

ENSINANDO ONDAS ELETROMAGNÉTICAS A PARTIR DA EXPANSÃO DO UNIVERSO

Teaching Electromagnetic Waves Through the Expansion of the Universe

Flávio Gimenes Alvarenga [flavio.alvarenga@ufes.br]

Departamento de Física, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, 29075-910

Simone Siqueira Chagas [simone.chagas@educador.edu.es.gov.br]

EEEFM Professora Maria Trindade de Oliveira, Secretaria da Educação do Espírito Santo (SEDU)

Rua Afonso Cláudio, 440 - Centro, Ibatiba - ES, 29395-000

Gustavo Viali Loyola [gustavo.loyola@ufes.br]

Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Rodovia Governador Mário Covas, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus – ES, 29932-540

Recebido: 18/01/26

Aceito: 28/03/2026

Resumo

Neste trabalho é descrito o estudo das ondas eletromagnéticas, realizado por estudantes do 2º ano do ensino médio de uma escola da rede estadual do Espírito Santo (ES) localizada no município de Ibatiba. Foi elaborada e aplicada uma Sequência Didática (SD) que aborda as ondas eletromagnéticas tendo como pano de fundo a expansão do Universo e sua relação com o chamado deslocamento para o vermelho dos comprimentos de onda observados. A SD foi dividida em quatro etapas, onde foram utilizadas as metodologias ativas Ensino Sob Medida e Previsão-Observação-Explicação (POE). Como quase nunca ao serem perguntados sobre ondas, os estudantes citam as ondas invisíveis ao olho humano, uma etapa do estudo consistiu numa análise da relação entre essas e as tecnologias cotidianas. Durante as etapas da pesquisa os estudantes foram avaliados através de questionários, questões abertas e atividades investigativas. A SD iniciou com uma visita à escola da exposição “100 anos da Expedição de Sobral: O Eclipse e o Teste da Relatividade Geral” e culminou com apresentações dos estudantes sobre os temas abordados durante as aulas, no formato oral, de vídeos, experimentos, slides, entre outros. Finalmente, uma sistematização dos principais resultados obtidos a partir dos dados coletados dos questionários, questões abertas e demais atividades efetuadas por estudantes de uma turma da segunda série do Ensino Médio será relatada e discutida.

Palavras chaves: Ensino de Ondas Eletromagnéticas; Expansão do Universo; Ensino sob Medida; Previsão-Observação-Explicação.

Abstract

In this work, we describe the study of electromagnetic waves carried out by second-year high school students at a public school in the state of Espírito Santo (ES), located in the municipality of Ibatiba. A Didactic Sequence (DS) was developed and implemented, addressing electromagnetic waves using the expansion of the Universe as a backdrop and its relation to the so-called redshift of observed wavelengths. The DS was divided into four stages, incorporating the active methodologies Just-In-Time Teaching and Predict-Observe-Explain (POE). Since students rarely mention waves invisible to the human eye when asked about waves, one stage of the study involved analyzing the relationship between these waves and everyday technologies. Throughout the research process, students were assessed through questionnaires, open-ended questions, and investigative activities.

The DS began with a school visit from the exhibition “100 Years of the Sobral Expedition: The Eclipse and the Test of General Relativity” and concluded with student presentations on the topics covered in class, using formats such as oral presentations, videos, experiments, and slides, among others. Finally, a systematization of the main results obtained from the data collected through questionnaires, open-ended questions, and other activities carried out by students from a second-year high school class will be reported and discussed.

Keywords: Teaching of Electromagnetic Waves; Expansion of the Universe; Just-In-Time Teaching; Predict-Observe-Explain.

Introdução

A inserção de conteúdos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia no currículo da Educação Básica brasileira tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada tanto por documentos curriculares oficiais quanto pelo interesse espontâneo dos estudantes por temas relacionados à origem, estrutura e evolução do Universo (Seferin, 2019; Langhi, R.; Nardi, R., 2009). Questões como a idade do cosmos, a existência de buracos negros e a expansão do espaço-tempo permeiam o imaginário juvenil e frequentemente emergem em sala de aula. No entanto, apesar dessa ampliação temática, tais conteúdos ainda são, em muitos contextos escolares, abordados de forma fragmentada e desarticulada em relação aos conceitos fundamentais da Física que lhes dão sustentação empírica e teórica.

No Ensino Médio, o estudo das ondas eletromagnéticas (Nussenzveigh, 2014) costuma ocupar lugar consolidado no currículo (Brasil, 2018), geralmente associado à descrição do espectro eletromagnético, às leis de propagação da radiação e a aplicações tecnológicas do cotidiano, como telecomunicações, imagens médicas e dispositivos eletrônicos. Por outro lado, os temas de Cosmologia (Paulucci; Moraes; Horvath, 2022; Horvath et al., 2011), quando presentes, aparecem frequentemente como tópicos introdutórios ou complementares, tratados de modo predominantemente conceitual e descritivo, com pouca ênfase nos procedimentos observacionais que fundamentam o conhecimento cosmológico contemporâneo. Essa separação curricular contribui para que os estudantes não reconheçam que praticamente todo o conhecimento atual sobre o Universo — desde a caracterização de galáxias distantes até a evidência da expansão cósmica — é construído a partir da análise da radiação eletromagnética.

Do ponto de vista epistemológico, essa dissociação é particularmente problemática. A Cosmologia moderna não se sustenta apenas em modelos teóricos abstratos, mas em dados observacionais obtidos por meio da detecção, registro e interpretação de diferentes faixas do espectro eletromagnético. Fenômenos como o *redshift* cosmológico, a radiação cósmica de fundo e a distribuição espectral da luz emitida por galáxias distantes constituem evidências centrais para a compreensão da expansão do Universo. Ignorar ou minimizar o papel das ondas eletromagnéticas nesses processos compromete a compreensão da própria natureza do conhecimento científico e do modo como a Física constrói explicações sobre fenômenos que não podem ser observados diretamente.

No contexto escolar, essa fragmentação manifesta-se em dificuldades recorrentes dos estudantes em estabelecer relações entre conteúdos aparentemente distintos. É comum que estudantes compreendam, de forma isolada, conceitos como comprimento de onda, frequência ou espectro eletromagnético, sem perceber sua relevância para a descrição da evolução do Universo. Da mesma forma, ao discutir a expansão do Universo, muitos estudantes recorrem a explicações intuitivas ou meramente descritivas, desvinculadas dos mecanismos físicos que permitem inferir tal expansão. Essas dificuldades sugerem a necessidade de propostas didáticas que articulem explicitamente Ondulatória e Cosmologia, promovendo uma visão integrada da Física.

Além do desafio conceitual, há também um desafio pedagógico. A literatura em Ensino de Ciências tem apontado limites de abordagens excessivamente transmissivas, nas quais o estudante assume papel predominantemente passivo no processo de aprendizagem (Moreira; Greca, 2003; Villani; Nascimento, 2003). Em contraposição, metodologias ativas (Studart, 2019; Ferreira, 2018) e estratégias investigativas (Azevedo, 2006; Carvalho, 2013) vêm sendo defendidas como alternativas capazes de favorecer a construção significativa do conhecimento, o engajamento dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais. Nesse sentido, integrar conteúdos de Ondulatória e Cosmologia por meio de atividades investigativas pode representar não apenas um ganho conceitual, mas também uma oportunidade de reconfigurar a dinâmica da sala de aula.

A articulação entre ondas eletromagnéticas e a expansão do Universo, mediada por metodologias ativas, apresenta-se, assim, como um eixo didático promissor. Ao explorar como a radiação eletromagnética é utilizada para obter informações sobre o cosmos, o estudante é convidado a compreender a Física como um campo de conhecimento integrado, no qual conceitos, modelos e evidências empíricas se conectam. Essa abordagem favorece a compreensão do papel da observação, da experimentação indireta e da modelagem científica na construção do conhecimento cosmológico, ao mesmo tempo em que reforça a relevância dos conteúdos de Ondulatória estudados no Ensino Médio.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo investigar de que maneira estudantes do Ensino Médio estabelecem relações entre Ondas Eletromagnéticas e a expansão do Universo a partir da implementação de uma sequência didática fundamentada em metodologias ativas e em atividades investigativas. Busca-se analisar não apenas os avanços conceituais alcançados pelos estudantes, mas também as dificuldades persistentes, especialmente aquelas relacionadas à linguagem científica e à compreensão das escalas envolvidas nos fenômenos cosmológicos.

O artigo está dividido como segue: Na próxima seção será descrita a SD, as metodologias e atividades desenvolvidas; em seguida será apresentada a análise e discussão de resultados da aplicação da SD; e finalmente serão apresentadas as considerações finais.

A Sequência Didática Ondas Eletromagnéticas e a Expansão do Universo

O delineamento metodológico foi estruturado a partir da elaboração e aplicação de uma SD composta por quinze aulas, distribuídas ao longo de um bimestre letivo. A sequência foi organizada em quatro etapas principais, concebidas de modo progressivo, com o objetivo de promover a construção gradual de relações entre ondas eletromagnéticas e a expansão do Universo. A fundamentação pedagógica da proposta apoia-se no uso articulado de metodologias ativas, em especial o Ensino sob Medida (Novak et al., 1999; Pastorio, 2020), a estratégia Predizer–Observar–Explicar (POE) (Oliveira; Cid, 2022; White; Cid; Lacerda, Oliveira, 2021; Gunstone, 1992) e atividades investigativas baseadas em problemas e modelos analógicos.

