeti-la com suas palavras, questionar, argumentar a partir de evidências, ao invés de aplicar fórmulas em questionários (Moreira e Massoni, 2016).

Essas Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, tiveram como base as teorias da aprendizagem de David Ausubel (1968), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira e Masini, 1982); as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981); a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987); a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990); a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).

Segundo Moreira (2011), as UEPS seguem os seguintes princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionalidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema pode funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);

- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Dessa forma, para sustentar a estrutura de uma UEPS, organizou-se em oito etapas os aspectos que estão sintetizadas abaixo:

1. Definição do tema a ser abordado;
2. Criar situação que leve o aluno a resgatar e expor seus conhecimentos prévios;
3. Propor situação-problema em nível introdutório do conteúdo, para ancorar o novo conhecimento;
4. Exposição do conteúdo objeto do estudo partindo dos aspectos mais gerais, como exemplos de aplicação em direção ao aprofundamento;
5. Retomar os aspectos mais gerais do conteúdo, porém em nível mais alto de complexibilidade;
6. Conclusão da unidade dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo de forma integradora;

7. Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS, que deve ser feita ao longo da sua implementação. Também deve ser feita uma avaliação que seja individual que contenham questões que impliquem compreensão e evidências de aprendizagem;
8. Por último deve ser feita a avaliação da UEPS, que deve ser feita mediante análise de desempenho dos alunos.

Além disso, os materiais utilizados na UEPS, devem ser diversificados: questionários, slides, simulações, quadrinhos, participação ativa dos alunos e atividades individuais, todas com o objetivo de promover a aprendizagem significativa e crítica. Também, deve-se evidenciar que os passos apresentados acima não são rígidos e engessados, podendo ser alterados de acordo com a necessidade do professor.

6. INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA

A sequência didática apresentada teve como objetivo levar aos estudantes alguns conceitos de Física encontrados no exame de ressonância magnética nuclear. Com a finalidade de aproximar o estudante das tecnologias do seu cotidiano, que utilizam a Física, tanto em seu aspecto clássico quanto um pouco da mecânica quântica como base em seus estudos e funcionamento, essa intervenção procurou enfatizar a aprendizagem significativa de David Ausubel e da aprendizagem significativa crítica de Marco Antônio Moreira, com atividades que normalmente não são empregadas nas aulas de física, e que potencialmente facilitam o aprendizado.

6.1 Contexto da Pesquisa

Essa pesquisa foi implementada em 2 aulas de Física e 1 aula de uma disciplina eletiva por semana. A utilização do momento destinado a aula eletiva se fez necessário, pois na unidade de implementação, os estudantes tiveram que fazer a Prova Plural, projeto para avaliação das escolas estaduais vindas do Núcleo de Tecnologia Educacional (NTE). Além disso, os feriados nesse período, setembro a novembro de 2024 influenciaram, sendo as aulas de Física insuficientes para a aplicação.

Foi realizada no Colégio Estadual de Tempo Integral de Barra do Choça (CETI), localizado no município de Barra do Choça, Bahia, e ministrada pela autora da dissertação e professora da turma.

O CETI foi fundado em 2023, mas o funcionamento do ensino médio em Barra do Choça passou por outras instituições, sendo elas: Centro Educacional de Barra do Choça, escola municipal que funcionou do ano de 1986 até 2002 (com as últimas turmas, 2002, no noturno); no ano de 2001 a responsabilidade foi direcionada para o Governo do Estado, e começou a funcionar no Colégio Estadual Dária Viana de Queiroz, até início de 2023. O CETI possui 24 salas de aulas, sala de informática, sala

de laboratório, biblioteca, sala de dança, teatro, refeitório, quadras esportivas, sala multifuncional, sala de professores, coordenação, gestão e secretaria. O colégio funciona em tempo integral de 7 horas (7:00 às 14:30) e o turno noturno com a Educação de Jovens e Adultos (EJA). A maior parte dos estudantes reside em Barra do Choça, sendo a minoria da zona rural. Isso porque no Distrito de Barra Nova (15 Km de Barra do Choça) há o Colégio Estadual Vitória Lima e no Assentamento do Cangussu há o Colégio Estadual Lúcia Rocha.

A turma escolhida para participar de forma efetiva nas atividades da UEPS foi o terceiro ano E do Ensino Médio, em meio a cinco turmas em que essa autora também era professora. Esses estudantes não faziam parte do Ensino Integral, eles só tinham aulas das 7:00 às 11:00. As aulas duravam 45 minutos, pois o horário da escola era vinculado ao do município devido alguns alunos precisarem do transporte, que é promovido pela prefeitura.

Para classificação da turma não foi aplicado um questionário socioeconômico, porém por meio das matrículas observou-se que a maioria residia em Barra do Choça. Essa turma era composta de 32 alunos sendo 15 alunos do sexo masculino e 17 alunas do sexo feminino, tinham entre 17 e 22 anos, todos moravam com os pais e dependiam financeiramente destes. Destes, 5 alunos trabalhavam meio período, como jovens aprendizes e um deles cursava técnico em enfermagem, essas atividades eram feitas em turno oposto.

6.2 Aspectos sequenciais da UEPS

- PASSO 1: Definição do conteúdo a ser abordado

OBJETIVO: Apresentar o tema da sequência didática e a metodologia que será empregada nas atividades.

Para essa sequência didática foi escolhido os conceitos físicos envolvidos num exame de ressonância magnética nuclear, tendo em vista, a abordagem tanto de aspectos da Física Clássica quanto da Física Quântica, envolvendo também o uso de

tecnologias e seu uso na sociedade, um dos pré-requisitos para o Ensino de Física no Ensino Médio, citados tanto nos PCN's quanto BNCC.

A apresentação da sequência didática usada na unidade foi mostrada para os estudantes por meio de um slide contendo um resumo dos conteúdos que foram abordados: ondas eletromagnéticas, campo magnético, fóton, spin e por fim o funcionamento do aparelho de ressonância magnética nuclear. Após a apresentação do slide foi realizada uma pequena discussão com os alunos a respeito do que foi exposto e houve a entrega do termo de consentimento, para que os pais assinassem.

- PASSO 2: Levantamento de conhecimentos prévios

OBJETIVO: verificar por meio de questionário os conhecimentos prévios sobre o que será estudado na sequência didática.

Moreira (2011), propõe que ao começar a aplicação de uma UEPS, o professor crie uma situação para expor os conhecimentos prévios dos alunos. Tendo em vista este aspecto, foi desenvolvido e aplicado um questionário de sondagem contendo 15 questões de múltiplas escolhas com os conteúdos que serão estudados nesta sequência didática.

Esse questionário foi aplicado de forma individual, sem qualquer intervenção do professor, embora a discussão entre os alunos fosse permitida. Após a realização da atividade, o professor e os alunos debateram as respostas apresentadas.

- PASSO 3: Situações problemas em nível introdutório

OBJETIVOS: Diferenciar os tipos de ondas eletromagnéticas no espectro eletromagnético; Caracterizar ondas de rádio; Reconhecer a existência do campo magnético presente nas experiências simples em sala de aula; Interpretar o que acontece quando movemos o ímã através de uma bobina usando a simulação do PhET.

Nesse passo as atividades aqui propostas têm como objetivo resgatar e ancorar o novo conhecimento dando um novo sentido ao que foi aprendido. Para tanto, foram necessárias quatro aulas para rever os conteúdos de ondas eletromagnéticas e campo magnético.

Nas primeiras aulas, os alunos foram divididos em duplas para a leitura de uma história em quadrinhos sobre ondas eletromagnéticas (Anexo 2), onde foram separados um aluno e uma aluna para fazer a leitura em voz alta representando os personagens da história, enquanto os demais acompanham silenciosamente. Após a leitura, foi feito um mapa mental no quadro com ajuda dos alunos, os quais disseram em uma palavra o que pode ser relacionado a ondas eletromagnéticas, expressando o entendimento do que foi lido. Em seguida, foi apresentado um vídeo do YouTube (Anexo 3), sobre ondas eletromagnéticas para fechamento desse primeiro momento.

Na terceira aula, o tema abordado de forma breve, foi campo magnético, para isso utilizou-se alguns recursos como, bússola, ímãs, palha de aço (para retirar a limalha de ferro) e papel ofício, tendo em vista experimentos simples, com o objetivo de mostrar o campo magnético presente em um ímã. Os alunos foram divididos em equipes e foi distribuído uma bússola, papel ofício e a palha de aço para cada uma delas. No primeiro momento a equipe colocou a bússola na mesa e aproximou o ímã e observou o que aconteceu, logo após o professor indagou o que ocorreu e de forma oral eles relataram o que ocorreu.

No segundo momento os alunos retiraram a limalha de ferro da palha de aço colocando em cima do papel ofício, em seguida passaram por baixo da folha o ímã e observaram o que ocorria. Em seguida o professor fez uma breve explicação do que ocorreu nos experimentos

Na quarta aula os alunos foram levados à sala de informática com a finalidade de observar a passagem de um ímã em uma bobina ligada a uma lâmpada, utilizando o simulador PhET (Anexo 4). Foi observado a velocidade com que o ímã atravessava a bobina e como isso afetava o brilho da lâmpada. Nossa sugestão é que se a escola não tenha essa sala de informática, o professor poderá apresentar na televisão.

Antes de passar para o próximo passo em uma quinta aula, foi aplicado em sala de aula um questionário no Google Forms (Apêndice 2), enviado no grupo de

WhatsApp dos alunos, com questões relacionadas a física quântica e as *fake News* que envolvem esse tema. Após eles terminarem, realizou-se uma atividade lúdica “batata quente”, onde os alunos ficaram dispostos em círculos, e uma caixinha com perguntas que estavam no questionário passou pelas mãos dos alunos ao mesmo tempo que uma música estava tocando ao fundo. Ao ser interrompida a música o aluno que estiver com a caixa respondeu uma pergunta que tem na caixa, e a brincadeira segue até acabar as questões. O objetivo é a expressão oral dos alunos a respeito do assunto.

- PASSO 4: Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido

OBJETIVOS: Reconhecer os conceitos físicos presentes nos textos didáticos; Identificar a relação entre as personagens dos textos e o tema abordado.

Nessa quarta etapa, utilizou-se quatro textos didáticos (Apêndice 3), construídos pelos autores deste trabalho, contendo elementos presentes na ressonância magnética nuclear, com o intuito de levar o conteúdo de forma mais geral e de forma gradativa até o quinto passo, onde o conteúdo terá maior complexibilidade.

Foram usadas três aulas com leitura dos textos de forma interativa e participativa com os alunos. Nesses textos estão contidos conceitos como do ímã de neodímio, bobinas etc. Após cada leitura, os alunos sublinharam no texto os conceitos ou palavras que eles encontraram que pertencem à física, e o professor fez uma explicação de alguns termos de forma dialogada. Segue abaixo um trecho do primeiro texto didático:

Em um dia ensolarado um grande Ímã de neodímio, é levado para uma loja que atende colecionadores dos mais variados gostos. Esse grande ímã foi trazido por encomenda devido ao seu grande tamanho e poder. O Ímã foi colocado próxima a um toca-discos numa linda prateleira. O Toca-discos antigo dá as boas vindas para o colega recém chegado.

- Olá, somos uma equipe de peças chamado de Toca-discos ou Vitrola. Como se chama e qual a razão de te trazerem para cá.

- Me chamo Super Ímã e essa é a razão de pela qual me trouxeram para cá.

- Como assim, não entendi ainda a razão para te trazerem para cá.

- Como não entendeu, sou dotado de superpoderes, pois consigo produzir um grande campo magnético, o que desperta muito interesse das pessoas. Respondeu o Ímã todo seguro de si.

- PASSO 5: Conteúdo em nível de complexidade maior

OBJETIVOS: identificar os passos do exame de ressonância magnética nuclear; Reconhecer a evolução do aparelho de ressonância magnética nuclear apontando sua melhor eficácia no resultado; Identificar *fake news* relacionada com a física quântica e o exame de ressonância magnética nuclear.

