



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



MALENA ALBUQUERQUE OLIVEIRA

A FORMAÇÃO DO CONCEITO GRAVITAÇÃO UNIVERSAL COM
EXPERIMENTOS DE MODELAGEM ANTIGRAVITACIONAL

MANAUS
2025

MALENA ALBUQUERQUE OLIVEIRA

**A FORMAÇÃO DO CONCEITO GRAVITAÇÃO UNIVERSAL COM
EXPERIMENTOS DE MODELAGEM ANTIGRAVITACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Expósito Nicot.

MANAUS

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

O48f Oliveira, Malena Albuquerque
A formação do conceito gravitação universal com experimento de modelagem antigravitacional / Malena Albuquerque Oliveira. - 2025.
150 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Yuri Expósito Nicot.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas,
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática,
Manaus, 2025.

1. Experimentação. 2. Formação de conceito. 3. Modelagem. 4.
Ciências. I. Nicot, Yuri Expósito. II. Universidade Federal do
Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e
Matemática. III. Título

Malena Albuquerque Oliveira

**A FORMAÇÃO DO CONCEITO GRAVITAÇÃO UNIVERSAL COM
EXPERIMENTOS DE MODELAGEM ANTIGRAVITACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECIM da Universidade Federal do Amazonas/UFAM, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

YURI EXPOSITO NICOT

Data: 14/05/2025 12:48:46-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Yuri Expósito Nicot
Presidente da Banca



Documento assinado digitalmente

MARIA IONE FEITOSA DOIZANE

Data: 15/05/2025 09:46:10-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Maria Ione Feitosa Doizane
Membro Interno



Documento assinado digitalmente

FIDEL GUERRERO ZAYAS

Data: 15/05/2025 19:29:22-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Fidel Guerrero Zayas
Membro Externo

Prof. Dr. Saulo César Seiffert - Suplente Interno – ICB/UFAM
Prof. Dr. Deniz dos Santos Mota - Suplente Externo – ICE UFAM

A minha mãe, irmãos, prima e tia que sempre me apoiaram, a minha avó Maria Raimunda (*in memorian*) e minha tia Cleomara (*in memorian*) que sempre me incentivaram a estudar, a todos os meus amigos(as) e professores(as) que me apoiaram nesta caminhada, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me sustentar durante essa pesquisa, apesar de não ser assídua em nenhuma religião, acredito que Ele sempre esteve comigo.

A minha mãe Celiomara sempre me apoiando, com suas palavras.

A minha irmã Celiane que me ajudou indiretamente cuidando da nossa mãe quando eu não podia.

Aos meus irmãos José, Aquiris e Celiane que entenderam como essa pesquisa é importante para a mudança em minha vida.

A minha prima Vanessa, que cuidou da minha mãe, irmãos e da casa inúmeras vezes enquanto eu tinha que me dispor a esse trabalho.

A minha tia Célia, que mesmo distante, ajudava com suas orações.

Ademais, agradecer a minha avó Maria Raimunda (*in memoriam*) e tia Cleomara (*in memoriam*) que mesmo não conseguindo presenciar essa minha conquista, me ajudaram com seus conselhos e orações durante toda a minha vida, incentivando sempre a estudar.

A meu amigo Guilherme Araújo, com suas contribuições ajudou para que a minha escrita fosse a melhor possível e como um grande amigo disposto a ouvir minhas lamúrias.

A Maria Isabel que com sua calma e carinho sempre me apoiou e ajudou nessa caminhada.

A Ana Camila e Aline que estiveram junto comigo durante esse percurso desafiador que é o mestrado.

A Ledenilce Negreiros, que é uma grande amiga, ajudando nos momentos mais difíceis, até financeiramente.

Aos amigos Madrileyde, Eduardo, Dalila, Dayane, Renan, Cianir, José Igor, Jaqueline, Leiliane, Jéssica, Viviane Pinheiro, Mirlane Matos, Yasmim, Ana de Sá, Karen, Marcelly, Herversson, Ricardo, Mario, Luis entre outros amigos queridos, que se eu listasse aqui daria várias páginas, agradeço imensamente por sempre me ouvirem e apoiarem na trilha deste trabalho.

A meu orientador, professor Yuri que com suas contribuições conceituais ajudou a elaborar este projeto inovador, foi paciente comigo quando eu estava ansiosa.

Aos professores, Saulo César Seiffert, Maria Ione, Welton Yoda e professora Katiuscia que durante a realização das disciplinas contribuíram para que meus conhecimentos se desenvolvessem de forma mais aprofundados sobre a teoria e a pesquisa científica.

Aos membros da banca interno titular e suplente, professora Maria Ione e professor Saulo Seiffert e aos membros externo titular e suplente, aos professores Fidel Zayas e Deniz Mota.

Aos queridos estudantes do 9º ano da turma de 2024 e a diretora Arnalda Ladislau do Centro Educacional Colombo Ladislau que propiciaram desenvolver esta pesquisa, aos professores dessa mesma escola que me ajudaram na caminhada do ser professora, Sadraque, Elizandra, Mayara e Flávia.

Ao grupo de pesquisa LAPENCI, com as reuniões e apresentações colaboraram com o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), por disponibilizar disciplinas essenciais para a minha base teórica sobre a ciência.

Por fim, a Fundação de Amparo e Pesquisa (FAPEAM), por disponibilizar a bolsa de pesquisa para assim desenvolver esse trabalho, com a aquisição dos experimentos, passagens de ônibus e alimentação.

A ciência é um processo contínuo. Nunca termina. Não existe uma única e definitiva verdade a ser alcançada, após a qual todos os cientistas poderão se aposentar. E, por ser assim, o mundo é muito mais interessante.

Carl Sagan

OLIVEIRA, Malena Albuquerque. **A formação do conceito gravitação universal com experimentos de modelagem antigravitacional**. 130f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal do Amazonas - Instituto de Ciências Exatas. Manaus - Am, 2025.

RESUMO

A formação de conceitos é uma habilidade intelectual presente dentro do processo cognitivo, tem suas bases teóricas em Vygotsky (2009) que remete a relação entre pensamento e linguagem ligado ao processo de construção de significados, sendo a linguagem um meio de facilitar e desenvolver o aprendizado. Nesse contexto, a formação do conceito Gravitação Universal, como fenômeno físico estudado no 9º ano do ensino fundamental, se destaca como um desafio significativo necessário para compreender como é estruturado o Sistema Solar e as condições de vida no planeta Terra. Destaca-se a relevância dos experimentos como instrumento pedagógico para facilitar a aprendizagem significativa e a internalização de conceitos científicos pelos discentes. No cenário educacional contemporâneo, os docentes de ciências enfrentam diversos desafios, incluindo a escassez de recursos didáticos, a precariedade da infraestrutura escolar e a ausência de capacitação específica para lidar com abordagens experimentais. Nesse sentido, a pesquisa propõe um estudo de práticas experimentais, em particular de experimentos denominados “antigravitacionais” como um modelo que influencia na formação de conceitos científicos em estudantes do 9º ano do ensino fundamental. Este estudo baseia-se também em teorias de aprendizagem cognitivistas apresentada por Vygotsky (2009) que enfatiza a importância da interação social no processo de ensino aprendizagem. Além disso, são discutidas as limitações do modelo tradicional de ensino de ciências e a relevância da experimentação no processo de ensino-aprendizagem. A pesquisa é do tipo qualitativa na implementação de ferramentas para a coleta de dados e análise de resultados, partindo em primeiro momento de um estudo bibliográfico sobre artigos científicos, dissertações e outras fontes para contextualizar o problema de pesquisa: a concepção didática e metodológica dos experimentos “antigravitacionais” no processo de ensino e aprendizagem em ciências oferece independência cognitiva dos estudantes do último ano do ensino fundamental para a explicação do fenômeno físico Gravitação Universal? O objetivo geral da pesquisa consiste em estabelecer os elementos teóricos e metodológicos que permitam estruturar a aprendizagem e formação de conceitos científicos a partir da experimentação com estudantes do 9º ano do ensino fundamental. A observação participante foi a abordagem da pesquisa qualitativa junto à aplicação de pré-teste e pós-teste, enquetes e a análise de dados para inferir os resultados a partir das atividades experimentais realizadas com os estudantes. A elaboração de uma sequência didática, conforme Zabala (1998) tem como fundamento didático orientar o trabalho metodológico para formar os conceitos relacionados com a gravitação universal e consiste em um conjunto de passos lógicos como atividades didáticas do professor e seus estudantes em interação junto ao recurso didático. Os resultados a partir da categorização e seus indicadores, segundo Bardin (2013) demonstram que os estudantes realizam uma interpretação mais fundamentada teoricamente e de forma prática dos conceitos abordados neste tema de pesquisa.

Palavras-chave: Experimentação; Formação de Conceitos; Modelagem.

OLIVEIRA, Malena Albuquerque. **The formation of the concept of universal gravitation through anti-gravity modeling experiments.**130f.Dissertation (Master's in Science Education and Mathematics Education). Federal University of Amazonas. Exact Sciences Institute. Manaus – AM, 2025

ABSTRACT

Concept formation is an intellectual skill present within the cognitive process, with its theoretical foundations in Vygotsky (2009) which refers to the relationship between thought and language linked to the process of constructing meaning, language being a means of facilitating and developing learning.¹ In this context, the formation of the concept of Universal Gravitation, as a physical phenomenon studied in the 9th grade of elementary school, stands out as a significant challenge necessary to understand how the Solar System is structured and the conditions of life on planet Earth. The relevance of experiments as a pedagogical tool to facilitate meaningful learning and the internalization of scientific concepts by students is highlighted. In the contemporary educational scenario, science teachers face various challenges, including the scarcity of didactic resources, the precariousness of school infrastructure, and the absence of specific training to deal with experimental approaches.² In this sense, the research proposes a study of experimental practices, in particular of experiments called "anti-gravity" as a model that influences the formation of scientific concepts in 9th-grade elementary school students. This study is also based on cognitive learning theories presented by Vygotsky (2009) which emphasizes the importance of social interaction in the teaching-learning process.³ In addition, the limitations of the traditional model of science teaching and the relevance of experimentation in the teaching-learning process are discussed. The research is qualitative in nature in the implementation of tools for data collection and analysis of results, starting from a bibliographic study of scientific articles, dissertations, and other sources to contextualize the research problem: the didactic and methodological conception of "anti-gravity" experiments in the teaching and learning process in science offers cognitive independence of students in the last year of elementary school to explain the physical phenomenon of Universal Gravitation? The general objective of the research is to establish the theoretical and methodological elements that allow structuring the learning and formation of scientific concepts from experimentation with 9th-grade elementary school students. Participant observation was the approach of the qualitative research together with the application of pre-test and post-test, interview, surveys, and data analysis to infer the results from the experimental activities carried out with the students. The elaboration of a didactic sequence, according to Zabala (1998) has as its didactic foundation to guide the methodological work to form the concepts related to universal gravitation and consists of a set of logical steps such as didactic activities of the teacher and their students in interaction with the didactic resource. The results from the categorization and its indicators, according to Bardin (2013) show that students carry out a more theoretically grounded and practical interpretation of the concepts addressed in this research topic.

Keywords: Experimentation; Concept Formation; Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação de conhecimento prévio e científico.....	31
Figura 2 - Cone Antigravitacional.....	42
Figura 3 - Garrafas Equilibristas	43
Figura 4 - Funcionamento do Ludião	44
Figura 5 - Garfos em equilíbrio	45
Figura 6 - Estudantes assistindo ao vídeo 'A História completa da Gravitação Universal'	74
Figura 7 - Quadro do cartão de atividade para preenchimento	75
Figura 8 - Produção do Mapa conceitual sobre a Gravitação Universal	82
Figura 9 - Gravitação Universal	82
Figura 10 - Cone antigravitacional manuseado pelos estudantes.....	87
Figura 11 - Estudantes manuseando o experimento Torre de pisa	89
Figura 12 - Estudantes realizando o experimento do Ludião	91
Figura 13 - Experimento Garfos Equilibristas	93
Figura 14 - Apresentação dos experimentos antigravitacionais para a turma	95
Figura 15 – Respostas de 3 estudantes quanto a questão 8	100
Figura 16 – Respostas de 2 estudantes quanto a questão 9	101
Figura 17 – Respostas de 3 estudantes quanto a questão 10	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descritores da estratégia de busca	35
Quadro 2 - Resultados das pesquisas nas bases indexadoras	37
Quadro 3 - Detalhamento das aulas-pesquisa	49
Quadro 4 - Análise das frequências dos índices	67
Quadro 5 – Exemplo de codificação	68
Quadro 6 - Respostas as questões discursivas.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
SD	Sequência Didática
ZPD	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 A COGNIÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO: PRINCÍPIOS HISTÓRICOS, CONCEITUAIS, TEÓRICOS, MODELAGEM E LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	23
1.1 PARÂMETROS HISTÓRICOS	23
1.2 CONCEPÇÕES SOBRE COGNIÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO	26
1.3 FUNÇÕES PSICOLÓGICAS SUPERIORES - FUNDAMENTOS DE VYGOTSKY	28
1.4 A MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS	32
1.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: EXPERIMENTAÇÃO, COGNIÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS.....	34
1.5.1 ANÁLISE DOS TEXTOS	37
2. PERCURSO METODOLÓGICO	40
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	40
2.2 CONSTRUÇÃO DOS EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAL.....	42
2.2.1 CONE ANTIGRAVITACIONAL.....	42
2.2.2 GARRAFAS EQUILIBRISTAS.....	43
2.2.3 LUDIÃO.....	43
2.2.4 GARFOS EM EQUILÍBRIO	44
2.3 CONCEITO DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	46
2.4 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	47
2.5 CRONOGRAMA DAS AULAS-PESQUISA	48
2.5.1 CONVERSAS COM AGENTES DA ESCOLA SELECIONADA.....	50
2.5.2 CONVERSAS COM A TURMA SOBRE A PESQUISA E TCLE	52
2.5.3 APLICAÇÃO DE PRÉ-TESTE.....	53
2.5.4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISADORA E AULA TEÓRICA.....	54
2.5.5 DISCUSSÃO SOBRE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	56
2.5.6 EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS - MONTAGEM E DIVISÃO DAS EQUIPES	57
2.5.7 EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS - ATIVIDADE INTERATIVA ENTRE AS EQUIPES.....	58

2.5.8	EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS - APRESENTAÇÃO DAS EQUIPES	59
2.5.9	APLICAÇÃO DO PÓS-TESTE	60
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
3.1	ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NA PESQUISA.....	62
3.2	PRÉ-TESTE: INFERÊNCIAS INICIAS E A RELAÇÃO COM AS CATEGORIAS	69
3.3	VÍDEO 'A HISTÓRIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL': CONTEXTUALIZAÇÃO DA TEMÁTICA.....	73
3.3.1	A CONSTRUÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DO VÍDEO	79
3.4	ANÁLISE CATEGORIZADA DAS RESPOSTAS AOS ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS E AS APRESENTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	85
3.5	PÓS-TESTE: RESULTADOS E A RELAÇÃO COM AS CATEGORIAS	97
	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	REFERÊNCIAS	106
	ANEXO A – PRÉ-TESTE.....	113
	ANEXO B – CARTÃO DE ATIVIDADE (ANÁLISE DO VÍDEO).....	115
	ANEXO C – ROTEIRO DO EXPERIMENTO: TORRE DE PISA (GARRAFAS EQUILIBRISTAS).....	116
	ANEXO D – ROTEIRO DO EXPERIMENTO: GARFOS EM EQUILÍBRIO	118
	ANEXO E - ROTEIRO DE EXPERIMENTO: LUDIÃO.....	120
	ANEXO F - ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CONE ANTIGRAVITACIONAL	122
	ANEXO G – PÓS-TESTE	124
	ANEXO H – MAPAS CONCEITUAIS PRODUZIDO PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	127
	ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS (TCLE)	128

INTRODUÇÃO

A formação de conceitos científicos de determinado tema ainda é um grande percalço para muitos estudantes, inclusive aqueles dos anos finais no ensino fundamental, visto que se não houver a aprendizagem correta de determinado conceito, haverá posteriormente dificuldades em compreender outro tema que envolve aquele conteúdo base. Nessa perspectiva, segundo Galperin (1967) desvincular os conceitos teóricos abstratos da prática, prejudica a aprendizagem em modelos de ensino tradicionais e limitando o processo de assimilação.

Para Vygotsky (2009), existem os conceitos cotidianos e os conceitos científicos, sendo, respectivamente, um adquirido no dia a dia com experiências vividas por qualquer pessoa durante sua vida e sem intenção e outro sendo adquirido no meio acadêmico, como, por exemplo, na escola com a definição de objetivos, sendo um processo realizado de forma intencional.

Em consonância, a modelagem, amplamente utilizada na área de ensino da matemática, também pode ser empregada no ensino de ciências. A importância dos modelos em Ciências é amplamente reconhecida tanto por cientistas quanto por filósofos da ciência (Neressian, 1999), uma vez que a teoria dos modelos é, essencialmente, uma teoria da ciência. Os modelos constituem o núcleo de qualquer teoria científica, sendo sua construção e aplicação fundamentais para o processo de pesquisa científica (Morrison; Morgan, 1999; Halloun, 2004). Eles são as principais ferramentas que os cientistas utilizam para gerar conhecimento e representam um dos principais produtos da ciência (Barab *et al.*, 2000; Justi; Gilbert, 2003).

Assim, podemos afirmar que o desenvolvimento do conhecimento científico sobre qualquer fenômeno geralmente está relacionado à produção de uma série de modelos, cada um com diferentes níveis de abrangência e capacidade de predição (Ferreira, 2016). Sendo assim, a utilização de experimentos por meio da modelagem no ensino fundamental, além de formular conceitos científicos, desperta a curiosidade dos estudantes em relação à ciência e proporciona uma compreensão envolvente e significativa dos conceitos científicos.

Para compreender melhor a realidade do ensino de ciências, realizou-se uma pesquisa documental ou bibliográfica sobre elementos relacionados com o objeto da pesquisa por artigos, dissertações e outras fontes relevantes, culminando assim na

revisão integrativa, que será abordado na seção 1. Essa pesquisa ajudou a contextualizar o problema e perceber a importância de trazer experimentos para os estudantes, especialmente para o tema da gravitação no 9º ano do ensino fundamental nos anos finais.

Existem várias discussões em torno do modelo de ensino tradicional, especialmente no contexto do Ensino de Ciências. Consoante a pesquisa de Nicola e Paniz (2017), destacam-se as dificuldades e questões que afetam o sistema educacional, incluindo a aprendizagem dos estudantes. Uma das consequências negativas desse método é a ênfase excessiva na memorização de fórmulas, muitas vezes associada a um ensino monótono, centrado apenas no uso de livros, quadro e giz.

Conforme apontado por Moran (2018), as aulas tradicionais de ciências no Ensino Fundamental muitas vezes falham em estabelecer conexões significativas com o mundo real. Os estudantes esperam que os conteúdos teóricos apresentados em sala de aula se tornem mais realistas e os capacitem a compreender melhor o ambiente em que vivem, tornando o estudo de ciências mais interessante.

Além disso, há outros desafios enfrentados, tais como “escolas com infraestrutura precária, poucos recursos para laboratórios de ensino e escassa oferta de oportunidades de formação contínua para os professores” (Silva; Pedroso; Pinto, 2020, p. 108). Esses fatores impactam diretamente o trabalho do professor em sala de aula, o que conseqüentemente afeta a aprendizagem dos estudantes.

O ensino de Ciências é estruturado a partir de métodos que têm como base conceitos-chave, os quais constituem a espinha dorsal do conteúdo programático em determinado nível de ensino na escola básica. Esses conceitos-chave são fundamentais para dar suporte aos conteúdos científicos e são essenciais para a construção da ciência tal como a conhecemos atualmente.

Dessa forma, a ciência se fundamenta em conceitos-chave, sendo um deles o conceito de Gravitação, que não só serve como base para a Ciência, mas também para outras disciplinas. A compreensão deste conceito possibilita aos estudantes desenvolver uma visão abrangente sobre os fenômenos cotidianos e, conseqüentemente, relacioná-los com os princípios científicos.

Neste contexto, ainda é comum encontrar muitos professores que não possuem a formação adequada para lecionar a disciplina de Ciências, o que resulta em um

cenário desafiador para o ensino desse componente curricular nos anos finais do ensino fundamental. Diante dessa situação, uma alternativa seria a adoção de práticas experimentais como estratégia de ensino, visto que o uso de experimentos em aulas de Ciências proporciona uma abordagem mais dinâmica, incentivando a participação ativa dos estudantes e favorecendo uma compreensão mais aprofundada dos conceitos.

De acordo com Santos (2016), o papel do professor no processo de aprendizagem é crucial para torná-lo significativo e eficaz. Para isso, o docente deve adotar uma postura que inclui a redução de soluções prontas, oferecendo desafios aos estudantes e incentivando o aprofundamento do conhecimento. Ao questionar o que o estudante faz durante a lecionação, Ronca (1996) ressalta a importância de tornar o estudante o protagonista de sua própria aprendizagem. Nesse contexto, Santos (2016) enfatiza que o estudante deve ser o agente ativo na construção do conhecimento.

De acordo com Cratty (1984), o conhecimento sobre como os estudantes aprendem é fundamental para saber como motivá-los na aprendizagem escolar. O interesse dos estudantes em aprender está intrinsecamente relacionado às decisões que os professores tomam em relação à organização do ensino. Contudo, se desejamos verdadeiramente motivar nossos estudantes, é essencial analisar as nossas práticas educacionais são capazes de criar ambientes propícios à aprendizagem e ao interesse dos estudantes, e se tais abordagens podem efetivamente auxiliá-los em seu desenvolvimento acadêmico.

Monteiro *et al.* (2018) afirma que as atividades experimentais têm um papel fundamental no ensino de conceitos científicos, e isso também se aplica ao ensino de gravitação. Essas atividades possibilitam aos estudantes uma abordagem prática e interativa, permitindo uma compreensão mais concreta e significativa dos fenômenos gravitacionais.

Como ressaltado por Marandino (2003), a experimentação é considerada uma atividade fundamental no ensino de ciências e tem sido objeto de muitos estudos e pesquisas ao longo dos anos. Embora tenha recebido críticas, os resultados positivos alcançados têm destacado sua importância.

A utilização de experimentos em sala de aula possibilita trazer o conteúdo teórico para uma aplicação prática, permitindo que os estudantes associem o que foi

estudado com os acontecimentos cotidianos. Valadares (2001) enfatiza que experimentos ou protótipos mais simples e conceituais tendem a ser mais instrutivos e atrativos. Em outras palavras, é papel do professor encontrar métodos e alternativas de ensino que instiguem os estudantes, buscando abordagens mais simples para realizar as práticas.

No entanto, apesar do consenso sobre a importância das práticas experimentais, os professores que lidam com o ensino de gravitação enfrentam desafios específicos ao incorporar a experimentação em suas aulas. Essas dificuldades podem variar desde a falta de infraestrutura adequada de laboratórios até a falta de formação específica em abordagens experimentais para o ensino desse tema.

Diante desse contexto, o problema científico desta pesquisa tem a seguinte pergunta: a concepção didática e metodológica dos experimentos 'antigravitacionais' no processo de ensino e aprendizagem em ciências oferece independência cognitiva dos estudantes do último ano do ensino fundamental para a explicação do fenômeno físico Gravitação Universal? Acompanhando essa proposta, o objetivo geral desta pesquisa é estabelecer os elementos teóricos e metodológicos que permitam estruturar a aprendizagem e formação de conceitos científicos a partir da experimentação com estudantes do 9º ano do ensino fundamental.

Para isto, definimos como objetivos específicos:

- Realizar diagnóstico sobre o conhecimento prévio dos estudantes relacionado com o fenômeno da gravitação universal.
- Caracterizar o objeto de pesquisa (o processo de ensino e aprendizagem em ciências no ensino fundamental 9º ano) a partir do trabalho docente metodológico.
- Identificar as principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes durante oficinas (encontros) didáticas com experimentos antigravitacionais.
- Inferir resultados do trabalho experimental dos estudantes com experimentos antigravitacionais durante o processo de pesquisa na observação participante.
- Determinar um modelo pedagógico que relacione o ensino e a aprendizagem dos conceitos de gravitação com o uso de experimentos

antigravitacionais e o processo de formação de conceitos científicos em estudantes do ensino fundamental.

Ademais, as questões norteadoras deste trabalho de pesquisa são:

1. Quais são os conhecimentos prévios dos estudantes do 9º ano do ensino fundamental sobre o fenômeno da gravitação universal e como esses conhecimentos influenciam a aprendizagem de novos conceitos científicos através da experimentação?
2. Como o trabalho docente metodológico, realizado na escola, contribui para o processo de ensino e aprendizagem em ciências, especificamente no contexto do 9º ano do ensino fundamental?
3. Quais são as principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes durante oficinas didáticas com experimentos antigravitacionais e como essas dificuldades podem ser superadas para melhorar a compreensão dos conceitos de gravitação?

A proposta de pesquisa sobre a experimentação no ensino de Ciências se justifica por sua potencialidade em promover a formação de conceitos científicos entre os estudantes, ao integrar teoria e prática de maneira efetiva. Em aulas de ciências, a experimentação desempenha um papel importante ao proporcionar um ambiente de aprendizado onde os estudantes podem observar, questionar e experimentar, o que facilita a compreensão e a retenção de conceitos científicos complexos. Uma vez que eles não estão apenas recebendo informações de maneira passiva, mas estão diretamente envolvidos no processo de descoberta. Ao conduzir experimentos antigravitacionais, os estudantes podem observar os efeitos das forças gravitacionais, o que reforça a teoria aprendida em sala de aula.

Além disso, a abordagem experimental promove a conexão entre os conteúdos teóricos abordados no currículo e as vivências diárias dos estudantes. Este aspecto é fundamental para tornar o aprendizado relevante e contextualizado, permitindo que os estudantes façam associações entre o que aprendem e suas próprias experiências. Esse tipo de aprendizado contextualizado é essencial para a formação de uma compreensão sobre os conceitos científicos. Outro ponto importante é que a experimentação estimula a curiosidade e o lado investigativo dos estudantes. Ao serem incentivados a formular hipóteses, realizar experimentos e analisar resultados,

os estudantes desenvolvem habilidades críticas e científicas que são essenciais para o aprendizado contínuo e para a formação de cidadãos informados e críticos.

Adicionalmente, a participação ativa dos estudantes em atividades experimentais ajuda a desenvolver outras competências importantes, como o trabalho em equipe, a comunicação eficaz e a resolução de problemas. Essa abordagem tem o potencial de transformar o ensino de Ciências, tornando-o mais envolvente, relevante e eficaz, contribuindo assim para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes dos estudantes.

Nesse contexto, estudos como o de Lima e Vaz (2020) reforçam a importância da experimentação como um recurso auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. As aulas experimentais têm um papel relevante na formação cognitiva dos estudantes, uma vez que os desafiam a exercitar seus conhecimentos e habilidades para alcançar resultados satisfatórios.

A disciplina de Ciências Naturais, abrange uma série de fenômenos que podem ser estudados por meio de simulações e ilustrações práticas. Essa abordagem permite que os estudantes visualizem e compreendam esses eventos sem depender somente da imaginação, tornando o processo de aprendizado mais efetivo.

Entretanto, é importante destacar que a prática experimental, embora valiosa, não é garantia automática de melhoria no ensino de Ciências Naturais, nem um critério único para estabelecer a veracidade científica. O simples ato de “fazer” experimentos não necessariamente resulta em construção de conhecimento ou aprendizado significativo em Ciências (Gaspar, 2005).

Conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) define como uma das competências essenciais da área de Ciências da Natureza no ensino fundamental:

Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2018, p. 324).

Com base em documentos oficiais, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), justifica-se a realização desta pesquisa, cujo objetivo é enriquecer o ensino de Ciências por meio da experimentação. Buscamos, com isso, possibilitar aos estudantes o desenvolvimento de uma compreensão sólida dos conceitos científicos,

bem como a capacidade de estabelecer conexões entre a teoria e a prática, especialmente no contexto da gravitação.