O estudo foi realizado em uma escola pública estadual localizada no estado do Espírito Santo, envolvendo estudantes da segunda série do Ensino Médio, no contexto regular das aulas de Física. A escolha desse nível de ensino deve-se ao fato de que os conteúdos de ondas eletromagnéticas fazem parte do currículo dessa série, possibilitando a articulação com temas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia sem ruptura com o planejamento escolar vigente. Os estudantes participantes apresentavam perfis heterogêneos em termos de interesse e desempenho em Física, o que contribuiu para a diversidade de respostas e produções analisadas.

Os instrumentos de produção de dados utilizados ao longo da pesquisa incluíram: (i) questionários diagnósticos aplicados no início da sequência, com questões abertas destinadas a identificar concepções prévias e interesses dos estudantes; (ii) registros escritos produzidos durante as atividades investigativas, individuais e em grupo; (iii) observações sistemáticas realizadas pelo professor-pesquisador ao longo das aulas; (iv) questionários avaliativos ao final de etapas específicas da sequência; e (v) produções finais dos grupos, apresentadas oralmente e avaliadas por meio de rubricas. A diversidade de instrumentos buscou favorecer a triangulação dos dados, ampliando a confiabilidade das análises.

A SD foi concebida com o propósito de integrar, de forma explícita e progressiva, os conteúdos de ondas eletromagnéticas ao estudo da expansão do Universo, evitando abordagens fragmentadas e excessivamente expositivas. A organização da sequência levou em consideração tanto os conteúdos curriculares previstos para a segunda série do Ensino Médio quanto a necessidade de criar situações didáticas que favorecessem a investigação, a problematização e a participação ativa dos estudantes.

A SD é dividida em quatro etapas: a primeira etapa introduz o assunto espectro eletromagnético, utilizando uma exposição e a metodologia Ensino Sob Medida; na segunda etapa é abordada a relação entre tecnologias cotidianas e as ondas eletromagnéticas, em formato experimental, estruturado em POE; a expansão do Universo e a relação dessa com o espectro eletromagnético é o assunto abordado na terceira etapa, com a utilização de atividades investigativas; na quarta etapa, a Matriz de Competência Socioemocional da Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo (SEDU) é trabalhada, nas competências Aprender a Conhecer e Aprender a Fazer, sendo essa a etapa de demonstração, pelos estudantes, do exercício da curiosidade intelectual e criatividade.

A Figura 1 apresenta as 15 aulas da SD distribuídas nas quatro etapas, metodologias e atividades.

ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA			
1ª ETAPA	Nº de aulas	5 aulas	
	Metodologia	Just in Time Teaching (Ensino sob Medida)	
	Material	Material expositivo relacionado ao conteúdo;	
		Exposição 100 anos da expedição de Sobral;	
		Ficha para anotação durante a exposição;	
Questionários impressos;			
Atividades	Projeto e Slide explicando as respostas de cada questionamento;		
2ª ETAPA	Nº de aulas	2 aulas	
	Metodologia	Predict-Observe-Explain (Previsão-Observação-Explicação)	
	Material	2 aparelhos de celular, 1 que receba ligação e outro que faça ligação;	
		Papel alumínio;	
		Um aparelho eletrônico com controle remoto;	
		Câmera do Celular;	
		Fichas impressas para o momento dos experimentos;	
		Texto impresso;	
	Atividade	Projeto, computador e caixa de som ou TV;	
3ª ETAPA	Nº de aulas	4 aulas	
	Metodologia	Atividades investigativas	
	Material	1 tecido grande (usei um lençol);	
		Objetos arredondados de diferentes massas;	
		Projeto e computadores;	
Atividades	Slides sobre o conteúdo;		
4ª ETAPA	Nº de aulas	4 aulas	
	Metodologia	Atividades impressas;	
	Material	Material para experimento: balão, etiquetas adesivas, régua, prendedor de balão, pedaços de tecidos que estiquem e canetas que escrevam em tecido.	
		Atividades	Universo Balão; Big Bang e Redshift.
		5ª ETAPA	Nº de aulas
Metodologia	Trabalho em grupo: desenvolver as competências socioemocionais Aprender a Conhecer e Aprender a Fazer.		
Material	Projeto e computador;		
	Slide demonstrando as competências que serão desenvolvidas;		
	Atividades		Caixa de som;
6ª ETAPA	Nº de aulas	4 aulas	
	Metodologia	Ficha avaliativa impressa.	
7ª ETAPA	Nº de aulas	4 aulas	
	Metodologia	Apresentação dos trabalhos.	

Figura 1: Sequência Didática – Ondas Eletromagnéticas e a Expansão do Universo.

Fonte: Produzida pelos autores.

Primeira etapa: contextualização, exposição científica e Ensino sob Medida.

A primeira etapa da sequência teve como objetivo mobilizar a curiosidade dos estudantes e levantar concepções prévias relacionadas à Astronomia, Astrofísica e à Cosmologia e ao papel das ondas eletromagnéticas na investigação do Universo. Essa etapa iniciou-se com uma visita orientada a uma exposição científica composta por banners temáticos, abordando, entre outros tópicos, o Eclipse de Sobral e sua relevância histórica para a confirmação da Teoria da Relatividade Geral.

Durante a visita, os estudantes foram convidados a registrar, em fichas, Figura 2, os temas que mais chamaram sua atenção, assuntos desconhecidos, aspectos considerados mais impressionantes e perguntas que surgiram a partir do contato com o material exposto. Esses registros constituíram o primeiro conjunto de dados da pesquisa e serviram como base para a aplicação do Ensino sob Medida. Ao analisar as perguntas e comentários dos estudantes, o professor pôde identificar interesses recorrentes e lacunas conceituais, orientando o planejamento das aulas subsequentes.

Na sequência da visita, foi aplicado um questionário diagnóstico, Questionário I, composto pelas próprias questões elaboradas pelos estudantes. Essa estratégia reforçou o protagonismo discente e permitiu que as intervenções pedagógicas fossem ajustadas às demandas reais da turma, evitando a apresentação de conteúdos desconectados das inquietações manifestadas pelos estudantes. Ao final dessa etapa, foi aplicado um questionário avaliativo, Questionário II, com questões abertas mais elaboradas, destinado a verificar a consolidação inicial dos conceitos discutidos. Os Questionários I e II serão apresentados na seção seguinte juntamente com a análise das respostas dos estudantes.

100 anos da Expedição de Sobral: O Eclipse e o Teste da Relatividade Geral	
Alunos	1-
	2-
	3-
Turma	
Análise do grupo	
1-Qual banner da exposição mais chamou atenção do grupo.	
2- Explique o motivo da escolha do banner no item 1.	
3-Tema da exposição que o grupo não tinha ouvido falar.	
4- Assunto que mais impressionou o grupo.	
5-Formule uma pergunta com a maior dúvida do grupo.	

Figura 2: Ficha de visitação da Exposição: 100 anos da Expedição de Sobral: O Eclipse e o Teste da Relatividade Geral.

Fonte: Produzida pelos autores.

Segunda etapa: exploração do Espectro Eletromagnético por meio da metodologia POE.

A segunda etapa da sequência concentrou-se na introdução e aprofundamento dos conceitos relacionados ao espectro eletromagnético, utilizando a estratégia POE como eixo metodológico. O objetivo central dessa etapa foi ampliar a compreensão dos estudantes sobre a existência de radiações não visíveis e suas aplicações, preparando o terreno conceitual para a articulação com a Cosmologia.

As atividades propostas envolveram situações do cotidiano, como o funcionamento de controles remotos e a utilização de câmeras de celulares para visualizar a radiação infravermelha. Inicialmente, os estudantes foram convidados a formular previsões sobre os fenômenos observados, explicitando suas hipóteses. Em seguida, realizaram observações experimentais e, por fim, foram estimulados a explicar os resultados à luz dos conceitos físicos discutidos em sala de aula.

1º experimento: Blindagem Eletromagnética

Material: dois telefones com a possibilidade de fazerem chamadas entre si; papel alumínio.

Procedimento:

- realizar uma chamada de voz entre os aparelhos;
- embrulhar um dos telefones com papel alumínio após a chamada;
- realizar novamente a chamada para o aparelho que está embrulhado.

A atividade é iniciada com uma chamada de voz realizada pelo professor para o celular em posse de um aluno. Após a primeira chamada de voz, o aparelho que recebeu a ligação será embrulhado com papel alumínio e receberá uma nova ligação. Os estudantes levantarão então suas hipóteses sobre o que aconteceu, socializar e discutir, realizando a primeira fase predizer da metodologia POE. Quando estiver acontecendo a segunda ligação, com o aparelho embrulhado, os estudantes irão observar o fenômeno que ocorre, exercendo a segunda fase da metodologia POE. Ao final da experimentação os estudantes explicarão o que aconteceu antes, durante e depois da blindagem de um dos celulares com o papel alumínio, averiguando se suas hipóteses foram confirmadas ou não, finalizando então a metodologia POE na terceira fase explicar. As três fases POE foram registradas por escrito pelos estudantes num modelo de ficha exibido na Figura 3.

 E. E. F. M. Professora Maria Trindade de Oliveira Ibatiba - ES			
Atividade "Ondas Invisíveis"			
Componente curricular: Física		Série: 2º ano	
Professor(a): Simone Siqueira Chagas		Turma:	
Aluno:		Data:	

ATIVIDADE PARA O PORTFÓLIO

• 1º Experimento: _____

Predizer: _____

Observar: _____

Explicar: _____

• 2º Experimento: _____

Predizer: _____

Observar: _____

Explicar: _____

Figura 3: Ficha de descrição das fases POE.