Nesse passo, onde Moreira propõe que situações-problemas com um grau maior e crescente deva ser introduzida, foram utilizados recursos como o slide explicando funcionamento do aparelho de ressonância magnética nuclear e uma WebQuest (Apêndice 4) para fomentar os conteúdos de física estudados até aqui. Em duas aulas foram a apresentação do slide de forma dialogada, sempre procurando a participação dos alunos.

Na terceira aula foi feita a leitura do WebQuest com a participação dos alunos e tirando dúvidas a respeito do que foi dito. Após isso, os alunos responderam a uma pergunta contida na última página da WebQuest.

A aula seguinte foi dedicada a orientações sobre como produzir o mangá, os assuntos abordados, e a definição da data de entrega, assim como outras dúvidas que surgiram com o decorrer do bate-papo.

- PASSO 6: Conclusão da UEPS

OBJETIVOS: Mostrar o que foi aprendido dos conteúdos propostos nesta sequência didática por meio das histórias contidas nos mangás; despertar o interesse pela leitura de textos, revistas e sites que contenham conteúdo de Física mesmo que de forma informal.

Os alunos, em equipe, apresentaram em sala de aula, as histórias dos seus mangás para o professor e seus colegas, proporcionando uma discussão como forma de integrar os conteúdos vistos nessa sequência.

- PASSO 7: Avaliação contínua, somativa individual

A avaliação da UEPS foi feita durante todo o processo da aplicação da sequência didática, realizada pela participação dos alunos oralmente em sala, respondendo os questionários utilizados, pela produção dos mangás, pelo WebQuest, pelos textos didáticos e por último um questionário individual (Apêndice 5), tudo isso tendo em vista buscar evidências da aprendizagem.

Os passos de uma UEPS proposta por Moreira não deve ser algo rígido e inflexível; pelo contrário, o professor que irá aplicar poderá fazer ajustes nas atividades e nos passos para que ela seja exitosa e promova evidências de aprendizagem significativa crítica.

- PASSO 8: AVALIAÇÃO DA UEPS

A avaliação da UEPS foi feita por meio de um questionário no Google Forms enviado para o grupo de WhatsApp da turma, composto de questões objetivas (Apêndice 6) com a finalidade de saber a opinião dos alunos, quanto a funcionalidade da UEPS, se fez diferença no aprendizado utilizar estratégias pedagógicas variadas, se gostariam de aprender desta forma, entre outras questões, com o objetivo de

perceber se foi satisfatória a sequência didática e se houve aprendizagem significativa.

6.3 Tabela 3: Cronograma

AULA/ HORA	DATA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
01 45 min	09/09/24	Definição do tópico abordado: Apresentação da UEPS por meio de apresentação de slide; Aplicação do termo de consentimento.
02 45 min	09/09/24	Levantamento dos conhecimentos prévios: Aplicação do questionário de diagnóstico; Discussão sobre as respostas
03 a 06 180 min	23/09/24 30/09/24 14/10/24 16/10/24	Situações problemas em nível introdutório: Ondas eletromagnéticas (leitura de uma história em quadrinhos; vídeo sobre ondas); Campo magnético (experimentos simples e simulação do PhET); Aplicação de um questionário do Google Forms; Atividade lúdica para discutir o questionário.
07 a 09 135 min	21/10/24 23/10/24	Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido: Aplicação de textos didáticos sobre os conteúdos abordados.
10 a 13 180 min	30/10/24 04/11/24 06/11/24	Conteúdo em nível de complexibilidade maior: Apresentação de slide sobre o funcionamento do aparelho de ressonância magnética nuclear; Orientação para confecção do mangá; Aplicação e discussão do WebQuest.
14 a 15 90 min	18/11/24	Conclusão da UEPS: Apresentação dos mangás confeccionados pelas equipes
16 45 min	02/12/24	Avaliação contínua, somativa e individual: Aplicação de questionário sobre o conteúdo estudado.
	02/12/24	Avaliação da UEPS: Questionário no Google Forms (pelo WhatsApp)

Fonte: Autora, 2026

7. RESULTADO E DISCUSSÕES

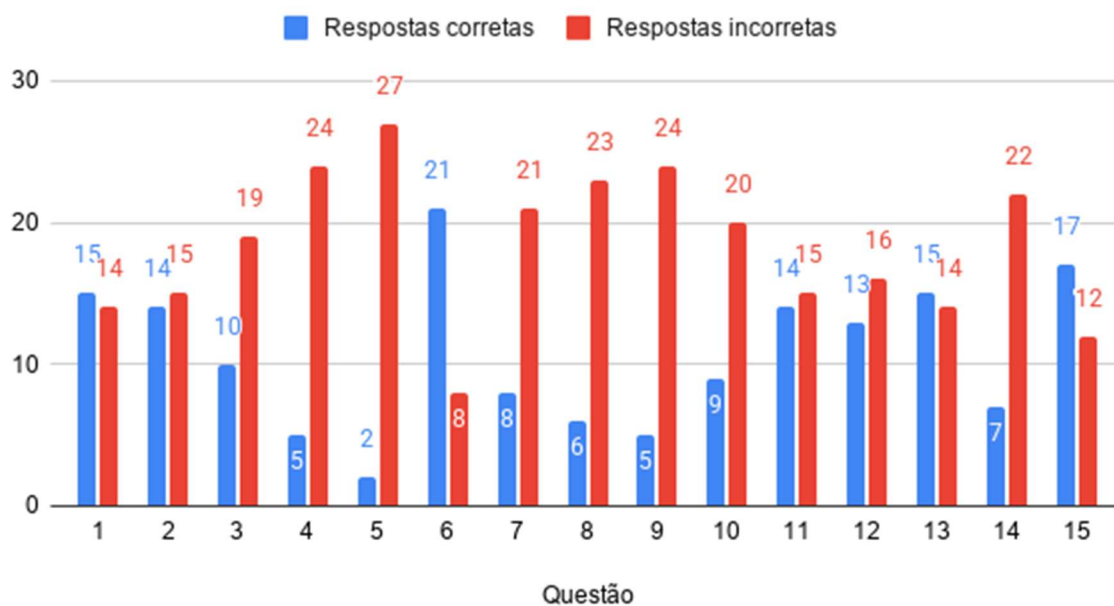
Nesta seção são discutidos os resultados das atividades realizadas em sala com o intuito de melhorar a compreensão dos conceitos de física abordados nessa UEPS.

7.1 Análise do questionário de levantamentos prévios

Ausubel e Moreira defendem que aprendemos melhor algo a partir do que já sabemos sobre o assunto. Tendo em vista isso, foi aplicado um questionário (Apêndice 1), com 15 questões objetivas a respeito dos conceitos que seriam aplicados nesta UEPS. Nesse momento havia 29 alunos em sala de aula. As questões abordadas eram sobre ondas eletromagnéticas (1 a 3), campo magnético (4 a 6), fóton (7 a 9), spin (10 a 12) e ressonância magnética (13 a 15).

Gráfico 1: Atividade de sondagem

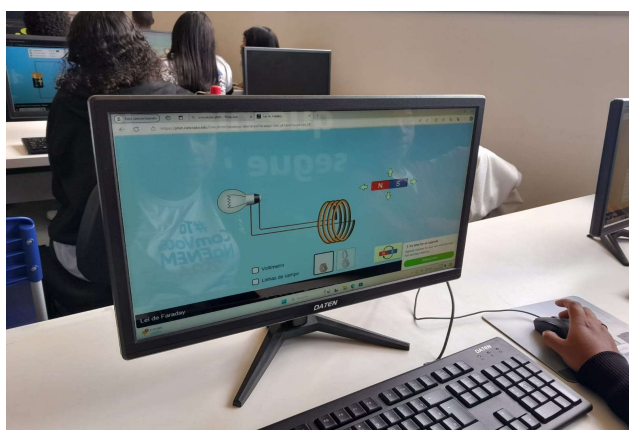
Respostas corretas e Respostas incorretas



Fonte: Autora, 2025.

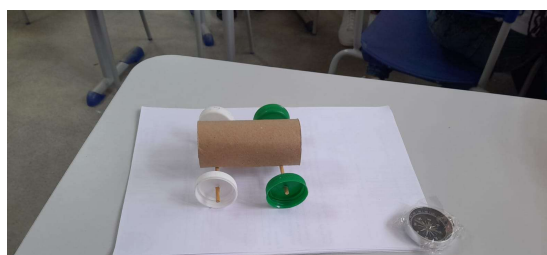
Nas duas aulas seguintes, os alunos foram distribuídos em equipes (conforme Figura 18) para a realização de pequenos experimentos (Figura 17) que evidenciassem o campo magnético. Os materiais utilizados foram: ímãs, bússolas, palhas de aço, papel ofício e um carrinho de baixo custo movido a ímã. A participação dos alunos foi importante, pois fizeram várias indagações e se surpreenderam bastante com a demonstração das linhas de campo. Enquanto viam as linhas de campo se formando, um aluno disse: “Ainda bem que essa aula não é na Idade Média, senão a senhora seria queimada na fogueira como bruxa.” Houve muitos risos. Após o término do experimento, foi feita uma aula na sala de informática (como mostrado na Figura 16) utilizando o simulador PhET. Os alunos ficaram empolgados e observaram um ímã passando numa bobina e acendendo a lâmpada e algumas variações – a Lei de Faraday.

Figura 16. Registro de Simulador PhET



Fonte: Autora, 2024.

Figura 17. Registro de experiência desenvolvida acerca do campo magnético



Fonte: Autora, 2024.

Figura 18. Registro do agrupamento de alunos em formação do experimento



Fonte: Autora, 2024.

Nas últimas 2 aulas foi aplicado um questionário no Google Forms, contendo perguntas sobre ressonância magnética nuclear, *fake news* relacionados a Mecânica Quântica, reportagens sobre micro-ondas e desenvolvimento científico. Depois de responderem, foi feita uma atividade lúdica mostrada na figura 19, em que os alunos se sentavam em círculo e uma caixa com as perguntas que estavam no questionário. A caixa era passada de mão em mão, até que a música parava e quem ficava com a caixa tinha que responder uma das perguntas contidas ali. As respostas indicaram que os estudantes ainda mantinham concepções equivocadas sobre o exame de ressonância magnética nuclear, evolução científica e ondas eletromagnéticas. Isso se deve, em grande parte, à disseminação de *fake news*, conforme relatado pelos próprios alunos. Essa atividade mostrou que ainda havia algumas questões que geraram dúvidas, as quais foram esclarecidas pela professora durante a brincadeira. A avaliação dessa atividade foi realizada com base na participação dos estudantes, por meio de perguntas e respostas, ao longo da atividade lúdica.

Figura 19. Registro de alunos em realização de atividade



Fonte: Autora, 2024.

Ainda nessa etapa, foram aplicados 4 textos didáticos - dois por aula. Com os textos, foram feitas leituras e, a partir dessas, foi pedido que os alunos grifassem as palavras que encontrassem no texto e que tivessem relação com a física.

Essa atividade gerou uma certa estranheza pelos alunos pois, os textos relatam de uma forma menos formal conteúdo da física, por meio de uma história.