Nesse sentido, a utilização de experimentos com enfoque antigravitacional surge como uma ferramenta pedagógica inovadora, permitindo aos estudantes compreender como a gravitação pode atuar sobre diferentes corpos de forma não convencional, despertando a curiosidade e ampliando a visão científica sobre o tema.

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos. No Capítulo 1, apresenta-se o referencial teórico, abordando aspectos históricos, conceituais e teóricos relacionados ao processo cognitivo e à experimentação no ensino de Ciências. Também são discutidos os fundamentos da modelagem científica no contexto educacional e realizada uma revisão bibliográfica do tipo integrativa sobre a temática em questão.

No Capítulo 2, descreve-se o percurso metodológico da pesquisa, incluindo a caracterização do estudo, a elaboração da sequência didática (SD), a construção dos experimentos antigravitacionais, o cronograma das aulas e os procedimentos adotados para a análise dos dados.

O Capítulo 3 é dedicado à apresentação e discussão dos resultados obtidos por meio da análise dos dados, evidenciando os impactos da abordagem experimental no processo de aprendizagem dos estudantes.

Por fim, no Capítulo 4, são apresentadas as considerações finais, com reflexões sobre os resultados alcançados e sugestões de estratégias que podem ser adotadas para aprimorar futuras pesquisas e práticas pedagógicas relacionadas ao ensino de Ciências com foco na experimentação e na abordagem da gravitação.

1 A COGNIÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO: PRINCÍPIOS HISTÓRICOS, CONCEITUAIS, TEÓRICOS, MODELAGEM E LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo abordaremos sobre o processo cognitivo de internalização dos conceitos científicos e as implicações no uso dos experimentos no ensino de ciências. Apresentando, primeiramente, os princípios históricos na relação do uso de experimentos no campo científico, ou seja o método científico, bem como a utilização de tais ferramentas no âmbito educacional. Em seguida, apresentamos os conceitos sobre cognição e experimentação, elucidando as discussões teóricas relacionadas. Ademais, apresentaremos, também, os pressupostos de Vygotsky sobre as funções psicológicas superiores, destacando como se relaciona com a conceitualização. Ressaltamos sobre a formação de conceitos científicos e como esse processo é internalizado na mente humana. Por fim, abordamos sobre a modelagem no ensino de ciências, bem como um levantamento bibliográfico sobre a experimentação, cognição e ensino de ciências.

1.1 PARÂMETROS HISTÓRICOS

A partir do começo do século XX, as atividades experimentais em laboratório tornaram-se uma parte essencial do ensino secundário nos Estados Unidos, no mesmo tempo, na Alemanha, uma comissão enfatizou a importância do trabalho prático na educação científica de nível básico, “[...] visando realçar as habilidades procedimentais dos estudantes e promover, em sala de aula, a compreensão de conceitos gerais de precisão e observação” (Jardim; Guerra, 2017, p. 45).

Contudo, para entendermos as influências desses acontecimentos supracitados, precisamos compreender as perspectivas e ideias de cientistas antigos sobre o método científico. Como Platão que propôs a Teoria das Ideias, que tinha como foco a reflexão, valores, consciência e saber no processo de aquisição de novos conhecimentos, sendo que para acessar o mundo das ideias precisamos percorrer o mundo dos sentidos e opiniões (Massoni; Moreira; Silva, 2018).

Em contraponto, Aristóteles, apesar de ter sido seguidor de Platão, divergiu dele no sentido de atribuir fundamentação às ditas Teorias das Ideias, logo propôs o termo método científico, como é conhecido atualmente (Massoni; Moreira; Silva, 2018). Segundo a física aristotélica, o início da investigação científica ocorre quando o indivíduo tem o conhecimento que algumas ações e propriedades coexistem, sendo através do desenvolvimento da indução que as observações levam a um princípio explicativo (Pessoa Junior, 2022).

Para uma ruptura do método aristotélico, Galileu-Galilei trouxe à luz os conceitos pertinentes aos objetivos de investigações, sendo o primeiro teórico do método empírico (Alcoforado, 2016). Galileu argumentava que a qualidade não era o foco principal da ciência, em contrapartida o principal foco seria as relações quantitativas (Lakatos; Marconi, 1988, p.42) .

No âmbito desse contexto, as contribuições de Galileu não se limitam apenas às conquistas estritamente científicas, é crucial destacar não apenas suas realizações científicas, mas também sua abordagem inovadora para conceber a ciência física e o método científico, a essência da postura científica galileana - refletida também na abordagem científica moderna - reside na busca por regularidades matematicamente expressados na natureza, conhecidas como leis naturais, e na aplicação do método experimental para verificar sua veracidade (Mariconda, 2006).

De acordo com os autores Lelis, Mesquida e Oliveira Junior (2022), Descarte destaca a importância do método como meio de orientar a racionalidade em direção à verdade. Evidencia-se, portanto, o anseio por descobrir verdades que não resultem de especulação ou do controle exclusivo de um grupo detentor de determinado conhecimento em uma área específica, mas sim de um método capaz de universalizar a verdade científica. A noção de desconstrução apresentada por Descartes, que constitui a base do método por ele elaborado, representa também a desconstrução do pensamento e da concepção de conhecimento da verdade que prevalecia até então. A certeza da realidade e do seu entendimento reside na racionalidade humana, no indivíduo pensante que compreende a realidade de maneira clara, tornando o eu pensante o critério para a existência

Um cientista, filósofo e empirista, Francis Bacon, também trouxe contribuições importantes para o campo filosófico à metodologia científica. Para o cientista supracitado o método científico não deve ser uma experiência vaga ou errada e sim

uma experiência bem fundada, sendo que os experimentos seguem uma ordem, com regras e protocolos estabelecidos (Zaterka; Barbosa, 2017). Em seu livro o *Novo Organum*, Bacon apresenta um método inovador, propondo a utilização da verdadeira indução, dito por ele, como abordagem principal, rompendo assim com a lógica Aristotélica (Zaterka; Barbosa, 2017). Logo, a intenção de Bacon era alcançar a natureza, sendo o conhecimento desta constituía a origem desse domínio, ele enfatizava que a observação, a pesquisa e a experimentação constituíam um meio de atingir esse poder e superioridade sobre a natureza (Galvão, 2007).

Outrossim, Isaac Newton contribui para a Ciência de maneira imensa e significativamente, sendo o mais fluente essencial para a História. Ao contrário de Galileu e Bacon, Newton não desenvolveu uma metodologia científica exclusiva. No entanto, conseguiu conceber uma síntese metodológica, integrando o empirismo indutivo de Bacon, o racionalismo de matemático dedutivo de Descartes e o método científico matemático-experimental de Galileu (Rosa, 2012).

Apesar de sua enorme e vasta importância, os escritos de Newton, apresentam aparente questões intrínsecas em relação ao que verdadeiramente constitui o “método científico”, especialmente ao abordar os *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*. Laudan (1968) destaca, de maneira incisiva, a vagueza e a inconsistência no vocabulário utilizado por Newton para descrever seu método de investigação. O epistemólogo argumenta que conceitos fundamentais, como “não invento hipóteses” e as nuances de “deduzir” ou “induzir” leis de fenômenos naturais, permanecem ambíguos em sua obra.

Diante desse grande cenário de avanços da ciência, e conseqüentemente da cognição e experimentação, percebemos como gerações anteriores deixaram uma herança científica, como afirma Cervo e Bervian (2002, p. 3):

A ciência, na condição atual, é o resultado de descobertas ocasionais, nas primeiras etapas, e de pesquisas cada vez mais metódicas, nas etapas posteriores. Ela é uma das poucas realidades que podem ser legadas às gerações seguintes. Os homens de cada período histórico assimilam os resultados científicos das gerações anteriores, desenvolvendo e ampliando aspectos novos.

Em síntese, o processo de compreensão da ciência e do conhecimento da mente passou por mudanças e avanços significativos, nunca antes na história conseguimos avançar em ferramentas tecnológicas até agora, contudo ainda

precisamos compreender as influências das ações externas para a conceitualização do conhecimento científico, pois esse dinamismo é a chave para o desenvolvimento da aprendizagem.

1.2 CONCEPÇÕES SOBRE COGNIÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO

A ciência cognitiva explora as diferentes maneiras pelas quais os seres humanos processam as informações e interagem com o mundo ao redor, essa ciência está ligada de forma intrínseca com a experimentação. Dessa forma, é necessário entendermos como esses dois campos podem estar ligados e sua interação dentro das atividades práticas.

A atividade cognitiva humana está intrinsecamente ligada à maneira como os indivíduos estruturam seus pensamentos, à maneira como percebem, assimilam ou recordam informações. Conforme Sternberg (2010), é imperativo conceber a inteligência humana como uma estrutura organizadora da cognição, podendo, inclusive, depender da cognição para sua própria existência. Sternberg (2010) complementa que a cognição abrange também um processo ininterrupto, no qual o sujeito assimila novas informações, sendo capaz de convertê-las em conhecimento e conferindo significado para a formação de pressupostos cognitivos, que podemos evidenciar por meio das habilidades cognitivas.

Ademais, Preece *et al.* (2005, p. 116) também discorre sobre como a complexidade no processo de atenção está condicionada à presença de metas bem definidas e à proeminência (ênfase) da informação necessária. Ao transpor esse entendimento para atividades experimentais em sala de aula, observamos que a clareza dos objetivos experimentais é fundamental, conforme os autores destacam ao afirmar que “[...] se possuímos uma compreensão precisa do que buscamos, tentamos conectar essa visão com a informação disponível”. Em contrapartida, quando há incerteza sobre o que se procura, é possível que a exploração aleatória da informação ocorra, permitindo que ela guie nossa atenção para os elementos destacados.

Segundo Maturana (2001) na prática experimental, a cognição é manifestada nas relações interpessoais durante as atividades laboratoriais, onde os estudantes interpretam, aprendem e relembram informações. A clareza dos objetivos experimentais desempenha um papel crucial, assim como a forma como as

informações são apresentadas, influenciando a facilidade ou dificuldade em atingir os objetivos desejados. Dessa forma, ao conduzir atividades experimentais em sala de aula, é fundamental reconhecer que a cognição dos estudantes está intrinsecamente ligada à estruturação de suas experiências, interações e à forma como interpretam os resultados experimentais.

Os autores Hofstein e Lunetta (2004) definem as atividades de laboratório como aprendizagem de experiências na qual os estudantes interagem com materiais ou com modelos explicativos para observar e entender o mundo natural. Ainda, os autores afirmam que o laboratório de ciências é um ambiente de aprendizagem onde os estudantes desenvolvem seus entendimentos sobre os conceitos científicos, sobre as habilidades investigativas científicas, e percepções sobre a ciência; ambiente onde os estudantes podem trabalhar cooperativamente em pequenos grupos a fim de investigar um fenômeno científico, podendo aumentar as relações sociais assim como atitudes positivas e crescimento cognitivo.

Outro autor que corrobora com a ideia da utilização dos experimentos nas aulas de ciências é Hodson (1988), para ele os experimentos científicos visam principalmente desenvolver teorias no contexto do ensino de ciências, esses experimentos desempenham várias funções pedagógicas, como parte do programa planejado para ensinar ciências, ensinar sobre ciência e ensinar como fazer ciência. Muitas vezes, os estudantes são incentivados a aceitar teorias que não correspondem aos resultados dos experimentos, atribuindo anomalias a técnicas inadequadas ou falta de sorte. Isso ocorre porque, no ensino de ciências, muitas atividades práticas têm a função de ilustrar um ponto de vista teórico específico, ao passo que na ciência real, o propósito dos experimentos é auxiliar no desenvolvimento de teorias.

Em consonância a temática, podemos destacar certos fatores das influências das atividades experimentais no ensino de ciência para o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes. No âmbito da cognição e das atividades experimentais, Zoller (2002) propõe que o aprimoramento das habilidades cognitivas dos estudantes é crucial para o alcance dos objetivos de ensino e aprendizagem. Através da categorização dessas habilidades, o autor estabelece uma relação direta entre o nível cognitivo do estudante e sua capacidade de resolução de problemas, evidenciando a importância do desenvolvimento cognitivo para o sucesso nas atividades experimentais. Hodson (1994) complementa essa ideia quando explica que

para garantir o sucesso do estudante na aprendizagem, é necessário transformar o implícito em explícito, relacionando a teoria com a prática.

Dessa forma, percebemos como a utilização de experimentos no ensino de ciências corrobora para o desenvolvimento cognitivo do estudante, visto que as atividades desenvolvidas ilustram de forma didática o conceito trabalhado. Contudo, nesse contexto, para compreender a relação entre a atividade prática e o processo cognitivo, é necessário entender como funciona o cérebro humano, que segundo o psicólogo Lev Vygotsky, é o órgão principal da ação humana (Rego, 2001, p. 42).

1.3 FUNÇÕES PSICOLÓGICAS SUPERIORES - FUNDAMENTOS DE VYGOTSKY

O referencial teórico desta pesquisa apoia-se nos fundamentos de Vygotsky, que apesar de não trabalhar especificamente com a formação de conceitos científicos, aborda como são formadas as funções psicológicas superiores, das quais são diretamente influenciadas pelo contexto do indivíduo. Apesar desse autor não desenvolver de forma aprofundada sobre a formação de conceitos científicos,

Lev Semmenovit Vygotsky nasceu em Orsha, na Rússia em 1886, de origem de família judaica e com um pai preocupado na educação dos filhos, estudou diversas áreas da humanidade, desde direito e literatura à Teoria Histórico-Cultural, desenvolvendo pesquisas sobre o desenvolvimento intelectual das crianças, sendo um pioneiro em sua época nesta área, morreu precocemente aos 38 anos vítima de uma tuberculose (Gauthier; Tardif, 2014).

Para entendermos um determinado aspecto, segundo Vygotsky, é necessário compreender historicamente como foi concebido e até onde se dissipou (Souza; Andrada, 2013). Desta forma, para compreender os fundamentos do autor supracitado, é importante conhecer suas influências e como estava o desenvolver da ciência em sua época. A pós-revolução Russa aconteceu entre 1920 e 1930, época em que Vygotsky, Luria e Leontiev trabalhavam em conjunto com pesquisas, para assim atender as demandas da produção científica da época, com ideias revolucionários buscando suprir problemas sociais daquele momento (Souza; Andrada, 2013).

Em meio a esse ambiente de crises e revoluções, Vygotsky também via que a Psicologia do mesmo período, final do século XIX e início do século XX, passava por uma crise. Ele fez tal afirmação partindo do princípio de que havia uma dicotomia dentro da Psicologia, caracterizada por duas correntes opostas: o idealismo e o mecanicismo. Sua análise o levou à constatação da existência de uma crise metodológica, já que a forma de se acessar o humano por caminhos opostos parecia estar equivocada (Souza; Andrada, 2013). Sua proposta era que se estudasse o ser humano em sua totalidade, tomando-se como central a relação social dialética e de interdependência em sua constituição. Sua reflexão sobre o que seria uma nova ciência psicológica gera as bases para a estruturação do método da Psicologia Histórico-Cultural: o materialismo dialético.

O ensaio de Vygotsky sobre os problemas da psicologia em sua época demonstra uma grande relação com a atualidade (Lima, 2000). Sua discussão sobre a consciência como objeto da psicologia ganha ainda mais relevância em um momento em que pesquisadores de diversas áreas, desde as ciências humanas à biologia, dedicavam grande interesse à compreensão desse fenômeno humano ainda pouco conhecido (Lima, 2000).

Vygotsky empenhou seus estudos nas chamadas funções psicológicas superiores, que são características que abrangem o funcionamento mental humano. Essas funções, englobam habilidades como planejamento, memória voluntária e imaginação, transcendem os mecanismos básicos da sobrevivência. Em contraposição aos processos psicológicos superiores, os processos psicológicos elementares são de origem biológica, presentes em crianças pequenas e animais, esses processos incluem reações automáticas, ações reflexas e associações simples. Eles operam de forma direta e imediata, sem a necessidade de mediação cultural ou reflexão consciente (Rego, 2001).

Durante todo o percurso das pesquisas de Vygotsky (1989) e seus colaboradores, houveram vários experimentos para explicar o desenvolvimento do psiquismo humano, relacionando a ação do homem com as funções psicológicas, dessa forma chegando a algumas conclusões, como o próprio autor cita a seguir:

Desde os primeiros dias do desenvolvimento da criança, suas atividades adquirem um significado próprio num sistema de comportamento social e, sendo dirigidas a objetivos definidos, são refratadas através do prisma do ambiente da criança. O caminho do objeto até a criança e desta até o objeto

passa através de outra pessoa. Essa estrutura humana complexa é o produto de um processo de desenvolvimento profundamente enraizado nas ligações entre história individual e história social (Vygotsky, 1989, p. 33).

Para mais, um conceito que está relacionado com a formação de conceitos científicos é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que conforme Vygotsky (1984) pode como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (Vygotsky, 1984, p. 97).

Sendo assim, esse desenvolvimento está no meio de dois níveis, como uma ponte que liga o crescimento cognitivo, determinando as funções que estão em fase de amadurecimento e necessitando de estímulo externo para a completa conceitualização. Conforme destaca Conceição (2016), que enfatiza a importância de estimular a aprendizagem com base em tarefas que promovam o desenvolvimento, destacando a aquisição gradual de controle e responsabilidade individual na resolução de problemas. Dessa forma, o processo de desenvolvimento implica que os indivíduos sejam orientados e instruídos, aprendendo por meio da observação e interação com outros mais experientes na resolução de atividades adequadas à sua Zona de Desenvolvimento Proximal. Esse processo torna-se progressivamente internalizado e autorregulado.

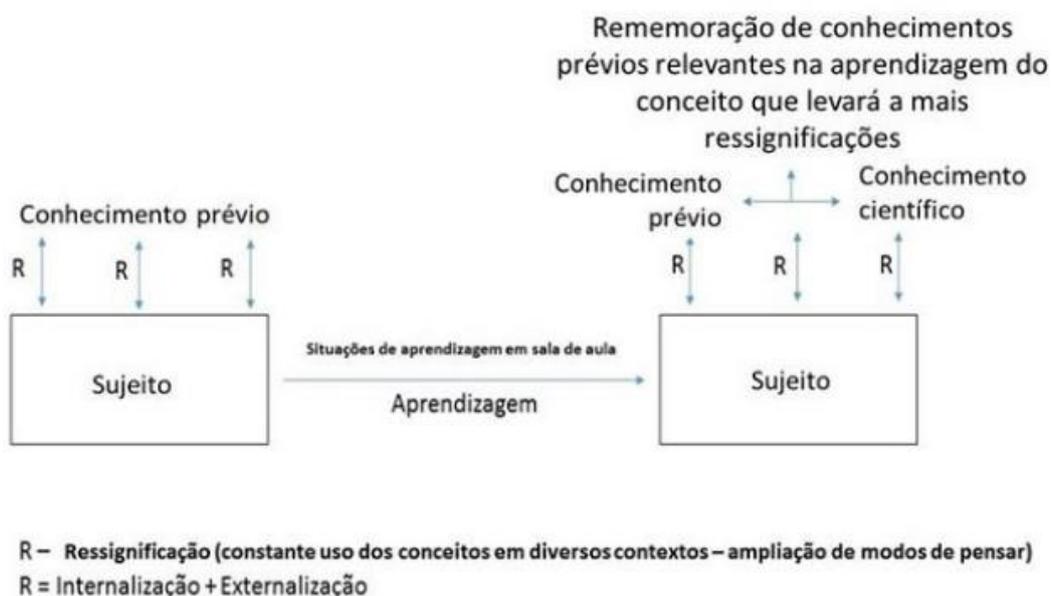
De acordo com Paula, Marques Filho e Cerqueira (2014), Vygotsky identificou três zonas de desenvolvimento: a real (aquilo que é alcançado de forma independente), a potencial (o que pode ser alcançado com auxílio de pessoas mais experientes) e a proximal (o que está em processo de amadurecimento).

Dessa forma, a Zona de Desenvolvimento Real inicialmente ocorre quando o estudante inicia sua jornada de descoberta. Ele depende da interação com outros indivíduos para seu desenvolvimento cognitivo e físico. Essa interação social é o ponto de partida para suas interações com o ambiente ao seu redor, tendo a escola como um importante mediador desse processo. Embora esse desenvolvimento possa começar em casa, é na escola que ele se expande e adquire maior relevância. É nesse ambiente que são trabalhadas estratégias de mediação, como a didática, que visam facilitar a compreensão dos processos de desenvolvimento do estudante.

Por último, Vygotsky (1984) define a Zona de Desenvolvimento Proximal como a lacuna entre o nível atual de desenvolvimento e o real, o qual é determinado pela habilidade do estudante em resolver um problema de forma autônoma. Para alcançar esse resultado, foi crucial a mediação das zonas reais e potenciais, destacando o papel das interações sociais e educacionais nesse processo de evolução.

Na Figura 1 abaixo, apresentamos um sujeito que possui um conhecimento prévio, construído ao longo de sua vida. Esse conhecimento é continuamente ressignificado, ou seja, ampliado e transformado em novos modos de pensar e em novos significados.

Figura 1 - Relação de conhecimento prévio e científico



Fonte: Silva e Lyra (2017, p. 38).

Esse processo ocorre por meio da interação do sujeito com o seu ambiente, utilizando instrumentos culturais, como signos, e através das interações sociais. Dessa forma, entendemos que a aprendizagem de conceitos científicos é um processo de ressignificação, no qual novos significados, a partir de uma perspectiva científica, são construídos e integrados aos significados já existentes. Isso resulta em uma ampliação dos modos de pensar do sujeito sobre determinado conceito, alinhando-se com a visão de Vygotsky. Além disso, podemos utilizar a modelagem como uma ferramenta nesse processo de construção de conhecimento.

Portanto, todas essas concepções estão encapsuladas na teoria sócio-histórica de Vygotsky, que postula que o desenvolvimento do indivíduo está intimamente ligado ao contexto cultural em que está inserido. Assim, o contexto do estudante influencia não apenas seu processo de ensino, mas também de aprendizagem. Além disso, a forma como o conhecimento é transmitido, os métodos e os recursos utilizados moldam a atividade pedagógica. É uma atividade que requer, no mínimo, a interação de duas pessoas, enfatizando assim a importância da interação na educação.

1.4 A MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Os modelos são amplamente utilizados em várias áreas das Ciências Naturais: na Física, os físicos elaboram modelos explicativos para fenômenos como a gravidade, o calor, e a dilatação; na Química, os químicos empregam modelos para representar a estrutura de um átomo, uma ligação química, partículas, etc.; na Biologia, existem modelos de crescimento populacional, modelos de célula, modelos de DNA, do fluxo de energia, de teias e cadeias alimentares, entre outros. Ademais, a construção, revisão e testes de modelos – a modelagem – é uma atividade científica pela qual a ciência busca estudar aspectos importantes dos fenômenos naturais, desenvolvendo teorias, explicações, prevendo comportamentos e representando parcialmente características relevantes dos fenômenos do mundo natural (Gilbert; Boulter; Elmer, 2000).

Contudo, apesar dos modelos e a modelagem estarem no núcleo da ciência, no contexto escolar, eles normalmente aparecem apenas como ilustrações e raramente são usados como ferramentas de construção do conhecimento (Lehrer; Schauble, 2012). Isso representa uma oportunidade perdida, pois a modelagem tem um potencial significativo para enriquecer o aprendizado dos estudantes. Quando os estudantes são envolvidos na criação e manipulação de modelos, eles desenvolvem uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos e aprendem a pensar como cientistas. Esse processo ativa habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e criatividade. A construção de modelos exige que os estudantes sintetizem informações, façam inferências e testem suas próprias hipóteses, proporcionando uma aprendizagem ativa e participativa.

Ademais, Lehrer e Schauble (2012) argumentam que a modelagem é essencial para o aprendizado e participação nas práticas científicas, mas deve sempre ser analisada em relação ao fenômeno que está sendo modelado, não devendo ser vista apenas como um conjunto de habilidades que pode ser aplicado a qualquer situação geral. Isso significa que a modelagem deve ser contextualizada e específica ao conteúdo que está sendo ensinado. Por exemplo, ao ensinar sobre o ciclo da água, é importante que os estudantes compreendam como cada componente do modelo (evaporação, condensação, precipitação) se relaciona com o ciclo real da água na natureza. Isso não somente corrobora para solidificar o conceito científico, mas também torna o aprendizado significativo.

Existem diferentes conceitos sobre a modelagem, como conceituam Ferreira e Justi (2008) sobre a importância de compreender e discutir os processos de produção de conhecimento e os modelos desenvolvidos nesses processos para promover um aprendizado significativo. Esse tipo de aprendizado permite que os estudantes façam conexões entre o que estão aprendendo e o que já sabem, facilitando a aplicação desse conhecimento em novos problemas e situações. Segundo as autoras supracitadas, é essencial que os estudantes sejam capazes de pensar nos modelos, visualizar seu funcionamento e utilizá-los como ferramentas, de maneira semelhante ao que os cientistas fazem, indo além da mera memorização de informações. Essas autoras destacam que o desenvolvimento do conhecimento deve envolver um aprendizado participativo, com contextos ricos que encorajem a colaboração dos estudantes na construção de significados, conceitos e representações. A modelagem é apresentada como uma atividade que se alinha com essa perspectiva, permitindo aos estudantes visualizar conceitos abstratos por meio da criação de estruturas que podem ser exploradas e testadas. Esse processo não só desenvolve conhecimentos mais flexíveis e abrangentes, mas também permite que os estudantes compreendam a complexidade e as limitações do desenvolvimento do conhecimento científico, contrastando com a exatidão frequentemente apresentada no conhecimento escolar.

Apesar dos benefícios potenciais, Ferreira e Justi (2008) ressaltam que a modelagem no ensino de Ciências ainda é uma área de pesquisa relativamente nova e necessita de estudos para fundamentar mudanças efetivas no ensino. Ademais, as pesquisas existentes são limitadas, investigando pequenos grupos de estudantes e oferecendo pouca orientação prática para os professores. As autoras enfatizam a

necessidade de mais estudos que abordem essas limitações para que a modelagem possa ser efetivamente integrada ao ensino de Ciências, beneficiando o aprendizado dos estudantes de maneira mais ampla e significativa.

Portanto, utilizaremos a modelagem como técnica para o uso dos experimentos antigravitacionais na nossa pesquisa, pois os estudantes visualizaram os conceitos de Gravitação Universal por meio da criação de estruturas que podem ser exploradas e experimentadas.

1.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: EXPERIMENTAÇÃO, COGNIÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS

De acordo com Brandão, Baeta e Rocha (1986, p. 7), a expressão “estado da arte” ou “estado do conhecimento” é uma tradução literal do inglês. Essa expressão tem como objetivo realizar um levantamento abrangente do que já se sabe sobre um determinado tema, com base nas pesquisas conduzidas em uma área específica. O estado do conhecimento é definido como um estudo descritivo da trajetória e distribuição da produção científica sobre um determinado objeto, estabelecendo relações contextuais com várias outras variáveis, como a data de publicação, temas abordados e periódicos, entre outros (Universitas, 2000).

Esses estudos, conhecidos como estado da arte, centram sua análise na problematização e metodologia, com o objetivo principal de mapear o conhecimento existente. Esse mapeamento serve como uma referência importante para os pesquisadores, ajudando a justificar as lacunas que a nova investigação pretende preencher. Exemplos desse tipo de trabalho podem ser encontrados nos estudos de Costa (2010), Pinheiro (2012) e Milani (2013).

Nessa perspectiva, se faz necessário utilizar um levantamento bibliográfico sobre as pesquisas de teses e dissertações que abordam a temática da experimentação no ensino de ciências, bem como a mediação durante processo cognitivo dos estudantes, para assim mapear a produção científica e conhecer melhor essa determinada área do conhecimento. Nesse sentido, definimos como o objetivo deste tipo de levantamento bibliográfico abordado aqui é: investigar como a utilização de experimentos antigravitacionais pode influenciar a formação de conceitos sobre

gravitação em estudantes do Ensino Fundamental , investigando a partir da perspectiva da literatura, tendo como referência os últimos cinco anos.