Fonte: Produzida pelos autores.

2º experimento: O controle remoto e a luz invisível

Material: um aparelho que execute suas funções através de controle remoto; controle remoto; câmera de aparelho celular.

Procedimento:

- ligar o aparelho e executar suas funções com o controle remoto;
- utilizar o controle remoto para diferentes funções do aparelho;
- utilizar a câmera do celular para observação durante a execução de funções do controle remoto.

Novamente, seguem-se as três fases POE. O professor irá executar alguma função do controle remoto, para demonstrar seu funcionamento. O próximo passo é pedir aluno por aluno que observe o controle remoto funcionando e se consegue visualizar alguma luz saindo dele. O professor irá pedir aos estudantes que abram suas câmeras fotográficas do celular e explicar que agora irão observar o controle remoto através dele. Nesse momento os estudantes irão predizer o que irá acontecer, discutir e anotar na ficha, Figura 3. Os estudantes observarão o controle remoto funcionando através de sua câmera e registrarão na ficha o que viram. A última fase POE será contemplada com os estudantes discutindo e explicando por que “a câmera registrou o que os olhos não puderam ver”.

A segunda etapa da SD é finalizada com uma atividade com uma questão aberta, sobre ondas eletromagnéticas e tecnologias cotidianas, para consolidação do conhecimento sobre eletromagnéticas, Figura 4.

Essa etapa revelou-se fundamental para deslocar concepções restritas de ondas, frequentemente associadas apenas a exemplos mecânicos, e para introduzir a noção de que diferentes faixas do espectro eletromagnético podem ser utilizadas para obter informações sobre o ambiente e sobre o Universo. As explicações produzidas pelos estudantes nessa fase constituíram importante material para análise, evidenciando a evolução do vocabulário científico e a emergência de relações conceituais mais elaboradas.

 E. E. F. M. Professora Maria Trindade de Oliveira Ibatiba - ES		
Atividade aberta “O invisível e as Tecnologias Cotidianas”		
Componente curricular: Física	Série: 2º ano	
Professor(a): Simone Siqueira Chagas	Turma:	
Aluno (a):	Data: / /2023	

ATIVIDADE PARA O PORTFÓLIO DE FÍSICA

Radars possuem a função de medir e registrar a velocidade de veículos nas ruas e rodovias, assim inibir velocidades acima do permitido nessas vias.



Antenas de transmissão permitem o funcionamento de televisores, rádios e celulares, transmitindo informações até o aparelho do usuário.



1-Existe relação entre as tecnologias citadas.

- Quais são as relações? Descreva, demonstrando características, que relaciona os eventos mostrados nas imagens.
- O fator “distância” interfere no funcionamento dessas tecnologias? Explique sua resposta.

Figura 4: Atividade Aberta: O Invisível e as Tecnologias Cotidianas.

Fonte: Produzida pelos autores.

Terceira etapa: atividades investigativas sobre a expansão do Universo.

A terceira etapa constituiu o núcleo investigativo da SD, sendo dedicada à exploração da expansão do Universo e de suas evidências observacionais. Essa etapa foi estruturada em uma atividade demonstrativa e três atividades investigativas, cada uma com objetivos conceituais específicos, mas articuladas entre si.

Atividade: Curvatura do espaço-tempo

A aula inicia com a simulação da curvatura do Universo usando um tecido e objetos de massas diferentes que deformam o tecido, como mostrado na Figura 5. Enquanto o tecido estiver sendo deformado, estará acontecendo um diálogo envolvendo professor e estudantes sobre a analogia entre a deformação provocada no tecido e a deformação no espaço-tempo descrita pela Teoria da Relatividade Geral.

A partir dessa atividade, a aula prosseguirá de forma expositiva com a apresentação dos conceitos do *Big Bang* e a história térmica do Universo, lei de Hubble e a expansão do Universo, radiação cósmica de fundo, e principalmente a relação entre *redshift* cosmológico e o espectro eletromagnético.

Atividade: Universo Balão

Essa é uma atividade investigativa e experimental. Os estudantes serão divididos em grupos e para cada grupo será entregue o material do experimento: um balão; seis etiquetas adesivas; uma régua; um prendedor para balão; material impresso contendo descrição da atividade, Figura 6.

O objetivo do experimento é concretizar os conceitos apresentados anteriormente sobre Cosmologia, em especial a expansão do Universo, usando o balão como o tecido do Universo e as etiquetas adesivas como as galáxias que irão se afastar à medida que o balão for enchendo. O prendedor para balão é necessário para segurar o balão, sem amarrar, para que a distância entre as etiquetas seja medida com a régua.



Figura 5: Atividade demonstrativa com tecido para representação da curvatura do espaço-tempo.

Fonte: Produzida pelos autores.

A atividade Universo Balão, possibilitou através de um modelo analógico simples explorar a lei de Hubble. Por meio da marcação de pontos em um balão inflado progressivamente, os estudantes investigaram a relação entre distância e velocidade de afastamento, sendo estimulados a interpretar o

experimento à luz da expansão do espaço. Essa atividade permitiu discutir limites e potencialidades de modelos analógicos, bem como dificuldades relacionadas à compreensão de escalas cosmológicas.

Atividade: Big Bang

Esta é uma atividade aberta de consolidação, que consiste a partir de uma imagem e texto sobre o *Big Bang*, resfriamento do Universo e espectro eletromagnético, efetuar os seguintes questionamentos aos estudantes:

- Qual a relação entre o *Big Bang* e as ondas eletromagnéticas?
- Quais são as teorias ou fenômenos e leis, que reforçam essa teoria, que é a mais aceita na comunidade científica? Nessas teorias existe, também, a relação com as ondas eletromagnéticas?
- Como vocês explicariam o resfriamento do Universo após o *Big Bang*? O estudo do espectro eletromagnético pode ajudar a responder esse questionamento? Como?

Atividade Universo Balão da aula 2 do capítulo 4. Citada na página 37.

E. E. E. F.M. Professora Maria Trindade de Oliveira Ibatiba - ES	
Atividade Investigativa "Universo Balão"	
Componente curricular: Física	Série: 2º ano
Professor(a): Simone Siqueira Chagas	Turma:
Aluno (a):	Data: / /2023

ATIVIDADE PARA O PORTFÓLIO DE FÍSICA

Em nossas últimas aulas estudamos alguns tópicos relacionados ao Universo e sua evolução, evidenciando com base nos estudos recentes da cosmologia que o Universo parece estar ficando cada vez maior. Podemos usar um balão para nos ajudar a compreender o que está acontecendo no cosmo. Nesta atividade, o balão representa o Universo; e como já discutimos ele está repleto de galáxias.



Fonte da imagem: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/a-lei-hubble-expansao-universo.htm>

Construam, utilizando os materiais descritos abaixo, uma representação através na qual seja possível simular a expansão do Universo.

Materiais

- 01 Balão arredondado
- 06 Etiquetas adesivas
- 01 Régua
- 01 Prendedor para balão

- ✓ Discutam em grupo os procedimentos (como realizarão a representação?);
- ✓ Levantem as hipóteses do que irá acontecer durante a experimentação;
- ✓ Descrevam a experimentação;
- ✓ Observem o que aconteceu e se as hipóteses foram confirmadas ou não;
- ✓ Descrevam o resultado da experimentação e as explicações para o ocorrido, de acordo com o grupo;
- ✓ Relacionem o experimento a fenômenos ondulatórios tais como: Efeito Doppler, ondas eletromagnéticas (frequência e comprimento de onda) e Lei de Hubble;
- ✓ Por fim, escrevam um texto com todas as questões citadas aqui.

Atividade sobre o *Big Bang* utilizada na aula 2 do capítulo 4. Citada na Página 38.

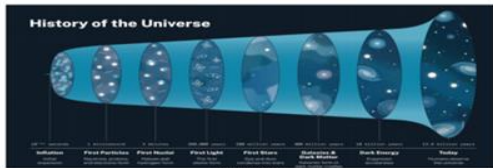
E. E. E. F.M. Professora Maria Trindade de Oliveira Ibatiba - ES	
Atividade "Big Bang"	
Componente curricular: Física	Série: 2º ano
Professor(a): Simone Siqueira Chagas	Turma:
Aluno:	Data:

ATIVIDADE PARA O PORTFÓLIO DE FÍSICA

O astrônomo inglês Fred Hoyle deu o nome de *Big Bang*, sarcasticamente, a um estado quente e denso que se encontrava o Universo antes da formação das galáxias. A tradução é Grande Explosão, o que nos remete a pensar que tudo surgiu de uma explosão imensurável. O sarcasmo do astrônomo se deu por não acreditar nessa teoria, Hoyle sugeriu que o Universo seria infinito no tempo, mantendo suas propriedades e essas seriam imutáveis, propondo assim a Teoria do Universo Estacionário, onde o Universo não estaria expandindo.

As partículas que compunham a matéria durante o *Big Bang* não explodiram e sim colapsaram, expandindo e originando o Universo primordial a aproximadamente 13,8 bilhões de anos. As estruturas que conhecemos atualmente começaram a se formar logo após a origem do espaço-tempo, com a imediata liberação de energia. À medida que expandia o universo esfriava gradativamente, diminuindo a energia de radiação, tornando possível o domínio da matéria e sua conformação.