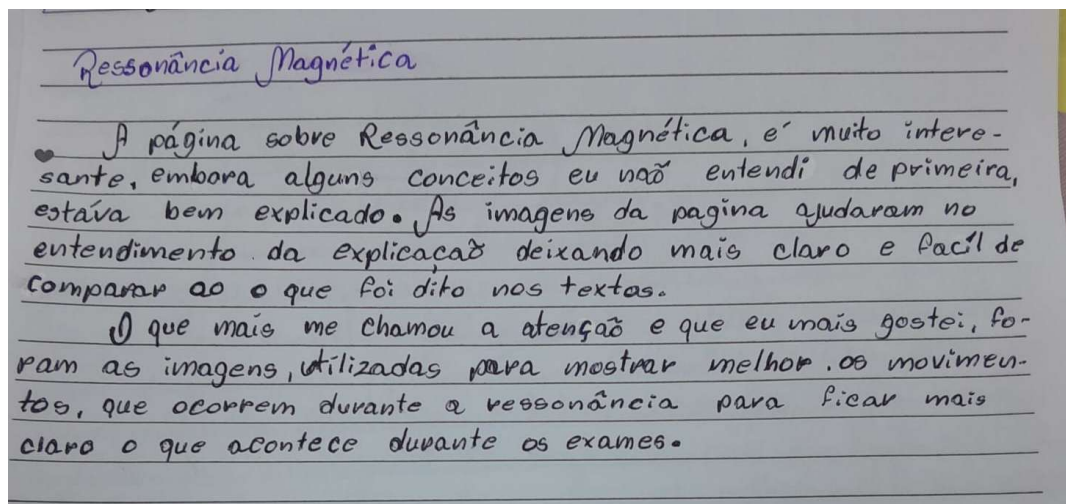
Após o término da atividade houve uma discussão sobre os textos e a relação desses com o conteúdo apresentado nessa UEPS, chegaram à conclusão que muitas informações contidas no texto eles não tinham o conhecimento.

7.3 Conhecimento em nível de complexibilidade maior

Nessa etapa foi utilizado WebQuest em sala de aula que continha informações sobre o exame de ressonância magnética nuclear mostrando a primeira imagem feita, o funcionamento do exame, com gifs, o efeito do campo magnético no corpo humano,

esclarecimentos sobre algumas *fake news* e por fim uma questão pedindo aos alunos que fizessem um pequeno texto dizendo o que acharam desta página e o que mais gostou. Nas figuras 20, 21 e 22 foi destacado algumas respostas dessa atividade.

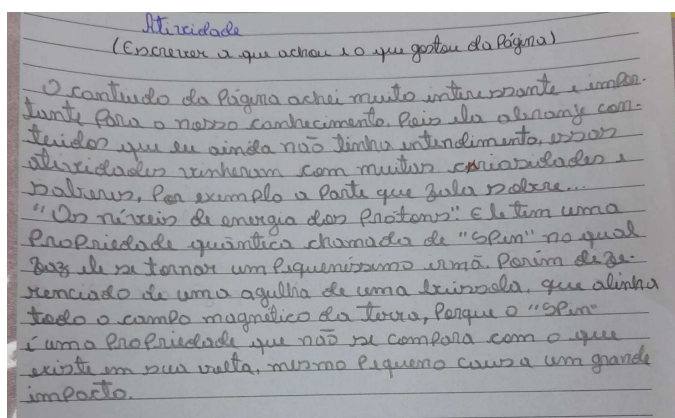
Figura 20. Registro de atividade desenvolvida na WebQuest por aluna A



Fonte: Autora, 2024.

Na figura 20, a aluna A deixa claro na sua resposta que a WebQuest é muito interessante, que alguns conceitos que ela não tinha entendido durante as aulas anteriores, com o WebQuest as dúvidas foram sanadas, ainda complementa dizendo que as imagens contidas fizeram diferença no entendimento.

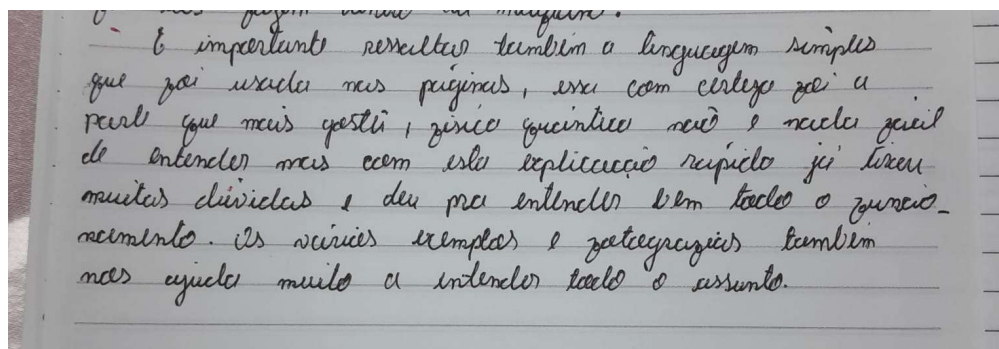
Figura 21. Registro de atividade desenvolvida na WebQuest por aluna B



Fonte: Autora, 2024.

A resposta da aluna B, representada na figura 21, diz que achou a página interessante e muito importante para o conhecimento, pois contém muitas curiosidades e conteúdos que até então ela não conhecia. Ela cita que, o que mais gostou foi a representação dos níveis de energia dos prótons, onde foi mostrado os spins, que se parecem com pequenos ímãs.

Figura 22. Registro de atividade desenvolvida na WebQuest por aluna C



Fonte: Autora, 2024.

A figura 22, o aluno C diz que é importante ressaltar a linguagem simples utilizada na WebQuest, o que facilita o aprendizado, e que a física quântica não é fácil, mas com os exemplos e imagens contidos na página, facilitou o entendimento.

Após ler essas respostas, fica evidente a compreensão, por parte dos alunos, sobre o funcionamento do exame e das questões envolvidas nele, corroborando com Moreira (2011) quando propõe, nesse nível de complexibilidade maior, o que seria a interação ou combinação dos significados existentes com os novos — promovendo a reconciliação integradora e utilizando materiais potencialmente significativos.

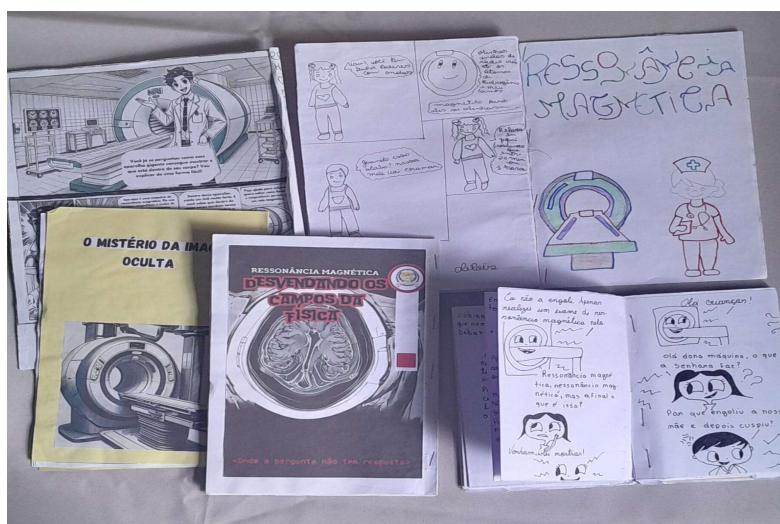
7.4 Conclusão da UEPS

A conclusão da unidade de ensino deverá proporcionar a continuidade do processo de diferenciação progressiva segundo Moreira. Para tanto os alunos foram divididos em equipes com o objetivo que eles produzissem um mangá a partir dos conhecimentos já adquiridos sobre a física envolvida no exame de ressonância magnética nuclear. Em sala, os alunos conversaram sobre como seria feito, tiraram dúvidas e terminaram a produção em casa. Em outra aula as equipes apresentaram seus mangás em sala de aula para o restante da turma.

Foi observado nessa atividade, que a maioria das equipes se detiveram muito ao exame de ressonância magnética nuclear com os conceitos que para eles foram mais importantes como ondas eletromagnéticas e informações sobre *fake news* relativas ao exame.

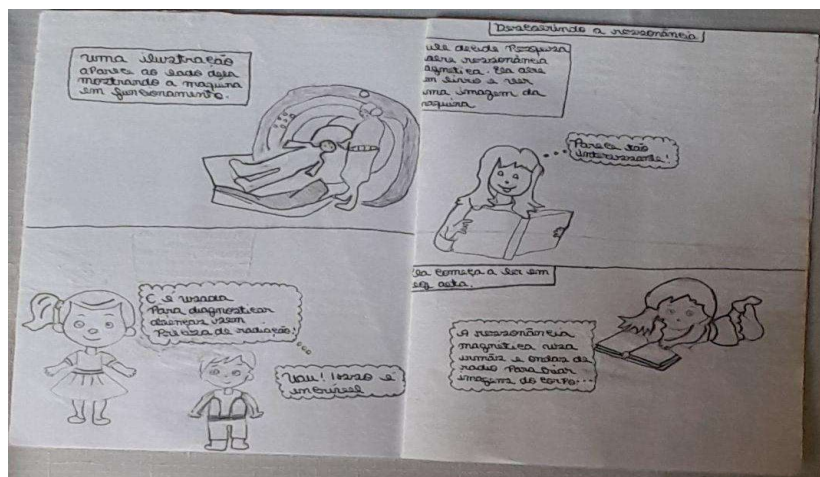
Na figura 23 é apresentado os mangás elaborados pelas equipes. Observa-se que algumas equipes fizeram seu próprio desenho e outras preferiram utilizar uma IA (Inteligência Artificial) para ajudar nas imagens, mas todos retratam o exame de ressonância magnética nuclear.

Figura 23. Registro de mangás produzidos por alunos



Fonte: Autora, 2024

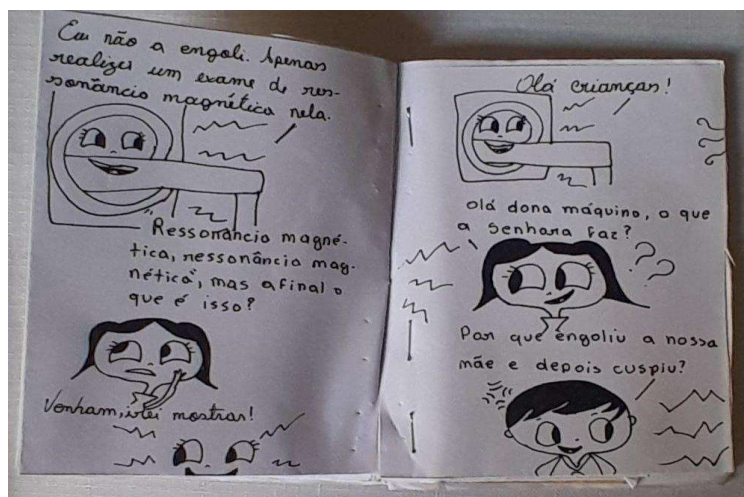
Figura 24. Registro de mangá produzido pela equipe A



Fonte: Autora, 2024.

A história da equipe A, na figura 24, nos conta que uma garota chamada Mili vai ao hospital acompanhar seu colega Renato, para que esse possa fazer um exame de ressonância magnética nuclear, pois ele estava com medo do que iria acontecer com ele, lá eles descobrem como é feito esse exame e que não há nada há temer.

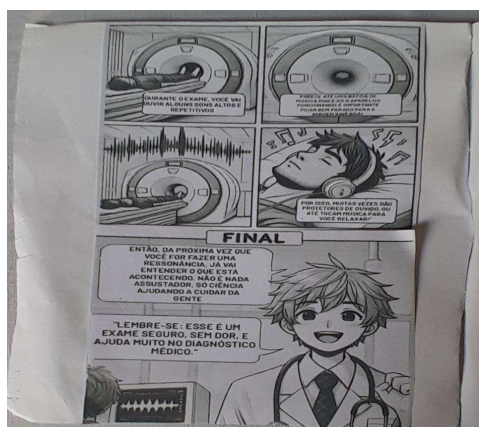
Figura 25. Registro de mangá produzido pela equipe B



Fonte: Autora, 2024.