Seguindo as divisões para a realização de revisões, conforme Botelho, Cunha e Macedo (2011, p.129), este estado da arte, foi dividido em seis etapas:

1. Identificação do tema e formulação da questão de pesquisa;
2. Estabelecimentos dos critérios de exclusão e inclusão;
3. Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados;
4. Categorização dos estudos selecionados;
5. Análise e interpretação dos resultados;
6. Apresentação da síntese do conhecimento.

Ademais, a questão que norteou esse tipo de levantamento bibliográfico foi: “Como a utilização dos experimentos nas aulas podem potencializar a formação de conceitos científicos ?” Em coerência, para a busca dessas teses e dissertações foram escolhidos as plataformas: Oasis Brasil, Google Acadêmico e o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES/MEC, pois nesses portais de periódicos de bases indexadoras, em relação às outras, houve maior número de textos encontrados. As estratégias de buscas foram realizadas conforme os descritores da ABRAPEC (Associação Brasileira de Pesquisa em Educação) e palavras-chave listados no Quadro 1:

Quadro 1 - Descritores da estratégia de busca

ABRAPEC	Português	Inglês
<i>Descritores</i>	Experimentos	Experiments
	Cognição	Cognition
	Aprendizagem	Learning

<i>Palavras-chaves</i>	Experimentos	Experiments
	Formação de conceitos	Concept formation
	Gravitação	Gravitation

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em consonância, para os critérios de inclusão, foram selecionadas teses e dissertações defendidas nos últimos cinco anos e publicadas em bases de dados indexadas. Para os critérios de exclusão, optamos por excluir os artigos de opinião, estudos de reflexão, ensaios e materiais publicados em idiomas diferentes. Dessa forma, filtramos os textos do período de 01 de maio de 2018 a 01 de maio de 2023 que continham os termos “cognição”, “experimentos” e “gravidade”, utilizando os operadores booleanos *AND* e *OR*.

É importante destacar que os operadores booleanos desempenham um papel crucial nos critérios de inclusão. Se não forem usados corretamente, ou se apenas um deles for utilizado, a quantidade de artigos pode variar, afetando assim o resultado da amostragem (Manual: Revisão Sistemática da Literatura , 2014, pág. 23). Portanto, em cada base de dados, os operadores booleanos foram empregados da seguinte maneira:

- a) Oasis Brasil, usando: Experimentos *AND* Formação de conceitos *AND* Gravidade;
- b) Google Acadêmico, usando: Formação de conceitos *AND* experimentos *AND* cognição *AND* Gravitação;
- c) Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, usando: Experimentos *AND* gravitação *AND* formação de conceitos.

Ao realizar uma análise prévia dos dados encontrados, procedemos à verificação das teses e dissertações no que diz respeito aos critérios de inclusão, exclusão e objetivos propostos. Com base nessa análise, categorizamos os trabalhos de acordo com suas ênfases, a fim de identificar aqueles que se concentraram na experimentação em sala de aula e no desenvolvimento de conceitos científicos por parte dos estudantes, detalhado a seguir:

- 1º Categorização: Utilização de experimentos científicos .
- 2º Categorização: Concepções aos conceitos científicos.

Os estudos que se alinharam com os objetivos estipulados por este levantamento foram então submetidos a uma avaliação crítica e uma análise mais aprofundada.

1.5.1 ANÁLISE DOS TEXTOS

Por meio da utilização de estratégias de busca e operadores booleanos, foram identificadas um total de 45 dissertações e teses, conforme detalhado no Quadro 2.

Quadro 2 - Resultados das pesquisas nas bases indexadoras

Bases de dados	Quantidades de artigos encontrados
Oasis br	1
Google acadêmico	44
Catálogo de teses e dissertações da CAPES	0

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da análise dos resumos dessas 45 dissertações e teses, foram selecionadas aquelas que se alinhavam com o nosso objetivo, especificamente relacionadas à experimentação e à formação de conceitos. Após uma triagem inicial, 36 textos foram excluídos por não atenderem aos critérios estabelecidos, restando 9 textos relevantes. Em seguida, realizamos uma leitura aprofundada e categorização conforme descrito anteriormente. Dessa forma, três dissertações foram classificadas nas seguintes categorias, das quais analisamos cada uma em seguida.

- **Categoria 1:** “Atividades Experimentais de Física em Escolas de Ensino Integral: Uma Análise Crítica” de Luis Carlos Claro (2018, PPGE da UNIMEP).

Ao analisar esta dissertação que investiga o impacto das atividades experimentais no ensino de Física em escolas de ensino integral. Claro (2018) argumenta que as atividades experimentais são cruciais para o aprendizado de Física, pois permitem aos estudantes visualizar e compreender conceitos abstratos de maneira prática. A pesquisa envolveu a aplicação de atividades experimentais em escolas de ensino integral e a análise dos resultados obtidos. Os achados indicam que os estudantes que participaram das atividades experimentais apresentaram uma compreensão mais profunda dos conceitos de Física e demonstraram maior interesse e engajamento nas aulas. A dissertação também discute os desafios enfrentados pelos professores na implementação dessas atividades, como a falta de recursos e de formação adequada.

- **Categoria 2:** “Investigação da Aprendizagem Significativa na Aceleração Gravitacional por meio da Construção de um Aparato Experimental” de Josniel Pires da Silva (2019, Mestrado Profissional PEF da Universidade do Cariri).

Na pesquisa de Silva (2019) foca na aprendizagem significativa do conceito de aceleração gravitacional através da construção de um aparato experimental. A dissertação adota a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel como base teórica e explora como a construção de um aparato experimental pode facilitar a compreensão desse conceito complexo. O estudo envolveu estudantes do ensino médio que participaram da construção e utilização do aparato. Os resultados mostraram que os estudantes conseguiram relacionar melhor os conceitos teóricos com a prática, promovendo uma compreensão mais integrada e significativa da aceleração gravitacional. A pesquisa conclui que a construção de aparatos experimentais não apenas melhora a compreensão conceitual, mas também desenvolve habilidades práticas e cognitivas nos estudantes.

- **Categoria 3:** “Experiência Didática e Aplicação das Lentes Gravitacionais na Astronomia” de Rodrigo Bernardelli Santos (2023, Mestrado Profissional em Astronomia da USP).

O estudo de Santos (2023) aborda a aplicação didática das lentes gravitacionais no ensino de Astronomia. O estudo examina como a utilização de

experimentos relacionados às lentes gravitacionais pode enriquecer o ensino de conceitos astronômicos complexos. A pesquisa envolveu a criação de materiais didáticos e a implementação de atividades experimentais em sala de aula. Os resultados indicam que os estudantes que participaram dessas atividades demonstraram uma compreensão mais robusta dos conceitos de lentes gravitacionais e dos princípios subjacentes da Relatividade Geral. Além disso, a dissertação destaca a importância de contextualizar os conceitos científicos dentro de um framework experimental, facilitando a aprendizagem através da visualização e manipulação dos fenômenos estudados.

Essas três dissertações analisadas evidenciam a importância da experimentação no ensino de Ciências. Claro (2018) destaca que as atividades experimentais em Física são essenciais para engajar os estudantes e aprofundar sua compreensão conceitual, embora a implementação encontre desafios significativos, como a falta de recursos. Silva (2019) enfatiza a aprendizagem significativa através da construção de aparatos experimentais, mostrando que essa abordagem não apenas facilita a compreensão de conceitos teóricos complexos, mas também desenvolve habilidades práticas e cognitivas. Santos (2023), por sua vez, foca na Astronomia e demonstra como a aplicação de experimentos sobre lentes gravitacionais pode ajudar os estudantes a entender conceitos avançados da Relatividade Geral.

As três pesquisas ressaltam a importância de um ensino participativo e contextualizado, alinhado com a perspectiva de Vygotsky sobre o desenvolvimento humano como um processo interativo. A experimentação promove uma interação rica entre os estudantes e os conceitos científicos, facilitando a compreensão e a assimilação dos conhecimentos de maneira significativa. No entanto, todas as dissertações apontam para a necessidade de maior apoio e recursos para os professores, bem como a importância de formação contínua para a implementação eficaz dessas estratégias pedagógicas.

Por fim, com a apresentação e exploração das abordagens históricas, conceituais concepções, teorias e o levantamento da bibliografia relacionada, que foi exposto até este momento, trouxeram uma compreensão contextualizada e abrangente da temática, continuaremos a apresentação da pesquisa descreve o percurso metodológico.

2. PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo apresentaremos o percurso metodológico da pesquisa, que está dividido em cinco momentos, primeiramente com a elaboração da sequência didática, a construção dos experimentos antigravitacionais, a aplicação das aulas e, por fim, a análise dos dados.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa tem uma abordagem qualitativa que, segundo Flick (2009, p.23), consiste essencialmente na escolha adequada dos métodos, no reconhecimento de diferentes perspectivas e partindo das reflexões do pesquisador como centro do desenvolvimento do conhecimento. Sendo do tipo exploratória, pois tem como objetivo principal o desenvolvimento de conceitos e a concepção de ideias, visando de forma ampla a determinação do evento pesquisado (Gil, 1999).

Com base nos procedimentos adotados, a pesquisa em questão é classificada como estudo de caso, que conforme Pereira, Parreira e Shitsuka (2018), um estudo de caso é uma descrição detalhada de um caso específico que apresenta particularidades especiais, sendo uma estratégia valiosa para a realização de pesquisas científicas.

A pesquisa foi desenvolvida na escola em que a pesquisadora está inserida como professora titular de ciências, corroborando para um melhor inserção e envolvimento durante o processo metodológico. Essa inserção é importante, pois na perspectiva da abordagem qualitativa, o estudo de caso que utiliza da técnica de observação participante, se beneficia do contato direto e prolongado do pesquisador com o objeto investigado, podendo descrever ações, comportamentos, captar significados, analisar interações, compreender e interpretar linguagens (André, 2013).

Além disso, o bairro escolhido para a realização da pesquisa fundamenta-se na constatação de que muitas escolas têm buscado reinventar suas práticas pedagógicas dentro da sala de aula, especialmente diante da carência de recursos básicos para proporcionar atividades experimentais. A ausência de laboratórios adequados tem sido um desafio, levando os educadores a explorar alternativas criativas para envolver

os estudantes e estimular uma compreensão mais profunda dos conteúdos. Essa percepção tornou-se evidente durante o estágio supervisionado III, no qual um professor compartilhou suas experiências e estratégias para contornar essa limitação.

Nesse contexto, a busca por métodos de ensino mais dinâmicos e acessíveis ganha relevância, uma vez que a experimentação é essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico e da curiosidade científica dos estudantes. A falta de infraestrutura adequada não pode ser um obstáculo intransponível para a aprendizagem significativa. Pelo contrário, é necessário explorar recursos alternativos, como materiais de baixo custo e atividades práticas adaptadas ao contexto, para proporcionar uma educação de qualidade que estimule o interesse dos estudantes.

Ao compartilhar e disseminar as práticas bem-sucedidas identificadas nesse contexto, espera-se contribuir para uma educação mais eficaz e inspiradora, capaz de preparar os estudantes para os desafios do século XXI.

Para isso, escolhemos a turma do 9º ano do ensino fundamental, pois são estudantes que finalizaram o 8º ano recentemente e que ainda estão conhecendo os conceitos científicos mais específicos da física, dessa forma, é importante trabalhar os conceitos de gravidade para assim conseguirem formar conceitos sólidos sobre a gravitação que será trabalhado de forma aprofundada no 1º ano do ensino médio, preconizados pela BNCC.

Os instrumentos para a coleta de dados foram os pré-testes e pós-testes do tipo questionário que segundo o Gil (1989) oportuniza, como meio de investigação, mediante a escrita e através de questões, capturar as opiniões, crenças do integrante da pesquisa (nesse caso, os estudantes) no foco de alcançar os objetivos. Utilizamos, também, os roteiros de aplicação dos experimentos, que constou 3 perguntas discursivas para serem respondidas conforme o desenvolvimento da prática, análise de um vídeo com 10 perguntas discursivas sobre a Gravitação Universal, mapas conceituais e utilizamos um caderno de campo para anotar as principais percepções observadas.

2.2 CONSTRUÇÃO DOS EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAL

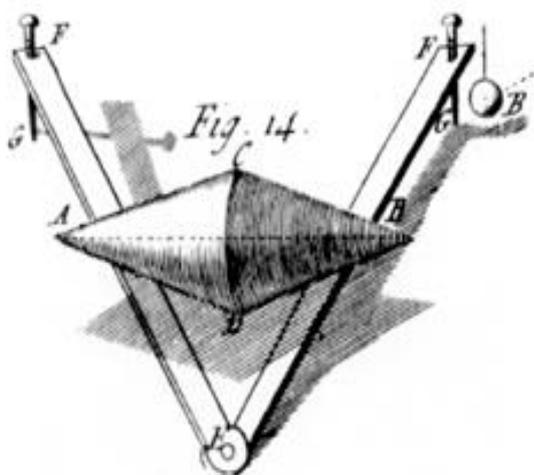
Os experimentos antigraavitacionais propostos são: Cone antigraavitacional (Figura 2), Garrafas equilibradas (Figura 3), Ludião (Figura 4) e Garfos em Equilíbrio (Figura 5). Por se tratar de experimentos de baixo custo, a construção da maioria dos experimentos pode ser feita com materiais descartáveis. Dessa forma, explicaremos como esses experimentos podem ser montados.

2.2.1 CONE ANTIGRAVITACIONAL

Matérias:

- 2 funís de mesmo tamanho colados pelas bordas;
- 2 bastões cilíndricos de madeira, plástico ou metal;
- Apoios para os bastões.
- Análise: Elevar um objeto implica em deslocar o ponto médio de sua gravidade para uma altitude superior. Durante este experimento, embora o funil duplo pareça ascender na rampa, o ponto médio de sua gravidade realmente se desloca para baixo. Durante a execução do experimento, é crucial observar atentamente as mudanças ocorridas na linha horizontal que atravessa o ponto médio de gravidade do cone duplo, sendo esse seu eixo de simetria (Silva; Silva, 2018).

Figura 2 - Cone Antigraavitacional



2.2.2 GARRAFAS EQUILIBRISTAS

Materiais:

- Cano PVC de 50 mm;
- 1 Garrafa Pet com água.
- Análise: O centro de massa representa um ponto em um corpo onde toda sua massa está equipada. Em corpos homogêneos, esse ponto coincide com o centro geométrico, mas nem sempre está dentro do objeto. Para determiná-lo, é necessário conhecer a massa e a posição dos elementos no espaço. No nosso experimento, o centro de massa está na base do cano de PVC, mantendo o equilíbrio (LABORATÓRIO DE DEMONSTRAÇÃO- UFPA).

Figura 3 - Garrafas Equilibradas



Fonte: Manual do Mundo, 2014

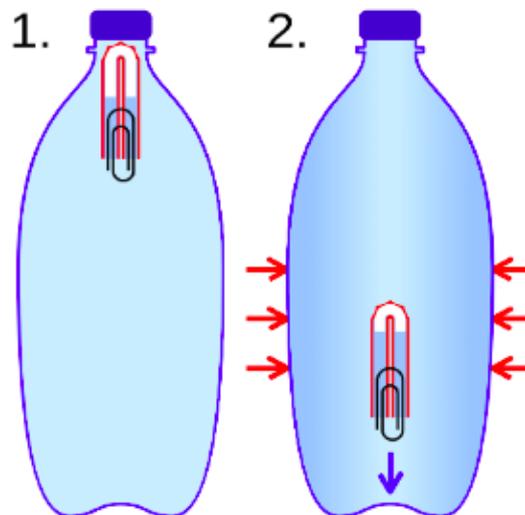
2.2.3 LUDIÃO

Materiais:

- Garrafas PETs com água;

- Clipe grande de ferro;
- Caneta sem tinta.
- Análise: Embora o funcionamento do ludião seja explicado principalmente pelos princípios da hidrostática (Princípio de Pascal e Princípio de Arquimedes, é importante destacar que a gravitação universal desempenha um papel importante nesse fenômeno, mesmo que indireto. Tanto o peso do ludião quanto o empuxo exercido pela água sobre ele são manifestações da força gravitacional. O peso de um objeto é a força com que a Terra o atrai, enquanto o empuxo é uma força resultante da diferença de pressão entre a parte superior e inferior de um corpo imerso, nesse caso a caneta e o clipe, que por sua vez é causada pela força gravitacional atuando sobre as moléculas do fluido (Maia et al., 2023).

Figura 4 - Funcionamento do Ludião



Fonte: Laboratório de Ensino da Física, 2024.

2.2.4 GARFOS EM EQUILÍBRIO

Materiais:

- 2 garfos;
- Palito de dente;

- Xícara de vidro.
- Análise: O experimento contempla o estudo do equilíbrio dos corpos e o centro de gravidade. Consiste basicamente em um sistema em equilíbrio de talheres sustentados por um palito. O objetivo de mostrar o ponto de equilíbrio entre dois corpos (Artmann; Corazza; Rossato; Sestari, 2016). O equilíbrio dos garfos está diretamente ligado à força da gravidade. O experimento demonstra como o centro de gravidade de um sistema pode ser manipulado para alcançar o equilíbrio. A posição do centro de gravidade em relação ao ponto de apoio é importante para a estabilidade do sistema.

Figura 5 - Garfos em equilíbrio



Fonte: Labdmon

Todos os experimentos citados foram produzidos com materiais de fácil acesso ou de baixo custo, sendo previamente desenvolvidos antes do início das atividades em sala de aula. Ademais, os experimentos foram montados pelos próprios estudantes seguindo o roteiro de experimento proporcionando dessa forma uma interação didática mais aprofundada com os fenômenos físicos envolvidos.

Adotamos como uma das ferramentas metodológicas para a melhor compreensão do conceito da gravitação universal, os experimentos do tipo

investigativo, que segundo Campos e Nigro (1999) envolve obrigatoriamente discussões de ideias, elaborações de hipóteses explicativas e experimentos para testá-las, estimulando ao máximo a interatividade intelectual, física e social, contribuindo, sobretudo, para a formação de conceitos.

2.3 CONCEITO DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Isaac Newton (1643–1727), um dos maiores cientistas da história, apresentou em 1687, na sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, a formulação da Lei da Gravitação Universal. Essa lei descreve que dois corpos se atraem mutuamente com uma força diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. Em termos matemáticos, essa força é expressa pela equação:

$$F = G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

onde:

- F é a força gravitacional entre os corpos,
- G é a constante gravitacional universal,
- m_1 e m_2 são as massas dos corpos,
- r é a distância entre os centros de massa dos corpos.

A formulação de Newton foi revolucionária para a época, pois unificou os movimentos celestes (como o das órbitas dos planetas) com os fenômenos terrestres (como a queda de um objeto). Pela primeira vez, compreendeu-se que a mesma força que faz uma maçã cair também mantém a Lua em órbita da Terra.

Apesar da genialidade de Newton, ele mesmo reconhecia que não sabia por que essa força existia — ele apenas descreveu como ela se comportava. A explicação da origem da gravidade só foi surgir mais de dois séculos depois, com Albert Einstein, através da Teoria da Relatividade Geral, proposta em 1915. Segundo Einstein, a gravidade não é uma força ‘misteriosa’ agindo à distância, mas sim o resultado da

curvatura do espaço-tempo causada pela presença de massa e energia. Em outras palavras, corpos com massa deformam o espaço ao seu redor, e essa deformação afeta o movimento de outros corpos.

A Lei da Gravitação Universal de Newton continua sendo extremamente útil e aplicável em inúmeras situações práticas do nosso cotidiano, como o lançamento de satélites, o cálculo de trajetórias de foguetes e a engenharia de estruturas. Entretanto, em contextos que envolvem altas velocidades ou campos gravitacionais muito intensos — como os encontrados perto de buracos negros ou em escalas cosmológicas — a teoria de Einstein é mais precisa.

2.4 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Conforme Zabala (1998), a prática educativa requer uma organização metodológica, antes de ser implementada, para esse autor a sequência didática é definida como um conjunto ordenado de atividades, articuladas e estruturadas, com objetivos definidos com princípio e fim claros conhecidos tanto pelo professor, quanto pelo estudante. Nesse sentido, a elaboração da sequência didática desta pesquisa será baseada conforme os pressupostos de Zabala (1998), que defende essa prática como essencial e promotora do processo de ensino aprendizagem a partir do planejamento do educador, sendo essas listadas a seguir.

1. Planejar a atuação do professor de maneira maleável para permitir a adaptação às necessidades dos estudantes em todo o processo de ensino/aprendizagem;
2. Incorporar as contribuições e os saberes dos estudantes, tanto no início das atividades quanto durante sua execução;
3. Auxiliá-los a encontrar significado no que estão realizando para que compreendam o que precisam fazer, sintam-se capazes de fazê-lo e considerem isso interessante;
4. Definir metas alcançáveis pelos estudantes para que possam ser superadas com o esforço e o apoio necessários;
5. Oferecer suportes apropriados no desenvolvimento do estudante, para os avanços que experimentam e para enfrentar os desafios que encontram;

6. Fomentar uma atividade mental auto estruturante que permita estabelecer o máximo de conexões com o novo conteúdo, atribuindo-lhe sentido no maior grau possível e estimulando os processos de metacognição que lhes permitam garantir o controle pessoal sobre os próprios conhecimentos e processos durante a aprendizagem;

7. Criar um ambiente e determinadas relações marcados pelo respeito mútuo e pela confiança, que promovam a autoestima e a autoimagem;

8. Incentivar canais de comunicação que regulem os processos de negociação, participação e construção;

9. Estimular gradualmente a autonomia dos estudantes na definição de objetivos, no planejamento das ações que os levarão a eles e na sua execução e controle, permitindo que aprendam a aprender;

10. Avaliar os estudantes conforme suas habilidades e seus esforços, considerando o ponto de partida pessoal e o processo pelo qual adquirem conhecimento e incentivando a autoavaliação das competências como meio para promover as estratégias de controle e regulação da própria atividade (Zabala, 1998, p. 92-93).

Ademais, Zabala (1998) propõe três categorias para abordar os conteúdos conforme o percurso da sequência didática, que são:

- Conceitual: Possibilidade dos reconhecimentos prévios dos estudantes
- Procedimental: Envolvem a aplicação prática dos conceitos que aprendemos.
- Atitudinal: É a interação do indivíduo com seu ambiente. O aprendizado de normas e valores é essencial e se desenvolve na prática e uso contínuo.

Diante disso, elaboramos um quadro com o intuito de organizar e facilitar a compreensão da elaboração da sequência didática proposta nesta pesquisa que tem como base os conceitos de Zabala (1998).

2.5 CRONOGRAMA DAS AULAS-PESQUISA

O Quadro 3 foi sistematicamente elaborado com o propósito específico de estruturar e simplificar a compreensão do processo inerente à sequência didática

proposta no âmbito desta pesquisa. Por meio dessa ferramenta visual, busca-se proporcionar aos leitores uma visão clara e organizada dos diferentes estágios e elementos envolvidos no desenvolvimento e execução dessa abordagem pedagógica, contribuindo assim para uma compreensão do tema em questão.

Quadro 3 - Detalhamento das aulas-pesquisa

Processo	Detalhamento
1	Conversa com direção, coordenação e professores da escola a ser selecionada;
2	Conversas com a turma sobre a pesquisa para distribuição do TCLE;
3	Aplicação de pré-teste;
4	Apresentação da pesquisadora e aula teórica após verificação do pré-testes;
5	Discussão sobre gravitação universal;
6	Experimentos Antigravitacionais - Montagem e Divisão das Equipes;
7	Experimentos Antigravitacionais - Atividade Interativa entre as Equipes;
8	Experimentos Antigravitacionais - Apresentação das Equipes;
9	Aplicação do pós-teste.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Diante das informações apresentadas no quadro 3, nas subseções seguintes, procederemos com a análise detalhada do processo da sequência didática a ser implementada. Este aprofundamento se destina a elucidar cada etapa do

procedimento, fornecendo clareza e embasamento necessário para sua execução eficaz.

2.5.1 CONVERSAS COM AGENTES DA ESCOLA SELECIONADA

A integração da pesquisa no contexto escolar representa um paradigma crucial no aprimoramento do processo educacional. Ao articular os conceitos de Paulo Freire (2001) e Demo (2007), destacamos que a pesquisa não é um mero complemento ao ensino, mas sim um elemento intrínseco e catalisador do aprendizado significativo.

A partir da origem etimológica do termo “pesquisa”, compreendemos sua essência: a busca cuidadosa e minuciosa pelo conhecimento (Bagno, 2007). Essa definição ressoa com a visão de Freire, que postula a inseparabilidade entre ensino e pesquisa. Sob essa ótica, o educador é instigado a não apenas transmitir conhecimento, mas também a investigar, questionar e aprender em conjunto com os educandos.

Nesse sentido, a escola assume o papel de fomentar uma cultura de pesquisa, capacitando os docentes a serem agentes ativos desse processo. Ao encorajar os professores a se engajarem na produção e reconstrução do conhecimento científico, a instituição não só promove uma atualização constante das práticas pedagógicas, mas também estimula o desenvolvimento da autonomia intelectual e crítica dos estudantes.

A transformação da escola em um ambiente permeado pela pesquisa implica em uma mudança paradigmática na dinâmica educacional. Os professores, ao se tornarem pesquisadores reflexivos, são capazes de personalizar o currículo, adaptando-o às necessidades e interesses dos estudantes. Esse processo colaborativo e dialógico não apenas enriquece o ambiente de aprendizagem, mas também fortalece os vínculos entre teoria e prática, estimulando a participação ativa dos estudantes na construção do próprio conhecimento.

Portanto, ao promover a pesquisa como instrumento central no processo educativo, a escola não apenas amplia as fronteiras do saber, mas também capacita os indivíduos a se tornarem pensadores críticos, criativos e autônomos, preparados para enfrentar os desafios de um mundo em constante transformação.

O cerne de nossa pesquisa está voltado para os estudantes, entretanto, é inegável a influência dos professores nesse processo investigativo, especialmente no que tange ao seu papel fundamental na dinâmica do ensino-aprendizagem. A reflexão sobre suas práticas em sala de aula emerge como um ponto crucial para orientar futuras investigações. Os docentes desempenham um papel essencial na construção do ambiente educacional, moldando diretamente a experiência de aprendizado dos estudantes. Portanto, ao repensar as estratégias pedagógicas, estamos não apenas contemplando a melhoria do desempenho acadêmico, mas também promovendo uma evolução contínua no panorama educacional. Dessa forma, a análise conjunta do papel dos estudantes e dos professores surge como uma abordagem holística e abrangente para aprimorar o processo educativo e impulsionar a inovação nas práticas pedagógicas.

Este movimento será abordado com os agentes (Gestor(a), Pedagogo(a), Professores(as)) dessa escola em proporcionar a importância das palavras de Paulo Freire (2001, p. 32) que nos diz “não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino”.

Na sala de aula de Ciências, o professor pode utilizar diversas ferramentas pedagógicas para promover a construção de conhecimento, em vez de apenas transferir ou reproduzir conteúdo. Conforme Freire (2001, p. 12) afirmou: “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”. Assim, o presente projeto tem como objetivo desenvolver a experimentação no ensino de Ciências para formar o conceito científico de Gravitação.

Segundo Silva, Ferreira e Vieira (2017), um dos fatores cruciais para a qualidade do ensino de ciências é a experimentação. A experimentação assistida e direcionada pode contribuir para a construção do conhecimento científico. Portanto, o acesso aos laboratórios de ciências é fundamental para que os estudantes possam assimilar o planejamento e a execução dos experimentos e discutir suas implicações científicas.

A experimentação é uma atividade que potencializa o ensino e a aprendizagem de Ciências, além de estimular o interesse dos estudantes em sala de aula. Além de ser lúdica, a experimentação possibilita uma maior proximidade entre professor e estudante, onde ambos são agentes ativos no processo de ensino e aprendizagem. Conforme destacado por Rosito (2008), a experimentação é eficaz para o ensino de Ciências, pois permite que as atividades práticas integrem professor e estudantes,

proporcionando um planejamento conjunto e o uso de técnicas de ensino que facilitam a compreensão dos processos científicos.