Imagem da "História do Universo"



Fonte: NASA.gov

Segundo a imagem acima, posteriormente a expansão inicial, no primeiro microssegundo nêutrons, prótons e elétrons se formam. Nos primeiros três minutos gerou-se os primeiros núcleos de hélio e hidrogênio. Após 300.000 anos se formaram os primeiros átomos, em 200 milhões de anos gases e poeiras se condensam em estrelas. Em 400 milhões de anos galáxias se formam em berços de matéria escura. Em 10 bilhões de anos, acontece a expansão acelerada da energia escura e hoje, depois de 13,8 bilhões de anos, nós humanos observamos o Universo.

Leiam o texto, pode ser uma leitura silenciosa, cada um lê pra si ou um aluno lê pro grupo. Baseados na leitura e no que estudamos até aqui, respondam:

- ✓ Existe relação entre o *Big Bang* e as ondas eletromagnéticas?
- ✓ Quais são as teorias ou fenômenos e leis, que reforçam essa teoria, que é a mais aceita na comunidade científica? Nessas teorias existe, também, a relação com as ondas eletromagnéticas?
- ✓ Como vocês explicariam o resfriamento do Universo após o *Big Bang*? O estudo do Espectro Eletromagnético pode ajudar a responder esse questionamento? Como?

Figura 6: Atividade investigativa Universo Balão, à esquerda. Atividade Big Bang, à direita

Fonte: Produzida pelos autores.

Atividade: RedShift

Esta é uma atividade investigativa experimental sobre o *redshift*, Figura 7. Os estudantes são divididos em grupos e recebem os seguintes materiais: tecido que estique; caneta que escreva no tecido; uma régua; material impresso contendo descrição da atividade e as questões a serem respondidas pelo grupo. O objetivo dessa atividade é que os estudantes percebam de forma concreta, que quando o tecido estica as ondas se alongam junto e que na borda essa distensão é maior que no centro, e ainda relacionem tais efeitos ao espectro eletromagnético. Espera-se que os estudantes associem que no tecido, é o material físico que se estica, enquanto no Universo é o espaço-tempo que se expande.

Buscou-se integrar os conceitos de expansão do Universo, efeito Doppler e interpretação espectral. Os estudantes analisaram representações gráficas de espectros e discutiram como o deslocamento das linhas espectrais fornece evidências da expansão cósmica. Essa atividade demandou a coordenação de múltiplos conceitos, configurando-se como a etapa de maior complexidade cognitiva da sequência.

Atividade sobre o *Redshift*, realizada na aula 3 do capítulo 4. Citada na página 38.

 E. E. F. M. Professora Maria Trindade de Oliveira Ibatiba - ES 	
Atividade Experimental Investigativa "RedShift"	
Componente curricular: Física	Série: 2º ano
Professor(a): Simone Siqueira Chagas	Turma:
Aluno:	Data:

ATIVIDADE PARA O PORTFÓLIO

O deslocamento para o vermelho, *Redshift*, é um fenômeno que se produz quando a luz ou a radiação eletromagnética de objetos distantes se desloca para comprimento de ondas mais longas, fazendo com que pareça mais vermelho.

Esse deslocamento está diretamente relacionado a velocidade da fonte que emite a luz, quanto mais rápida, maior o deslocamento.



Fonte das imagens: <http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/introcosm/Glossario/Redshift.html>;
https://www.bloga.unicamp.br/chavesonopos2009/08/14/o_tamanho_do_universo_uma_paga_2/

Questão 1

Baseados no que estudamos nas últimas aulas, utilizem o material descrito abaixo, para demonstrar o *Redshift*.

Materiais

- Tecido que estique
- Caneta que escreva no tecido
- 01 Régua

- ✓ Discutam em grupo os procedimentos (como farão a demonstração?);
- ✓ Levantem as hipóteses do que irá acontecer durante a experimentação;
- ✓ Descrevam a experimentação;
- ✓ Observem o que aconteceu e se as hipóteses foram confirmadas ou não;
- ✓ Descrevam o resultado da experimentação e as explicações para o ocorrido, de acordo com o grupo;
- ✓ Relacionem o experimento a fenômenos ondulatórios tais como: Efeito Doppler, ondas eletromagnéticas (frequência e comprimento de onda) e Lei de Hubble.
- ✓ Por fim, escrevam um texto com todas as questões citadas aqui.

Figura 7: Atividade: *RedShift*.
 Fonte: Produzida pelos autores.

Quarta etapa: síntese, produção em grupo e avaliação por critérios estabelecidos.

Na etapa final da sequência, os estudantes organizaram-se em grupos para desenvolverem e apresentarem trabalhos investigativos que sintetizassem os conhecimentos construídos ao longo das etapas anteriores. As apresentações envolveram pesquisa, elaboração de materiais e exposição oral, sendo avaliadas por meio de critérios, Figura 8, previamente definidos.

TRABALHO:	
TEMA:	
ALUNOS	1-
	2-
	3-
	4-

Pilar	Crítérios	Insatisfatório	Regular	Bom	Muito bom	Excelente
CONHECER	Raciocínio	Estratégias criativas para apresentação				
		Criticidade quanto ao assunto				
		Pesquisa bem feita				
	Aprender a aprender	Assimilação do conteúdo				
		Evolução do aprendizado				
		Arte da apresentação				
Interesse por aprender	Demonstração de curiosidade sobre o assunto					
	FAZER	Trabalho em grupo	Colaboração e cooperação do grupo			
			Sincronismo do grupo			
Divisão de responsabilidades						
Protagonismo	Proatividade do grupo					
	Organização da apresentação/trabalho					
	Autocontrole durante a apresentação					
Comunicação	Comunicação clara durante a apresentação					
	Assertividade quando ao tema					
	Diálogo apropriado entre o grupo					

Figura 8: Ficha avaliativa dos pilares Aprender a Conhecer e Aprender a Fazer.

Fonte: Produzida pelos autores.

Os critérios estão associados aos pilares Aprender a Conhecer e Aprender a Fazer, descritos na Matriz de Competências Socioemocionais da Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo (Espírito Santo, 2018), tais como criticidade, curiosidade, clareza conceitual, capacidade de pesquisa, organização das ideias e comunicação. Essa etapa teve como objetivo avaliar não apenas a aprendizagem conceitual, mas também habilidades relacionadas à autonomia, à colaboração e à argumentação científica. O pilar Aprender a Conhecer estabelece que a aprendizagem deve ser contínua e acompanhar o cidadão por toda vida. As habilidades desse pilar devem possibilitar e estimular a investigação, a criticidade e a criatividade. Já no pilar Aprender a Fazer, as competências e habilidades são dirigidas para o desenvolvimento da aptidão e capacitação para executar projetos.

A Figura 9 exibe o esquema de organização dos pilares socioemocionais abordados nesta SD.

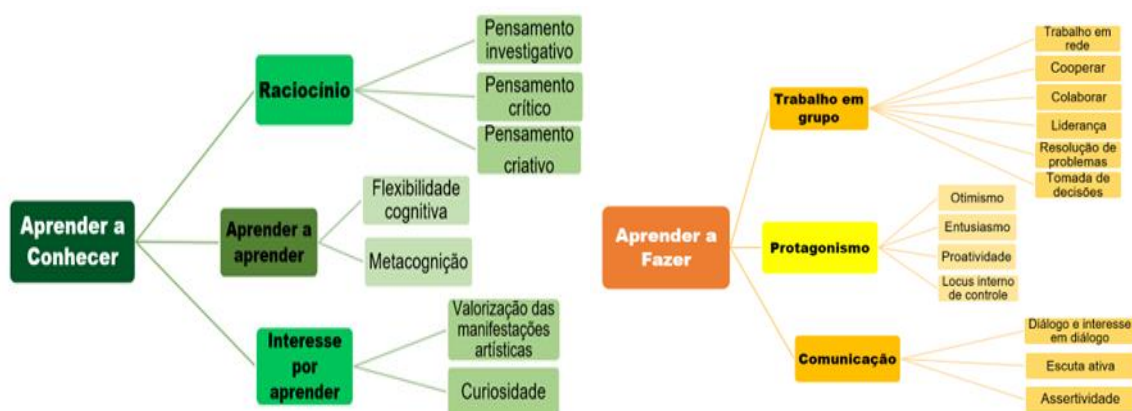


Figura 9: Esquema de organização dos pilares Aprender a Conhecer e Aprender a Fazer.

Foram sorteados para os grupos os seguintes temas: Espectro eletromagnético, *Big Bang*, *Redshift*, Lei de Hubble, Radiação Cósmica de Fundo e Tecnologias Cotidianas que utilizam ondas

eletromagnéticas nos seus funcionamentos. O formato de apresentação poderia ser um vídeo curto, banner, experimento, teatro, paródia, entre outros.

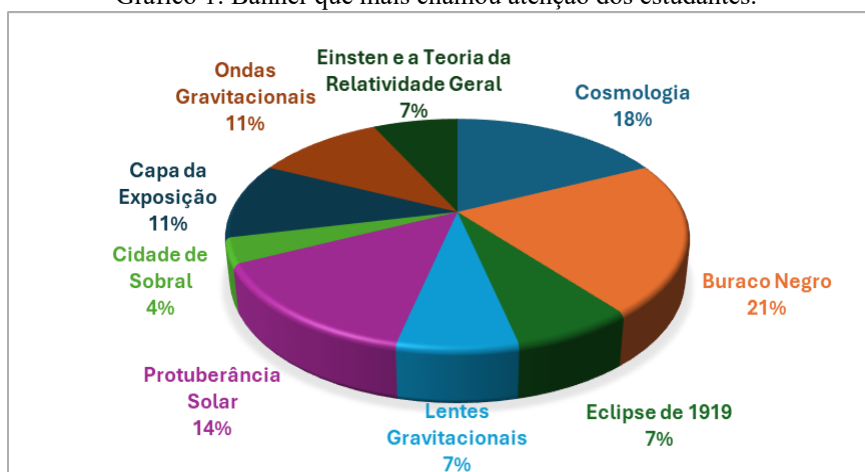
Análise dos Resultados

A SD foi aplicada no segundo semestre do ano de 2024, na EEEFM Professora Maria Trindade de Oliveira localizada no município de Ibatiba-ES, na região da Serra do Caparaó, em duas turmas da segunda série do Ensino Médio. Neste trabalho, a análise abrangerá os dados de uma única turma.