Nessa segunda história da equipe B, como mostra a figura 25, eles fizeram o show da Luna, que é um desenho animado muito conhecido entre as crianças. Luna e seu irmão Júpiter vão levar a mãe deles ao hospital para realizar o exame de ressonância magnética nuclear, eles ficam muito curiosos e quando ficam sozinhos a máquina de ressonância começa a contar o que ocorreu durante o exame.

Figura 26. Registro de mangá produzido pela equipe C



Fonte: Autora, 2024.

Já a equipe C, figura 26, preferiu contar uma história em que um médico mostra como é realizado o exame de ressonância magnética nuclear, que não há riscos de saúde e algumas dicas de como se comportar durante o exame. Essa equipe preferiu usar uma IA para fazer os desenhos, pois ninguém da equipe sabia desenhar.

7.5 Passo final da UEPS – Evidências de Aprendizagem

Moreira (2012) diz que a avaliação da aprendizagem deve ser feita de forma contínua, ou seja, durante toda a unidade de ensino, registrando tudo que se possa constituir como evidência de aprendizagem.

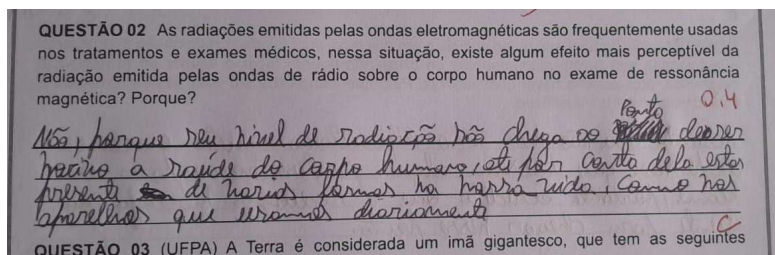
Para tanto foram realizadas atividades como experimentos simples, a simulação PhET, os textos didáticos, história em quadrinhos, construção do mangá e WebQuest, os quais promoveram um bom entendimento dos conteúdos propostos e boa participação dos alunos em sala de aula.

Moreira (2011), também propõe que seja feita uma atividade individual e somativa, a qual os alunos obtiveram um rendimento satisfatório em relação à unidade anterior onde as aulas foram ministradas de forma tradicional, utilizando o quadro branco e exercícios.

Ao trazer atividades e recursos, ele reforça a proposta sobre materiais potencialmente significativos e uso de metodologia diferenciada que surpreenda e provoque interesse nos alunos.

Das questões propostas nesta atividade individual (Apêndice 5), uma se destacou, pois os alunos conseguiram deixar evidente o entendimento sobre as ondas de rádio, principalmente sobre o fato de que elas não agredem o corpo humano por se tratar de uma energia não ionizante, que significa que elas não têm energia suficiente para danificar o DNA humano.

Figura 27. Respostas do aluno A na avaliação individual.

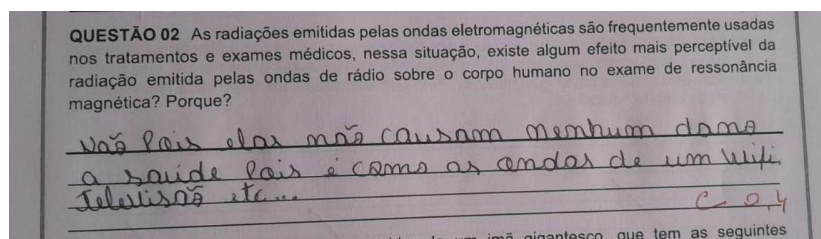


Fonte: Autora, 2024.

Como vemos na figura 27, o aluno A respondeu: “Não, porque seu nível de radiação não chega ao ponto de ser nocivo à saúde do corpo humano...”

Com essa afirmação percebe-se que o aluno compreendeu que os exames de ressonância magnética nuclear não são nocivos às pessoas.

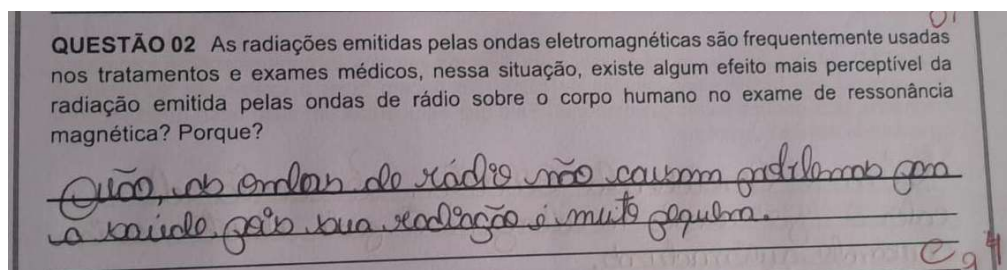
Figura 28. Respostas do aluno B na avaliação individual.



Fonte: Autora, 2024.

A aluna B, figura 27, diz: “Não, pois elas não causam nenhum dano à saúde pois é como as ondas de um **wifi**, televisão etc.”

Figura 29. Respostas do aluno C na avaliação individual.



Fonte: Autora, 2024.

A figura 29 mostra que a aluna C respondeu: “não, as ondas de rádio não causam problemas para a saúde, pois sua radiação é muito pequena.”

Percebe-se que nas respostas, os alunos compreenderam que as ondas de rádio não são nocivas ao ser humano, ao contrário do que dizem muitas *fake news* que se espalham em alguns noticiários ou redes sociais.

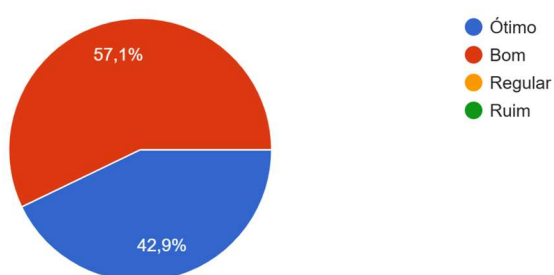
7.6 Avaliação da UEPS

Como atividade final, foi proposto aos alunos um questionário de avaliação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (Apêndice 6), aplicada na turma. Pelos resultados podemos afirmar que teve grande êxito e aprovação pelos alunos. É importante salientar, que essa UEPS é passível de uma nova adequação, dependendo do professor que irá reaplicar, pois a proposta da pesquisa é contribuir para o melhoramento das aulas de Física e da sua relação com o alunado.

Gráfico 2: Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Como você avalia os conceitos de física presentes no exame de ressonância magnética após as aulas?”

Como você avalia os conceitos de física presentes no exame de ressonância magnética após as aulas?

14 respostas

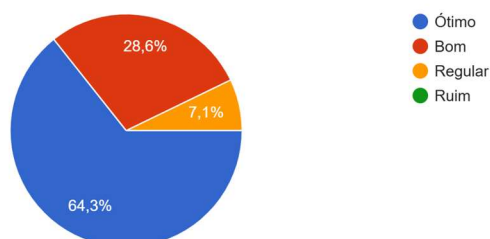


Fonte: Autora, 2024

Gráfico 3: Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Na sua opinião o estudo de ressonância magnética contribuiu para o aprendizado dos conceitos de física abordados?”

Na sua opinião o estudo do exame de ressonância magnética contribuiu para o aprendizado dos conteúdos de física abordados?

14 respostas



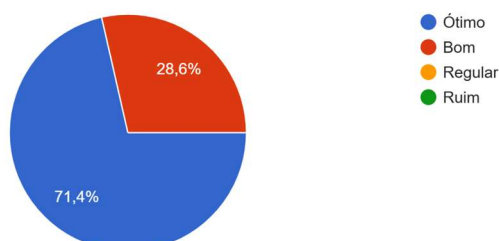
Fonte: Autora, 2024.

Esses resultados entre bom e ótimo, dos gráficos 2 e 3, nos mostra que os alunos tiveram uma receptividade satisfatória quanto aos conteúdos físicos vistos na ressonância magnética nuclear e perceberam a importância de estudá-los, o que entra em consonância com todas as atividades realizadas em sala nesse período, em que houve uma participação positiva dos alunos.

Gráfico 4: Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Os recursos utilizados em sala de aula contribuíram para seu entendimento sobre o tema trabalhado?”

Os recursos utilizados em sala de aula contribuíram para seu entendimento sobre o tema trabalhado?

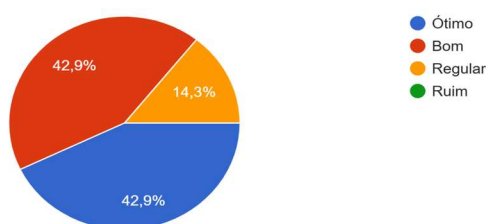
14 respostas



Fonte: Autora, 2024

Gráfico 5: Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Em sua opinião as experiências realizadas em sala de aula e os simuladores computacionais auxiliam na assimilação dos conteúdos abordados?”

Em sua opinião as experiências realizadas em sala de aula e os simuladores computacionais auxiliam na assimilação dos conteúdos abordados?
14 respostas

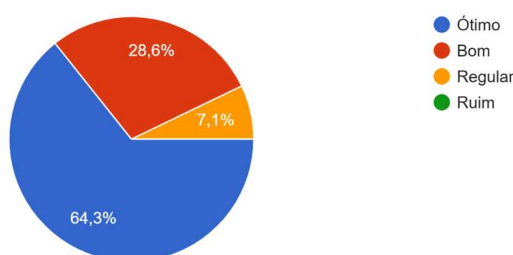


Fonte: Autora, 2024.

Moreira enfatiza que o material usado nas UEPS deve ser potencialmente significativo, os 71,4% no gráfico 4 e os 85,8% do gráfico 5, deixam evidente que se diversificar as aulas com recursos didáticos que prendam a atenção dos alunos será proveitoso no aprendizado deles.

Gráfico 6: Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Como você avaliaria a confecção de mangás, HQ's ou textos utilizados nas aulas de física para melhorar a compreensão dos conteúdos?”

Como você avaliaria a confecção de mangás, HQ's ou textos utilizados nas aulas de física para melhorar a compreensão dos conteúdos?
14 respostas



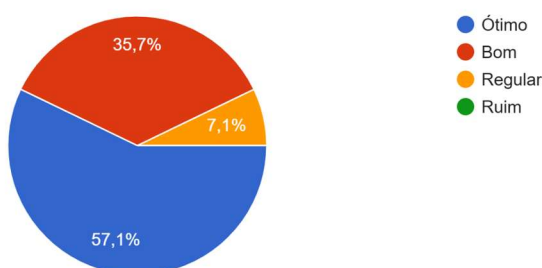
Fonte: Autora, 2024

A pergunta do gráfico 6, relaciona-se a confecção dos mangás, algo que eles nunca tinham realizado, principalmente em aulas de física, o resultado de 92,9% entre bom e ótimo nos mostra que outros tipos de representações dos conceitos físicos, como um mangá, podem ser usados na aprendizagem, assim como mostra a competência II.4 modelos explicativos e representativos dos PCN'S de física. (BRASIL, 2006)

Gráfico 7: Gráfico que computa o quantitativo de respostas referente a pergunta: “Se este tipo de abordagem tivesse sido realizado desde o início do ano você acredita que o rendimento teria sido melhor?”

Se este tipo de abordagem tivesse sido realizada desde o início do ano você acredita que o rendimento teria sido melhor?

14 respostas



Fonte: Autora, 2024

Esse gráfico 7, evidencia que o trabalho desenvolvido teve impacto sob a turma, e que houve uma contribuição proveitosa no ensino-aprendizagem e no tocante ao interesse dos conteúdos relacionados à física.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional contido nesta dissertação teve como finalidade abordar assuntos relativos à Física Moderna e à confecção de mangás, ancorada em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, com o objetivo de contribuir no processo de ensino-aprendizagem de Física no Ensino Médio, promovendo alternativas de recursos considerados significativos por mostrar a Física do cotidiano por meio do estudo da Ressonância Magnética Nuclear

Durante a aplicação da UEPS, foram desenvolvidas algumas atividades como: leitura de HQ sobre ondas eletromagnéticas e textos didáticos abordando os conceitos estudados, vídeos, simulações do PhET, experiência em sala de aula, slide, Google Forms, WebQuest, e a confecção do mangá, com o intuito de encontrar evidências de aprendizagem significativa baseada na teoria da aprendizagem de Ausubel e aprendizagem significativa crítica de Moreira.