Na educação contemporânea, é crucial fortalecer o papel ativo dos estudantes na construção do conhecimento, especialmente no ensino de Ciências, que desempenha um papel significativo na preparação dos estudantes para os desafios do cotidiano. Isso envolve desde a compreensão do ciclo da água até a compreensão de outros fenômenos presentes na disciplina de Ciências. Portanto, proporcionar aos estudantes uma participação ativa na construção do conhecimento e na aplicação desse conhecimento em situações do cotidiano é fundamental para a educação.

2.5.2 CONVERSAS COM A TURMA SOBRE A PESQUISA E TCLE

Após obter a aprovação da direção, coordenação e docente responsável, foi realizada uma abrangente explanação do projeto. Este projeto, por sua vez, buscou explorar experimentos relacionados à antigravidade, uma área de estudo fascinante que visa a despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes. A apresentação detalhada do projeto foi essencial para proporcionar uma compreensão ampla e clara dos objetivos e metodologias que serão empregados, visando garantir a participação informada e engajada dos envolvidos (estudantes).

Após a explicação do projeto, foi conduzida a apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Durante essa etapa, enfatizou-se a importância da assinatura dos responsáveis legais dos participantes menores de idade. Essa medida visa garantir não apenas a legalidade da participação dos jovens na pesquisa, mas também assegurar que os responsáveis estejam cientes dos propósitos, procedimentos e eventuais riscos envolvidos, proporcionando assim uma participação consciente e responsável.

A elaboração cuidadosa da apresentação do projeto e do TCLE reflete o compromisso ético e acadêmico desta pesquisa. Além de seguir as diretrizes institucionais e legais pertinentes, essas etapas visam promover a transparência, o respeito pelos direitos dos participantes e a integridade científica do estudo. Dessa forma, busca-se não apenas avançar no conhecimento científico, mas também cultivar uma cultura de pesquisa responsável e ética entre os estudantes e a pesquisadora envolvida.

2.5.3 APLICAÇÃO DE PRÉ-TESTE

A primeira etapa do processo educacional iniciou-se com a aplicação do pré-teste (Anexo A), uma ferramenta essencial para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo a ser abordado. Neste contexto, os estudantes ainda não haviam sido expostos às nuances da temática, tornando este momento especialmente relevante para identificar lacunas de compreensão e construir uma base sólida para futuros estudos. O questionário de diagnóstico também desempenhou um papel fundamental, permitindo uma análise mais detalhada do nível de familiaridade dos estudantes com os conceitos fundamentais da Gravitação.

Ao nos debruçarmos sobre o conceito científico de Gravitação, delineamos uma jornada intelectual que transcende o simples entendimento de leis físicas. Estamos diante de um dos pilares da ciência, uma força universal que molda não apenas os corpos celestes, mas também nossa compreensão do cosmos. Nesse contexto, o pré-teste não se limita a uma mera avaliação de conhecimento, mas sim a uma oportunidade de explorar a interseção entre teoria e aplicação prática.

Através da análise dos resultados do pré-teste, somos capazes de discernir não apenas o domínio conceitual dos estudantes, mas também sua capacidade de aplicar esses conhecimentos em situações do cotidiano. A gravidade não se restringe aos manuais de física; ela permeia nossas experiências diárias, desde o simples ato de lançar um objeto ao ar até os complexos movimentos dos corpos celestes. Nesse sentido, o questionário de diagnóstico revela-se como uma ferramenta poderosa para contextualizar conceitos abstratos em situações concretas.

No pré-teste, abordaremos questões relacionadas à teoria da Gravitação Universal, visando não apenas a avaliação do conhecimento dos estudantes sobre esse importante conceito científico, mas também a compreensão de sua assimilação por meio da análise das explicações fornecidas pelos estudantes em experimentos. Será um exercício não apenas de verificação de conhecimento, mas também de incentivo à reflexão e à expressão do pensamento crítico, promovendo uma contextualização do tema. Por meio desses questionamentos, busca-se não apenas testar a capacidade de memorização, mas também de compreensão e aplicação dos princípios fundamentais da Gravitação, incentivando a integração do conhecimento científico.

Será explorado através de exemplos práticos que ilustram a influência da gravidade em nosso dia a dia, não apenas enriquecendo nossa compreensão do tema, mas também estimulando uma abordagem interdisciplinar do conhecimento. A ciência, afinal, não existe em um vácuo; ela dialoga constantemente com outras áreas do saber, enriquecendo-se com perspectivas diversas e aplicando-se em contextos variados. Assim, a aplicação do pré-teste revela-se não apenas como um ponto de partida para o estudo da Gravitação, mas como uma jornada intelectual que transcende os limites da sala de aula.

2.5.4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISADORA E AULA TEÓRICA

A apresentação da pesquisadora sobre o desenvolvimento do projeto é um momento crucial para situar os estudantes no contexto do trabalho em andamento. Com uma abordagem didática e envolvente, a pesquisadora compartilha os objetivos, metodologia e resultados preliminares, instigando a curiosidade e engajamento dos estudantes. Nesse momento, ela não apenas transmite informações, mas também estimula a reflexão e o questionamento, promovendo um ambiente propício ao aprendizado colaborativo.

Após a apresentação, iniciou-se uma aula dialogada, onde a interação entre pesquisadora e estudantes ganha destaque. Por meio de perguntas e respostas, discussões e debates, são explorados conceitos-chave e esclarecidas dúvidas, enriquecendo a compreensão do tema abordado. Essa troca de ideias fomenta o pensamento crítico e a construção coletiva do conhecimento, fundamentais para o desenvolvimento acadêmico e científico dos estudantes.

A perspectiva comunicativa da aprendizagem, apoiada por pensadores eminentes como Vygotsky (1998), lança luz sobre a dinâmica intrínseca entre o indivíduo e seu contexto social. Vygotsky, renomado psicólogo e teórico da educação, postulou que o processo de aprendizagem é profundamente enraizado na interação interpessoal. Segundo sua teoria, todo conhecimento é inicialmente construído no âmbito social, onde a troca de ideias, experiências e percepções entre indivíduos desempenha um papel vital. Essa interação, permeada por diálogos e atividades colaborativas, proporciona o terreno fértil no qual o aprendizado floresce, moldando-se à medida que é compartilhado e internalizado pelos participantes.

Ao compreender a aprendizagem como um fenômeno essencialmente social e comunicativo, Vygotsky (1998) enfatiza que o processo não se encerra na interação externa, mas evolui para uma fase de internalização individual. Esse estágio subsequente é marcado pela assimilação do conhecimento previamente compartilhado no contexto social, transformando-o em parte integrante do repertório cognitivo do indivíduo. Assim, a aprendizagem é vista como uma jornada contínua, que transcende os limites do indivíduo para abraçar a interdependência entre os sujeitos e seu ambiente. A teoria vygotskiana, ao realçar a importância da interação social na construção do conhecimento, ressalta a relevância de abordagens educacionais que fomentem a colaboração e o diálogo, promovendo, assim, um aprendizado significativo e enriquecedor.

A verificação do pré-teste serve como ponto de partida para a identificação de lacunas de conhecimento e necessidades individuais de aprendizagem. Com base nos resultados obtidos, a pesquisadora adapta sua abordagem pedagógica, buscando atender às demandas específicas de cada grupo de estudantes. Dessa forma, o processo de ensino e aprendizagem torna-se mais personalizado e eficaz, maximizando o aproveitamento do tempo e dos recursos disponíveis.

Posteriormente, a pesquisadora adentra no campo teórico da Gravitação, utilizando uma linguagem acessível e exemplos práticos para facilitar a compreensão dos conceitos fundamentais. Por meio de analogias e experimentos mentais, ela ilustra as leis da física que regem o movimento dos corpos no espaço, despertando o interesse dos estudantes e estimulando a reflexão sobre as aplicações práticas desses princípios no cotidiano e na pesquisa científica.

A combinação de apresentação, aula dialogada e explanação teórica proporciona uma experiência de aprendizagem rica e significativa, promovendo o desenvolvimento cognitivo, crítico e criativo dos estudantes. A atuação da pesquisadora como mediadora do conhecimento, aliada ao engajamento ativo dos estudantes, potencializa os resultados alcançados e contribui para a formação de indivíduos críticos, autônomos e comprometidos com a busca pelo saber.

2.5.5 DISCUSSÃO SOBRE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

A Gravitação Universal de Newton representa um campo vasto de estudo que intriga e fascina os amantes da ciência e da física. Sua riqueza conceitual transcende meros cálculos matemáticos, adentrando o âmago das ideias sobre força, movimento e os princípios fundamentais de conservação. No entanto, sua complexidade não se limita apenas ao domínio teórico, estendendo-se também ao vasto horizonte da astronomia, onde suas leis regem o movimento dos corpos celestes. Apesar de sua magnitude intelectual, o ensino da Gravitação Universal tem sido subestimado, relegado muitas vezes a um papel secundário tanto nas salas de aula quanto nos materiais didáticos.

Contextualizar esse tema torna-se imperativo para despertar o interesse dos estudantes, unindo teoria e prática (Brasil, 2018). Ao pensar nessa contextualização que transcende a mera transmissão de informações, promovendo uma conexão entre teoria e prática que não apenas enriquece o entendimento, mas também estimula a curiosidade e o envolvimento ativo dos educandos. Como enfatizado pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), documento que delinea as diretrizes educacionais no Brasil, as práticas pedagógicas devem ser permeadas por essa contextualização, proporcionando aos educadores um arcabouço sólido para conduzir suas ações em sala de aula.

Além disso, ao contextualizar os temas, os educadores podem explorar questões interdisciplinares, promovendo uma compreensão mais ampla e integrada do conhecimento. Essa interconexão entre diferentes áreas do saber não apenas enriquece a experiência educacional, mas também prepara os estudantes para os desafios multifacetados do mundo contemporâneo, onde a solução de problemas muitas vezes requer uma abordagem transdisciplinar.

No entanto, essa tarefa não é trivial ao exigir dos educadores uma compreensão profunda não apenas dos conceitos científicos, mas também das circunstâncias que envolvem sua construção. Historicamente, o ensino descontextualizado negligenciava o processo evolutivo do conhecimento científico, alienando os estudantes das grandes transformações e recriações pelas quais passa a ciência.

Nossa aula se debruça para contextualizar a Gravitação Universal, é essencial partir de conceitos básicos, como a inclinação do eixo de rotação da Terra e seus efeitos na ocorrência das estações do ano. Além disso, a precessão desse eixo, um movimento sutil que se assemelha ao giro de um pião, revela a dinâmica complexa das forças gravitacionais em ação. A compreensão desses fenômenos não se dá apenas pela passividade dos estudantes, mas sim pelo envolvimento ativo em experimentos práticos e exemplos contextualizados.

Portanto, a figura do educador se transforma em mediador de discussões estimulantes, incentivando a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento. Cada aula se torna uma hipótese a ser testada, um convite ao diálogo e à investigação, onde professor e estudante se lançam em uma aventura intelectual conjunta, cujo desfecho é imprevisível, mas sempre enriquecedor. É por meio dessa abordagem dinâmica e participativa que se promove uma verdadeira educação científica, capaz de formar mentes críticas e autônomas.

2.5.6 EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS - MONTAGEM E DIVISÃO DAS EQUIPES

Na próxima etapa desta sequência didática, vislumbramos a divisão das equipes em função dos 4 experimentos propostos, uma estratégia que visa garantir um ambiente colaborativo e produtivo. Com base na quantidade de estudantes engajados na pesquisa em cada turma, prevemos entre cinco a sete estudantes por experimento, o que favorece uma dinâmica de trabalho mais eficiente e participativa. Este contexto, onde se destacam a interação humana e o labor conjunto, representa uma tessitura complexa entre a técnica e a interação dos agentes envolvidos. A comunicação emerge como elemento central nesse processo, catalisando a articulação das ações e fomentando a cooperação entre os membros de cada equipe.

A avaliação dos estudantes não se restringe apenas ao desempenho individual, mas também considera os resultados alcançados pelo grupo, incentivando a responsabilização mútua e o reconhecimento das contribuições individuais para o sucesso coletivo. A prática da avaliação entre pares amplia essa dinâmica, proporcionando uma análise mais holística e justa do trabalho realizado. Para assegurar o bom funcionamento das equipes, é fundamental a formação de grupos

coesos, onde a comunicação eficaz e a capacidade de negociação são habilidades valorizadas, evitando assim conflitos internos e garantindo uma participação equitativa de todos os membros.

Após esta etapa, os estudantes serão orientados a iniciar a montagem dos experimentos, recebendo os materiais necessários e instruções claras sobre os procedimentos a serem seguidos (Anexo B). A presença da pesquisadora como tutora durante esse processo confere suporte adicional, garantindo que quaisquer dúvidas sejam prontamente esclarecidas. A fase de montagem é crucial, pois representa o momento em que os conceitos teóricos são colocados em prática, possibilitando aos estudantes uma vivência mais próxima do método científico e estimulando o desenvolvimento de uma postura questionadora e investigativa.

Com a conclusão das montagens, as equipes partem para a fase de teste dos experimentos, iniciando um ciclo de descoberta e aprendizado. Este momento é primordial para que os estudantes possam formular perguntas, buscar informações, elaborar explicações para os fenômenos observados e testar suas hipóteses de maneira empírica. Através deste processo, cada estudante assume o papel de cientista, explorando novas perspectivas e consolidando seu entendimento sobre os temas abordados. A oportunidade de compartilhar os resultados com as demais equipes não apenas reforça o aprendizado individual, mas também enriquece o conhecimento coletivo, promovendo uma cultura de colaboração e troca de saberes.

2.5.7 EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS - ATIVIDADE INTERATIVA ENTRE AS EQUIPES

A aplicação dos experimentos realizados pelas equipes na turma representa um momento crucial para fomentar a curiosidade científica dos estudantes, despertando questionamentos e percepções tanto individuais quanto grupais. Nessa etapa, a pesquisadora desempenha um papel fundamental ao estimular as mentes dos estudantes, incentivando-os a explorar qualquer dúvida que possa surgir durante a apresentação dos experimentos. É uma oportunidade ímpar para cultivar não apenas o conhecimento científico, mas também a capacidade de indagar e investigar, características essenciais para o desenvolvimento intelectual.

Ao compartilharem suas experiências e descobertas, as equipes não apenas demonstram o resultado de seus esforços, mas também inspiram seus colegas a se engajarem no processo de aprendizagem de forma mais profunda e significativa. A troca de ideias e a discussão sobre os experimentos realizados alimentam um ambiente propício para o surgimento de novas perspectivas, enriquecendo a experiência de aprendizado de todos os envolvidos.

Além disso, a preparação para a apresentação para a turma representa uma oportunidade única para os estudantes consolidarem seu entendimento dos conceitos abordados nos experimentos. Esse desafio extracurricular não apenas reforça o aprendizado adquirido, mas também promove habilidades de comunicação e expressão, essenciais para o sucesso acadêmico e profissional.

A presença da pesquisadora durante essa fase do processo é fundamental para orientar os estudantes na formulação de perguntas pertinentes e na busca por respostas embasadas. Sua expertise e incentivo ajudam a transformar a apresentação dos experimentos em uma oportunidade de aprendizado dinâmico e enriquecedor, onde cada descoberta é celebrada e cada dúvida é encarada como um convite para explorar ainda mais o universo da ciência.

Ao final desse ciclo de apresentações, espera-se não apenas a disseminação do conhecimento científico, mas também o fortalecimento do vínculo entre os estudantes e a ciência, incentivando-os a continuar explorando e questionando o mundo ao seu redor. Essa experiência não só contribui para a formação acadêmica dos estudantes, mas também para o desenvolvimento de uma mentalidade crítica e investigativa, essencial em qualquer área do conhecimento. Assim, a aplicação dos experimentos das equipes na turma não se limita a um simples exercício acadêmico, mas representa um importante marco na jornada intelectual dos estudantes, preparando-os para os desafios e descobertas que os aguardam no futuro.

2.5.8 EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS - APRESENTAÇÃO DAS EQUIPES

Será realizada, a apresentação dos experimentos para toda a turma da sala, visando incitar nos estudantes o interesse e a prática com experimentação. Esta iniciativa busca não somente promover o envolvimento ativo dos estudantes com a

ciência, mas também reforçar a importância de uma abordagem prática no estudo da gravitação. Ao proporcionar essa experiência, busca-se fomentar uma cultura científica entre os estudantes, estimulando sua curiosidade e investigação.

A organização desta mostra representa um marco significativo no ambiente escolar, evidenciando o compromisso com a excelência educacional e o estímulo ao pensamento crítico. Ao envolver toda a escola nesse evento, pretendemos não apenas destacar a relevância dos experimentos gravitacionais, mas também promover uma integração multidisciplinar, aproximando diferentes áreas do conhecimento em torno de um tema central.

As equipes de estudantes serão incentivadas a explorar a fundo os conceitos relacionados à gravitação, estimulando não apenas a realização de experimentos, mas também a formulação de perguntas e hipóteses. Esta abordagem investigativa não apenas fortalece o entendimento dos próprios estudantes, mas também cria um ambiente propício para o compartilhamento de conhecimento entre diferentes turmas, enriquecendo assim a experiência de aprendizado.

Ao consolidar a formação do conceito de gravitação nesta etapa da sequência de ensino, almejamos não apenas transmitir informações, mas também cultivar habilidades como a observação, a análise crítica e a resolução de problemas. Através dessa abordagem, esperamos não apenas formar estudantes com conhecimento sólido em ciências, mas também cidadãos engajados e críticos, capazes de contribuir no ensino contextualizado para os estudantes e para a sociedade.

Em última análise, ao incentivar a experimentação e a investigação, estamos não apenas preparando os estudantes para os desafios do mundo contemporâneo, mas também cultivando uma paixão duradoura pelo conhecimento e pela criação.

2.5.9 APLICAÇÃO DO PÓS-TESTE

A aplicação do pós-teste (Anexo G) representou um momento crucial na trajetória educacional, especialmente após a conclusão da sequência didática focada na compreensão do conceito de gravitação a partir da realização de experimentos antigravitacionais. Este processo não apenas sintetiza as diferentes etapas do ensino, mas também busca enriquecer as perspectivas dos estudantes em relação a esse conceito fundamental. Ao longo dessa sequência, o objetivo da sequência didática é

não apenas transmitir informações, mas capacitar os estudantes a se tornarem investigadores críticos e autônomos.

O caráter da sequência didática reside, sobretudo, na sua capacidade de estimular o pensamento investigativo e promover uma aprendizagem ativa. Por meio dos experimentos práticos, as equipes têm a oportunidade não apenas de observar fenômenos, mas também de compreender os princípios subjacentes à gravitação. É por meio dessa experiência tangível que se espera que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais profunda e articulada do conceito em questão. Nesse contexto, a mostra realizada pelas equipes desempenha um papel crucial, proporcionando uma oportunidade para a aplicação prática do conhecimento adquirido e a demonstração das descobertas realizadas.

Ao chegar à fase do pós-teste, o foco se desloca para a consolidação e avaliação da aprendizagem. A pergunta central – “O que é a gravitação a partir dos experimentos realizados e vistos?” – não apenas convida os estudantes a sintetizarem suas descobertas, mas também os desafia a aplicarem seu entendimento em contextos específicos. Esse pensamento individualizado permite não apenas uma avaliação do conhecimento adquirido, mas também uma reflexão sobre o processo de aprendizagem em si. Dessa maneira, é possível apresentar de forma coerente e sistematizada a formação do conceito de gravitação elaborado pelos estudantes ao longo de toda a sequência didática, destacando não apenas o resultado, mas também o percurso intelectual trilhado durante esse processo de descoberta e construção do conhecimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresentaremos os resultados e discussões, juntamente com as análises, alcançadas por meio da coleta de dados. Nesta análise, organizamos as categorias e subcategorias estabelecidas *a priori* e *a posteriori*, alinhados com os objetivos e referências teóricas que baseiam esta pesquisa.

Após a delimitação da temática a ser tratada na pesquisa, houve então o processo de escolha dos perfis dos estudantes, sendo esses estudantes do 9º do ensino fundamental II, por pressupor que esses estudantes conheçam as forças que regem o universo e ingressarão, em breve, no 1º ano do ensino médio, sendo assim

devem atender as habilidades dos conceitos científicos relacionados as ciências da natureza sobre força, massa e gravidade conforme preconizados pela BNCC (2018). Em consonância com as diretrizes do Comitê de Ética da Pesquisa (CEP), no qual essa pesquisa foi analisada e aprovada, de número CAEE 82601024.8.0000.5020.

3.1 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NA PESQUISA

Segundo Bardin (2010), a Análise de Conteúdo é um conjunto de técnicas destinadas a analisar comunicações, buscando obter indicadores temáticos e objetivos das mensagens. Esses indicadores, sejam quantitativos ou não, permitem inferências sobre as condições de produção e recepção das mensagens. De acordo com essa perspectiva, durante a década de 70, houve mudanças significativas nas análises de mensagens, incluindo a aceitação de múltiplas técnicas de análise de conteúdo e a consideração de abordagens qualitativas, além da possibilidade de inferências a partir da descrição explícita do conteúdo das comunicações (Minayo, 2009).

Para Minayo (2009), a técnica de análise de conteúdo pode ser aplicada em uma variedade de situações, como a análise de obras literárias, depoimentos de leitores de jornais ou telespectadores de programas de televisão, entre outras. Bardin (2010) descreve a análise de conteúdo como passando por três fases cronológicas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, incluindo inferências e interpretações. A pré-análise é um estágio de organização e sistematização das ideias iniciais, onde o pesquisador realiza uma leitura inicial do material coletado para desenvolver os primeiros pressupostos que guiarão a interpretação final (Minayo, 2009). Bardin (2010) destaca que a pré-análise visa à organização do material e envolve um contato inicial com os dados, permitindo uma compreensão gradual e precisa por meio do que ele chama de “Leitura Flutuante”.

Embora intuitiva, a fase da pré-análise pode ser subdividida em três tarefas: escolha dos documentos, formulação de hipóteses e objetivos, e elaboração de indicadores que subsidiarão a análise final. Após a pré-análise, segue-se a fase de exploração, onde o pesquisador realiza a análise e interpretação dos dados, semelhante a um minerador que classifica seus dados. Bardin (2010) enfatiza que essa fase consiste principalmente na codificação dos dados coletados, podendo ser

organizada por meio de recorte, enumeração e classificação. Na etapa final, o tratamento dos dados, os dados brutos passam por uma síntese interpretativa, tornando-se significativos para que o pesquisador possa fazer inferências e interpretações sobre seus objetivos (Minayo, 2009).

Sendo assim, nesse estudo seguimos as orientações dessas teóricas, selecionamos como pré-análise as seguintes produções obtidas a partir da coleta de dados:

- Pré-teste: Analisamos para além da quantidade de acertos, a capacidade de síntese do estudante sobre as questões que envolvem conceitos de gravidade, massa, força e teóricos da gravitação universal, sendo isso um meio para captar os conhecimentos prévios.
- Análise do vídeo (Anexo B): Como forma de iniciar os conceitos sobre a gravitação universal, os estudantes assistiram um vídeo sobre a história da gravitação universal e solicitamos anotações por meio de um cartão de atividade, esse processo ocorreu dentro da sala de aula. Com intuito de analisar como o estudante compreende esse processo histórico a partir do vídeo, quais conceitos os estudantes conseguiram abstrair, por exemplo, como Isaac Newton conseguiu elaborar a lei da gravitação universal.
- Mapas Conceituais: A partir da análise dos vídeos, os estudantes foram divididos em equipes e produziram o e apresentaram um mapa conceitual com os principais termos sobre a gravitação universal, analisamos os termos chaves, como: Gravitação Universal, Isaac Newton, Gravidade e Força gravitacional.
- Roteiro de Experimento (Anexo C): Como forma de conseguir identificar a capacidade do estudante relacionar o experimento com o conceito da gravitação e, além disso, a capacidade de abstração e compreensão dos conceitos, infere-se que as respostas apresentem os termos como Gravidade, Gravitação Universal e Força gravitacional.
- Apresentação dos experimentos: A fim de identificar o conceito de Gravitação Universal nos experimentos, os estudantes explicitaram a conexão entre essa força e o fenômeno em questão. Sendo a gravidade uma força fundamental e universal, como postulado por Newton, a

possibilidade de anulá-la ou inverter seus efeitos contraria as leis da física estabelecidas

- Pós-teste: Através de um questionário composto por questões objetivas e dissertativas, avaliamos a compreensão dos estudantes sobre os conceitos de massa, força, aceleração e gravidade, introduzidos no início da sequência. Além disso, buscaremos verificar se os estudantes conseguiram estabelecer a relação entre os experimentos realizados e a lei da Gravitação Universal, aplicando os conceitos aprendidos para explicar os fenômenos observados.

Ademais, conforme Bardin (2016), as categorias, inicialmente, podem ser classificadas a *priori*, que são aquelas estabelecidas de antemão pelo pesquisador, sendo essa relacionada a experiência na área. Porquanto, as categorias e subcategorias a *priori* estabelecidas são:

- Categoria 1: Compreensão da força gravitacional.

A compreensão da força gravitacional é considerada fundamental para a formação do estudante, sendo contemplada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como um dos objetos de estudo essenciais na área das Ciências da Natureza (BNCC, 2018). Portanto, essa categoria se justifica pela sua relevância para a formação científica, alinhada com as diretrizes curriculares nacionais. Outrossim, a luz da teoria Histórico-cultural de Vygotsky (1968), para o desenvolvimento da generalização mais elevada, ou seja, um conceito, é essencial que ocorra o sistema de operações psicológicas, sendo esses relevantes para a sua generalização.

- Subcategoria 1A: Concepções iniciais sobre a gravidade.

As ideias prévias dos estudantes demonstram a bagagem de conhecimento adquirido conforme o tempo escolar e no seu cotidiano. Segundo Pivatto (2014), a possibilidade de aquisição de ideias que será utilizada no universo das categorizações de novas conjunturas só é possível por meio dos conhecimentos prévios, servindo como ponto de ancoragem.

- Subcategoria 1B: Construção de modelos mentais.

Quando o indivíduo realiza uma ação mental, ele está utilizando um modelo mental como dirigente, portanto, uma prática consciente, validando aquelas

associações adquiridas (Rezende;Valdes, 2006). Sendo assim, analisamos com os estudantes conseguem compreender a gravidade naquele contexto dos experimentos.

Em síntese, as categorias propostas a *priori*, foram estabelecidas para assim orientar o corpus da análise dos dados obtidas a partir das produções realizadas, relacionadas com o referencial teórico proposto.

Para mais, as categorias a *posteriori*, desenvolvidas a após a coleta de dados, que segundo Mendes *et al.* (2007, p.46) podem ser estabelecidas considerando como base as falas dos sujeitos, sendo o nome e a definição continuamente criados a partir dos conteúdos verbalizados e com um refinamento gramatical. Das quais são:

- Categoria 2: Presença dos elementos da gravitação universal.

O conceito da gravitação universal é definido por um conjunto elementos, sendo uma interação gravitacional fundamental na natureza que se traduz pela atração entre as massas (Araújo, 2013). Dentre esses elementos, a massa, distância e força exercem suma importância para que os corpos tenham essa interação.

- Subcategoria 2A: Princípios da Gravitação Universal

Isaac Newton reflete sobre os princípios fundamentais da gravitação universal ao afirmar que “A gravidade deve ser causada por um agente que atua constantemente de acordo com certas leis” (Carta de Newton a Bentley, 25 de fevereiro de 1693, reproduzida em Newton 1959 -1977, vol. 3, p. 253-4, In: Martins, 2006, p. 173). Assim, destacando que um corpo não pode influenciar outro à distância no vácuo sem um meio de interação, reforçando a necessidade de compreender a força gravitacional como uma interação mediada por agentes.