Primeira etapa: contextualização, exposição científica e Ensino sob Medida.

Dos trinta e dois estudantes que participaram da primeira etapa do projeto, vinte e oito preencheram a ficha de análise dos banners, formulando material para basear as aulas seguintes, conforme indica a metodologia Ensino Sob Medida. De acordo com as fichas preenchidas, o banner da exposição que mais chamou a atenção dos estudantes foi aquele com o título Buracos Negros, porém outros oito também foram citados, veja o Gráfico 1.

Gráfico 1: Banner que mais chamou atenção dos estudantes.



Fonte: Produzida pelos autores.

Os estudantes citaram, como temas que não haviam ouvido falar, predominantemente a protuberância solar, seguido da Cosmologia e da história do eclipse de Sobral em 1919. Já ao serem perguntados sobre os assuntos que mais os impressionaram foram citados os buracos negros, seguidos das ondas gravitacionais e a visualização da protuberância solar durante o eclipse. Ainda segundo a ficha preenchida na exposição, os assuntos mais escolhidos para formulação de perguntas pelos estudantes foram pela ordem: sobre os instrumentos usados em Sobral; protuberância solar; ondas gravitacionais; lentes gravitacionais e *Big Rip*.

Seguindo o cronograma da SD, após exposição foi aplicado o primeiro questionário, elaborado pelos estudantes. O Questionário I, que corresponde a primeira coluna da Tabela 1, foi aplicado para catorze estudantes. A Tabela 1, explicita as perguntas respondidas pelos estudantes, no questionário avaliativo da etapa, com números de acertos e respostas em branco. As respostas em destaque, são respostas bem elaboradas pelos estudantes e foram fielmente transcritas.

Tabela 1: Questionário I com número de acertos e respostas em destaque.

Análise do questionário avaliativo após exposição e aulas			
Perguntas	números de acertos	Não responderam	Resposta em destaque
Explique o que é um eclipse e a diferença entre eclipse solar e eclipse lunar.	22	1	Um eclipse é quando um corpo celeste se move para sombra de outro copo bloqueando parcialmente ou totalmente a luz. A diferença é que no eclipse solar a lua bloqueia o sol, enquanto no eclipse lunar a terra bloqueia a luz do sol que ilumina a lua.
Por que Sobral foi escolhida pelas expedições britânica e americana para observar o eclipse de 1919?	21	1	Porque a cidade estava localizada em uma das zonas da terra onde o eclipse total seria visível, a escolha de Sobra foram: localização geográfica, clima favorável, posição astronômica adequada.
Por que as observações feitas em Sobral, durante o eclipse, foram tão importantes para Ciência?	20	2	As observações em Sobral confirmam a previsão de Einstein de que a luz das estrelas seria desviada pela gravidade do sol. Isso foi uma prova crucial da relatividade geral, revolucionando nossa compreensão da gravidade e do espaço-tempo.
(ITA-SP adaptada) O raio do horizonte de eventos de um buraco negro corresponde à esfera da qual nada, nem mesmo a luz, escapa da atração gravitacional por ele exercida. Se nada sai como recebemos informações sobre um buraco negro?	17	4	Através de ondas gravitacionais, gravitação e interação com a matéria
Como foi detectado aqui na Terra a colisão de dois buracos negros?	20	1	Por meio de ondas gravitacionais, que são distorções no espaço- tempo geradas por eventos, massivos como este.

Como é possível sabermos informações como constituição e extensão de corpos extraterrestres?	17	2	Através da espectroscopia permite identificar a composição química e características de corpos celestes. Quando a luz de uma estrela passa perto do sol, sua trajetória é mudada pela gravidade do sol, e a luz chega até a Terra trazendo informação.
Como que a deflexão da luz de uma estrela, posicionada atrás do sol durante o eclipse de 1919, provou que o universo é curvo?	14	2	porque sol distorceu a luz dessa estrela provando que o universo é curvo.

Fonte: Produzida pelos autores.

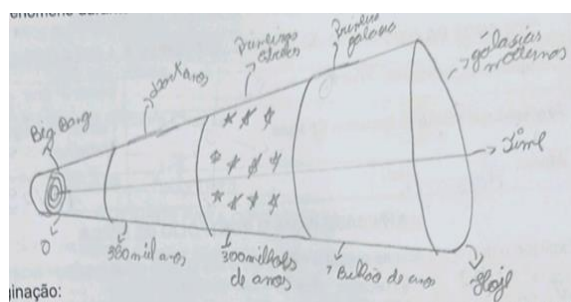
Posteriormente, um segundo questionário foi aplicado, Questionário II, Tabela 2, com o objetivo de fechar a primeira etapa da SD. Responderam ao questionário II vinte e dois estudantes.

O questionário II possuía duas questões adicionais em relação ao questionário I. A questão oito, pedindo um desenho do *Big Bang* e sua evolução e a questão nove que era um exercício de imaginação a respeito dos buracos negros:

Questão oito: *A teoria científica que explica a origem do Universo mais aceita atualmente é a Teoria do Big Bang. Segundo esta teoria, toda a matéria que existe estaria, há cerca de 15 bilhões de anos atrás, extraordinariamente concentrada em um só ponto. Faça um desenho que represente o Big Bang e a evolução desse fenômeno durante 15 bilhões de anos.*

Com relação a essa questão, a Figura 10 exibe quatro desenhos representativos das respostas. A Figura 10a revela a concepção errônea que o Universo nasceu de um único ponto no espaço-tempo. A Figura 10b segue a evolução térmica do Universo, apresentada na SD. A Figura 10c faz parte do grupo de desenhos que fogem de categorização *a priori*. Observe que o Sol é colocado fora do Universo. Já a Figura 10d evidencia uma concepção errônea de o Universo se restringe ao Sistema Solar.

Questão nove: *Vamos usar a imaginação! Você conseguiu passar pelo disco de acreção de um buraco negro sem danos ao seu corpo, quando você passar pelo horizonte de eventos não terá mais volta, a gravidade extremamente alta do buraco não te deixará sair, mas você estará vivo e consciente (vamos lembrar que é só imaginação). O que você acha que acontecerá com você dentro do buraco negro, sua velocidade, suas sensações. Você cairá. Estará indo para onde? Me conta aí!*



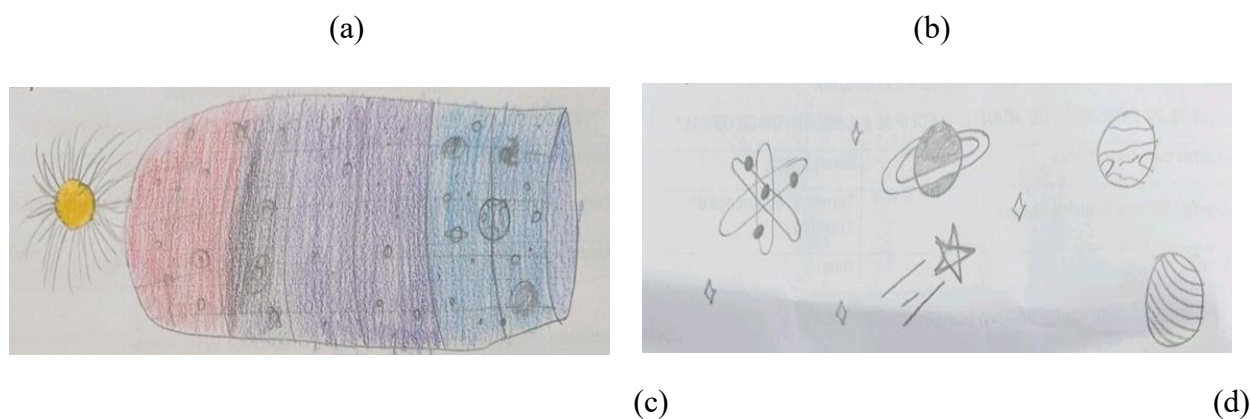


Figura 10: Concepções do *Big Bang* e a evolução do Universo.

Fonte: Produzida pelos autores.

Com relação à questão nove, destaca-se a resposta de uma aluna que aborda efeitos gravitacionais observados nos buracos negros:

“A sensação seria com está em uma queda constante, acelerando sem parar. À medida que eu me aproximasse do centro do buraco negro, conhecido com singularidade, o espaço-tempo se distorceria de maneiras inimagináveis. Eu sentiria uma pressão imensa, como se estivesse sendo esticado e comprimido ao mesmo tempo. Essa distorção poderia criar um efeito visual fascinante, onde a luz ao meu redor se curvaria, fazendo com que o ambiente parecesse se contorcer. Minhas sensações poderiam ser uma mistura de medo e maravilha. Eu estaria viajando para um lugar além da compreensão humana, talvez até vislumbrando outros universos e dimensões. A velocidade aumentaria tanto que o tempo pareceria desacelerar em relação ao que eu deixei para trás. Estaria indo para um destino desconhecido, onde as leis da física como conhecemos podem não se aplicar. Seria uma aventura cósmica incrível, mesmo que cheia de incerteza.”