A leitura de textos para compreensão dos conceitos físicos, mostrou como a Física e a literatura podem realizar um trabalho satisfatório na aprendizagem. Verificou-se que os alunos se surpreenderam com essa estratégia de ensino e eles revelaram um interesse e motivação para as aulas. Linsingen (2007) diz em seu artigo:

É tarefa do ensino, para não dizer seu objetivo final, estimular os estudantes a sempre interrogar (Freire, 1999), mas não a interrogar somente o mundo real; o literário também é crucial no entendimento, simbolismo e manifestação da realidade. As pessoas devem questionar o que estão lendo, especialmente quando estão lendo algo prazeroso, fora da escola, fora da responsabilidade da leitura obrigatória.

Outra atividade importante nessa sequência foi o questionário Google Forms, que continha questões a respeito das *fake news* e sobre os exames de ressonância magnética nuclear. Percebeu-se que ainda existem muitas informações falsas recebidas e enviadas a outros. Isso evidencia a falta de conhecimento sobre o assunto, por isso foi feito uma atividade lúdica para que essas dúvidas fossem esclarecidas e difundidas com a finalidade de diminuir as *fakes news*.

Ao ler os mangás confeccionados pelas equipes da turma, percebe-se que houve um entendimento proveitoso do conteúdo estudado na UEPS. A princípio os alunos ficaram mais preocupados em como desenhar e qual assunto abordar; mas, mediante o decorrer das aulas, foram sanadas as dúvidas e, então, conseguiram desenvolver um trabalho no qual os objetivos foram alcançados.

A utilização da leitura e confecção de mangás foi uma das estratégias em que os alunos ficaram mais surpresos, pois até então só tinham visto isso nas aulas de Literatura Portuguesa. Linsingen em seu artigo sobre a utilização dos mangás em aulas de ciências diz a respeito da leitura de mangás:

É uma passagem de conteúdo bastante sutil e facilmente assimilada, porque não possui, se bem escrito, o teor do 'livro para a escola' e não estimula na mente do leitor a resistência que normalmente se tem a essas categorias de livros (Linsingen, 2005).

Mediante essa citação e considerando as atividades realizadas nesta sequência didática, ficou evidenciado que quando se trabalha com estratégias e recursos potencialmente significativos de ensino como as utilizadas, percebe-se maior interesse nas aulas e melhor rendimento. Todas essas análises estão de acordo com a última avaliação (Apêndice 6) realizada com os alunos, mediante respostas deles.

Diante do que foi exposto, conclui-se que a aplicação, avaliação e análise da proposta dessa UEPS, teve um resultado satisfatório, mostrando que ela pode colaborar com a melhoria do ensino de Física, sendo capaz de ser aplicadas por outros profissionais e adaptada para outras realidades, de acordo com a necessidade do professor.

Mesmo com resultados importantes e positivos nessa UEPS, e de alguns trabalhos indicados na revisão bibliográfica, que trataram o tema com atividades diferentes, se faz necessário a realização de outras pesquisas tanto sobre o exame de ressonância magnética nuclear, quanto da utilização dos mangás no estudo de conceitos da física ou ciências adaptados para sala de aula. Nesta UEPS, um diferencial determinante, foi o uso da literatura, como uma estratégia relevante nas aulas de física e despertar o interesse dos alunos para as aulas de física.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALMEIDA, Mayla Aparecida Marques de Ensino de física e o uso de mangás como recurso didático - Rio Claro, 2022 56 p.: il., tabs

AUSUBEL, DAVID. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva por David P. Ausubel Distinto Professor Emérito Graduate School The City University of New York, E.U.A. Ano 2000.

ALONSO E FINN. Física: um curso universitário. Vol. 2; Editora Blucher, São Paulo 2014.

BRASIL (2000, 2006). Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e Desporto.

CARUSO, F.; OGURO, V. Física Moderna, Rio de Janeiro, Campus/Elsevier, 2006

CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

CRUZ, Cristiano Cordeiro. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - Unicamp
www.robertexto.com/archivo3/a_teorias_ausubel.htm(2011)

DARROS, Bruno. Elaboração de uma História em Quadrinhos Utilizando Tópicos de Física para o Ensino Médio. Sorocaba, 2019.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GRIFFITHS David J. Mecânica Quântica, tradução Lara Freitas, 2a. Ed. Pearson/Prentice Hall, 2011);

LINSINGEN, Luana von. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectivas CTS. Ciência & Ensino, vol.1, número especial, nov. 2007.

MOREIRA, M.A. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre/RS, 2016.

MOREIRA, M. A., Unidades de ensino potencialmente significativa UEPS, Aprendizagem Significativa em Revista, V1, n.2, 2011

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. V proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), publicada com o título Aprendizagem Significativa Crítica. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010; ISBN 85-904420-7-1.

PINTO, Talles Vinícius de Oliveira Construção e Utilização do Mangá para o Ensino de Magnetismo para a 3ª Série do Ensino Médio. Brasília, 2018. 162f.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. Fundamentos de Física. Vol.4, LTC, 1996;

RODRIGUES, José Leonardo Martins, ROCHA, Clarisse Beltrão Rosas. Mangá e animê: um recurso para aprendizagem do ensino de ciências. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 14, pp. 65-85, agosto de 2018. ISSN:2448-0959

RODRIGUES, Raquel Luiza. “Pedro e Camila em: Ondas Eletromagnéticas”. Um estudo sobre o ensino de ondas eletromagnéticas através de histórias em quadrinhos. Planaltina, DF.2013.

Disponível: https://bdm.unb/bitstream/10483/5901/1/2013_RaquelLuizaRodrigues.pdf

SEARS & ZEMANSKY. Física. Vol.4, Addison Wesley, 100. Edição, São Paulo, 2003;

SERWAY, Raymond A., John W Jewett princípios de física, óptica e física moderna, volume 4, São Paulo: pioneira Thomsom learning.

RODRIGUES, Raquel Luiza. "Pedro e Camila em: Ondas Eletromagnéticas". Um estudo sobre o ensino de ondas eletromagnéticas através de histórias em quadrinhoss. Planaltina, DF. 2013.

Disponível: https://bdm.unb/bitstream/10483/5901/1/2013_RaquelLuizaRodrigues.pdf

TESTONI, Leonardo. ABIB Maria Lúcia Vital dos Santos. A Utilização de Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2023

TIPLER, P. Física. Vol. 4, LTC. 20. Edição, 2000;

ANEXOS

ANEXO 1

QR Code 1: Termo de Consentimento



Fonte: Autora, 2026.

ANEXO 2

RODRIGUES, Raquel Luiza. “Pedro e Camila em: Ondas Eletromagnéticas”. Um estudo sobre o ensino de ondas eletromagnéticas através de histórias em quadrinhos. Planaltina, DF. 2013.

Disponível:

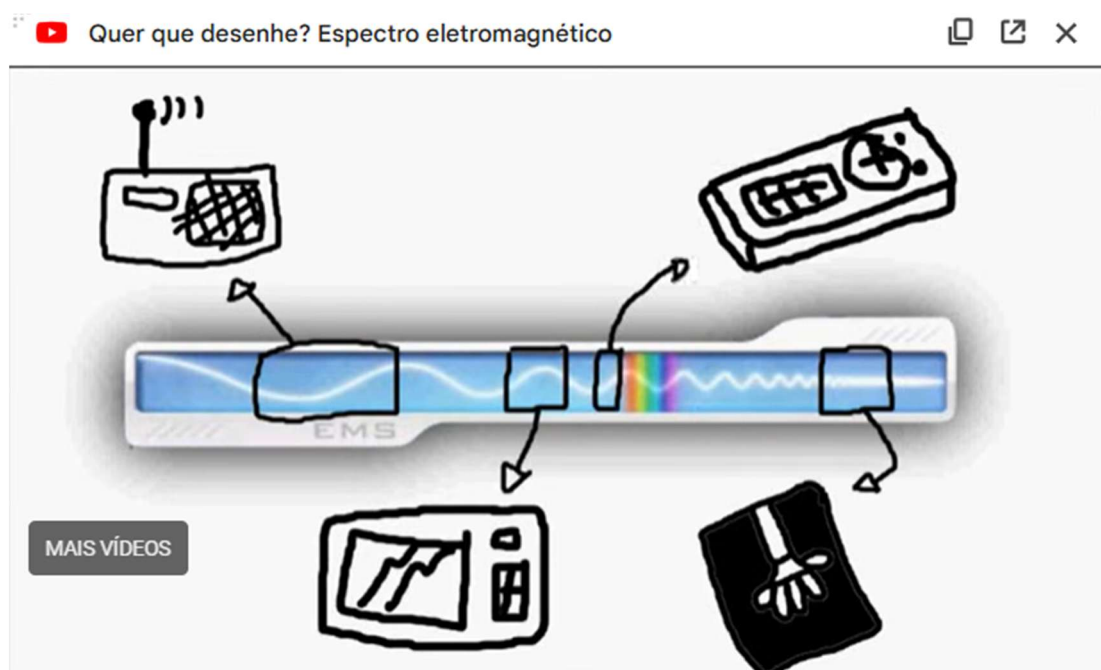
https://drive.google.com/file/d/1_5oK2B3mkp4XVWo1FjpuymAwpSOYM61b/view?usp=sharing



ANEXO 3

Vídeo Youtube – “Quer que desene? Espectro eletromagnético”

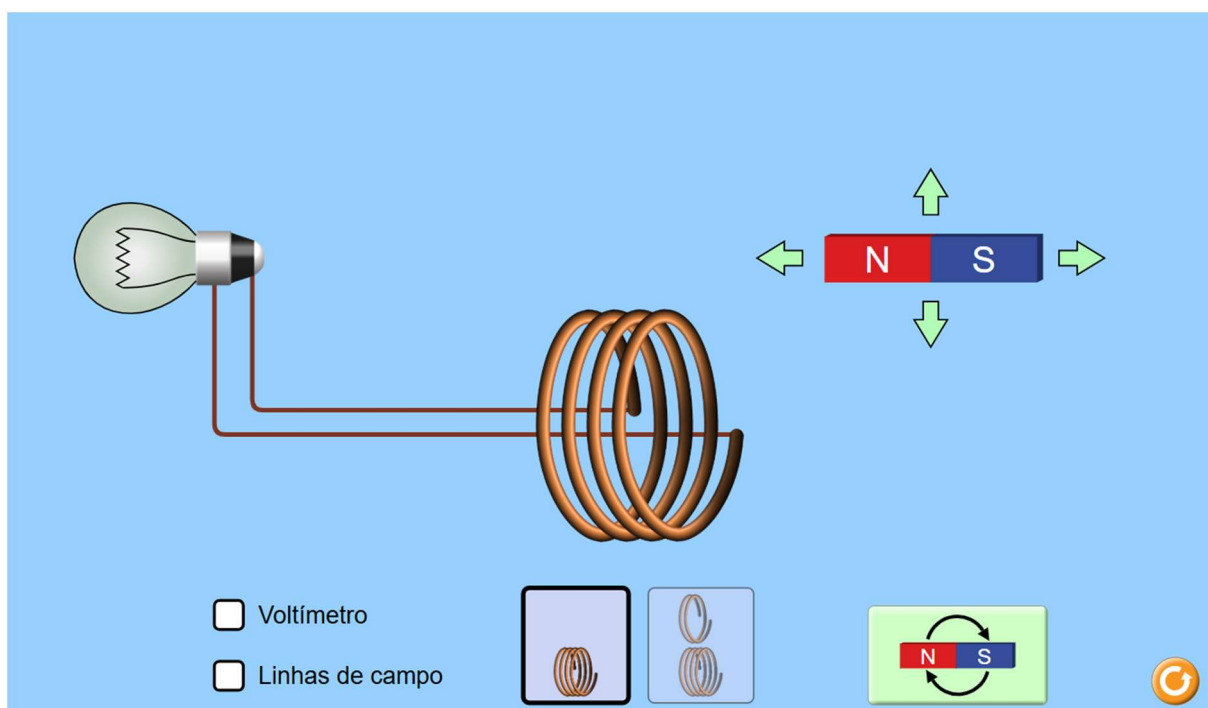
(87) Quer que desene? Espectro eletromagnético - YouTube



ANEXO 4

Lei de Faraday - Lei de Faraday | Campo Magnético | Ímãs - Simulações Interativas PhET.