- Subcategoria 2B: Interações e efeitos da Força Gravitacional

Para Newton (1934) as interações gravitacionais são uma força fundamental age entre duas partículas materiais que se atraem com uma força diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa. A relação entre massa e força gravitacional justifica a influência de objetos grandes, enquanto a dependência

da distância mostra que a gravidade diminui com o afastamento, sendo assim, alinhando-se aos conceitos abordados nos experimentos dos estudantes.

- Categoria 3: Exemplos da força da gravidade no cotidiano

Essa categoria surgiu pelo fato de os estudantes conseguirem relacionar os conceitos teóricos da gravidade, abordados nos experimentos, com situações do cotidiano. Essa conexão entre teoria e prática é importante para a consolidação do conhecimento científico, permitindo que os estudantes compreendam a gravidade em diferentes contextos, como os movimentos dos corpos celestes e até mesmo fenômenos triviais, como o movimento da queda de um objeto.

- Subcategoria 3A: Percepção sobre a gravidade

A percepção sobre a gravidade no cotidiano reflete as interpretações que os estudantes atribuem aos fenômenos naturais observados. Demonstrando como os estudantes integram suas vivências com os conceitos apresentados, transformando suas experiências em uma base sólida para a aprendizagem. Por esse meio, eles avançam da observação empírica para um entendimento sistematizado sobre a gravidade.

- Subcategoria 3B: Relação dos experimentos com a gravidade.

Os experimentos de modelagem antigravitacional permitiram os estudantes construir significados ao conectar os conceitos teóricos de gravidade a situações práticas do cotidiano. Os experimentos como atividade prática exemplificam a mediação proposta por Vygotsky, ao permitir que os estudantes internalizem conceitos científicos a partir de interações práticas, explorando as relações entre teoria e fenômenos do cotidiano.

O processo de criação das categorias *a priori* e *a posteriori* possibilitou uma análise estruturada, possibilitando a definições de tendências e padrões relevantes nas respostas e apresentações dos estudantes. Abaixo apresentaremos um quadro de forma sintetizada essas informações (Quadro 4):

Quadro 4 - Análise das frequências dos índices

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	FREQUÊNCIA (%)	TOTAL DE EXCERTOS ANALISADOS (n/%)
1. Compreensão da força gravitacional.	a. Concepções iniciais sobre a gravidade.	Subcategoria 1. A (n=23) (24%)	(n=35) (37%)
	b. Construção de modelos mentais.	Subcategoria 1.B (n=12) (13%)	
2. Presença dos elementos da gravitação universal.	a. Princípios da Gravitação Universal	Subcategoria 2.A (n=8) (7%)	(n=14) (12%)
	b. Interações e efeitos da Força Gravitacional	Subcategoria 2.B (n=6) (5%)	
3. Exemplos da força da gravidade no cotidiano	a. Percepção sobre a gravidade	Subcategoria 3.A (n=25) (26%)	(n=44) (46%)
	b. Relação dos experimentos com a gravidade.	Subcategoria 3.B (n=19) (20%)	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Todas as definições das categorias e as unidades de registro se caracterizam no processo da exploração de material tendo como base Bardin (2016), sendo uma etapa importante para enriquecer as interpretações e inferências. Conforme a autora citada, é necessário que ocorra uma descrição analítica, um estudo aprofundado do *corpus* (material textual coletado) orientado pelas conjecturas e embasamento teórico estudado na pesquisa.

Para mais, o processo de transcrição das gravações das apresentações dos mapas conceituais e apresentações dos experimentos envolveu várias etapas detalhadas. Primeiramente, utilizamos um extensor para navegador, o Google Colab, para transcrever todas as falas, em seguida realizamos ajustes cuidadosos no texto transcrito, com o intuito de isolar e selecionar os índices mais relevantes para a análise. Com essas unidades de registro, iniciamos o processo de codificação, na qual rotulamos cada unidade em consonância com as categorias determinadas. Assim

sendo, os estudantes foram codificados utilizando a letra “A” e números sequências “1,2, 3, ...” para identificar cada estudante individualmente. Para caracterizar as questões referidas no excerto, utilizamos a letra “Q” seguido pelo número correspondente, por exemplo, “Q1” para a primeira questão. Além disso, os trechos específicos das respostas foram identificados com a letra “L”, seguida pelo intervalo das linhas, como “L10-15”, conforme o exemplo do quadro 5 abaixo.

Quadro 5 – Exemplo de codificação

CÓDIGO	UNIDADE ANALISADA
A1-Q1-L5-10	“A gravidade faz tudo cair para o chão”

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Outrossim, com as categorias e subcategorias estabelecidas, elaboramos uma tabela como forma de organizar os excertos dos textos, essa técnica proporcionou uma organização sistemática dos dados e serviu como suporte para a etapa final de interpretação e análise do conteúdo, possibilitando uma compreensão mais profunda e estruturada das informações obtidas nas atividades escritas e nas transcrições das apresentações dos experimentos. Sendo essa a última etapa, o tratamento dos resultados, conforme orientado por Bardin (2016), pois ocorre nesse processo a condensação e destaque das informações para análise, interpretações e inferências, fase de intuição, reflexão analítica e crítica.

Quantas as limitações da pesquisa enfrentaram-se dificuldades relacionadas à disponibilidade de horários durante as aulas, uma vez que a escola estava no final do bimestre, período geralmente marcado por avaliações e fechamento de notas. Apesar desse desafio, a pesquisadora conseguiu adaptar o cronograma da sequência didática, garantindo que coletas de dados fossem realizados de forma satisfatória, sem comprometer a qualidade dos resultados obtidos. Outra limitação foi a frequência dos estudantes, a média de presença em cada etapa da sequência didática foi de 85% de 20 estudantes.

Adiante apresentamos a análise categorial de cada etapa da sequência didática proposta nessa pesquisa, destacando como as atividades realizadas contribuíram para a construção do conceito de gravitação universal. Associamos os dados

coletados às teorias que fundamentam este estudo, de modo a evidenciar as aprendizagens dos estudantes e os desafios encontrados entre os experimentos de modelagem antigravitacional e os conceitos científicos abordados, bem como os reflexos dessas interações na formação do pensamento crítico e na compreensão dos fenômenos físicos envolvidos.

3.2 PRÉ-TESTE: INFERÊNCIAS INICIAS E A RELAÇÃO COM AS CATEGORIAS

No contexto de uma pesquisa, segundo Gil (1999) destaca que os questionários tem um papel fundamental na obtenção de dados iniciais, funcionando como ferramenta eficaz para captar informações sobre os conhecimentos prévios dos participantes.

Sendo assim, os pré-testes (Anexo A) foram aplicados aos 20 estudantes presentes, instruímos a responderem individualmente e sem acesso a matérias didáticos, como livros ou cadernos. Essa metodologia buscou avaliar de forma direta e imparcial os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conceitos investigados.

O pré-teste foi composto por 10 questões, sendo 5 objetivas, consideradas de nível fácil, destinadas a verificar a compreensão básica dos conceitos apresentados. As outras 5 questões, de natureza discursiva, exigiram que os estudantes sintetizassem seus conhecimentos prévios, articulando ideias e conceitos com maior profundidade. Essa combinação de questões permitiu uma análise mais abrangente do nível de conhecimento dos participantes, abrangendo tanto habilidades de reconhecimento quanto de reflexão crítica.

Dentre as questões objetivas de nível básico no pré-teste, estavam questões como “*Quem foi o cientista que formulou a Lei da Gravitação Universal?*”, apesar de essa ser uma pergunta abrangente, infere-se que um estudante cursando o 9º ano do ensino fundamental consiga responder, pois, pressupõe que esse conhecimento tenha sido desenvolvido nas séries anteriores, contudo percebemos que apenas 18% dos estudantes conseguiram obter êxito na escolha da alternativa.

Ademais, os resultados do total de acertos dentre as 5 questões objetivas estão apresentados no Gráfico 1, parte dos estudantes apresentou dificuldades em acertar as questões mais simples, o que pode refletir na ausência de conhecimentos prévios.

Ainda assim, observou-se um desempenho mediano no volume total de acertos, indicando que, embora os conhecimentos prévios estejam presente em algum grau, há espaços significativos para aprofundamento e construção de conceitos mais elaborados.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

As respostas das questões mostraram que os estudantes tiveram m dificuldade menos em questões de cunho teórica, por exemplo a questão 1 (“*Quem foi o cientista que formulou a Lei da Gravitação Universal?*”) e questão e 2 (“*Qual é a ideia principal da Lei da Gravitação Universal?*”), das quais conseguiram responder corretamente, ou seja, identificando corretamente Isaac Newton como o formulador da lei. Contudo, as questões que exigiam maior compreensão conceitual e matemática, como as questões 4 (“*Se a massa de um dos corpos duplicar, a força gravitacional entre eles:*”) e 5 (“*Se a distância entre dois corpos aumentar ao dobro, a força gravitacional entre eles:*”), apresentando índices de erro mais elevados, com mais que a maioria dos estudantes optando por alternativas incorretas relacionadas à proporcionalidade entre força gravitacional, massa e distância. Esses resultados evidenciam lacunas na compreensão inicial, especialmente em relação às interações quantitativas relacionadas ao conceito da gravitação.

O reconhecimento de Isaac Newton como um formulador da Lei da Gravitação universal, relaciona-se com a categoria 1(Compreensão da força gravitacional), pois busca-se explorar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a temática. Os resultados indicaram que a maioria dos estudantes possui familiaridade com figuras históricas, mas possuem dificuldade em reconhecer a definição formal da gravidade

como uma interação entre massas e a relação proporcional entre força, massa e distância.

Visando investigar a profundidade do conhecimento prévios dos estudantes, o pré-teste inclui questões discursivas que abordavam aspectos fundamentais da gravitação universal. Diferentemente das questões objetivas, as discursivas exigiram que os estudantes elaborassem respostas completas, demonstrando sua habilidade de interpretar fenômenos relacionados à gravidade e aplicar conceitos básicos em diferentes situações, permitindo identificar padrões de compreensão, bem como lacunas que poderiam orientar as intervenções pedagógicas.

Entre essas questões discursivas, algumas foram desenvolvidas para explorar a relação dos estudantes com fenômenos cotidianos, como a questão 7 que solicitava: “*Descreva um exemplo do dia a dia em que podemos observar a força da gravidade agindo*”. Essa pergunta buscou investigar como os estudantes conectam os conceitos da gravidade às suas experiências, estimulando a reflexão sobre fenômenos comuns, como a queda de objetos ou os movimentos dos astros.

As respostas dos estudantes foram codificadas conforme o sistema descrito anteriormente, preservando a totalidade de cada resposta sem ajustes ou reformulações. No quadro 6 a seguir representamos a quantidade de estudantes que conseguiram responder as questões discursivas e aqueles que deixaram em as respostas em branco.

Quadro 6 - Respostas as questões discursivas

Respostas preenchidas	Respostas em branco
11	9

Fonte: Elaborada pela autora (2024)

As respostas às questões 6 (“*Explique com suas palavras o que é a força gravitacional*”) e 7 (“*Descreva um exemplo do dia a dia em que podemos observar a força da gravidade agindo*”) estão diretamente ligadas à categoria 3 (Exemplos da força da gravidade no cotidiano), mais especificamente à subcategoria 3^aA (Percepção sobre a gravidade). Nessa perspectiva, destacamos as respostas que se encaixam nessa categoria:

A5-Q7 -L44-L45: Quando uma pessoa joga uma bola para cima, a força gravitacional puxaria a bola para baixo.

A4-Q7 - L38: Um exemplo é quando um objeto cai no chão.

A2-Q7- L23: No momento em que a maçã cai de uma árvore.

A4-Q6-L37: É tudo aquilo que tem massa e se movimenta.

Esses exemplos, em sua maioria, do cotidiano descritos pelos participantes da pesquisa, demonstrou que conseguiram associar a gravidade a fenômenos observados, contudo sem detalhar os fatores envolvidos. Segundo Vygotsky (1991), essa concepção inicial reflete um conceito espontâneo, que precisa ser mediado pedagogicamente para evoluir para um conceito científico.

Já as respostas às questões 8 e 9 estão relacionadas à categoria 2 (Presença dos elementos da gravitação universal), especificamente a subcategoria 2.A (Princípios da Gravitação Universal) e a subcategoria 2.B (Interações e feitos da força gravitacional). Sendo assim, obtivemos as seguintes respostas:

A1-Q8-L7-L11: Por diversos fatores, como a distância da lua não ser próxima o bastante para que ela caia na terra, a força gravitacional da terra é alta, porém em compensação a distância da terra para a lua é bem grande, o que de certa forma anula a força gravitacional da terra em sua grande maioria.

A5-Q9-L48-L49: Devido o sol ser um corpo de grande massa, ele possui uma força gravitacional considerável, mas a distância é grande.

A2-Q8-L24-25: Pois a lua possui a sua própria gravidade, que pode ser maior ou menos do que a gravidade da Terra.

A4-Q9-L40: Que eles estão girando ao redor do sol.

A5-Q8-L46-L47: Pois a distância entre esses dois corpos são diferentes ou seja não ocasionando uma força gravitacional na lua.

A1-Q9-L12-L15: Explica que o quanto maior a distância do astro para o planeta, maior é a força gravitacional exercida sobre o mesmo, também existe o fator da temperatura, como plutão, ele está bem distante da nossa estrela, o que faz sua temperatura ser bem baixa. Já mercúrio, o primeiro planeta a partir do sol e extremamente quente por estar bem próximo ao sol.

A3-Q9-L35: A velocidade de gravitação universal do sol pelos movimentos.

As respostas refletem uma compreensão inicial sobre a relação entre força, massa e distância. No entanto, observa-se equívocos conceituais, como a ideia de que a gravidade pode ser “anulada” ou associação da temperatura a força gravitacional. Esses erros apontam a necessidade de intervenções pedagógicas para corrigir concepções equivocadas. Segundo Vygotsky (1991) o processo de mediação ao articular conceitos científicos sistematizados com exemplos práticos, pode ajudar o estudante a reorganizar sua compreensão e construir um conceito solidificado.

A questão 10 que explora o efeito da gravidade em planetas de diferentes massas, está alinhada à categoria 1 (Compreensão da força gravitacional) e 1.B

(Construção de modelos mentais). Dessa forma, foram obtidas as seguintes respostas:

A5-Q10 -L50-L52: Meu peso se duplicaria por conta da força gravitacional exercida no planeta permita em questão.
A4-Q10- L36: Não, porque o planeta já tem movimento gravitacional.
A2 - Q10- L28-30: O meu peso continuaria o mesmo, mas ele poderia ter a sensação de ser mais leve.
A1-Q10 -L16-L20: O meu peso aumentaria de acordo com o peso escolhido, por exemplo Júpiter, vamos supor que a força gravitacional de Júpiter seja 100m/s^2 e na Terra meu peso fosse 60 kg, na Terra a força gravitacional é de aproximadamente 10m/s^2 , se eu fosse a Júpiter meu peso seria de 10 vezes maior do que aqui na Terra, ou seja, 600kg.

Essas respostas refletem níveis variados de compreensão sobre a relação entre gravidade, massa e peso. Algumas demonstram uma aplicação inicial do conceito em contextos hipotéticos, enquanto outras revelam equívocos que necessitam de mediação. De acordo com Vygotsky (2009), quando o educador ajuda os estudantes a mediar e organizar os conceitos espontâneos, utilizando atividades práticas e interações sociais para avançar dentro da zona de desenvolvimento próxima.

Por fim, essa etapa de aplicação do pré-teste foi uma ferramenta diagnóstica, que permitiu, de certo modo, identificar a zona de desenvolvimento próxima (ZDP) dos estudantes. Essa zona representa o espaço entre aquilo que o estudante já consegue realizar de forma independente (Zona de Desenvolvimento Real) e o que ele pode alcançar com a ajuda de um mediador. Segundo Vygotsky (2009), o aprendizado ocorre de forma mais eficaz quando há essa mediação, sendo nesse processo que os conceitos começam a ser reelaborados integrando-se de maneira mais sólida às estruturas cognitivas do estudante.

3.3 VÍDEO 'A HISTÓRIA DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL': CONTEXTUALIZAÇÃO DA TEMÁTICA

O uso de videoaulas como recurso para aprender e esclarecer dúvidas vem se tornando cada vez mais comum entre os estudantes nos últimos anos, muitos relatam em sala de aula que buscam vídeos para compreender conteúdos que não haviam assimilado com a explicação do próprio professor (Oechsler; Martini; Luis, 2021).

Nesse contexto, a etapa de contextualização da temática foi conduzida por meio de uma combinação de apresentação, aula dialogada e explicação teórica. Essa abordagem inclui a análise descritiva de um vídeo disponibilizado no canal do YouTube 'Ciência Todo Dia', intitulado 'A História Completa da Gravitação Universal'¹, que buscou explorar as percepções dos estudantes sobre o conteúdo apresentado.

Figura 6 - Estudantes assistindo ao vídeo 'A História completa da Gravitação Universal'



Fonte: Arquivo da autora (2024).

O vídeo é organizado em 14 partes, cada uma com um tema específico: introdução; as observações do céu; os cometas; a revolução das esferas celestes; a primeira, segunda e terceira leis de Kepler; os problemas de Newton; uma mudança de paradigma; lei da Gravitação Universal de Newton; aceleração causada pela gravidade; força peso; leis de Newton e, por fim, Edmund Haley. Essa estrutura apresenta de forma clara e sequencial os principais conceitos demonstrados no vídeo.

Com base no cartão de atividade (Anexo B) desenvolvida pela pesquisadora, os estudantes foram orientados a registrar frase ou palavras-chaves durante a exibição do vídeo, relacionadas aos principais conceitos abordados. Eles preencheram o quadro, conforme demonstrado na figura 7, destacando as principais contribuições de cientistas como Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Galileu, Kepler e

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=4OLOOs-uMhM>

Newton, além de identificar o impacto dessas contribuições na compreensão da gravitação.

Esse processo teve como objetivo, para além de aulas expositivas, envolver os estudantes a entender por meio do vídeo proposto a temática e assim galgando dentro do processo da aprendizagem, posteriormente, a formação do conceito científico. Segundo Vygotsky (2009), o significado das palavras e conceitos é construído a partir de associações que variam conforme o contexto e a experiência do indivíduo. Nesse viés, o vídeo sobre a história da gravitação universal, combinou elementos visuais, sonoros e narrativos, oferecendo múltiplas camadas de significação que podem ativar diferentes complexos associativos no expectador.

Figura 7 - Quadro do cartão de atividade para preenchimento

Pesquisa: A formação do conceito de gravitação universal - Professora: Malena Albuquerque

CARTÃO DE ATIVIDADE 02 - AULA 03 – ANÁLISE DO VÍDEO

Nome: _____

Quadro 01: Aspectos conceituais mostrado no vídeo

Cientista(s)	Principal Contribuição	Impacto na Compreensão da Gravitação
Aristóteles, Ptolomeu	Para Ptolomeu a Terra era o centro do universo. Aristóteles concordava com Copérnico.	Ptolomeu criou o sistema geocêntrico. Aristóteles influenciou a contra-dição ao Geocentrismo.
Copérnico, Galileu	Copérnico era contra o Geocentrismo. Galileu descobriu a superfície da Lua e que Júpiter possuía luas.	Copérnico e Galileu mudaram a forma que os pensadores veem o Cosmos.
Kepler, Newton	Kepler descobriu órbitas elípticas e criou 3 leis. Newton criou três leis de Newton.	Impactaram a mecânica e a compreensão do mundo sobre a gravidade.

Fonte: Elaborado pelo participante da pesquisa (2024).

Além disso, havia um espaço destinado as anotações sobre tópicos específicos discutidos no vídeo, esses tópicos foram as mesmas 14 partes, citadas anteriormente. Ao final, os estudantes deveriam responder a uma questão reflexiva: 'Qual a maior descoberta sobre a gravitação, na sua opinião? Por que?'. Essa questão objetivava levar o estudante a se indagar sobre o conceito proposto, trazendo como forma de indagação percursora.

As anotações e respostas elaboradas pelos estudantes nessa etapa demonstraram atenção as partes do vídeo mostrado, mesmo com alguns não respondendo, a maioria conseguiu desenvolver a atividade proposta. A análise das respostas à atividade de vídeo evidenciou como os estudantes articularam conceitos relacionados à gravitação universal.

Os tópicos 1 e 2 obtivemos respostas que estão alinhada a subcategoria 3ªA (Percepção sobre a gravidade):

A2-Q1-L19-L20: Pelo sol, os povos conseguiram dividir o ano. A lua também pode ser usada para definir a passagem do tempo.
A7-Q2-L3-L4: As esferas celestes antes eram idealizadas como perfeitas e completamente lisos e esféricos, porém se foi provado o contrário.
A12-Q2-L21-L22: Teoria que Nicolau Copernico que propõe que a Terra não era o centro do universo o que inspirou outros astrônomos.

Essas percepções abstraídas a partir da visualização do vídeo proposto, demonstraram uma relação entre os aspectos históricos e as observações astronômicas. Os estudantes conseguiram perceber o impacto das observações do céu na organização do tempo e na evolução do pensamento humano, como na criação de calendários e na desconstrução de concepções antigas sobre os corpos celestes. Entretanto, essa compreensão ainda se limita a uma abordagem empírica, baseada em experiências e informações fragmentadas, sem uma articulação mais profunda com os fundamentos científicos que explicam as opiniões. Conforme Bruer (1993) e Davydov (1990), concepções equivocadas são comuns na aprendizagem empírica, pois os estudantes tendem a comparar elementos aparentes e formular conceitos baseados em características superficiais. Esse processo, apesar de ser natural, pode levar a interpretações errôneas que, sem intervenção adequada, permanecem limitadas e descontextualizadas.

Os tópicos 3,4 e 5, que abordam as leis de Kepler, dos problemas enfrentados por Newton e das mudanças de paradigmas, estão ligadas com a subcategoria 2ªA (Princípios da Gravitação Universal), das quais destacamos as seguintes respostas:

A12-Q3-L23-L24: 1º Os planetas possuem uma órbita elíptica. 2º Lei das Áreas. 3º Formulas para a astronomia.
A7-Q4-L7-L8: Newton trabalhou para resolver problemas presentes nas leis de Kepler e descobriu a gravidade. A causa dos problemas era a gravidade.
A12-Q5-L27-L28: As ideias antigas que moldaram o mundo antigo, agora mudaram e afetaram o mundo da ciência

Essas respostas indicam que, ao assistir ao vídeo, os estudantes foram capazes de assimilar conceitos importantes, mas ainda de forma fragmentada, sem uma sistematização mais aprofundada dos conteúdos. Segundo Vygotsky (2009), esses conceitos iniciais, obtidos por meio da interação com o material didático (neste caso, o vídeo), estão situados na zona de desenvolvimento proximal (ZDP), representando um estágio de conhecimento que pode ser ampliado por meio da mediação docente e da interação com outros indivíduos.

Referente aos tópicos 6,7 e 8, que exploram conceitos como a Lei da Gravitação Universal, a aceleração da gravidade e a força peso, das quais estão alinhadas a subcategoria 2^oA (Princípios da Gravitação Universal) e 2^aB (Interações e efeitos da Força Gravitacional), demonstraram tanto avanços quanto lacunas conceituais, como mostrados a seguir:

A2-Q6-L29-L30: Essa lei explica que quanto mais longe os corpos estão, a gravidade vai diminuir.
A7-Q8-L13: Força gravitacional que empurra os corpos ao centro da Terra.
A9-Q7-L44: A aceleração da gravidade da terra é igual para todos os corpos.
A12-Q8-L31: É a força gravitacional que puxa os objetos em direção ao centro da Terra.

As respostas como A2-Q6 e A7-Q8 indicam que os estudantes conseguem identificar aspectos básicos das interações gravitacionais, mas ainda apresentam concepções imprecisas ou incompletas. Outras respostas como A9-Q7 e A12-Q8, mostram que os estudantes têm uma compreensão empírica, mas carecem de uma abstração mais sistematizadas sobre os conceitos científicos.

De acordo com Lomônaco (1997), a formação de conceitos se dá por meio do processo de abstração, no qual o sujeito identifica atributos comuns em diferentes exemplares e constrói uma representação mental aplicável a toda categoria. Nesse sentido, os estudantes, ao assistirem ao vídeo e responderem às questões, iniciaram um processo de categorização, reconhecendo padrões e relações gerais sobre a gravidade. No entanto, como evidenciado pelas respostas, muitos ainda operam em um nível empírico, enfatizando atributos isolados e limitados, como a ideia de que “gravidade empurra os corpos ao centro da Terra”, sem relacionar adequadamente massa, distância e força gravitacional.

Além disso, as respostas refletem desafios em estabelecer limites precisos nas categorias científicas, um problema já apontado por Lomônaco (1997) e Smith e Medi (1981). Por exemplo, a resposta A7-Q6 demonstra uma tentativa de generalização, mas sem compreender a relação quantitativa descrita pela Lei da Gravitação Universal. Isso ilustra como os estudantes tem dificuldade em diferenciar atributos essenciais (como a proporcionalidade inversa ao quadrado da distância) de características superficiais. Essa dificuldade é um reflexo da visão clássica da formação de conceitos, que supõe estabilidade e precisão, mas que na prática revela limites imprecisos e uma compreensão gradativa dos conceitos. Por isso, a mediação pedagógica torna-se fundamental para ajudar os estudantes a refinar seus modelos mentais e construir conceitos científicos.

Os tópicos 9 e 10 que abordam as lei de Newton e a contribuição de Edmund Halley, que estão alinhadas à categoria 1 (Compreensão da força gravitacional), especificamente a subcategoria 1B(Construção de modelos mentais), inferimos com as respostas, apresentadas a seguir, que os estudantes evidenciam a construção de um modelo mental básico, necessitando de uma compreensão aprofundada dos conceitos:

A9-Q9-L47-L48: Contribuíram para a física e criando um novo campo da matemática obstinado aos estudos dos cálculos e de sua própria lei.
A12-Q10-L34-L35: Halley foi um matemático que decidiu entender o cometa que foi observado por outros astrônomos.
A7-Q9-L14: 1º Lei de Newton: Lei da Inércia. 2º Lei de Newton: Lei do princípio fundamental da dinâmica. 3º Lei de Newton: Lei da ação e reação.

Segundo Panofsky *et al.* (1996) a aprendizagem de conceitos científicos na escola baseia-se em um aglomerado de significados de palavra, desenvolvidos previamente e originado das experiências variadas, esse conhecimento espontaneamente adquirido medeia a aprendizagem do novo. Embora entre as respostas dos estudantes percebamos significados rudimentares, ainda assim servem como mediadores para a construção de novos conceitos, como as leis de Newton e a Gravitação Universal. Contudo, para o estudante alcançar uma compreensão científica aprofundada, é necessário que esses conhecimentos iniciais sejam contextualizados por meio de mediação pedagógica e atividades que promovam a análise e a sistematização dos conceitos.

Por fim, na questão 11 foi abordado de forma reflexiva sobre a percepções deles sobre descoberta da gravitação, se alinhando assim a subcategoria 1A (Concepções iniciais sobre a gravidade). Proporcionando aos estudantes perceberem como o impacto científico e histórico foi desenvolvido juntamente com o conceito da gravitação, para mais obtivemos as seguintes respostas:

A2-Q11-L37-L38: A descoberta que o Sol é o centro do Universo, pois mudou totalmente a forma que as pessoas pensavam e marcou a ciência para sempre.

A9-Q11-L50: As leis da Newton, pois implicaram nosso conhecimento a respeito da gravitação.

A7-Q11-L18: A lei da gravitação universal, ela esclareceu vários assuntos antes pendentes.

Apesar das respostas se apresentarem de forma abrangente com pouco contexto, ainda assim demonstrou um grande passo no que tange no desenvolvimento do conceito. Conforme Vygotsky (1998, p. 130) o ponto positivo do aprendizado é aquele que caminha à frente do desenvolvimento, servindo como uma ponte, devemos focar não naquelas funções amadurecidas e sim, principalmente, para as funções em amadurecimentos, no aprendizado é necessário que seja direcionado para o futuro e não somente para o passado.