É importante comentar que, dos trinta e dois estudantes, somente dez realizaram todas as atividades da primeira etapa. Usando as respostas desses dez estudantes, foi analisada a evolução do aprendizado sobre os temas e fenômenos abordados na exposição, Tabela II. A Tabela II considera a ficha preenchida na visita à exposição (o antes), as respostas ao Questionário I (o durante) e as resoluções do Questionário II (o depois).

Tabela 2: Evolução de aprendizagem de conceitos, antes, durante e depois da exposição.

Aluno	Antes	Durante	Depois
Aluno 1	Nunca tinha ouvido falar em protuberância solar.	Não respondeu à pergunta “O que é e o que causa a protuberância solar.	Não citou o fenômeno no novo questionário.
Aluno 2	Nunca tinha ouvido falar na cidade de Sobral em 1919.	Não falou sobre a cidade.	Respondeu que a cidade de sobral foi escolhida pelas expedições de 1919, por ser um local estratégico e o clima

			ser favorável para visualização do eclipse.
Aluno 3	Perguntou o que tem dentro do buraco negro.	Disse que o buraco negro surge quando ocorre uma explosão.	Disse que a colisão de dois buracos negros foi detectada aqui na Terra, através de ondas gravitacionais.
Aluno 4	Perguntou o que tem dentro do buraco negro.	Disse que o buraco negro surge de uma cratera que se abre.	Respondeu que recebemos informações sobre buracos negros através de objetos indiretos e radiação de matéria.
Aluno 5	Nunca tinha ouvido falar da detecção de ondas gravitacionais, após colisão de buracos negros.	Disse que um buraco negro surge da morte de uma estrela.	Respondeu que a colisão de dois buracos negros, foi detectado através de ondas gravitacionais, que são distorções no espaço tempo.
Aluno 6	Perguntou como surgem ondas gravitacionais.	Pontuou que ondas gravitacionais surgem de eventos cósmicos que envolvem movimento acelerado de massas.	Disse que a colisão de dois buracos negros foi detectada através de ondas gravitacionais.
Aluno 7	Não havia ouvido falar sobre cosmologia.	Disse que depois que dois buracos negros colidirem, acontece uma explosão.	Afirmou que a massa solar curva o espaço tempo.
Aluno 8	Não havia ouvido falar sobre cosmologia.	Disse que o espaço tempo é curvo porque ele deforma.	Afirmou que a gravidade do sol curva o espaço tempo ao seu redor.
Aluno 9	Nunca tinha ouvido falar em protuberância solar.	Disse que uma protuberância solar acontece quando as estrelas ficam maiores.	Não citou o fenômeno no novo questionário.

Aluno 10	Perguntou o que é protuberância solar.	Disse que uma protuberância solar acontece quando as estrelas ficam maiores.	Não citou o fenômeno no novo questionário.
----------	--	--	--

Fonte: Produzida pelos autores.

Segunda etapa: exploração do Espectro Eletromagnético por meio da metodologia POE.

A segunda etapa da SD, relacionou o espectro eletromagnético, mais especificamente as faixas de rádio e infravermelho, com tecnologias cotidianas, tais como o controle remoto, o celular e os radares, tecnologias essas, bem presentes no dia a dia dos estudantes. O objetivo era comprovar a existência de ondas invisíveis aos olhos humanos.

No primeiro momento dessa etapa, foi trabalhado a metodologia POE em dois experimentos com a participação de vinte e dois estudantes.

1º experimento: Blindagem Eletromagnética

Durante a Predição da POE, a maioria dos estudantes, escreveu frases do tipo “O celular vai disparar, porém sairá um som mais fraco”, “vai emitir menos sinal”, “O celular vai esquentar e o som vai ficar mais fraco”, “vai abafar o som”, “interferência no sinal”, “só vai vibrar”, dando a entender que a blindagem não ocorreria completamente. Outra parcela significativa dos estudantes escreveu “talvez o celular perca a conexão de rede”, “vai bloquear a ligação”, “sinal interrompido”, “não vai tocar”, demonstrando a percepção da blindagem total. Apenas um aluno afirmou que o celular iria tocar do mesmo jeito.

Todos os estudantes, durante a Observação da POE, registraram que o aparelho de celular não funcionou enquanto estava embrulhado. A maioria dos estudantes, nomeou, de forma subjetiva, as ondas recebidas pelo aparelho por sinal. Escreveram “O telefone ficou sem sinal”, “cortou o sinal e não tocou”, entre outros. Nessa turma, um estudante disse que a ligação foi bloqueada e um outro, simplesmente que o celular não tocou, descrevendo assim o que foi observado sem sugerir a existência de ondas invisíveis.

Durante a fase da Explicação da POE, novamente a maioria dos estudantes citou de forma subjetiva, as ondas eletromagnéticas como sinal e apenas dois estudantes mencionaram as ondas eletromagnéticas de forma direta.

2º experimento: O controle remoto e a luz invisível

Na fase da Predição da POE, muitos estudantes escreveram frases do tipo “vai aparecer a luz”, “uma luz branca irá aparecer”, “vai aparecer uma luz vermelha”, “vai aparecer a luz do controle”, “acho que vai aparecer uma luz”. O verbo aparecer expõe a ideia de algo que não era visível e tornou-se perceptível através do telefone. Frases como “irá acender” e “vai piscar” denotam a mesma crença.

Outra parte dos estudantes manifestou uma pré-existência de luz no controle remoto, com frases como “vai conseguir ver a luz do controle remoto”, “irá acender” e “vai refletir”. Apenas três dos vinte e um estudantes citaram a radiação infravermelha no funcionamento do controle remoto.

Todos os estudantes descreveram a visualização de luz durante a Observação da POE. Os que afirmaram que algo aconteceria, tiveram suas previsões totalmente ou parcialmente comprovadas. Mais uma vez citaram frases que indicam que há precedência de luz no controle remoto. Alguns estudantes escreveram sobre a limitação do olho nu e uma pequena parte citou a radiação infravermelha nas suas observações.

Na fase da Explicação da POE vários estudantes citaram a câmera e os olhos humanos, demonstrando que tanto um quanto o outro possuíam a mesma função nesse experimento, enxergar a radiação, porém um era sensível a luz emitida, a câmera, o outro não, o olho. Os estudantes justificaram o fenômeno observado, falando sobre radiação infravermelha, radiação, sensores da câmera sensíveis à luz, luz, propriedade radioativa da câmera e ondas. Apenas dois estudantes não explicaram o evento observado.

No segundo momento dessa etapa, como forma de avaliação, os estudantes realizaram uma atividade aberta com o objetivo de citarem e caracterizarem as ondas invisíveis mencionadas no exercício. A questão trazia imagens de um radar e de antenas de transmissão, explicando suas funções. Pediu-se que fosse feita a relação entre as duas tecnologias, descrevendo suas características e informando se o fator distância iria interferir no uso de tais tecnologias. Dezesete estudantes realizaram essa atividade.

Consideraram-se como respostas corretas aquelas que mencionaram que a relação entre antenas e radares está no funcionamento baseado em ondas eletromagnéticas, mais especificamente ondas de rádio, com a frequência dessas ondas sendo diferente em cada processo e que a distância, de fato, interfere no funcionamento desses equipamentos. As respostas parcialmente corretas foram classificadas como as que citam o uso das ondas eletromagnéticas, de forma direta ou indiretamente, ou seja, usando ou não as palavras ondas, rádio ou frequência de onda, na descrição pedida. Respostas fora do contexto, que não citam ondas eletromagnéticas em nenhuma faixa do espectro e não descrevem o funcionamento das tecnologias citadas, em nenhum trecho da escrita, foram consideradas incorretas.

A análise das respostas revelou um número de seis estudantes respondendo corretamente às questões. Houve uma resposta incorreta e dez descrições parcialmente corretas.

Terceira etapa: atividades investigativas sobre a expansão do Universo.

A terceira etapa da SD tem por objetivo relacionar as ondas eletromagnéticas à expansão do Universo. Nessa etapa os estudantes realizaram atividades de cunho investigativo, sobre fenômenos cosmológicos que indicam que o Universo está em expansão e utilizam ondas eletromagnéticas para explicar cada evento. Foram realizadas três atividades abertas.

Atividade: Universo Balão

Para realização dessa atividade investigativa, foi entregue aos estudantes, que estavam organizados em grupos, materiais que pudessem simular o Universo expandindo e um roteiro com uma imagem artística sinalizando o que deveria ser obtido no final do processo, e tópicos que necessitariam ser realizados. Ao final da atividade os estudantes deveriam compor um texto contendo o que foi pedido nos tópicos. Participaram dessa atividade vinte e quatro estudantes.

Para ser considerado correto, o texto deveria apresentar o balão como o tecido do Universo, as etiquetas como as galáxias se afastando à medida que o balão fosse enchendo, representando a expansão do Universo. Além disso, deveriam ser apresentadas as hipóteses levantadas pelo grupo e a

relação do experimento com o efeito Doppler, as ondas eletromagnéticas ou a lei de Hubble. Redação fora de contexto e com muitas informações erradas configuram as respostas incorretas e textos que não apresentaram todos os pontos mencionados acima, como correto, foram considerados parcialmente corretos. A Tabela 3 exibe os resultados.

Tabela 3: Classificação das respostas – atividade Universo Balão.