Disponível em: Lei de Faraday - Campo Magnético | Lei de Faraday | Ímãs - Simulações Interativas PhET



APÊNDICES

APÊNDICE 1

QR Code 2: Atividade de Sondagem



Fonte: Autora, 2026.

APÊNDICE 2

QR Code 3: Questionário de levantamento de atitudes e opiniões sobre a ciência e a tecnologia presentes na Ressonância Magnética Nuclear



Fonte: Autores, 2026.

APÊNDICE 3

QR Code 4: Textos Didáticos



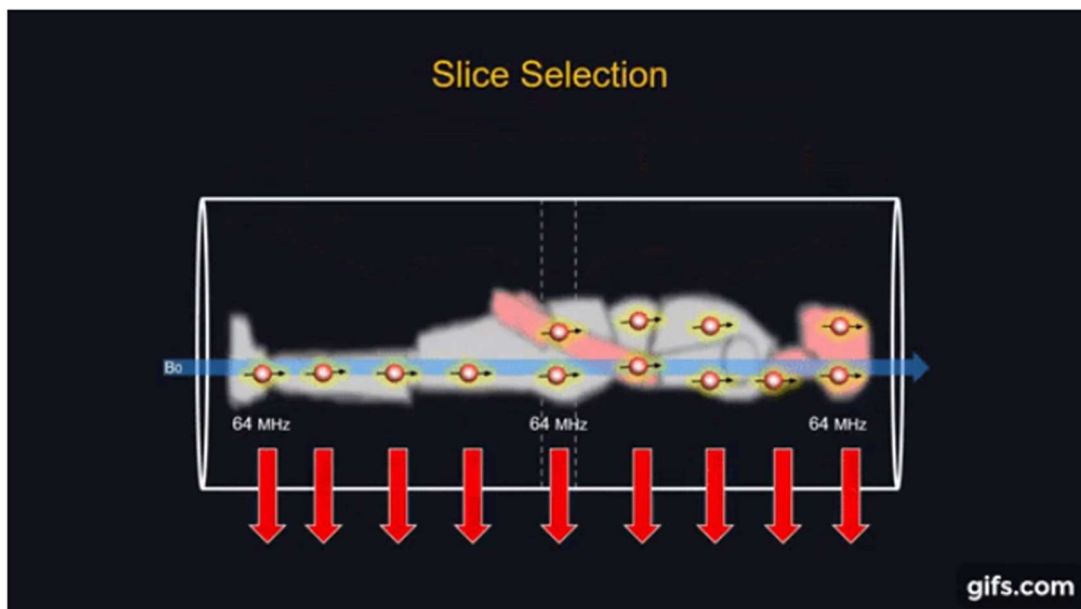
Fonte: Autores, 2026.

APÊNDICE 4

Disponível em: <https://sites.google.com/view/ressonancia-magnetica-nuclear-um/in%C3%ADcio>



Com os prótons alinhados com o forte campo magnético, a máquina de ressonância magnética interrompe intencionalmente esse campo enviando um breve pulso de um campo eletromagnético adicional e mais fraco, na forma de ondas de rádio. Esse pulso mais fraco aponta em uma direção diferente do campo magnético constante e, portanto, interrompe os prótons para que fiquem desalinhados com o campo constante, veja figura abaixo.



Com a aplicação do pulso de radiofrequência, os prótons se desalinham, mas então eles gradualmente se realinham com o campo constante original. Imagine um pequeno desvio que ocorre na agulha de uma bússola quando um ímã fraco passa. A bússola normalmente aponta para o norte, mas o ímã fraco faz com que a agulha da bússola se desvie ligeiramente.

APÊNDICE 5

QR Code 5: Avaliação Final



Fonte: Autora, 2026.

APÊNDICE 6

Disponível em: Avaliação da UEPS



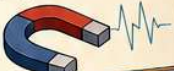
APÊNDICE 7

Produto Educacional

VIAGEM AO MUNDO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RMN)

VAMOS
EXPLORAR JUNTOS
COMO A RMN REVELA
O QUE ESTÁ DENTRO
DE NÓS!

A RMN É UM EXAME
DE IMAGEM AVANÇADO
QUE UTILIZA CAMPOS
MAGNÉTICOS E ONDAS
DE RÁDIO PARA GERAR
IMAGENS DETALHADAS
DO CORPO, SEM USAR
RADIAÇÃO IONIZANTE.



PARA QUE SERVE?

- ✓ Avaliação do cérebro e da coluna vertebral
- ✓ Lesões musculares e articulares
- ✓ Órgãos internos (fígado, rins, coração)
- ✓ Detecção de tumores, inflamações e muito mais!



DURANTE O EXAME



Você estará sempre em contato com a equipe através de um interfone.

O exame é indolor, mas pode haver ruídos altos. Você receberá fones de ouvido para maior conforto.

IMAGENS DETALHADAS

Os sinais são processados por computadores e transformados em imagens detalhadas.



POR QUE A RMN É TÃO ESPECIAL?

PORQUE ELA NOS MOSTRA
DETALHES INCRÍVEIS DO CORPO
HUMANO DE FORMA SEGURA,
PRECISA E NÃO INVASIVA!



SEGURANÇA EM PRIMEIRO LUGAR



SEM OBJETOS
METÁLICOS



MARCA-PASSO
PODE SER
CONTRAINDICADO



AVISE SOBRE
IMPLANTES



PERMANEÇA IMÓVEL
DURANTE O EXAME

SEMPRE INFORME AO PROFISSIONAL DE SAÚDE SOBRE
QUALQUER CONDIÇÃO MÉDICA ANTES DO EXAME.

Sua segurança é nossa prioridade!



INFORMAÇÃO GERA CONHECIMENTO. CONHECIMENTO GERA CUIDADO.
CUIDE DA SUA SAÚDE E CONFIE NA CIÊNCIA!



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

MARIA DA RESSURREIÇÃO DONATO MACÊDO GUSMÃO

**A UEPS UTILIZANDO CONCEITOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR
NA CONSTRUÇÃO DE MANGÁS**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: A UEPS UTILIZANDO CONCEITOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR NA CONSTRUÇÃO DE MANGÁS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 62 – UESB/Vitória da Conquista-BA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Cristina Porto Gonçalves

Coorientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA

ABRIL – 2026

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	102
2. REFERENCIAL TEÓRICO	104
2.1 Aprendizagem Significativa de David Ausubel	104
2.2 Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira	105
2.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa UEPS	107
2.4 Mangá e sua Utilidade Pedagógica	108
3. Cronograma	110
4. Aspectos Sequenciais	111

1. APRESENTAÇÃO

Esse trabalho de pesquisa é o resultado de meus anseios por uma qualidade melhor em minhas aulas de física do ensino médio. Essa jornada começa quando terminei o 2º grau, no curso de magistério (1992), quando comecei a lecionar, para o então ensino fundamental I. Em 1994 passei no vestibular para a UESB no curso de Ciências Exatas, sempre com apoio de minha mãe, pois ela nos incentivou a fazer faculdade e procurar ser um profissional adequado. Essa graduação em um determinado período o aluno deveria escolher qual seria sua “habilitação plena”, Física, Química, Biologia ou Matemática. Escolhi a graduação em Física, pois me encantei com tal disciplina.

Antes de terminar a graduação eu já lecionava aula de Física e sempre percebia o desinteresse dos estudantes por tal disciplina ou a dificuldade deles em lidar com os cálculos, isso me deixava intrigada, tinha a vontade de fazer algo diferente do que eu fazia até então. Pensei em unir a literatura de histórias infantis com os conteúdos, mas como tinha me afastado da universidade, por não morar na mesma cidade, fiquei com minhas indagações sozinha, pois não sabia como começar.

Em 2007, quando já era professora também do estado da Bahia, fiz um curso de especialização pela UnB, oferecido pelo governo da Bahia aos professores, que “abriu a minha visão” do quanto poderia fazer as aulas de Física mais interessantes e sem aquele apelo matemático. Quando voltei à escola com a intenção de colocar em prática tudo que aprendi esbarrei em algumas dificuldades da escola pública: sem sala de informática, pouco acervo bibliográfico, e quase nenhum apoio pedagógico, pois na época não conseguia me reunir com o colega do turno oposto ao qual eu trabalhava, o que dificultou bastante.

Fiquei frustrada, prossegui minha vida profissional com anseios de dias melhores, onde os conteúdos que eu falava teriam um significado para os estudantes. Após alguns anos, em 2023 tive a oportunidade de entrar no Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, era o que tanto procurava para me ajudar a rever minhas práticas pedagógicas e realizar a minha vontade de utilizar a literatura para facilitar a apresentação dos conteúdos de física.

Ao começar assistir às aulas, percebi que meus colegas tinham dúvidas tanto quanto eu, e com o passar do tempo os professores e colegas foram me mostrando meios diferentes de explorar os conteúdos de Física do ensino médio, e assim chegamos a essa sequência didática que apresentarei a você. Ela representa o desejo de envolver os estudantes nas aulas e ajudá-los a enxergar um significado para o que é estudado na escola.

A proposta dessa sequência aqui apresentada, foi motivada pelo desejo de contribuir com os docentes, por meio de conteúdos que permeia a física clássica e a física quântica, a partir do estudo do exame de ressonância magnética nuclear culminando com a construção de mangás por estudantes feito em grupo, após a exposição dos conteúdos. A sequência conta com quadrinhos sobre ondas eletromagnéticas, experimentos de campo magnético, simulador PhET, Google Forms, WebQuest, debate e textos didáticos sobre os principais personagens da nossa viagem ao aparelho de ressonância magnética nuclear.

Todas as atividades, aplicadas na turma de 3º Ano do Ensino Médio, foram propostas, tendo em vista uma aprendizagem significativa baseado na teoria de David Ausubel e a aprendizagem significativa crítica de Moreira, tendo em vista o mais importante para o aprendizado é o que o aluno já sabe, e isso não é um pré-requisito, trata-se de aspectos relevantes para o entendimento de uma nova informação, o qual não é tão simples com testes convencionais (Moreira,2006).

No intuito de alcançar essa aprendizagem significativa e levando em consideração que os recursos devem ser eficazes, foi usada as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) de Moreira, que tem como algumas características, avaliar as atividades e sua execução, propor situações problemas em que o estudante seja o protagonista.

Agora convido você a embarcar nessa viagem ao mundo da ressonância magnética nuclear comigo, M^a da Ressurreição, ou melhor Ressu, prof^a do Colégio Estadual de Tempo Integral de Barra do Choça.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ensinar Física no Ensino Médio é desafiador, uma vez que os discentes têm muita dificuldade na compreensão das Ciências (Física, Química e Biologia) também em sua aplicabilidade. Além disso, há um déficit no aprendizado de cálculos matemáticos e a maneira tradicional com que os conteúdos de Física são transmitidos e escolhidos não proporcionam ao estudante um bom entendimento deles.

Tendo em vista esses e outros problemas no Ensino de Física, o produto apresentado em forma de uma sequência didática que se baseia na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a aprendizagem significativa crítica de Moreira.