De acordo com Wertsch (2000), as ferramentas culturais, como a linguagem e os signos permeiam a relação entre o indivíduo e o mundo, transformando não somente as nossas ações, mas também na construção dos pensamentos e dos significados. Nessa perspectiva, os recursos mediadores, como vídeos e mapas conceituais facilitaram a internalização de conceitos e a organização dos pensamentos.

3.3.1 A CONSTRUÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DO VÍDEO

Após o preenchimento do cartão de atividade, foi proposto aos estudantes elaborarem dentro de sala um mapa conceitual (Anexo H) em grupo, visando aprofundar os conceitos abordados no vídeo. Este mapa deveria conter palavras-chaves que eles escreveram dentro do cartão de atividade (Anexo B), promovendo uma organização visual e hierárquica dos conceitos relacionados à gravitação

universal, após esse processo cada equipe apresentou o mapa conceitual para a turma.

Em um sentido abrangente, os mapas conceituais, são diagramas indicando relações entre conceitos incluídos dentro de uma hierárquica de proposições (Moreno *et al.*, 2003). Ademais, os conceitos, na maioria das vezes, podem estar dentro de formas como círculos, retângulos ou outros símbolos, e as proposições são estabelecidas por meio de linhas ou setas que conectam esses elementos, acompanhadas de palavras ou frases de ligação que explicitam a natureza da relação entre eles.

Os mapas conceituais foram apresentados por Novak (2010) tendo como referencial a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968). Sendo que nessa teoria, a aprendizagem é adquirida e desenvolvida a parte de subsunçores, servindo como um ancorador para novos conceitos, havendo assim uma interação entre o novo conhecimento e aquele em que o indivíduo já possui.

Apesar desta pesquisa não ter como embasamento teórico a Teoria de Ausubel, utilizamos desta ferramenta dos mapas conceituais para impulsionar a aprendizagem dos estudantes a partir da construção e apresentação dessa ferramenta, além disso, ambas as teorias valorizam a construção ativa do conhecimento, contudo com ênfases diferentes.

Segundo Moreira (1980) para a construção de um mapa conceitual devemos considerar alguns aspectos metodológicos básicos, como a relação coerente dos conceitos, seguindo uma ordem lógica, palavras de enlace com proximidade aos conceitos, adotando uma construção de frases significativas coerentes e propositivas. Ademais, como forma de abstrair e desenvolver os conceitos apresentados no vídeo anteriormente para os estudantes, os mapas conceituais foram construídos em equipe, seguindo instruções para a distribuição de papéis.

Em cada equipe deveria conter no máximo cinco(5) ou quatro(4) estudantes, sendo que um seria o facilitador, esse deveria garantir que todos entendessem e tivessem acesso a atividade proposta, outro seria o controlador do tempo, combinando o tempo com seu grupo e ficaria atento ao relógio, um harmonizador que deveria mediar desentendimentos e construir pontes, reconhecer as ideias e contribuições de cada participante e por fim um redator que garantiria a apresentação do produto final, nesse caso os mapas conceituais. Conforme Vygotsky (1998) a principal e

característica essencial da aprendizagem é o despertar uma série de processos de desenvolvimento internos na criança, os quais ocorrem no contexto de suas relações com outras pessoas, com o tempo esses processos são absorvidos e convertidos em habilidades e conhecimentos próprios do indivíduo.

Para a análise dos mapas conceituais foram focalizados os seguintes critérios: conceito, inter-relações entre conceitos e estrutura do mapa. O primeiro refere-se à quantidade e qualidade dos conceitos apresentados, considerando a hierarquia conceitual desde os termos mais amplos até os mais específicos, incluindo exemplo. O segundo está relacionado às inter-relações entre os conceitos, levando em conta o número de conexões cruzadas, palavras de enlace e proposições com significado lógico, a fim de quantificar e qualificar a coerência semântica das relações estabelecidas. Por fim, o último critério avalia a estrutura do mapa conceitual identificando se sua organização é sequencial ou em rede, a presença de relações cruzadas entre conceitos distantes, a representatividade dos conteúdos abordados no vídeo e a criatividade na disposição do diagrama, buscamos assim ampliar e integrar os dados obtidos nos critérios anteriores, analisando como os participantes estruturam visualmente suas aprendizagens dentro do tema proposto (Ruiz-Moreno, et. al, 2007).

Entre os 4 mapas conceituais produzidos pelos estudantes, obtivemos uma média de 22 proposições. Todos os mapas apresentaram no mínimo o conceito geral ou relacionado à *gravitação universal* (cinco citações), outros sobre os *cientistas* (cinco citações), *Leis de Newton* (quatro citações), *Leis de Kepler* (cinco citações), *Fórmula da Força Gravitacional* (uma citação), *Teorias cosmológicas* (uma citação) e a *Importância da Gravitação* (uma citação).

Ademais, os 4 mapas produzidos pelos estudantes (Anexo H) todos apresentaram conceitos específicos, na forma de exemplos e conceitos hierárquicos subordinados, como mostrado no mapa a seguir (figura 8).

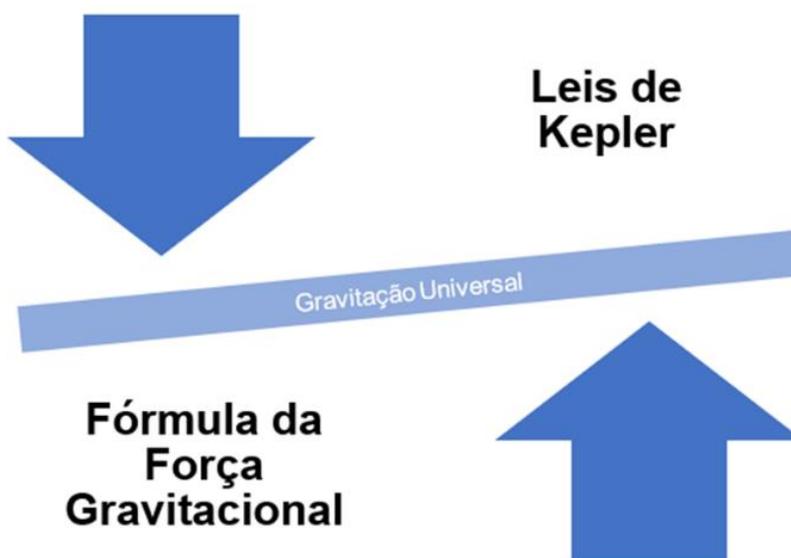
Figura 8 - Produção do Mapa conceitual sobre a Gravitação Universal



Fonte: Elaborado pelos estudantes da equipe 1 (2024).

Entre as várias proposições que os estudantes abordaram no mapa acima, percebemos a seguinte, conforme disposta na Figura 9.

Figura 9 - Gravitação Universal



Fonte: Acervo da pesquisa (2024).

A proposição apresentada pelos estudantes no mapa conceitual reflete um avanço na compreensão dos conceitos fundamentais da física, conseguindo assim conectar diferentes níveis de conhecimento, partindo das descrições empíricas do movimento planetário até a formulação matemática que explica a interação gravitacional entre os corpos. Essa relação enquadra-se na categoria 1 (*Compreensão da força gravitacional*), pois demonstra a importância do ensino desses conceitos para a formação científica dos estudantes, conforme previsto na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018).

Entretanto, ao analisarmos essa relação no mapa conceitual, percebemos ainda uma transição entre concepções iniciais sobre a gravidade e uma tentativa de construção de modelos mentais mais estruturados. Essa associação está relacionada com a subcategoria 1.A (*Concepções iniciais da gravidade*), evidenciando como os estudantes utilizam seus conhecimentos prévios para construir novas interpretações sobre as leis da física. Segundo Pivatto (2014), a aprendizagem ocorre significativamente quando o estudante consegue estabelecer conexões entre novos conceitos e seu repertório prévio, o que permite a categorização do conhecimento de maneira sistematizada.

Para mais, a inclusão da fórmula da força gravitacional no mapa conceitual infere-se que os estudantes estão desenvolvendo um modelo mental formal para descrever a gravitação, sendo assim está relacionado com a subcategoria 1.B (*Construção de modelos mentais*). Conforme Rezende e Valdes (2006), os modelos mentais orientam a forma como os indivíduos representam internamente as preferências e validam suas associações com base na experiência e no ensino formal. Dada essa estruturação conceitual, indica que os estudantes estão apropriando gradualmente dos conceitos científicos.

Vygotsky (1998), enfatiza a importância da mediação social no desenvolvimento do pensamento científico, o fato dos estudantes conseguirem organizar conceitos em um mapa conceitual indica que já passaram por um processo de internalização mediado por interações com colegas, professor e material didático. Contudo, a análise das proposições mostra que o modelo mental ainda está em construção, pois apesar de considerar a relação entre os conceitos, os estudantes podem não compreender as suas implicações matemática e físicas.

Esse modelo mental, ainda em formação, demonstra um estágio intermediário dentro da ZDP descrita por Vygotsky (1998). Os estudantes já possuem um conhecimento inicial sobre os conceitos gravitacionais, mas é necessário outras discussões em equipe com o professor para refinar suas compreensões e evitar interpretações superficiais ou imprecisas. Isso sugere que estratégias didáticas, como experimentos de demonstração, verificação ou investigação poderiam fortalecer esse modelo mental, permitindo que os estudantes desenvolvam um entendimento mais profundo e estruturado da gravitação universal.

Como última etapa desse processo de contextualização sobre a Gravitação Universal, iniciou-se a apresentação dos mapas conceituais, esse momento foi importante uma oportunidade verbalização e troca de conhecimento entre os colegas. As quatro equipes tiveram em média, cinco minutos para expor sua estrutura conceitual, explanado as conexões condicionadas entre os principais tópicos Gravitação Universal.

Durante a apresentação das suas ideias para construir o mapa, os estudantes utilizaram de signos e instrumentos para comunicar seu raciocínio, que segundo Vygotsky (1998) é de suma importância para a internalização do conhecimento. Em consonância com a externalização dos significados dos estudantes, destacamos a fala do estudante A5 da equipe 1:

A5-EQUIPE1: A gravidade é a força que puxa tudo para baixo por isso os objetos caem no chão essa gravidade é a força que também existe em outros planetas e até no espaço as leis de Kepler mostra como os planetas se move em volta do Sol e Newton explicou que isso acontece porque a gravidade atrai tudo que tem massa.

Essa explanação do estudante infere-se que ele possui uma base conceitual inicial, conseguindo associar novos conceitos à aqueles apresentados no vídeo. A mediação nesse contexto, ocorreu tanto por meio de instrumento (representado pelos mapas conceituais) quanto pelos signos, que foram utilizados pelos estudantes para expressar suas compreensões sobre o tema. Segundo Rego (2004), os signos atuam na regulação das ações psicológicas do indivíduo, permitindo a organização do pensamento e a comunicação de conceitos abstratos.

De acordo com Oliveira (2000), os instrumentos de mediação ampliam as possibilidades de transformação da natureza e do conhecimento, permitindo que os estudantes transcendam a simples memorização de informações e passem a operar

com conceitos científicos. Quando os estudantes explanaram por meio da sua própria linguagem a conexão entre as Leis de Kepler e a Gravitação Universal, por exemplo, esses processos mobilizaram não apenas suas compreensões prévias, mas também novas construções cognitivas adquiridas durante as atividades.

Todavia, algumas dificuldades observadas nas apresentações indicam que os estudantes ainda estão em processo de apropriação dos conceitos científicos. A incerteza demonstrada por alguns ao explicar a variação da força gravitacional ou ao relacionar corretamente as equações matemática com as características físicas, apontam para a necessidade novas mediações pedagógicas (como o uso dos experimentos), que podem aprofundar a compreensão dessas relações. Conforme Vygostky (2002), a mediação docente e o uso de ferramentas simbólicas são essenciais para que os estudantes consigam desenvolver um pensamento sistematizado e avançar na internalização dos conceitos científicos.

Em suma, a experiência de apresentar os mapas conceituais pressupõe que a aprendizagem sobre a gravitação universal, no contexto desta pesquisa, não ocorreu apenas pela absorção passiva de informações e sim por meio da interação ativa com signos e instrumentos mediadores. O uso do mapa conceitual como ferramenta de ensino em conjunto com a mediação do professor e às trocas entre os colegas, permitiu que os estudantes na construção de modelos mentais, reforçando a importância das interações sociais e da organização simbólica na formação do conceito científico.

3.4 ANÁLISE CATEGORIZADA DAS RESPOSTAS AOS ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS ANTIGRAVITACIONAIS E AS APRESENTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Nesta seção é apresentado o processo de aplicação dos experimentos antigravitacionais, categorizando as percepções e compreensões dos estudantes sobre os conceitos da Gravitação Universal. Nesse viés, identificamos padrões de respostas e algumas dificuldades conceituais no desenvolvimento das atividades experimentais.

Segundo Silva, Ferreira e Vieira (2017) o ambiente que proporcione o desenvolvimento de experimentos, observação, hipóteses, novas ideias e conceitos

para os estudantes pode ser estabelecido como um espaço de aprendizado. Assim, apresentamos nessa seção como proporcionamos para os estudantes uma forma de aprendizagem por meio dos experimentos.

Mantendo a mesma divisão de equipes na atividade inicial da sequência didática, com os papéis previamente definidos para cada integrante, avançamos para a etapa de montagem dos experimentos. Cada equipe recebeu, por meio de sorteio, um experimento específico e seguindo instruções fornecidas no roteiro para sua realização, toda a etapa de realização com os experimentos duraram três dias.

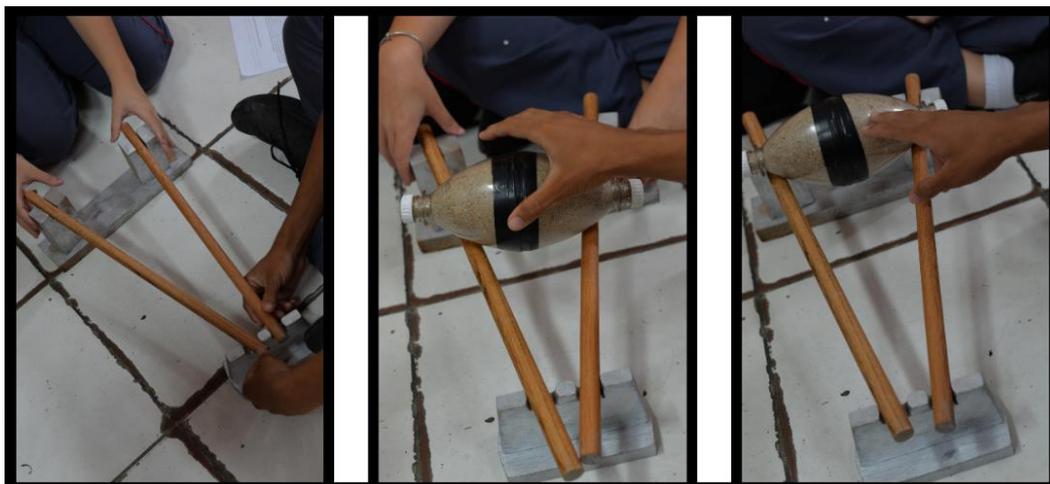
Os roteiros dos experimentos foram elaborados com três questões que incentivavam os estudantes a relacionar os conceitos da Gravitação Universal com a atividade prática proposta. Segundo Freitas *et al.* (2018), a introdução dos experimentos simples nas aulas de ciências facilita a comunicação entre professor e estudante, contribuindo para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem ao promover a interação entre teoria e prática.

No primeiro dia, os estudantes tiveram um contato inicial com os experimentos, montando-os de forma autônoma e buscando compreender o funcionamento de cada componente. Durante essa etapa, receberam os roteiros e começaram a responder às primeiras questões, baseando-se em suas observações e discussões em grupo.

A seguir, serão apresentadas as respostas, alinhadas as categorias estabelecidas, de cada equipe para as questões dos experimentos: Cone Antigravitacional, Torre de Pisa, Ludião e Garfos Equilibradas.

O Cone Antigravitacional (Figura 10) ou Cone Duplo é um experimento que aparentemente desafia à lei da gravidade, pois ao colocar o cone na parte mais baixa da rampa inclinada, o cone parece subir (Medeiros; Medeiros, 2003). Dessa forma, possibilitou aos estudantes relacionar à mecânica do equilíbrio com o deslocamento de corpos em superfícies inclinadas.

Figura 10 - Cone antigravitacional manuseado pelos estudantes



Fonte: Acervo da pesquisa (2024).

No roteiro de experimento do Cone Duplo (Anexo F) apresentava, ao final dos materiais e a análise, a questão 1 (*Explique o que faz o cone ficar parado, descer ou subir a rampa*) e a questão 2 (*Como a gravidade influencia no movimento do cone?*) estão diretamente ligadas à categoria 2 (Presença dos Elementos da Gravitação Universal), pois tratam da atração gravitacional e da distribuição de massa em um corpo. Para essas questões a equipe escreveu o seguinte:

E1-Q1: O peso dentro do cone, a posição do cone na rampa e seu centro de massa.

E1 - Q2: A gravidade faz com que os objetos sejam puxados para o centro da Terra, mas o peso dentro do cone faz com que ele faça um movimento contrário.

Essas respostas indicam que os estudantes reconhecem a ação da gravidade, contudo ainda apresentam dificuldades em descrever com precisão o conceito de centro de massa e o equilíbrio dinâmico do cone.

A questão 3 (*Explique como o ponto médio de gravidade influencia o movimento do cone antigravitacional e como isso se relaciona com o conceito de gravitação?*) abordou o conceito de centro de massa e sua relação com a gravitação universal, sendo classificada na subcategoria 1.b (Construção de modelos mentais). Para essa questão a equipe apresentou as seguintes respostas:

E1 - Q3: O ponto médio do cone influencia por conta do seu peso no ponto médio que é maior do que o peso nas extremidades.

Essas respostas demonstram que os estudantes começaram a desenvolver os modelos mentais sobre a distribuição de massa e seu impacto no movimento do cone. Contudo, a explicação dos estudantes ainda necessita de um melhor aprofundamento conceitual, pois o efeito observado está mais relacionado com a posição do centro de massa em relação ao ponto de contato com a rampa do que à simples diferença de peso ao longo do cone.

Conforme Ausubel (1968), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conceitos são ancorados aos conhecimentos prévios dos estudantes. Nesse experimento, os estudantes tiveram contato direto com um fenômeno que desafia sua percepção intuitiva da gravidade, proporcionando um ambiente propício para reconstrução conceitual e evolução do conceito científico.

Conforme os estudantes manuseavam os experimentos e respondiam as questões conforme solicitados no roteiro, na percepção da pesquisadora emergiu a seguinte questão para o estudante: *O que você entendeu do experimento?* Essa questão pretendeu avaliar a interpretação geral de cada estudante da equipe, encaixando-se na subcategoria 3.a (*Percepção sobre a gravidade*). Para essa questão obtivemos as seguintes respostas:

A1 - Q4 - L1: Eu entendi que o cone é influenciado pela gravidade para que ele seja puxado para o centro da Terra mas o seu peso faz com que ele faça o movimento contrário ou seja, subir.

A2 - Q4 - L4: Nesse experimento eu entendi que a gravidade influencia o movimento dos objetos, os puxando para baixo. Mas dependente da formato do objeto, ele pode fazer um movimento contrário, por conta do peso presente no meio e nas extremidades.

A3 - Q4 - L7: Com esse experimento eu compreendi que dependendo do peso do cone, da massa do seu centro e da sua posição o cone pode fazer um movimento contrário a gravidade.

Essas respostas indicaram que os estudantes perceberam a força gravitacional atuando sobre o cone, mas ainda possuem dificuldades em diferenciar o conceito da gravidade como força universal e o papel da distribuição de massa na dinâmica do sistema. Essa percepção inicial, conforme Vigotski (1986) está no âmbito dos conceitos espontâneos, ou seja, ideias formuladas com base em experiências empíricas, mas que precisam de mediação pedagógica para torna-se um conceito científico. Nesse viés, a experimentação mediada pelo professor e a troca entre colegas é essencial para que os estudantes avancem na conceituação inicial para um conceito solidificado dos princípios físicos envolvidos.

O experimento do Cone Duplo permitiu que os estudantes confrontassem suas concepções intuitivas sobre a gravidade e experimentassem a influência do centro de massa e sua distribuição de peso no movimento de um corpo. As respostas indicaram que os estudantes estão em processo de avanço conceitual. Assim, a experimentação não apenas permitiu que os estudantes explorassem fenômenos físicos, mas também proporcionou oportunidades para questionamento, argumentação e construção ativa do conceito.

O experimento Torre de Pisa ou Garrafas equilibradas (Figura 11) é uma atividade prática que ilustra o conceito de centro de gravidade e consiste em equilibrar uma ou duas garrafas utilizando um suporte, como cano PVC, que desafia a gravidade, permitindo a observação de como o centro de massa influencia o equilíbrio do sistema.

Figura 11 - Estudantes manuseando o experimento Torre de pisa



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O roteiro de experimento, além dos materiais e a análise, apresentava três questões discursivas, a questão 1 (*Como vocês podem explicar a diferença na estabilidade do sistema quando o corte na boca da garrafa maior foi feito em ângulos diferentes?*) e a questão 2 (*Quais são as principais forças atuando sobre as garrafas durante o experimento? Como elas se comparam com a força gravitacional?*) que estão alinhadas com a subcategoria 2.b (interações e efeitos da força gravitacional), para essa questão obtivemos as seguintes respostas:

E2-Q1: A distribuição da massa influencia na localização do centro de massa do sistema.

E2-Q2: A força peso, a energia potencial e energia gravitacional.

Na resposta à questão 1 os estudantes percebem a relação entre a geometria do objeto e a posição do centro de massa. Segunda Halliday, Resnick e Walker (2021), a estabilidade de um corpo depende diretamente da posição do seu centro de massa em relação à sua base de sustentação, isto é, quanto mais baixo e centralizado estiver, mais estável será o objeto. Isso corrobora a ideia de que um corte em ângulos diferentes altera a distribuição da massa, deslocando o centro de massa e tornando o equilíbrio mais difícil em determinados sistemas.

Na resposta à questão 2, demonstra que os estudantes reconhecem a ação da gravidade como principal influência no comportamento do sistema. A força peso que age verticalmente para baixo é o fator determinante na estabilidade da garrafa sobre o cano PVC. Contudo, ao mencionar à energia potencial e à energia gravitacional sugere uma possível confusão conceitual, uma vez que a energia não é uma força e sim uma grandeza associada ao estado do sistema. Conforme Kuhn e Muller (2014), muitos estudantes tendem a confundir forças e energias devido à forma como esses conceitos são apresentados no ensino tradicional, reforçando a importância da experimentação para desenvolver esses conceitos.

A questão 3 (*No experimento, como a distância entre a garrafa e o cano PVC influencia o equilíbrio?*) é enquadrada na categoria 2 (Presença dos elementos da gravitação universal), para essa questão obteve-se a seguinte resposta da equipe:

E2-Q3: Pois o centro de massa se encosta no segundo buraco do cano PVC.

Infere-se que os estudantes reconheceram, ainda que de forma incipiente, a relação entre a posição do centro de massa e o ponto de apoio. Contudo, a formulação da resposta indica uma lacuna conceitual, pois o centro de massa não se encosta, mas sim determina o ponto de equilíbrio do sistema. Segundo Galperin (1989) a aprendizagem ocorre por meio de etapas graduais, desde a manipulação concreta e objetos até a internalização do conhecimento. Nesse experimento, primeiramente os estudantes manipularam fisicamente as garrafas e o cano PVC, ajustando sua posição para encontrar o equilíbrio, nesse estágio inicial, chamado por Galperin de fase

material e perceptiva, permitiu que os estudantes adquirissem uma compreensão sensorial do fenômeno.

O experimento Ludião (Figura 12), apesar de não ser especificamente trabalhado para o ensino da gravidade, permitiu compreender, de maneira prática, a relação entre a força gravitacional e os princípios hidrostáticos, como os enunciados por Pascal e Arquimedes. Segundo Jesus, Marlasca e Tenório (2007), o funcionamento do experimento baseia-se na compreensão do ar dentro do Ludião, o que altera sua densidade e, conseqüentemente, sua flutuabilidade. Essa mudança permite que o objeto suba e desça dentro da garrafa cheia de água ilustrando como a interação entre o empuxo e força peso regula seu comportamento dentro do fluido.

Figura 12 - Estudantes realizando o experimento do Ludião



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A força gravitacional é sempre constante e atua na direção do centro da Terra, enquanto o empuxo varia de acordo com a densidade do Ludião. Dessa forma, o experimento se torna uma ferramenta didática para demonstrar que o comportamento de um objeto submerso depende não somente da gravidade, mas também da densidade e do volume do fluido.

Esse experimento apresentava 3 questões, a questão 1 (*A gravidade desempenha um papel direto no movimento do ludião para cima e para baixo? Por que?*) e a questão 2 (*Se a gravidade fosse maior, como isso afetaria o peso do ludião*

e sua flutuabilidade?) que estão alinhadas com a categoria 2.b (Interações e efeitos da força gravitacional), das quais obtivemos as seguintes respostas:

E3-Q1: Sim, quando eu aperto a garrafa a caneta desce e quando solto a caneta sobe.

E3-Q2: Se a gravidade fosse maior, o peso do ludião seria maior e sua flutuabilidade seria menor.

As respostas as questões os estudantes demonstram uma compreensão inicial dos conceitos envolvidos e que reconhecem a relação entre o movimento do Ludião e a força gravitacional, apesar não apresentarem conceitos aprofundados, demonstram uma percepção empírica do fenômeno. Segundo Galperin (2009), a formação de conceitos ocorre em estágios progressivos, partindo de uma ação material até alcançar a internalização do conhecimento. Nesse contexto do experimento, o estudante encontra-se na fase inicial desse processo, pois reconhece a mudança no comportamento do Ludião, mas ainda não relacionam o papel da gravidade e do empuxo na dinâmica observada.

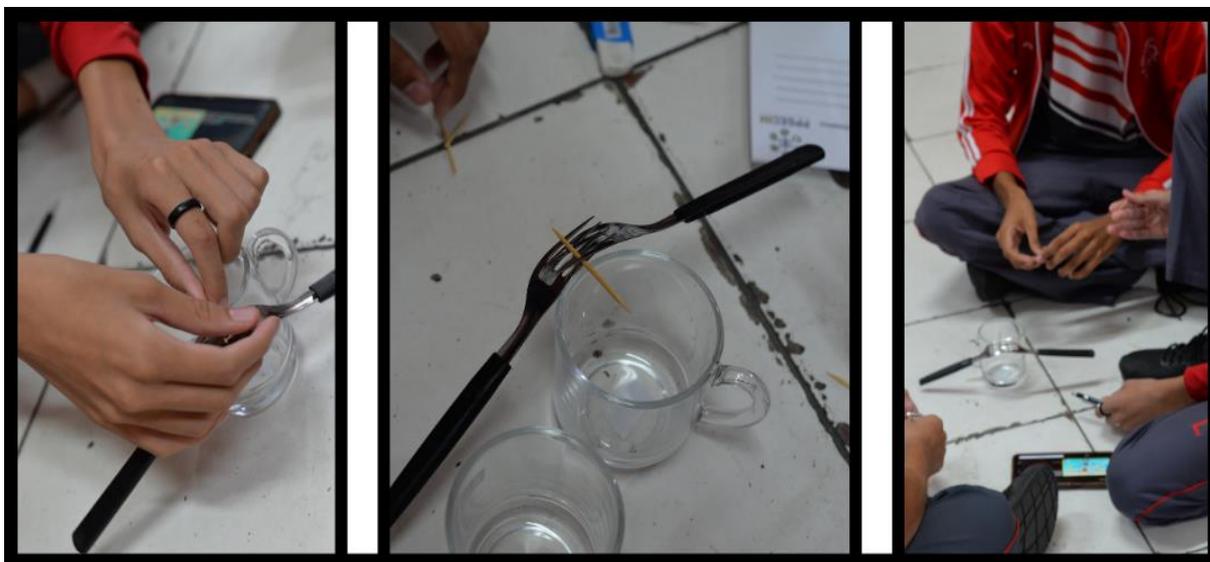
A questão 3 (*Imagine um ludião gigante, do tamanho de um submarino, em um oceano. A gravidade teria o mesmo efeito sobre ele como tem sobre o ludião na garrafa?*) apresentava um incentivo para contextos mais amplos, para essa questão a equipe respondeu o seguinte:

E3-Q3: Não. Porque quando o ludião está na garrafa tem mais pressão do que em um ambiente aberto.