Classificação	Estudantes
Respostas corretas	9
Respostas parcialmente corretas	9
Respostas incorretas	6

Fonte: Produzida pelos autores.

Atividade: Big Bang

Essa atividade utilizou um texto que explica a teoria do *Big Bang* e uma imagem com legenda informando tempo e acontecimentos na evolução do Universo. Vinte e um estudantes participaram dessa atividade.

Foram consideradas respostas corretas à atividade, as que relacionavam as ondas eletromagnéticas às três questões propostas e ainda trouxessem uma explicação razoável, citando a radiação cósmica de fundo, o *redshift*, a lei de Hubble ou a Relatividade Geral. As respostas parcialmente corretas, foram as que citaram a relação das ondas eletromagnéticas em pelo menos uma das questões, ou quando não houve a negação, mas, porém, não foi descrita uma explicação correta. Foram consideradas incorretas as respostas que não relacionaram as ondas eletromagnéticas, em nenhuma das três questões, à expansão do Universo. A Tabela 4 exibe os resultados.

Algumas respostas evidenciaram o conhecimento dos estudantes acerca da relação entre as ondas eletromagnéticas e a expansão do Universo, tais como, “O Universo foi esfriando a medida que expandia, e a radiação cósmica de fundo prova isso”, “o estudo da radiação cósmica de fundo no espectro eletromagnético ajuda a entender o resfriamento do universo”, “a radiação emitida pelo universo primordial se esticou e se tornou menos energética ao longo do tempo o que corresponde a um resfriamento”.

Tabela 4: Classificação das respostas – atividade Big Bang

Classificação	Estudantes
Respostas corretas	12
Respostas parcialmente corretas	7
Respostas incorretas	2

Fonte: Produzida pelos autores.

Atividade: RedShift

Essa também foi uma atividade investigativa, que abordou o *redshift* cosmológico. A atividade conduz a partir de um roteiro à demonstração do *redshift* por meio de um experimento. Os estudantes ainda precisariam produzir um texto correlacionando a velocidade de expansão do Universo e o experimento realizado, assim como relacionar o *redshift* com as linhas espectrais, temas das duas questões dessa atividade. Participaram dessa atividade vinte e dois estudantes.

Foram consideradas respostas corretas, os textos que relacionaram o experimento ao *redshift*, mencionando as ondas eletromagnéticas e a lei de Hubble. Devem ainda serem respondidos corretamente as duas questões da atividade, citando a observação de que galáxias mais longínquas se afastam com velocidade maior e a descrição do *redshift* associada às linhas espectrais. As respostas consideradas parcialmente corretas, não continham todos as descrições citadas acima, somente parte delas. As respostas consideradas incorretas são as que não relacionavam o experimento ao fenômeno do *redshift* e não relatavam o que foi pedido no roteiro. A Tabela 5 exibe os resultados.

Tabela 5: Classificação das respostas – atividade *RedShift*.

Classificação	Respostas
Respostas corretas	3
Respostas parcialmente corretas	17
Respostas incorretas	2

Fonte: Produzida pelos autores.

Quarta etapa: síntese, produção em grupo e avaliação por critérios estabelecidos.

A quarta etapa foi a culminância da SD, onde aconteceu a avaliação da evolução do aprendizado dos estudantes, desde a exposição na primeira etapa até as apresentações finais.

Os estudantes foram divididos em grupos, com no máximo quatro componentes. Foram sorteados os seguintes temas para as apresentações dos grupos: Espectro Eletromagnético; *Redshift*, *Big Bang*; Radiação Cósmica de Fundo; Lei de Hubble; e Tecnologias Cotidianas que utilizam Ondas Eletromagnéticas. Os grupos deveriam realizar apresentações curtas e criativas sobre seus respectivos temas, evitando o uso de *slides*. Participaram dessa etapa sete grupos.

Nesse momento da SD também estava sendo avaliado os pilares socioemocionais. Raciocínio, aprender a aprender e interesse por aprender, foram habilidades avaliadas do pilar Conhecer. O pilar Fazer teve as habilidades trabalho em grupo, protagonismo e comunicação, trabalhadas e analisadas na etapa. Os critérios avaliativos estão descritos nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Critérios avaliativos do pilar Conhecer.

PILAR CONHECER				
Critério	Excelente	Bom	Regular	Insuficiente
1-Estratégia criativa e arte da apresentação	Apresentação fugiu do convencional, sem perder a clareza. A organização visual auxiliou na compreensão.	Apresentação clara, com algumas estratégias criativas pontuais, mas sem grande impacto.	Estratégia pouco criativa, limitada ao convencional, sem impacto visual.	Ausência total de criatividade, recursos visuais inexistentes ou inadequados.
2-Criticidade e curiosidade sobre o assunto	Demonstraram interesse em ampliar o conhecimento, com criticidade e relevância dos tópicos apresentados.	Demonstraram compreensão básica, sem aprofundamento. Apresentaram de forma parcial os tópicos relevantes.	Curiosidade limitada, pouco interesse em demonstrar além do básico. Repetição de informações sem aprofundamento.	Ausência de curiosidade ou interesse sobre o assunto. Apresentação de tópicos irrelevantes.
3-Assimilação do conteúdo e evolução da aprendizagem	Demonstrou domínio total do conteúdo, evidenciando progresso significativo de aprendizagem.	Demonstrou boa compreensão com pequenas dificuldades de articulação, apresentando evolução do aprendizado com alguma limitação.	Compreendeu parcialmente os conceitos, apresentando pouca evolução, sem aprofundamento relevante no aprendizado.	Não demonstrou assimilação do conteúdo, não apresentando evolução perceptível do aprendizado.
4-Pesquisa bem feita	Pesquisa aprofundada, com conceitos corretos, usando fontes confiáveis.	Pesquisa adequada com aprofundamento limitado, usando fontes confiáveis.	Pesquisa superficial com algumas lacunas.	Ausência de aprofundamento e conceituação incorreta.

Fonte: Produzida pelos autores.

Tabela 7: Critérios avaliativos do pilar Fazer.

PILAR FAZER

Critério	Excelente	Bom	Regular	Insuficiente
1-Colaboração e cooperação do grupo	Todos os integrantes participaram de forma equilibrada, colaborando ativamente e demonstrando forte espírito de equipe.	A maioria participou e colaborou, com pequenas diferenças de envolvimento	Participação desigual, alguns membros contribuíram pouco.	Pouca ou nenhuma colaboração entre os integrantes, trabalho concentrado em poucos.
2-Proatividade e organização	Demonstraram iniciativa, planejamento claro, cumprimento de prazos e organização exemplar em todas as etapas.	Houve bom planejamento e organização, com pequenas falhas, mas o trabalho foi concluído de forma adequada.	Organização limitada, prazos parcialmente cumpridos e evidências de improviso em partes do trabalho.	Falta de planejamento e organização, prazos descumpridos, trabalho desestruturado e sem iniciativa.
3-Autocontrole, comunicação clara e diálogo apropriado	Demonstraram segurança, e autocontrole mesmo diante de imprevistos. Fala clara e objetiva. Diálogo respeitoso e adequado com colegas.	Apresentaram boa comunicação e controle, com pequenas falhas de clareza ou insegurança, sem comprometer a apresentação	Comunicação pouco clara ou com excesso de hesitação. Dificuldade em manter diálogo apropriado em alguns momentos.	Falta de autocontrole, comunicação confusa, diálogo inadequado ou ausência de interação respeitosa.
4-Assertividade quanto ao tema	Apresentaram o tema com total clareza, objetividade e segurança, sem dispersões, focando nos pontos essenciais.	Expuseram o tema de forma clara e segura, com pequenas digressões ou redundâncias.	Apresentaram com pouca objetividade, insegurança em algumas partes e desvios frequentes do tema.	Falta de clareza, insegurança constante e grande dificuldade em manter o foco no tema.

Fonte: Produzida pelos autores.

A Tabela 8 abaixo exibe a distribuição dos sete grupos por temas e formato de apresentação.

Tabela 8: Temas e formatos das apresentações.

GRUPOS	TEMAS	APRESENTAÇÃO
Grupo 1	<i>Big Bang</i>	Vídeo curto.
Grupo 2	Espectro Eletromagnético	Poesia.

Grupo 3	Tecnologias Cotidianas	Experimento.
Grupo 4	Radiação Cósmica de Fundo	Vídeo.
Grupo 5	<i>Redshift</i>	Experimento.
Grupo 6	<i>Redshift</i>	Experimento.
Grupo 7	Tecnologias Cotidianas	Vídeo curto

Fonte: Produzida pelos autores.

O grupo 1 apresentou um vídeo com *slides* sendo lidos por uma inteligência artificial. O vídeo possuía tempo acima do idealizado para apresentação e não prendeu a atenção dos estudantes por conter muito texto. O vídeo apresenta o *Big Bang* de forma cronológica, abordando os principais fenômenos que o suportam, como a radiação cósmica de fundo.

Embora tenha apresentado uma poesia, o grupo 2 o fez através de um vídeo, que continha a modulação da voz e sem imagem, para falar do espectro eletromagnético. A estratégia foi considerada pouco criativa e não causou impacto visual. A poesia tratou o tema de forma superficial e acabou não citando toda faixa do espectro.

O ponto forte do grupo 3, que apresentou o tema Tecnologias Cotidianas, foi a relevância atribuída aos tópicos abordados. Eles citaram as ondas envolvidas, seus comprimentos de onda, frequências e modos de funcionamento. Evidenciaram uma pesquisa bem realizada, curiosidade e ampliação de seus conhecimentos.