2.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel

David Ausubel, foi um psicólogo da educação, precursor da Aprendizagem Significativa, formado nas áreas de Medicina, Psicologia e Psiquiatria, seu estudo buscou considerar os aspectos cognitivos do indivíduo que aprende a partir daquilo que se sabe, o que ele chama de subsunção.

Segundo Cruz (2011) quando Ausubel fala sobre a estrutura cognitiva do indivíduo, se refere ao conteúdo todo e de forma organizada que cada indivíduo tem, dando ênfase na aquisição, armazenamento e organização das ideias que vão sendo formadas nele. Nesse momento os novos conceitos ou ideias vão se ancorando naquilo que o indivíduo já tem.

A aprendizagem Significativa é um processo que se dá de forma não arbitrária, o novo conceito ou ideia deve ter relação com o que o indivíduo já sabe, e ser substantiva. (MOREIRA, 2006).

“A substantividade do aprendizado significa, então, que o aprendiz aprendeu o sentido, o significado daquilo que se ensinou, de modo que pode expressar este significado com as mais diversas palavras.” (CRUZ, 2011)

Em oposição a aprendizagem significativa, a aprendizagem mecânica é aquela em que as novas ideias ou conceitos não são ancorados no que Ausubel chama de subsunçor. A nova informação não se conecta com o que o indivíduo sabe e pouco contribui para uma relação com situações do seu cotidiano. (MOREIRA, 2006). É importante ressaltar que a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não é uma divisão em dois termos da aprendizagem, é possível que se comece aprender de forma mecânica e evolua para a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2009,2016).

Ausubel ainda faz outra distinção entre aprendizagem por descoberta (em que o que deve ser aprendido é feito de maneira independente), e por recepção (o que deve ser aprendido é apresentado de forma final), ele não faz preferência entre elas, pois uma aprendizagem por descoberta não é necessariamente uma aprendizagem significativa ou por ser por recepção seja mecânica, pode ocorrer o contrário, tudo isso dependerá do material utilizado, devendo ser potencialmente significativo e que o indivíduo, ou aprendiz, manifeste disposição em aprender. (MOREIRA, 2006).

Na aprendizagem significativa as evidências de aquisição de significados ocorrem quando o que o indivíduo sabe (subsunçor) interage com o significado lógico por meio de uma relação não arbitrária e substantiva, isso leva o indivíduo a uma compreensão de um conceito de forma clara, precisa, diferenciada e transferíveis. E para tanto Ausubel propõe que se façam problemas e questões que não sejam familiares e solicite uma transformação no conhecimento adquirido. Essa proposta é para que não haja memorização do que foi visto e um disfarce de aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2006).

2.2 A Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira

Proposta por Moreira, a aprendizagem significativa crítica foi desenvolvida a partir da teoria de Ausubel, mas segue também a influência de Neil Postman e Charles Weingartner, Postman e de Paulo Freire, em especial nos princípios facilitadores. Moreira (2010) faz menção a respeito da educação subversiva de Postman e Weingartner, mas ele prefere o termo aprendizagem significativa crítica, pois o

indivíduo poderá participar, entender e interferir na sociedade que participa sem ser manipulado por ela. Ele ainda ressalta:

“Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a idéia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente.”

Para tanto assim como Ausubel, Postman e Weingartner, Moreira (2010) também citou princípios para facilitar uma aprendizagem que seja significativa e crítica:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.)
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.)
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.)
4. Aprender que somos preceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.)
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.)
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.)
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.)
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.)
9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.)

10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.)

11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

Tendo os princípios como base o aluno deverá aprender de forma não-arbitrária, substantiva e crítica, uma maneira diferente das práticas que são usadas nas escolas, levando-se em consideração tudo o que o aluno já sabe, os seus questionamentos, a sua opinião sobre o conteúdo estudado, sendo não só um perceptor mas também um receptor de informações, 'se faz necessário não deixar de lado o contexto, o currículo e a avaliação, pois são aspectos que influencia em um resultado de aprendizagem significativa e crítica.

2.3. Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

A UEPS, de acordo com Moreira, é uma sequência didática com base na aprendizagem significativa de David Ausubel, porém é acrescentado característica de outras teorias da aprendizagem como, Novak, Vergound, Vygotsky, Gowin, Johnson-Lair além do próprio Moreira. Essa sequência didática é composta de conceitos e tópicos específicos de um ou mais conteúdos escolares utilizando material potencialmente significativo para o aluno.

Para sustentar a estrutura de uma UEPS, Moreira (2011) organizou em oito etapas os aspectos que estão sintetizadas abaixo:

1. Definição do tema a ser abordado;
2. Criar situação que leve o aluno a resgatar e expor seus conhecimentos prévios;
3. Propor situação-problema em nível introdutório do conteúdo, para ancorar o novo conhecimento;
4. Exposição do conteúdo objeto do estudo partindo dos aspectos mais gerais, como exemplos de aplicação em direção ao aprofundamento;
5. Retomar os aspectos mais gerais do conteúdo, porém em nível mais alto de complexibilidade;

6. Conclusão da unidade dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo de forma integradora;
7. Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS, que deve ser feita ao longo da sua implementação. Também deve ser feita uma avaliação que seja individual que contenham questões que impliquem compreensão e evidências de aprendizagem;
8. Por último deve ser feita a avaliação da UEPS, que deve ser feita mediante análise de desempenho dos alunos.

Os materiais utilizados na UEPS, devem ser diversificados, questionários, slides, simulações, quadrinhos, participação ativa dos alunos e atividades individuais, todas com o objetivo de promover a aprendizagem significativa e crítica. Os passos apresentados acima não são rígidos e ingressados podendo ser alterados de acordo a necessidade do professor.

2.4. Mangás e Sua Utilização Pedagógica

Com a globalização o mundo tem passado por muitas transformações tanto no aspecto social quanto na modernização de muitos serviços que são utilizados no cotidiano. O processo de ensino também acompanha essa movimentação, logo os profissionais da educação necessitam se adequar com metodologias e recursos diferentes, buscando práticas pedagógicas que atendam o novo público formado de pessoas inseridas nessa tecnologia (DARROS, 2019; LOPES,2024).

Segundo Rodrigues (2018, apud Santos 2008), a aprendizagem ocorre devido algumas condições que devem ser atendidas: a motivação, o interesse, a capacidade de compartilhar experiências e de interagir com contextos diversos. Tendo isso em vista, as histórias em quadrinhos, jornais e revistas são meios de comunicação de massa e que devido suas características de leitura fácil e que despertam interesse por parte dos jovens constitui uma estratégia excelente como instrumento de aprendizagem (TESTONI,2003).

Para criar tal ambiente que desperte o interesse dos alunos e que motive o processo ensino aprendizagem, Amaral (2023) ressalta a utilização de abordagem lúdica utilizando o mangá, pois é um material estimulante e conhecido pelos jovens, além de desenvolver o interesse pela leitura, criatividade e leitura de imagens. (TALLES, 2018). Rodrigues (2018) enfatiza que o mangá tem a capacidade de atrair o leitor de tal forma que este mergulhe nas histórias.

Segundo Almeida (2022) e Talles (2018), os mangás surgiram na época feudal com histórias e lendas sendo escritas em rolos, sendo difundido devido sua leitura rápida e prazerosa e traços únicos. O mangá é uma palavra japonesa para as histórias em quadrinhos, mas que se diferem das ocidentais devido algumas características como a leitura da direita para esquerda, os traços dos desenhos que ressaltam os olhos cuja proporcionalidade é maior do que o nariz e a boca.

Provavelmente os mangás chegaram ao Brasil junto com os imigrantes japoneses, sendo importado e distribuído nas colônias nipônicas. Desde 2000 que houve uma popularização desse tipo de leitura por meio dos jovens brasileiros. O mangá começou a fazer parte do ensino de Física com “O Guia Mangá”, da editora Novatec, (Talles,2018). Linsingen (2007) sugere que os mangás podem ser interessantes para se trabalhar ciência e tecnologia devido ao dinamismo na linguagem, variedade temática, facilidade do material e debates que relacionam ciência, sociedade e tecnologia. Ela ainda ressalta:

“As representações visuais são recursos úteis para a construção de significados, e quando aliados a um texto sempre presente, dinâmico, de aparência leve e descompromissada, essa construção se torna ainda mais significativa, porque as informações se tornam mais facilmente assimiladas pelo leitor.” (Linsingen,2007)

3. Cronograma das atividades propostas

Tabela 1. Cronograma

AULA	DATA	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE
01 45 min	09/09/24	Definição do tópico abordado: Apresentação da UEPS por meio de apresentação de slide; Aplicação do termo de consentimento.
02 45 min	09/09/24	Levantamento dos conhecimentos prévios: Aplicação do questionário de diagnóstico; Discussão sobre as respostas
03 a 06 180 min	23/09/24 30/09/24 14/10/24 16/10/24	Situações problemas em nível introdutório: Ondas eletromagnéticas (leitura de uma história em quadrinhos; vídeo sobre ondas); Campo magnético (experimentos simples e simulação do PhET); Aplicação de um questionário do Google Forms; Atividade lúdica para discutir o questionário.
07 a 09 135 min	21/10/24 23/10/24	Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido: Aplicação de textos didáticos sobre os conteúdos abordados.
10 a 13 180 min	30/10/24 04/11/24 06/11/24	Conteúdo em nível de complexibilidade maior: Apresentação de slide sobre o funcionamento do aparelho de ressonância magnética; Orientação para confecção do mangá; Aplicação e discussão do WebQuest.
14 a 15 90 min	18/11/24	Conclusão da UEPS: Apresentação dos mangás confeccionados pelas equipes
16 45 min	02/12/24	Avaliação contínua, somativa e individual: Aplicação de questionário sobre o conteúdo estudado.
-	02/12/24	Avaliação da UEPS: Questionário no Google Forms (pelo WhatsApp)

4. Aspectos sequenciais da UEPS

- PASSO 1: Definição do conteúdo a ser abordado

OBJETIVO: Apresentar o tema da sequência didática e a metodologia que será empregada nas atividades.

Para essa sequência didática foi escolhido os conceitos físicos envolvidos num exame de ressonância magnética nuclear tendo em vista, a abordagem tanto de aspectos da Física Clássica quanto da Física Quântica, envolvendo também o uso de tecnologias e seu uso na sociedade, um dos pré-requisitos para o Ensino de Física no Ensino Médio, citados tanto nos PCN's quanto BNCC.

A apresentação da sequência didática usada na unidade foi apresentada para os estudantes por meio de um slide contendo um resumo dos conteúdos que serão abordados: ondas eletromagnéticas, campo magnético, fóton, spin e por fim o funcionamento do aparelho de ressonância magnética nuclear. Após a apresentação do slide, foi sugerido uma pequena discussão com os alunos a respeito do que foi exposto, em seguida será entregue o termo de consentimento, para os pais dos alunos assinarem.

QR Code 1: Termo de Consentimento



Fonte: Autora, 2026.

- PASSO 2: Levantamento de conhecimentos prévios

OBJETIVO: verificar por meio do questionário conhecimentos prévios sobre o que será estudado nesta sequência.

Moreira (2011), propõe que ao começar a aplicação de uma UEPS, o professor crie uma situação para expor os conhecimentos prévios dos alunos. Tendo em vista este aspecto, foi desenvolvido e aplicado um questionário de sondagem contendo 15 questões de múltiplas escolhas com os conteúdos que serão estudados nesta sequência.

Esse questionário foi aplicado individualmente, não houve nenhuma intervenção do professor ou aplicador. Ao final da atividade proposta, professor e alunos discutiram sobre as respostas dadas.

QR Code 2: Atividade de Sondagem



Fonte: Autora, 2026.