Essa resposta evidencia que, apesar da falta de uma explicação clara do papel da gravidade, indicam uma compreensão inicial sobre a diferença entre um sistema fechado e aberto. De fato, a pressão no interior da garrafa pode ser controlada ao apertá-la, alterando o volume de ar dentro do Ludião e, conseqüentemente, sua flutuabilidade. Todavia, o mesmo princípio físico se aplica ao submarino, que regula sua densidade interna ao encher ou esvaziar seus tanques de lastro com água ou ar para controlar sua imersão. Na perspectiva sociocultural de Vygotsky, a resposta da equipe demonstra que estão na ZDP, onde já percebem que a pressão é um fator determinante no funcionamento do experimento, apesar de não compreenderem por completo a relação entre a gravidade e o comportamento do Ludião ou Submarino.

O último experimento intitulado Garfos Equilibristas (Figura 13) utiliza de talheres, copos e palitos, que permite compreender conceitos fundamentais da física, como equilíbrio estático e centro de gravidade. A montagem desse experimento demonstra que, quando dois objetos são combinados e sustentados por um ponto de apoio adequado, o centro de gravidade pode situar-se fora dos corpos, garantindo a estabilidade do sistema. Ademais, o experimento ilustra como o equilíbrio está presente no cotidiano, tornando o aprendizado mais intuitivo a partir de materiais simples (Artmann *et al.*, 2016).

Figura 13 - Experimento Garfos Equilibristas



Fonte: Elaboradora pela autora (2024).

O roteiro de experimento apresentava 3 questões, a questão 1 (*O que acontece quando você tenta mover o palito levemente para os lados?*) e a questão 2 (*Por que o sistema garfo-colher não cai, mesmo parecendo instável?*) que exploram a influência da posição do ponto de apoio na estabilidade do sistema, sendo assim estão alinhadas a categoria 2.b (Interações e efeitos da força gravitacional), obteve-se as seguintes respostas:

E4-Q1: Os garfos perdem o equilíbrio e acaba caindo do copo.

E4-Q2: Pois ele está no ponto de equilíbrio, logo a única forma de cair é movendo-se.

Essas respostas demonstram que os estudantes reconhecem a relação entre o deslocamento do ponto de apoio e perda de estabilidade do sistema. Contudo, essa explicação poderia ser aprimorada ao enfatizar o papel do centro de gravidade e o torque gerado pelo descolamento do palito. Segundo Meriam e Kraige (2018), quando um sistema está em equilíbrio estático, pequenas perturbações podem gerar um torque fazendo com que ele saia da posição de equilíbrio, dependendo de sua estabilidade inicial.

Na questão 3 (*Como a força gravitacional atua sobre cada um dos objetos (garfo, colher e palito) para manter o sistema em equilíbrio?*) incentiva os estudantes a analisar a distribuição da força peso em diferentes componentes. Essa questão está alinhada com a subcategoria 3.a (*Percepção sobre a gravidade*), pois propõe uma compreensão sobre a ação da gravidade naquele sistema, relacionadas a distribuição da força, assim obtivemos a seguinte resposta da equipe:

E4-Q3: O garfo e o copo possuem a mesma força sobre si e o palito consequentemente também por equilibrá-las.

Essa resposta demonstra que os estudantes reconhecem a presença e distribuição da força gravitacional, apesar da dificuldade em expressar a ideia com precisão indica que os estudantes ainda estão em um estágio intermediário da formação do conceito físico envolvido. A teoria de Vygotsky (1998) esclarece esse fenômeno ao discutir desenvolvimento dos conceitos científicos. Segundo o autor, a formação de conceitos ocorre por meio de etapas progressivas, iniciando-se com um agrupamento sincrético e difuso de elementos antes da aquisição de um pensamento conceitual estruturado. Nesse viés, a resposta dos estudantes sugere que eles estabelecem conexões entre as forças atuantes, contudo ainda não consolidaram plenamente os princípios da distribuição da força peso e do centro de gravidade, essa dificuldade é característico do que Vygotsky chama de pensamento por complexos, em que os elementos estão relacionados por semelhanças empíricas.

Por fim, na etapa da apresentação das equipes (Figura 14), os estudantes deviam explicar de forma clara e objetiva o que entenderam do experimento, demonstrando o fenômeno físico percebidos durante a atividade. Durante essa etapa foi possível observar avanços na compreensão dos conteúdos, na argumentação científica e na interação entre os membros das equipes.

Figura 14 - Apresentação dos experimentos antigravitacionais para a turma



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A equipe do experimento Cone Antigravitacional demonstrou envolvimento significativo na explicação do fenômeno. Inicialmente, descreveram os materiais utilizados e o processo de construção do cone, enfatizando a importância da simetria na montagem. Abaixo destacamos as falas dos estudantes durante a apresentação:

A1-E1-L21: O cone não desce porque a distribuição do peso nos cilindros faz com que ele suba ao invés de cair. O centro de massa está posicionado de uma forma que muda o comportamento esperado.
A1-E1-L37: Apesar da tendência natural da gravidade de puxar os objetos para baixo, a geometria do cone faz com que ele siga um caminho aparentemente contrário.

Ao longo da apresentação os estudantes aprimoram a forma como articulavam suas ideias. No início, houve momentos de hesitação, mas ao interagirem entre si e com a turma, demonstraram maior confiança e aprofundamento nos conceitos. Por exemplo, um dos estudantes destacou a relação entre a gravidade e o deslocamento do cone, explicando que, apesar da tendência natural da gravidade puxar os objetos para baixo, a geometria do cone faz com que ele siga um caminho aparentemente contrário.

A equipe do experimento Garfos Equilibristas trouxe uma abordagem detalhada sobre o equilíbrio de forças, durante a explicação, os estudantes destacaram a importância do ponto de equilíbrio, demonstrando como os garfos, apesar de

parecerem instáveis, mantêm-se equilibrados. Abaixo destacamos algumas falas dos integrantes dessa equipe:

A2-E2-L40: como podemos ver, existe um ponto de equilíbrio entre eles onde isso não ocorre. O que acontece é que os dois estão tendo um equilíbrio, um equilíbrio que, ao ver nos olhos humanos, é um equilíbrio que desafia a gravidade.

A2-E2-L50: Se qualquer força for alterada no experimento, o equilíbrio se perde. Então, a gravidade e o centro de massa juntos fazem com que os garfos fiquem parados.

Nessa explanação percebemos que os estudantes conseguem relacionar o experimento a conceitos físicos mais amplos, como a compreensão do papel da gravidade e do centro de massa na estabilidade dos corpos. Observamos a interação dos estudantes durante a apresentação.

A apresentação dos estudantes referente ao experimento Ludião, trouxe uma explanação baseada na percepção deles sobre a variação da pressão dentro da garrafa e a influencia do movimento da caneta. Os estudantes falaram o seguinte:

A7-E3-L65: Quando a gente aperta a garrafa, o ar empurra a água para dentro do conta-gotas e ele desce, mas quando solta, ele sobe de novo. É por causa da pressão.

Essa fala evidencia uma compreensão inicial, mas precisa, do conceito de pressão hidrostática e da relação entre volume, densidade e fluabilidade. Contudo, a construção coletiva da explicação, atrelada à mediação do professor e dos colegas, ilustra a ZPD proposta por Vigotski (1998).

Por fim, a apresentação do experimento Torre de Pisa, demonstrou que os estudantes possuem uma básica compreensão do conceito de centro de massa e equilíbrio. Um dos integrantes explicou:

A6-E3-L62: A torre parece que vai cair, mas ela ainda está dentro do ponto de equilíbrio. O centro de massa dela ainda está dentro da base.

Conforme a fala do estudante, o estudante compreendeu um conceito considerado abstrato por meio da analogia com a torre inclinada, relacionando o equilíbrio estático à distribuição de massa. Nesse sentido, inferimos o favorecimento do aprendizado significativo.

Os roteiros dos experimentos combinada as apresentações, promoveram o desenvolvimento de habilidades de argumentação, cooperação e escuta ativa. A dinâmica coletiva incentivou os alunos a construir explicações científicas e fundamentadas. De acordo com Vigotski (1998), a linguagem é um instrumento fundamental para o desenvolvimento do pensamento e isso se manifestou na forma como os estudantes articularam suas ideias em grupo, com base em suas vivências e observações.

3.5 PÓS-TESTE: RESULTADOS E A RELAÇÃO COM AS CATEGORIAS

Os pós-testes tiveram como objetivo demonstrar as etapas construídas em sala de aula desde a entrada da pesquisadora com os estudantes, abrangendo uma abordagem tanto quantitativa quanto qualitativa (Anexo G). Foram aplicadas 10 questões aos 20 estudantes, cujos principais resultados apresentamos a seguir.

A questão 1, de natureza fechada com quatro alternativas, abordava o experimento com o cone antigravitacional, questionando sobre o ponto médio de gravidade do cone. Observamos 95% de acertos e 5% de erros, evidenciando uma boa compreensão por parte dos estudantes. Isso sugere que o experimento contribuiu para a construção do conceito, mediado pela experiência prática. Como Santos e Souza (2016, p. 10) nos diz, que

Mesmo com tantos empecilhos, é necessária uma reflexão sobre a importância das atividades experimentais na construção do saber, uma vez que, ao se ministrar aulas teóricas como uma única metodologia, os alunos perdem o interesse e não conseguem estabelecer relações entre os conceitos científicos e o seu cotidiano.

Na questão 2, tratou-se do experimento das garrafas equilibradas, questionando onde se localiza o centro de massa do sistema garrafa-cano. Houve 100% de acerto, indicando como os experimentos favoreceram a mediação da aprendizagem e a construção significativa do conceito de centro de massa. De acordo com Vygotsky, “na formação de conceitos, o signo é a palavra, que inicialmente tem o papel de meio na formação do conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo” (1999, p. 88).

Na questão 3, foi abordada a Lei da Gravitação Universal, proposta por Isaac Newton. Os resultados indicaram 80% de acertos e 20% de erros. Percebe-se que os

estudantes conseguem aplicar o vocabulário relacionado antes mesmo de compreenderem plenamente o conceito, conforme “[...] Vygotsky concluiu o conceito em si e para os outros existe antes de existir para a própria criança (...)” (Der Veer; Valsiner, 1996, p. 291), demonstrando a internalização gradual do saber científico mediado socialmente na sala de aula.

A questão 4 explorava a força gravitacional a partir dos experimentos realizados sobre as órbitas dos planetas. Os dados indicaram 90% de acerto e 10% de erro. A experimentação prática contribuiu significativamente para a compreensão dos estudantes, ao proporcionar a vivência dos fenômenos abordados teoricamente.

A questão 5 dizia respeito a Nicolau Copérnico e sua defesa da teoria heliocêntrica, tema discutido no início da pesquisa em sala de aula. Houve 100% de acerto, reforçando o papel da aprendizagem na construção conceitual. Como afirma Vygotsky: “O aprendizado é uma das principais fontes de conceitos da criança em idade escolar, e é também uma poderosa força que direciona o seu desenvolvimento, determinando o destino de todo o seu desenvolvimento mental” (1999, p. 107).

Na questão 6, abordou-se a teoria geocêntrica, predominante por muitos séculos. Houve 75% de acertos e 25% de erros. Apesar de inicialmente relatada como uma dificuldade pelos estudantes, os diálogos em sala de aula atuaram como elementos mediadores do processo de aprendizagem. Vygotsky destaca que “[...] signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas” (1999, p. 38), destacando a importância da linguagem no desenvolvimento do pensamento. Ou seja,

É preciso que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível para que a criança possa absorver um conceito científico correlato. Por exemplo, os conceitos históricos só podem começar a se desenvolver quando o conceito cotidiano que a criança tem do passado estiver suficientemente diferenciado – quando a sua própria vida e a vida dos que a cercam puder adaptar-se à generalização elementar “no passado e agora”; os seus conceitos geográficos e sociológicos devem se desenvolver a partir do esquema simples “aqui e em outro lugar” (Vygotsky, 1998, p. 70).

A questão 7 também tratou da Lei da Gravitação Universal, com alternativas baseadas em exemplos trabalhados em sala. O desempenho foi de 80% de acertos e 20% de erros. Esses resultados indicam a necessidade de reforçar o vínculo entre linguagem, experiência e abstração, processo fundamental, de acordo com Vygotsky

(1998), que defende que o desenvolvimento do pensamento conceitual depende da mediação simbólica e da internalização das interações sociais. A saber:

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução dos problemas que enfrentamos (Vygotsky, 1999, p. 72-73).

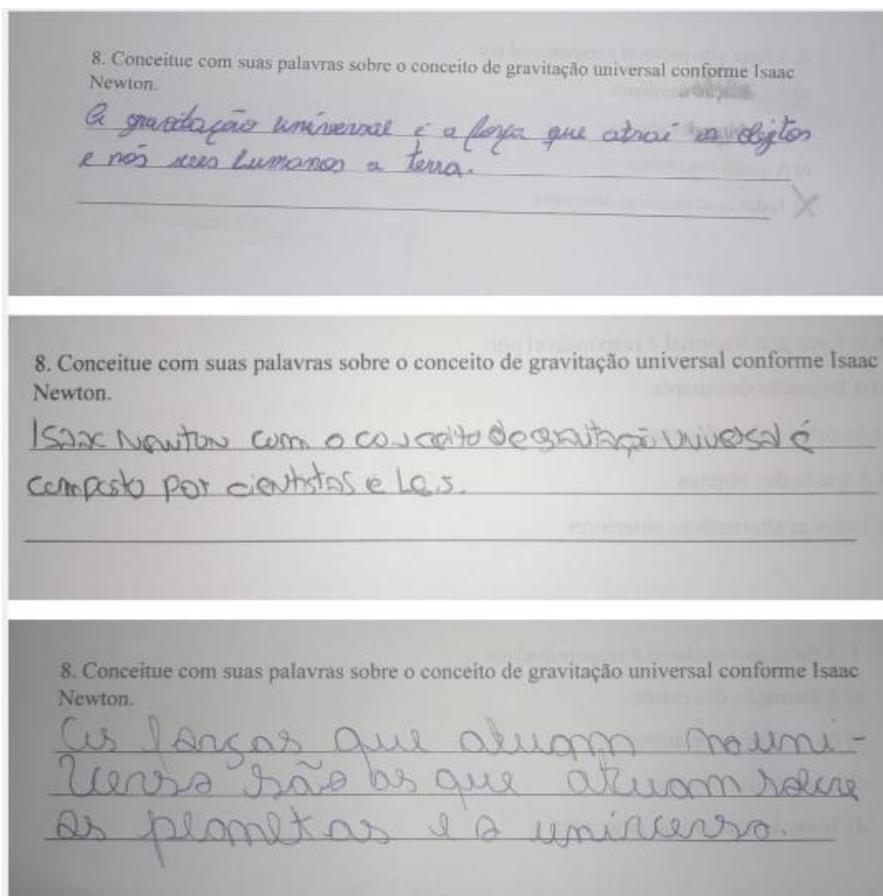
As palavras de Vygotsky nos convidam a refletir sobre as questões 8, 9 e 10, de natureza qualitativa, nas quais foi possível captar as subjetividades presentes nas respostas dos estudantes durante o processo de formação de conceitos. Conforme destaca Rego (2001, p. 104), ao interpretar o pensamento vygotskyano:

Isto quer dizer que as atividades desenvolvidas e os conceitos aprendidos na escola (que Vygotsky chama científicos) introduzem novos modos de operação intelectual: abstrações e generalizações mais amplas acerca da realidade (que por sua vez transformam o modo de utilização da linguagem). Como consequência, na medida em que a criança expande seus conhecimentos, modifica sua relação com o mundo.

Para isso, é necessário refletir sobre todas as questões no pós-teste, numa busca contínua por respostas mais significativas e formativas. Em última instância, o que está em jogo é a oportunidade que todos os estudantes têm de desenvolver suas potencialidades, respeitando seus ritmos e trajetórias individuais. Importa mais a relação entre os pontos de partida e de chegada, do que uma ênfase exclusiva no ponto de chegada, embora este também tenha sua relevância no processo avaliativo.

Como observado na questão 8, os estudantes foram convidados a conceituar, com suas próprias palavras, o princípio da gravitação universal, conforme proposto por Isaac Newton (Figura 15). A partir de uma perspectiva histórico-cultural, conforme nos propõe Vygotsky (1998), o papel ativo dos estudantes no processo de construção do conhecimento torna-se essencial. Cabe a eles desvelar, negociar e ressignificar os sentidos e significados envolvidos nos conceitos científicos, num movimento mediado pela linguagem e pela interação com os colegas e com o professor.

Figura 15 – Respostas de 3 estudantes quanto a questão 8



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

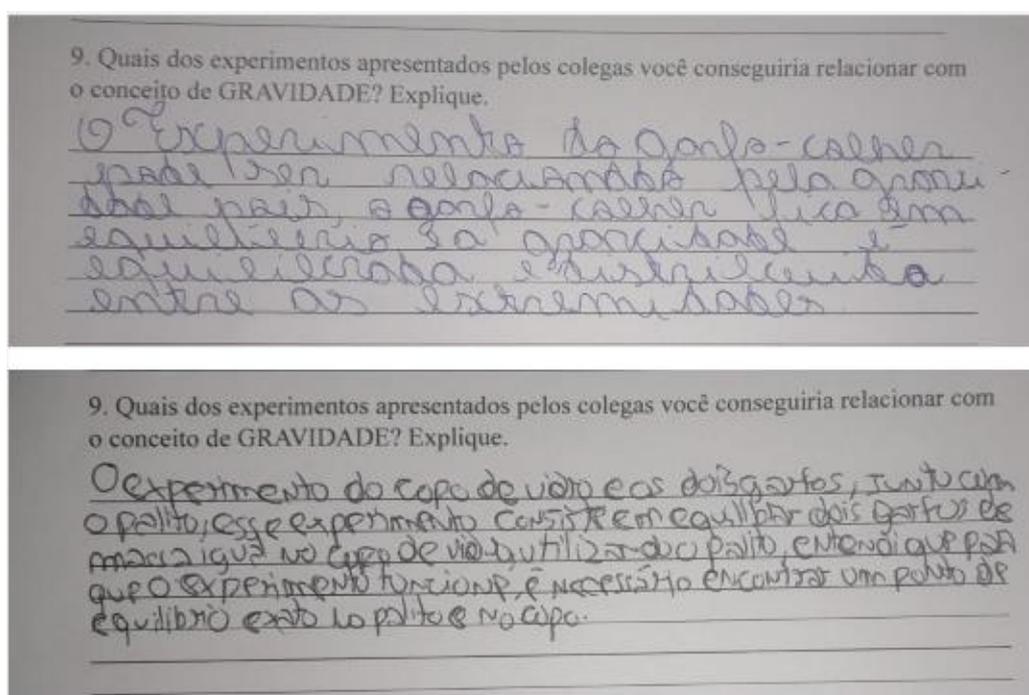
Dando continuidade a essa análise, a questão 9 apresenta as diferenças percebidas nos experimentos desenvolvidos pelos colegas, que buscaram relacionar situações do cotidiano com o conceito de gravidade. Essa possibilidade de construir significados a partir da experiência concreta se insere na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes, ao proporcionar um ambiente onde o conhecimento científico é acessado e compreendido por meio da mediação social, da colaboração e da troca de saberes. A conhecer:

[...] o significado da palavra (...) é uma unidade do pensamento e da linguagem (...) é a própria palavra vista no seu interior (...) do ponto de vista psicológico o significado da palavra não é senão uma generalização ou conceito. Generalização e significado da palavra são sinônimos. Toda generalização, toda formação de conceitos é o ato mais específico, mais autêntico e mais indiscutível de pensamento. Consequentemente, estamos autorizados a considerar o significado da palavra como um fenômeno de pensamento. Assim, o significado da palavra é, ao mesmo tempo, um fenômeno de discurso e intelectual (...) é um fenômeno do pensamento

discursivo ou da palavra consciente, é a unidade da palavra com o pensamento (Vygotsky, 2009, p. 398).

Trata-se de possibilidades discutidas a partir da concepção de que o significado é, simultaneamente, um fenômeno do pensamento e da linguagem, constituindo a unidade da palavra no pensamento, conforme Vygotsky (2009). Na Figura 16, apresentamos algumas formações do conceito de gravidade, construídas ao longo das experimentações em sala de aula.

Figura 16 – Respostas de 2 estudantes quanto a questão 9



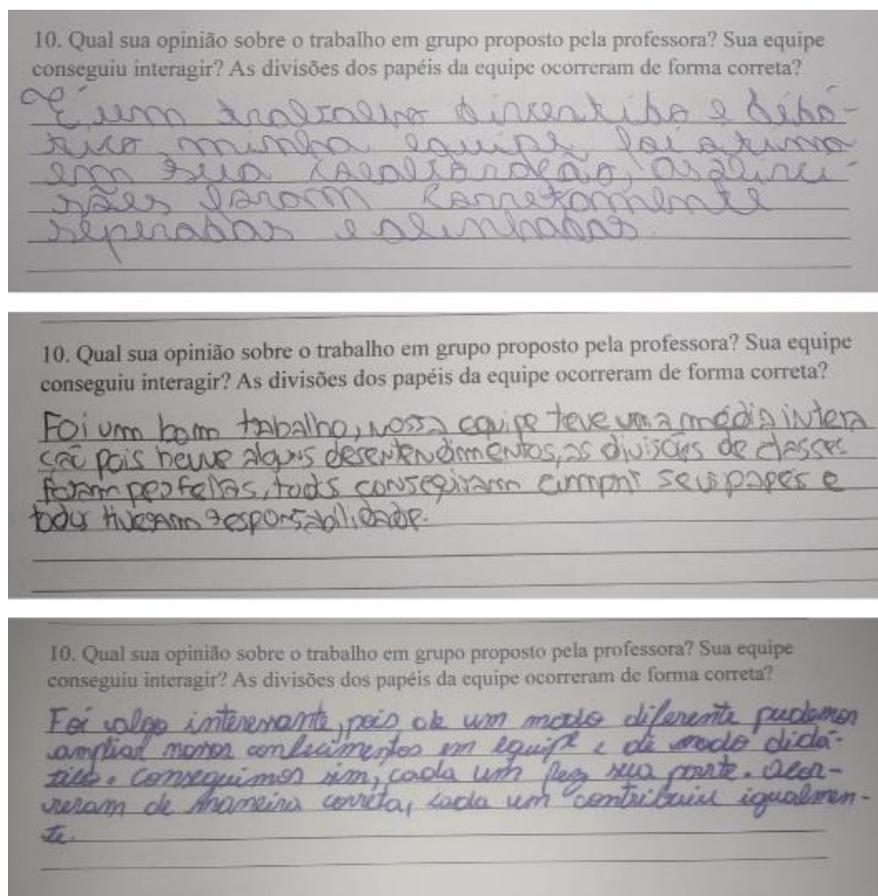
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Essas formações, evidenciadas na Figura 16, demonstram que o desenvolvimento conceitual ocorre na dinâmica da interação social, mediada pela linguagem. Nessa perspectiva, fundamentada no pensamento de Vygotsky (1998), os estudantes, ao atribuírem sentido às experiências vividas em contextos colaborativos, reorganizam seus esquemas mentais. O conceito de gravidade, portanto, não emergiu apenas como resultado da vivência empírica, mas como expressão do processo de internalização, no qual palavra e pensamento se articularam para constituir um novo modo de compreender o fenômeno.

Nesse sentido, ao analisarmos a questão 10 do pós-teste, observamos o trabalho em grupo proposto pela pesquisadora, destacando de que forma a interação entre os

membros da equipe e a divisão de papéis contribuíram para a construção coletiva do conhecimento (Figura 17).

Figura 17 – Respostas de 3 estudantes quanto a questão 10



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

As múltiplas respostas apresentadas pelos estudantes emergem, muitas vezes, de forma inconsciente e involuntária, resultado das experiências e experimentações vivenciadas durante a pesquisa. Esse movimento reflete o caráter dialógico da aprendizagem, no qual os significados são construídos socialmente, a partir das interações mediadas pela linguagem, como evidência Vygotsky (2009, p. 79):

O pensamento em conceitos é o meio mais adequado para conhecer a realidade porque penetra na essência interna dos objetos, já que a sua natureza não se revela na contemplação direta de um ou outro objeto isoladamente, [...]. O vínculo interno das coisas se descobre com a ajuda do pensamento por conceitos, já que elaborar um conceito sobre algum objeto significa descobrir uma série de nexos e relações do objeto dado com toda a realidade, significa incluí-lo no complexo sistema de fenômenos que o sustenta.

Dessa forma, no pós-teste, analisado sob a perspectiva de Vygotsky (1999; 2009), compreendemos que o processo de formação dos conceitos científicos de gravitação constitui um ato real e complexo do pensamento, caracterizado por um sistema hierárquico de inter-relações, que exige um determinado nível de desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Para Vygotsky (1999), os conceitos científicos não surgem de forma isolada; desenvolvem-se através da interação dialética entre os conceitos espontâneos - oriundos das experiências cotidianas - e o ensino sistemático. Os conceitos científicos possibilitam uma reorganização dos conceitos espontâneos, integrando-os em sistemas mais amplos e abstratos. Foi o que se observou com o conceito de gravitação, cuja compreensão evoluiu a partir dessa dinâmica interativa (Vygotsky, 2009).

Esse movimento promoveu um processo de mediação e autorregulação, influenciado por fatores internos — como o nível de desenvolvimento da linguagem e da função simbólica — e fatores externos — como a interação social e o papel do outro mais experiente (professor) no processo de aprendizagem (Vygotsky, 1998).

Nesse contexto, o desenvolvimento conceitual ocorreu na zona de desenvolvimento proximal (ZDP), espaço onde o estudante, ao interagir com o meio e com os instrumentos culturais — especialmente por meio da linguagem nas questões qualitativas —, conseguiu avançar na internalização do conceito de gravitação. Esse conceito, inicialmente percebido como complexo pelos próprios estudantes, foi sendo apropriado por meio da mediação pedagógica, revelando o papel fundamental da linguagem e da interação social na construção de significados científicos, como propõe Vygotsky (1999; 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise das produções científicas, evidencia-se uma carência significativa de experimentação no ensino de Ciências. Diante disso, torna-se essencial integrar os pensamentos de Vygotsky e Zabala, compreendendo o processo de ensino-aprendizagem como uma prática indissociável, dinâmica e socialmente mediada. A partir dessa perspectiva, ao elaborarmos esta sequência didática, buscamos valorizar aspectos que fortalecem essa indissociabilidade, promovendo a aprendizagem por meio da ação, da interação e da mediação pedagógica.

As aulas de Ciências, quando fundamentadas em propostas instigantes e contextualizadas, tornam-se espaços potentes para o desenvolvimento do pensamento crítico, criativo e reflexivo dos estudantes. No entanto, é necessário superar abordagens tradicionais e fragmentadas, que muitas vezes tornam o ensino monótono e desprovido de significado. Embora a aprendizagem seja um processo interno e subjetivo, ela pode ser potencializada por meio de estratégias metodológicas significativas — como os experimentos — que promovem a mediação entre o saber científico e as vivências concretas dos estudantes.

Neste estudo, utilizamos a expressão “experimentos antigravitacionais” para nos referirmos a atividades que, embora não contrariem a gravidade do ponto de vista científico, despertam nos estudantes uma curiosidade natural e um olhar investigativo sobre o conceito de gravitação. O uso desse termo, ainda que não seja amplamente empregado na literatura acadêmica, contribui para instigar o interesse e ampliar a compreensão dos estudantes acerca dos fenômenos físicos, promovendo um envolvimento ativo com o objeto de estudo.