A apresentação do grupo 4 teve grande impacto visual, pois o grupo exibiu um vídeo bem elaborado, que citava uma maquete que os estudantes mostraram e explicaram com muita clareza. O tema Radiação Cósmica de Fundo foi apresentado com clareza e objetividade, demonstrando um avanço significativo no aprendizado dos estudantes.

A criatividade do grupo 5 ficou por conta do experimento apresentado por eles. Para falar sobre o tema *Redshift* o grupo exibiu *slides* e fugiu do convencional realizando um experimento com um aparelho de celular, no qual foi possível escutar o som “se movimentando”, fazendo uma analogia ao fenômeno estudado. Os estudantes evidenciaram compreensão e domínio do tema exposto.

A estratégia criativa, do grupo 6, foi pontualmente observada durante apresentação do experimento, que não causou grande impacto na turma, mas atendeu a proposta de demonstrar a frequência de onda do som variando de acordo com que os aparelhos celulares utilizados na ação, se afastavam ou se aproximavam, propondo uma analogia ao *redshift* cosmológico. Os estudantes, oralmente, explicaram o fenômeno, revelando compreensão básica, sem aprofundamento sobre o tema apresentado.

A proposta inicial apresentada pelo grupo 7, era de um vídeo curto sobre Tecnologias Cotidianas que utilizam ondas eletromagnéticas em seus funcionamentos, porém o grupo fugiu totalmente do tema quando trouxe para sala de aula um experimento demonstrando os meios físicos onde a luz se propaga. O grupo 7 tem a peculiaridade de só possuir integrantes que necessitam de atendimento educacional especializado. Eles foram avaliados usando os mesmos critérios dos demais grupos, mesmo não apresentando o que foi pedido.

A Tabela 9 abaixo apresenta a avaliação dos grupos de acordo com os critérios estabelecidos para o pilar Aprender a Conhecer.

Tabela 9: Tabela de avaliação para o pilar Aprender a Conhecer.

Pilar Conhecer																												
	1				2				3				4				5				6				7			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Fonte: Produzida pelos autores.

A Tabela 10 abaixo apresenta a avaliação dos grupos de acordo com os critérios estabelecidos para o pilar Aprender a Fazer.

Tabela 10: Tabela de avaliação para o pilar Aprender a Fazer.

Pilar Fazer																												
	1				2				3				4				5				6				7			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Fonte: Produzida pelos autores.

De modo geral, os grupos demonstraram autonomia e criatividade em suas apresentações, com algumas exceções, com os estudantes evidenciando compreensão dos temas abordados.

Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo investigar de que maneira estudantes do Ensino Médio constroem relações conceituais entre ondas eletromagnéticas e a expansão do Universo a partir da implementação de uma sequência didática fundamentada em metodologias ativas e em atividades investigativas. A análise dos dados, extraídos rigorosamente das quatro etapas da sequência, permite afirmar que a articulação entre Ondulatória e Cosmologia constitui um eixo didático potente, capaz de promover avanços conceituais significativos, embora não isento de desafios cognitivos e pedagógicos.

Os resultados da primeira etapa evidenciaram que temas de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia exercem forte apelo sobre os estudantes, mobilizando curiosidade e interesse. Entretanto, também revelaram lacunas importantes no repertório histórico-científico e na compreensão do papel das ondas eletromagnéticas na construção do conhecimento astronômico. Ainda que os estudantes reconhecessem a relevância da radiação eletromagnética e da espectroscopia para a Astronomia, a associação direta com a expansão do Universo mostrou-se incipiente nesse momento inicial, reforçando a necessidade de intervenções didáticas estruturadas e progressivas.

Na segunda etapa, voltada à exploração do espectro eletromagnético por meio de tecnologias cotidianas, observou-se avanço na compreensão da existência de ondas invisíveis e de seu uso na comunicação e na obtenção de informações. As atividades baseadas na metodologia POE favoreceram a explicitação de concepções prévias e permitiram deslocamentos conceituais importantes, embora persistissem dificuldades no uso da linguagem científica formal. Esses resultados indicam que a vivência experimental, aliada à mediação docente, desempenha papel central na consolidação de conceitos abstratos associados às ondas eletromagnéticas.

A terceira etapa, núcleo conceitual da pesquisa, evidenciou de forma mais clara os limites e potencialidades da articulação entre Ondulatória e Cosmologia. Enquanto a atividade sobre o *Big Bang* apresentou elevado índice de respostas corretas, sugerindo que a radiação cósmica de fundo funciona como uma âncora conceitual eficaz, as atividades sobre o Universo Balão e, sobretudo, sobre o *redshift* cosmológico revelaram dificuldades persistentes. A predominância de respostas parcialmente corretas na atividade de *redshift* indica que a integração entre expansão do espaço, efeito Doppler cosmológico e interpretação espectral exige níveis mais elevados de abstração e coordenação conceitual, demandando estratégias didáticas específicas e maior tempo de maturação conceitual.

A quarta etapa, de culminância e avaliação por critérios estabelecidos, permitiu ampliar a análise para além da aprendizagem conceitual, contemplando o desenvolvimento de habilidades investigativas, como criticidade, curiosidade, pesquisa e comunicação. Os resultados quantitativos e qualitativos indicam que a sequência didática contribuiu para o fortalecimento dessas habilidades, evidenciando o potencial das metodologias ativas para promover o protagonismo estudantil e a autonomia intelectual. Ao mesmo tempo, as dificuldades observadas em aspectos como criatividade e trabalho colaborativo apontam para a necessidade de um acompanhamento mais sistemático dessas dimensões ao longo do processo formativo.

De modo geral, os achados deste estudo reforçam a importância de propostas didáticas que rompam com a fragmentação tradicional dos conteúdos de Física no Ensino Médio. A articulação entre ondas eletromagnéticas e a expansão do Universo mostrou-se viável e pedagogicamente relevante, desde que sustentada por uma sequência didática cuidadosamente planejada, com progressão conceitual, atividades investigativas e mediação docente contínua. A pesquisa também evidencia que a compreensão de fenômenos cosmológicos não se reduz à memorização de conceitos, mas envolve a apropriação de modelos, evidências observacionais e linguagem científica específica.

Como limitações do estudo, destacam-se o tempo restrito de aplicação da sequência e o número limitado de estudantes envolvidos, o que impede generalizações amplas dos resultados.

Finalmente, pesquisas futuras podem aprofundar essa abordagem em outros contextos escolares, explorar o uso de simulações computacionais e ampliar o diálogo com conteúdos matemáticos associados à Cosmologia, como gráficos espectrais e relações quantitativas da Lei de Hubble.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos organizadores do IV Encontro Nacional do MNPEF e à CAPES pelo suporte financeiro - código de financiamento 001.

Referências Bibliográficas

Azevedo, M.C.P.S. (2006) Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson.

Brasil. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P. *Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. (pp. 1-20). São Paulo: Cengage Learning.

Cid, A. S.; Pizzi, M.; Lacerda, T. C.; Oliveira, E. T. de. (2021). Proposta de sequência didática para hidrostática: aprendizagem ativa em destaque no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 38, n. 1, p. 422-445.

Espírito Santo (Estado). *Currículo do Espírito Santo*. Área de Conhecimento: Ciências da Natureza. Componente Curricular – Ciência. Vitória: Secretaria de Estado da Educação, 2018. Acesso em 18 jan., 2026, https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curriculo_ES_Ciencias_Natureza.pdf

Ferreira, M. I. A. *Proposta de uma metodologia de ensino inspirada nos métodos pensar-emparelhar-compartilhar e instrução por pares: uma implementação para o ensino de indução eletromagnética*. 2018. 151, [1] f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018.

Horvath, J., Lugones, G., Allen, M. P., Scarano Jr, e Teixeira, R. (2011). *Cosmologia Física – Do Micro ao Macro e Vice-Versa*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2a ed.

Langhi, R.; Nardi, R. (2009). Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.31, n.4, p.4402.

Moreira, M. A.; Greca, I. M. (2003). Aprendizagem significativa: um desafio para o ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 195–205.

Novak, G. M.; Patterson, E. T.; Gavrin, A. D.; Christian, W. (1999). *Just-in-Time Teaching Blending Active Learning with Web Technology*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Nussenzveigh, H. M. *Curso de Física Básica - Volume 3*. (2014). São Paulo: Edigar Blucher, 5ª Ed.

Oliveira, M. P.; Cid, A. S. (2022). O uso de simulações computacionais com o predizer–observar–explicar no aprendizado de conceitos da Física: revisão da literatura. *Actio – Ensino e Aprendizagem*, v.7, n.2, p.1–22.

Pastorio, D. P.; Ribeiro, B. S.; Souza, L. A. V. D. de; Pigosso, L. T.; Fragoso, T. A. (2020). Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no Just-in-Time Teaching: um estudo sobre as percepções dos estudantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 42, e20200296.

Paulucci, L., Moraes, P. H. R. S. e Horvath, J. E. (2022). *A Cosmologia na Sala de Aula*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Seferin, A. M. L. *Cosmologia e atividades investigativas no ensino médio: um estudo sobre efeitos dessa abordagem sobre a aprendizagem dos estudantes*. 2016. 243 f. Dissertação (Mestrado em

Ensino na Educação Básica) - Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2016.

Studart, Nelson. (2019). Inovando a ensinagem de Física com metodologias ativas. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 3, n. 3, p. 1–24, 2019.

Villani, A.; Nascimento, S. S. do. (2003). A natureza das dificuldades conceituais dos estudantes em Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, p. 37–46.

White, R.; Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. New York: Routledge.