- **PASSO 3: Situações problemas em nível introdutório**

OBJETIVOS: Diferenciar os tipos de ondas eletromagnéticas no espectro eletromagnético; Caracterizar ondas de rádio; Reconhecer a existência do campo magnético presente nas experiências simples em sala de aula; Interpretar o que acontece quando movemos o ímã através de uma bobina usando a simulação do PhET.

Nesse passo as atividades aqui propostas têm como objetivo resgatar e ancorar o novo conhecimento dando um novo sentido ao que foi aprendido. Para tanto foram necessárias quatro aulas para rever os conteúdos de ondas eletromagnéticas e campo magnético.

Nas primeiras aulas, os alunos foram divididos em duplas para a leitura de uma história em quadrinhos sobre ondas eletromagnéticas, onde foram separados um aluno e uma aluna para fazer a leitura em voz alta, representando os personagens da história, enquanto os demais acompanham silenciosamente. Após a leitura foi construído um mapa mental no quadro branco com ajuda dos alunos, os quais disseram em uma palavra algo que poderia ser relacionado a ondas eletromagnéticas, expressando o entendimento do que foi lido. Logo após foi apresentado um vídeo do YouTube sobre ondas eletromagnéticas, para fechamento desse primeiro momento.

QR Code 3: História em Quadrinhos



Fonte: Raquel Luíza, 2013.

QR Code 4: Vídeo no Youtube Sobre Ondas Eletromagnéticas



Fonte: Youtube, 2013.

Na terceira aula, o tema abordado de forma breve foi campo magnético, para isso, se utilizou alguns recursos como, bússola, imãs, palha de aço (para retirar a limalha de ferro) e papel ofício, tendo em vista experimentos simples, com o objetivo de mostrar o campo magnético presente em um ímã. Os alunos se dividiram em equipes e foi distribuído uma bússola, papel ofício e a palha de aço para cada uma delas. No primeiro momento a equipe colocou a bússola na mesa e aproximou o ímã

e observou o que aconteceu, logo após o professor indagou o que ocorreu, e de forma oral eles disseram o que havia ocorrido.

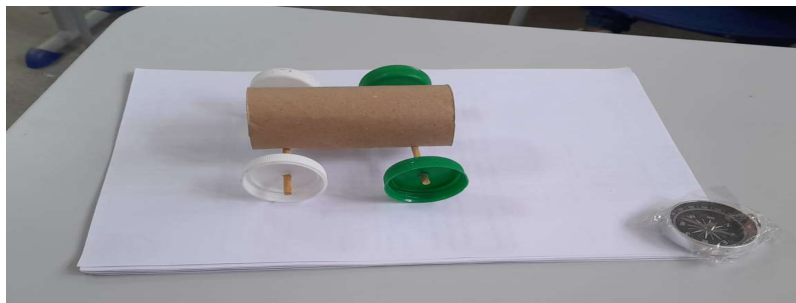
Figura 1. Alunos Agrupados para a formação do experimento



Fonte: Autora, 2024.

No segundo momento os alunos retiraram a limalha de ferro da palha de aço colocando em cima do papel ofício, em seguida passaram por baixo da folha o ímã e observaram as linhas de campo magnético. Logo após, o professor fez uma breve explicação do que ocorreu nos experimentos.

Figura 2. Experimento de carrinho movido à aproximação do ímã



Fonte: Autora, 2024.

Na quarta aula os alunos foram levados à sala de informática com a finalidade de observar por meio do simulador PhET, o efeito de um ímã passar por uma bobina ligada a uma lâmpada. Caso na escola não tenha essa sala o professor poderá apresentar na televisão.

QR Code 5: Simulação PHET



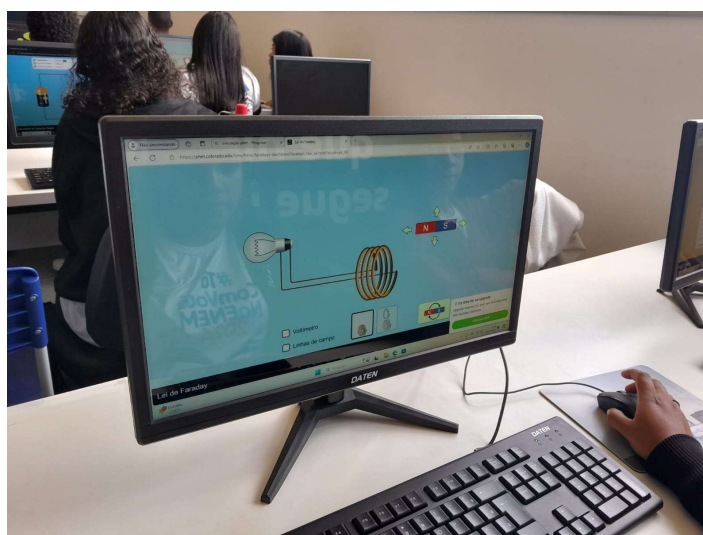
Fonte: Phet.

Figura 3. Alunos na sala de informática para simulação PhET



Fonte: Autora, 2026.

Figura 4. Registro da simulação PhET



Fonte: Autora, 2024.

Antes de passar para o próximo passo, em uma quinta aula, foi aplicado em sala de aula um questionário no Google Forms enviado no grupo de WhatsApp dos alunos, com questões relacionadas a física quântica e as *fakes news* que envolvem esse tema. Após eles terminarem foi realizado uma atividade lúdica “batata quente”, onde os alunos estavam dispostos em círculo e uma caixinha com perguntas, que estavam no questionário, foi passada pelas mãos dos alunos ao mesmo tempo que

uma música estava tocando ao fundo. Ao ser interrompida a música o aluno que estiver com a caixa respondeu uma pergunta que tem na caixa, e a brincadeira segue até acabar as questões. O objetivo é a expressão oral dos alunos a respeito do assunto.

QR Code 6: Questionário de levantamento de atitudes e opiniões sobre a ciência e a tecnologia presentes na Ressonância Magnética Nuclear



Fonte: Autores, 2026.

Figura 5. Registro de alunos em realização de atividade



Fonte: Autora, 2024.

- PASSO 4: Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido

OBJETIVOS: Reconhecer os conceitos físicos presentes nos textos didáticos; Identificar a relação entre as personagens dos textos e o tema abordado.

Nessa quarta etapa, utilizou-se quatro textos didáticos construídos pelos autores deste trabalho, contendo elementos presentes na ressonância magnética nuclear, com o intuito de levar o conteúdo de forma mais geral e gradativa até o quinto passo, onde o conteúdo terá maior complexibilidade.

Foram usadas três aulas, com leitura dos textos de forma interativa e participativa com os alunos. Nesses textos estavam contidos conceitos como do ímã de neodímio, bobinas etc. Após cada leitura, os alunos sublinharam no texto os conceitos ou palavras que eles encontraram que pertencem à física, em seguida foi feita uma explicação de alguns termos de forma dialogada.

QR Code 7: Textos Didáticos



Fonte: Autores, 2026.

- PASSO 5: Conteúdo em nível de complexidade maior

OBJETIVOS: identificar os passos do exame de ressonância magnética nuclear; Reconhecer a evolução do aparelho de ressonância magnética nuclear, apontando sua melhor eficácia no resultado; Identificar *fake news* relacionada com a física quântica e o exame de ressonância magnética nuclear.

Nesse passo, Moreira propõe que situações-problemas com um grau maior e crescente deva ser introduzida, para tanto, foram utilizados recursos como o slide do funcionamento do aparelho de ressonância magnética nuclear e uma WebQuest para

fomentar os conteúdos de física aplicados até aqui. Em duas aulas foi apresentado slide de forma dialogada, sempre procurando a participação dos alunos.

QR Code 8: WebQuest



Fonte: Autores, 2026.

Figura 6. Slide do conteúdo teórico



Fonte: Autora, 2024.

Na terceira aula foi realizada a leitura do WebQuest com a participação dos alunos, ao mesmo tempo que o professor tirava algumas dúvidas a respeito do que foi lido. Após isso, os alunos responderam a uma pergunta contida na última página

da WebQuest. Foi perguntado se eles tinham gostado do material, WebQuest, se com as imagens facilitou o aprendizado a respeito da ressonância magnética nuclear.

Figura 7. WebQuest



Fonte: Autoras, 2024.

A aula seguinte foi dedicada a orientações sobre como produzir o mangá, quais assuntos abordar, definir a data de entrega e outras dúvidas que surgiram no decorrer do bate-papo.

- **PASSO 6: Conclusão da UEPS**

OBJETIVOS: Mostrar o que foi aprendido dos conteúdos propostos nessa sequência por meio das histórias contidas nos mangás; despertar o interesse pela leitura de textos, revistas e sites que contenham conteúdo de Física mesmo que de forma informal.

Os alunos em equipe, apresentaram em sala de aula as histórias dos seus mangás para o professor e seus colegas, proporcionando uma discussão como forma de integrar os conteúdos vistos nessa sequência.

- **PASSO 7: Avaliação contínua, somativa individual**

A avaliação da UEPS foi feita durante todo o processo da aplicação da sequência didática, para isso foi considerada a participação dos alunos oralmente em sala, respostas dos questionários utilizados, pela produção dos mangás, pela WebQuest, textos didáticos e questionário individual tudo isso tendo em vista busca evidências da aprendizagem significativa.

QR Code 9: Avaliação Final



Fonte: Autora, 2026.

Os passos de uma UEPS proposta por Moreira não deve ser algo rígido, inflexível, pelo contrário o professor que irá aplicar poderá fazer ajustes nas atividades, nos passos, para que ela seja exitosa e que promova evidências de aprendizagem significativa crítica.

- **PASSO 8: AVALIAÇÃO DA UEPS**

A avaliação da UEPS foi realizada por meio de um Google Forms enviado para o grupo de WhatsApp da turma, com a finalidade de saber a opinião dos alunos sobre as atividades apresentadas e sua funcionalidade.

QR Code 10: Avaliação da UEPS



Fonte: Autora, 2026.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Mayla Aparecida Marques de Ensino de física e o uso de mangás como recurso didático - Rio Claro, 2022 56 p.: il., tabs

DARROS, Bruno. Elaboração de uma História em Quadrinhos Utilizando Tópicos de Física para o Ensino Médio. Sorocaba, 2019.

DAVID AUSUBEL – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA Por: Cristiano Cordeiro Cruz Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - Unicamp www.robertexto.com/archivo3/a_teoria_ausubel.htm(2011)

LINSINGEN, Luana von. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectivas CTS. Ciência & Ensino, vol.1, número especial, nov. 2007.

LOPES, Gerson Anderson de Carvalho e et all. Mangás, animes e ciência: os Cavaleiros do Zodíaco e suas potencialidades para o ensino de ciências da natureza e matemática. Revista Caderno pedagógico. Studies publicações Ltda. Curitiba, v.21, n.6, pag.01-58. 2024.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. V proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), publicada com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010; ISBN 85-904420-7-1.

MOREIRA, M.A. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre/RS, 2016.

MOREIRA, M. A., Unidades de ensino potencialmente significativa UEPS, Aprendizagem Significativa em Revista, V1, n.2, 2011

Pinto, Talles Vinícius de Oliveira Construção e Utilização do Mangá para o Ensino de Magnetismo para a 3ª Série do Ensino Médio. Brasília, 2018. 162f.

RODRIGUES, José Leonardo Martins, ROCHA, Clarisse Beltrão Rosas. Mangá e animê: um recurso para aprendizagem do ensino de ciências. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 14, pp. 65-85, agosto de 2018. ISSN:2448-0959

RODRIGUES, Raquel Luiza. “Pedro e Camila em: Ondas Eletromagnéticas”. Um estudo sobre o ensino de ondas eletromagnéticas através de histórias em quadrinhos. Planaltina, DF. 2013.

Disponível: https://bdm.unb/bitstream/10483/5901/1/2013_RaquelLuizaRodrigues.pdf

TESTONI, Leonardo. ABIB Maria Lúcia Vital dos Santos. A Utilização de Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2023.