Essas experimentações, denominadas aqui como ‘antigravitacionais’, integram uma metodologia que pressupõe a aprendizagem significativa, fundamentada em interações sociais e no papel ativo do sujeito na construção do conhecimento — princípios que dialogam diretamente com os fundamentos teóricos de Vygotsky. De acordo com Vygotsky (1998), o conhecimento é construído a partir da interação entre o sujeito e o meio social, mediado por instrumentos culturais, como a linguagem, e por ações colaborativas.

Desse modo, ao vivenciar os experimentos de forma autônoma e colaborativa, os estudantes tornam-se protagonistas no processo de aprendizagem, ampliando sua

Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e internalizando conceitos científicos de maneira mais efetiva. A autonomia no planejamento e execução dos experimentos, aliada à possibilidade de expressarem suas próprias interpretações sobre a gravitação, evidencia a importância de um ensino que respeita os tempos, as experiências e os processos singulares de cada sujeito.

Para mais, visando o desenvolvimento de pesquisas futuras, encontramos alguns entraves em relação a adaptação dos experimentos com alunos atípicos, como os estudantes autistas, por exemplo, de forma geral eles conseguiram ainda participar da atividade em grupo com o auxílio da pesquisadora, mas ao responder as atividades da sequência didática obteve-se pouca compreensão conceitual.

Por fim, espera-se que, com o desenvolvimento desta sequência didática, os estudantes possam produzir atos criativos e reflexivos, construindo significados por meio de práticas investigativas e do diálogo com os pares e com o professor. Esse processo destaca o papel da escola como espaço de mediação sociocultural, em consonância com os pressupostos vigotskianos, nos quais a aprendizagem precede o desenvolvimento e o conhecimento se constrói em contextos interativos e significativos.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, Fernando. A ciência e evolução do método científico. **Linkedin**, 2016. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/ci%C3%Aancia-e-evolu%C3%A7%C3%A3o-do-m%C3%A9todo-cient%C3%ADfico-fernando-alcoforado/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 19 Jan 2024.

ANDRÉ, Marli. **O que é um estudo de caso qualitativo na educação?** Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013.

ARTMANN, André Lourenço; CORAZZA, Gabriel Zerbes; ROSSATO, Vitor Dalepiane; SESTARI, Fabiane Beatriz. **Equilíbrio dos corpos**. In: INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. CAMPUS IBIRUBA. Mostra de Ensino Pesquisa e Extensão (MOEPEX), 5., 2016, Ibiruba. Anais V. Ibiruba: IFRS, 2016. p. 1415-1425. Disponível em: <https://eventos.ifrs.edu.br/index.php/MoEPEXibiruba/5MOEPEX/paper/viewFile/1415/624>. Acesso em: 03 Jan 2024

ARAÚJO, J.; ARAÚJO, K. EaD em Tela: docência, ensino e ferramentas digitais. Campinas: Pontes, 2013. ISBN 978- 857113-416-4. 246 p.

BAGNO, Marcos. **Pesquisa na Escola: o que é como se faz**. São Paulo: Loyola, 2007.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições70, 2010.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

BRANDÃO, Z.; BAETA, A. M. B.; ROCHA, A. D. C. **Evasão e repetência no Brasil: a escola em questão**. 2. ed. Rio de Janeiro: Dois Pontos, 1986.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018.

BRUER, John. **Schools for thought: A science of learning in the classroom**. Cambridge: MIT Press, 1993.

CAVALCANTE, Lana de Souza. Cotidiano, Mediação Pedagógica e Formação de Conceitos: Uma contribuição de Vygotsky ao ensino da geografia. **Caderno Cedes**, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 185-207, maio/ago. 2005.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 5. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

COSTA, S. T. G. **O imaginário do professor sobre o uso das tecnologias educativas**: pressupostos para uma proposta de formação. 2010. 255 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2010.

CONCEIÇÃO, Catarina Vargues. **A teoria da aprendizagem social**. Enciclopédia Temática, 2016. Disponível em: <http://knoow.net/ciencsocioishuman/psicologia/teoria-da-aprendizagem-social/>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

CLARO, Luis Carlos. **Atividades Experimentais de Física em Escolas de Ensino Integral**: Uma Análise Crítica. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2018.

CRATTY, Bryant J. **Psicologia no esporte**. Prentice-hall do Brasil, 1984.

DAVYDOV, V. V. **Types of generalization in instruction**. Reston: National Council of Teachers of Mathematics, 1990.

DER VEER, René Van; VALSINER, Jaan. **Vygotsky**: uma síntese. São Paulo: Edições Loyola, 1996.

DEMO, Pedro. **Pesquisa participante**: saber pensar e intervir juntos. 1ª ed. Brasília: Autores Associados, 2004.

FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária da Silva. A importância dos modelos no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 42-47, maio 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2001.

FREITAS, A. C. C.; LIMA, L. M.; OLIVEIRA, J. S. **A importância dos experimentos no ensino de ciências: um olhar sobre a prática docente**. Diversitas Journal, v. 3, n. 1, p. 23-35, 2018. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/555. Acesso em: 11 mar. 2025.

GALPERIN, P. I. On the notion of internalization. **Soviet Psychology**, Moscou, v. 5, n. 3, p. 28-33, 1967.

GALPERIN, P. Ya. Stages in the development of mental acts. In: WERTSCH, J. V. (Ed.). **The concept of activity in Soviet psychology**. Armonk: M. E. Sharpe, 1981. p. 89-121.

GALVÃO, Roberto Carlos Simões. Francis Bacon: Teoria, Método e Contribuições. R. Inter. Interdisc. INTERthesis, Florianópolis, v.4, p. 32- 41, jul./dez. 2007.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências**: Para o Ensino Fundamental. São Paulo: Ática, 2005.

GAUTHIER, Clermont; TARDIF, Maurice. **A pedagogia**: teorias e práticas da Antiguidade. 3. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2014.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning models in science education and in design and technology education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (Orgs.). **Developing models in science education**. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 2000. p. 3-17.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of physics**. 11. ed. Wiley, 2021.

HODSON, D. Hacia um Enfoque más critico del Trabajo de laboratorio. **Enseñanza de Las Ciências**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

JARDIM, Wagner Tadeu; GUERRA, Andreia. Experimentos históricos e o ensino de física: agregando reflexões a partir da revisão bibliográfica da área e da história cultural da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 244 - 263, 2017.

LABORATÓRIO DE DEMONSTRAÇÃO. Garrafas Equilibristas. **Laboratório de Demonstração**, [2024?]. Disponível em: <https://labdemon.ufpa.br/mecanica-dos-solidos/garrafas-equilibristas>. Acesso em: 08 abr. 2024.

LAUDAN, L. Theories of scientific method from plato to mach. **History of Science**, EUA, v. 7, n. 219, p. 1-63, 1968.

LELIS, Diego Andrade de; MESQUIDA, Peri; OLIVEIRA JÚNIOR, Abdias Rodrigues de. René Descartes: sua contribuição para a ciência moderna e o impacto das suas ideias na educação. **Revista Teias**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 69, p. 341–353, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12957/teias.2022.61803>.

LIMA, Thiago Oliveira; VAZ, Wesley Fernandes. Concepções e práticas avaliativas de professores nas aulas experimentais. **EDUCA-Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 7, n. 17, p. 102-118, 2020.

LIMA, E. S. Vygotsky e Wallon e o futuro da Psicologia. **Interações**, v. 5, n. 9, p. 49-55, 2000.

MAIA, Márcia Rejane Dos Santos Gomes *et al.* **A física do ludião: relato da realização de um experimento ditático-científico**. Anais IX CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/97711>. Acesso em: 02 jan.2025.

MARANDINO, Martha. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 168-193, 2003.

MARICONDA, Pablo Rubén. **Análise e Síntese em História da Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A maçã de Newton: História, lendas e tolices**. p. 167- 189, in: SILVA, Cibelle Celestino (org.). Estudos de História e Filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MASSONI, Neusa Teresinha; MOREIRA, Marco Antonio; SILVA, Maria Teresinha Xavier. Revisitando a noção de “Método Científico”. **Thema**, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 905-926, 2018.

MATURANA, R. H. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2001.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Desvendando o mistério do duplo cone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, p. 333-339, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442003000300011>.

MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. **Mecânica para Engenharia: Estática**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MILANI, M. L. C. **A presença das tecnologias educacionais no currículo dos cursos de licenciatura em matemática**. 2013. 114 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; CARVALHO, Samuel José de; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro; CINDRA, José Lourenço. Estudo da queda livre em aulas de Física do Ensino Médio a partir de um marcador de tempo e da História da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1004-1019, 2018.

MORAN, José. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso Editora, 2018. p. 35-76.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2009.

Newton, Isaac. **Mathematical principles of natural philosophy**. Tradução A. Motte; revisão F. Cajori. Berkeley/ Los Angeles: University of California Press, 1934.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. **InFor**, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2017.

OECHSLER, Vanessa; MARTINI, Vinícius Müller; LUIS, Guilherme Soares. A utilização de videoaulas por estudantes para aprender e sanar dúvidas de conteúdos. In: **VIII ECEM Encontro Catarinense de Educação Matemática**, 2021, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: [s.n.], 2021.

PAULA, Jussara de; MARQUES FILHO, Adair; CERQUEIRA, Leandro Moura de. **A zona de desenvolvimento proximal (ZDP) como elemento de otimização das competências profissionais em organizações que compõem o arranjo produtivo de confecções de Jaraguá-Goiás**. Jaraguá: [s. l.], 2014.

PANOFSKY, C. *et al.* **O desenvolvimento do discurso e dos conceitos científicos**. In: Moll, L. (Org.). *Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p.245-60.

PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PARREIRA, Fabio José; SHITSUKA, Ricardo. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSM, 2018.

PESSOA JUNIOR, O. **Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência I**. Disponível em: <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/TCFC1-10-Cap02.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

PINHEIRO, R. B. **As representações sociais do projeto Ler e Pensar**. 2012. 267 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012.

PIVATTO, Wanderley Brum. **Os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto referencial para o planejamento de aulas de matemática: Análise de uma atividade para o estudo de geometria esférica**. REVEMAT. Florianópolis (SC), v.9, n. 1, p. 43-57, 2014.

PREECE, Jennifer; Rogers, Yvone; Sharp, Helen. **Design de interação: além da interação humano-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

REGO, Tereza Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 12. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

REZENDE, Alexandre; VALDES, Hiram. **Galperin: implicações educacionais da teoria de formação das ações mentais por estágios**. Educ. Soc., Campinas, vol. 27, n. 97, p. 1205-1232, set./dez. 2006.

RUIZ-MORENO, Lidia; SONZOGNO, Maria Cecília; BATISTA, Sylvia Helena da Silva; BATISTA, Nildo Alves. **Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise**. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 3, p. 453-463, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000300012>.

RONCA, Paulo Afonso Caruso; TERZI, Cleide do Amaral. **A prova operatória**. São Paulo: Finep, 1996.

ROSITO, Berenice Alvares. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, Roque (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 3 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008, p. 195-208.

SÁ, Leonardo Leandro Viera. **Levitando**: Levitron. 2012. 43f. Monografia (Licenciatura em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. **Revista ABEU**, v. 1, n. 1, p. 9-14, 2013.

SANTOS, Rodrigo Bernardelli. **Experiência Didática e Aplicação das Lentes Gravitacionais na Astronomia**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Astronomia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

SANTOS, Graziane Gomes dos; SOUZA, Divanízia do Nascimento. Experimentação real versus experimentação ideal no ensino de ciências e a prática do pensamento crítico. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 12, n. 11, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.112716>.

SILVA, Alexandre Fernando da; FERREIRA, José Heleno; VIERA, Carlos Alexandre. O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, v. 7, n. 2, p. 283-304, maio 2017. Disponível em http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-94602017000200283&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 08 abr. 2024.

SILVA, Josniel Pires da. **Investigação da Aprendizagem Significativa na Aceleração Gravitacional por meio da Construção de um Aparato Experimental**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, 2019.

SILVA, A. A. B.; PEDROSO, L. S.; PINTO, J. A. **O uso de práticas experimentais na formação de professores em tempos de pandemia**: uma proposta de ensino que contempla a construção e utilização do fotogate para o estudo do movimento. In: Formação inicial e continuada de professores: políticas e desafios, Reginaldo Peixoto, 1ª edição, Curitiba, Bagai, 2020.

SILVA, João Roberto Ratis Tenório da; LYRA, Maria da Conceição Diniz Pereira de. Rememoração: contribuições para a compreensão do processo de aprendizagem de conceitos científicos. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 21, p. 33-40, 2017.

SILVA, Wilson Rodrigues da. SILVA, André Coelho da. O experimento do cone duplo no ensino médio: Uma pesquisa exploratória. **Experiências em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 13, n. 4, jun. 2018.

SOUZA, V. L. T. de; ANDRADA, P. C. de. Contribuições de Vigotski para a compreensão do psiquismo. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 30, n. 3, p. 355–365, jul. 2013.

STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

UNIVERSITAS. **A produção científica sobre educação superior no Brasil, 1968 – 2000**. Porto Alegre: GT Política de Educação Superior/ANPEd, 2002. Disponível em: <http://puhrs.br/faced/pós/universita>. Acesso em: 05 mai. 2024.

VALADARES, Eduardo de Campos. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no estudante e na comunidade. **Química nova na escola**, v. 13, p. 38-40, 2001.

VYGOTSKY, Lev Semënovič. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, Lev Semënovič. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

VYGOTSKY, Lev Semënovič. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

ZATERKA, L.; BARBOSA, G. L. A. Francis Bacon e a constituição do ideal científico moderno. In: MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte**: ensaios para a formação de professores. São Bernardo do Campo: Editora UFABC, 2017. p. 195-215.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZOLLER, Uri. Algorithmic, LOCS and HOCS (chemistry) exam questions: Performance and attitudes of college students. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 2, p. 185-203, 2002.

ANEXO A – PRÉ-TESTE

ESTUDANTE:

1. Quem foi o cientista que formulou a Lei da Gravitação Universal?

- a) Albert Einstein
- b) Isaac Newton
- c) Galileo Galilei
- d) Johannes Kepler
- e) Nenhuma das alternativas

2. Qual é a principal ideia da Lei da Gravitação Universal?

- a) A força gravitacional só existe na Terra
- b) Todos os corpos no universo atraem uns aos outros com uma força que é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles
- c) Apenas os planetas do sistema solar atraem uns aos outros
- d) A gravidade só afeta objetos em movimento

3. A força gravitacional entre dois corpos depende de:

- a) Suas massas e a distância entre eles
- b) Suas velocidades e a distância entre eles
- c) Suas temperaturas e a distância entre eles
- d) Suas massas e suas temperaturas

4. Se a massa de um dos corpos duplicar, a força gravitacional entre eles:

- a) Diminui pela metade
- b) Permanece a mesma
- c) Dobra
- d) Quadruplica

5. Se a distância entre dois corpos aumentar ao dobro, a força gravitacional entre eles:

- a) Dobra
- b) Diminui pela metade

c) Fica quatro vezes menor

d) Fica quatro vezes maior

6. Explique com suas palavras o que é a força gravitacional.

7. Descreva um exemplo do dia a dia em que podemos observar a força da gravidade agindo.

8. Por que a Lua não cai na Terra, apesar de ser atraída gravitacionalmente por ela?

9. Como a gravitação universal explica o movimento dos planetas ao redor do Sol?

10. Se você pudesse ir a um planeta com massa maior do que a Terra, o que você sentiria em relação ao seu peso? Explique.

ANEXO B – CARTÃO DE ATIVIDADE (ANÁLISE DO VÍDEO)

CARTÃO DE ATIVIDADE 02 - AULA 03 - ANÁLISE DO VÍDEO

NOME: _____

QUADRO 1: Aspectos conceituais mostrado no vídeo

Cientista (s)	Principal Contribuição	Impacto na Compreensão da Gravitação
Aristóteles, Ptolomeu		
Copérnico, Galileu		
Kepler, Newton		

Anotações relacionadas as explicações mostradas no vídeo.

1. Observações do céu:
2. A revolução das esferas celestes:
3. Leis de Kepler:
4. Problemas de Newton:
5. Mudanças de Paradigmas:
6. Lei da Gravitação Universal:
7. Aceleração Causada pela Gravidade:
8. Força Peso:
9. Leis de Newton:
10. Edmund Halley:
11. Qual foi a maior descoberta sobre a gravitação, na sua opinião? Por que?

ANEXO C – ROTEIRO DO EXPERIMENTO: TORRE DE PISA (GARRAFAS EQUILIBRISTAS)

Materiais:

- Cano PVC de 50 mm
- 1 garrafa PET com água

Procedimento:

1. Encha a garrafa PET com água.
2. Coloque a garrafa na vertical sobre o cano PVC.
3. Tente equilibrar a garrafa sobre o cano e observe.

SÍNTESE: Este experimento demonstra de forma prática os conceitos de centro de massa, centro de gravidade e equilíbrio de corpos extensos. Ao preencher as garrafas com diferentes volumes de água e ajustar seus posicionamentos, observa-se como a distribuição de massa influencia na localização do centro de massa do sistema. O equilíbrio é atingido quando a linha de ação da força peso passa pela base de sustentação, demonstrando o conceito de equilíbrio estável. Através deste experimento, é possível compreender como a distribuição de massa em um corpo extenso influencia diretamente na sua estabilidade. Ao manipular as variáveis do sistema, como a quantidade de água e a posição das garrafas, os participantes podem observar as condições necessárias para alcançar o equilíbrio e as consequências de deslocá-lo do ponto de equilíbrio.

QUESTÕES

1. Como vocês podem explicar a diferença na estabilidade do sistema quando o corte na boca da garrafa maior foi feito em ângulos diferentes?

2. Quais são as principais forças atuando sobre as garrafas durante o experimento? Como elas se comparam com a força gravitacional?

3. No experimento, como a distância entre a garrafa e o cano PVC influencia o equilíbrio?

ANEXO D – ROTEIRO DO EXPERIMENTO: GARFOS EM EQUILÍBRIO

Material

- 2 garfos
- Palito de dente ou palito de fósforo
- Copo ou xícara de vidro ou cerâmica

Procedimento

1. Coloque 2 garfos juntos, um fixado no outro.
2. Encontre o centro de gravidade do sistema e insira o palito.
3. Coloque o palito junto com os garfos na “beira” do copo de vidro, de tal forma que fiquem equilibrados.

SÍNTESE: O experimento contempla o estudo do equilíbrio dos corpos e o centro de gravidade. Consiste basicamente em um sistema em equilíbrio de talheres sustentados por um palito. O objetivo de mostrar o ponto de equilíbrio entre dois corpos. O equilíbrio é tão importante que cientistas como Arquimedes, levaram um longo período estudando sobre o assunto, e o utilizaram para explicar muitos fenômenos. Os materiais utilizados no experimento são apenas um garfo, uma colher e um palito. O experimento é montado de maneira que o garfo e a colher se encaixem para que formem um só corpo. Após isso, o sistema é apoiado em cima do palito que está apoiado em cima do copo, de modo que o sistema permaneça em equilíbrio estático. Isso ocorre porque o centro de gravidade fica abaixo do ponto de apoio, como se estivesse pendurado, nesse caso o centro gravitacional é fora do corpo. O experimento proporciona um desafio aos olhos de quem visualiza, porque parece que é impossível o sistema estar em equilíbrio. O equilíbrio é sinônimo de estabilidade, e está presente no cotidiano em muitas atividades, como caminhar.

QUESTÕES

1. O que acontece quando você tenta mover o palito levemente para os lados?

2. Por que o sistema garfo-colher não cai, mesmo parecendo instável?

3. Como a força gravitacional atua sobre cada um dos objetos (garfo, colher e palito) para manter o sistema em equilíbrio?

ANEXO E - ROTEIRO DE EXPERIMENTO: LUDIÃO

Material

- Uma garrafa pet cheia de água
- Tubo de Caneta
- Clipe

Procedimentos

1. Coloque o clipe na tampa do tubo de caneta de cabeça para baixo dentro da garrafa com água.
2. Tampe a garrafa e aperte a garrafa.

SÍNTESE: Podemos considerar o ludião como sendo uma espécie de submarino em tamanho bem reduzido que pode flutuar e mergulhar dentro de uma garrafa cheia de água. Pelo princípio de Pascal, esse acréscimo de pressão se transmite por todo o líquido, fazendo com que entre um pouco mais de água no ludião. Como nos submarinos, o peso do ludião se torna maior que o empuxo e ele desce. Desapertando a garrafa, o ar contido no ludião expulsa esse pouco de água. Ele volta à situação inicial, subindo. Observe a variação do nível da água no interior do ludião ao apertar a garrafa e a quase instantânea transmissão do acréscimo de pressão. Embora a gravidade não seja a força principal no experimento do ludião, ela cria o "cenário" para que as outras forças atuem. É a gravidade que mantém a água dentro da garrafa e que define o peso do ludião. Sem a gravidade, o experimento seria impossível. Em resumo, o experimento do ludião, embora não demonstre diretamente a gravitação universal, nos permite explorar conceitos importantes da física, como densidade, empuxo e pressão. A gravidade, por sua vez, fornece o contexto para que esses conceitos se manifestem. Ao entender as forças em jogo no experimento do ludião, podemos apreciar a complexidade e a interconexão dos fenômenos físicos, mesmo em situações aparentemente simples.

QUESTÕES

1. A gravidade desempenha um papel direto no movimento do ludião para cima e para baixo? Por que?

2. Se a gravidade fosse maior, como isso afetaria o peso do ludião e sua flutuabilidade?

3. Imagine um ludião gigante, do tamanho de um submarino, em um oceano. A gravidade teria o mesmo efeito sobre ele como tem sobre o ludião na garrafa?

ANEXO F - ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CONE ANTIGRAVITACIONAL

Materiais:

- 2 funis de mesmo tamanho colados pelas bordas
- 2 bastões cilíndricos de madeira, plástico ou metal
- Apoios para os bastões

Procedimento:

1. Coloque os bastões cilíndricos sobre os apoios.
2. Posicione o cone antigraavitacional (funis colados) na rampa formada pelos bastões.
3. Observe o movimento do cone ao longo da rampa.

SÍNTESE

Quando é colocado sobre uma rampa, o cone duplo fica em equilíbrio instável, ou seja, ao ser ligeiramente afastado da sua posição de equilíbrio, tende a se afastar ainda mais. Pelo fato de ser construído com material homogêneo - ou até mesmo caso se opte por utilizar um funil (material oco) -, o cone duplo apresenta um eixo de simetria. Assim, seu centro de massa e centro de gravidade coincidem com seu centro geométrico. Um corpo que está em equilíbrio instável se encontra com máxima energia potencial e, para o caso do cone duplo, isso se reflete no fato de que inicialmente seu centro de massa se encontra no nível mais alto possível (CANALLE; MOURA, 1998). Em síntese, portanto, no experimento do cone duplo temos a sensação de que a lei da gravidade está sendo violada, pois o objeto parece se mover de forma ascendente na rampa – o que vai também contra nossas expectativas. Por outro lado, fisicamente falando, trata-se de um movimento descendente – como era de se esperar -, uma vez que o centro de massa do cone duplo perfaz um movimento descendente sobre a rampa.

QUESTÕES

1. Explique o que faz o cone ficar parado, descer ou subir a rampa.

2. Como a gravidade influencia no movimento do cone?

3. Explique como o ponto médio de gravidade influencia o movimento do cone antigravitacional e como isso se relaciona com o conceito de gravitação.

ANEXO G – PÓS-TESTE

1. Durante o experimento com o cone antigravitacional, o ponto médio de gravidade do cone:
 - a) Se desloca para cima
 - b) Permanece no mesmo lugar
 - c) Se desloca para baixo
 - d) Se desloca lateralmente
2. No experimento das garrafas equilibradas, onde está localizado o centro de massa do sistema garrafa-cano?
 - a) No centro geométrico da garrafa
 - b) Na base do cano de PVC
 - c) No topo da garrafa
 - d) No meio do cano de PVC
3. A Lei da Gravitação Universal, proposta por Isaac Newton, afirma que:
 - a) Todos os corpos são atraídos para o centro da Terra.
 - b) A força gravitacional só atua entre corpos muito massivos.
 - c) Dois corpos quaisquer se atraem mutuamente com uma força diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.
 - d) A força gravitacional é a única força existente no universo.
4. A força gravitacional é responsável por:
 - a) A formação das marés
 - b) As órbitas dos planetas
 - c) A queda dos objetos
 - d) Todas as alternativas anteriores
5. Nicolau Copérnico é conhecido por ter defendido a teoria:

- a) Geocêntrica
- b) Heliocêntrica
- c) Do Big Bang
- d) Da relatividade

6. A teoria geocêntrica, predominante por muitos séculos, defendia que:

- a) A Terra era o centro do universo e todos os outros corpos celestes giravam em torno dela.
- b) O Sol era o centro do universo e a Terra e os demais planetas giravam em torno dele.
- c) O universo era infinito e não tinha centro.
- d) A Terra era plana e imóvel.

7. A respeito da lei da gravitação universal, marque a alternativa verdadeira:

- a) A equação da lei da gravitação universal prevê tanto uma força de atração como uma de repulsão.
- b) Se a distância entre dois objetos for triplicada, a força gravitacional entre eles será seis vezes menor.
- c) Se as massas dos planetas do sistema solar sofressem variações consideráveis, nada mudaria, pois a força gravitacional depende apenas da massa do Sol.
- d) A força gravitacional é diretamente proporcional ao quadrado da distância que separa dois corpos.
- e) A força de atração gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa os dois corpos.

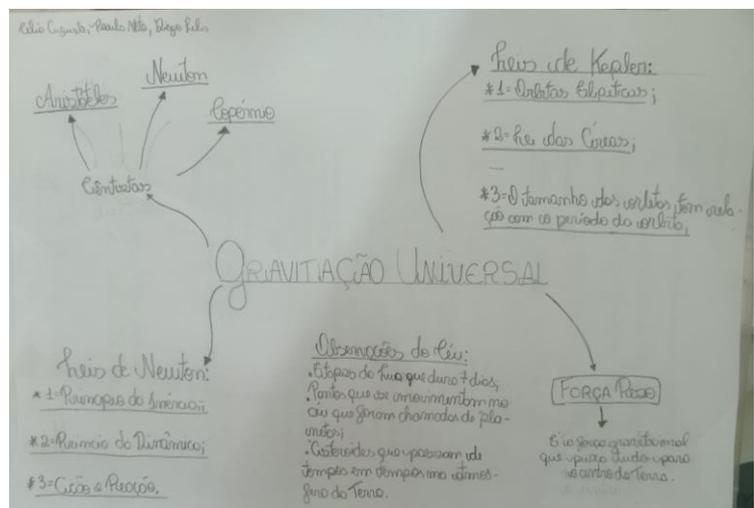
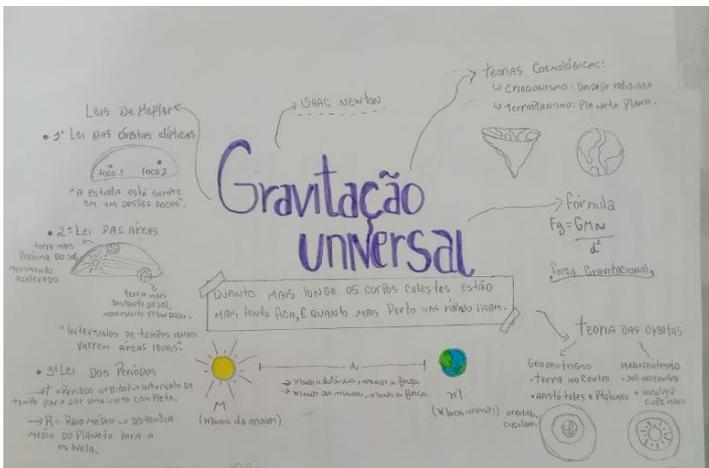
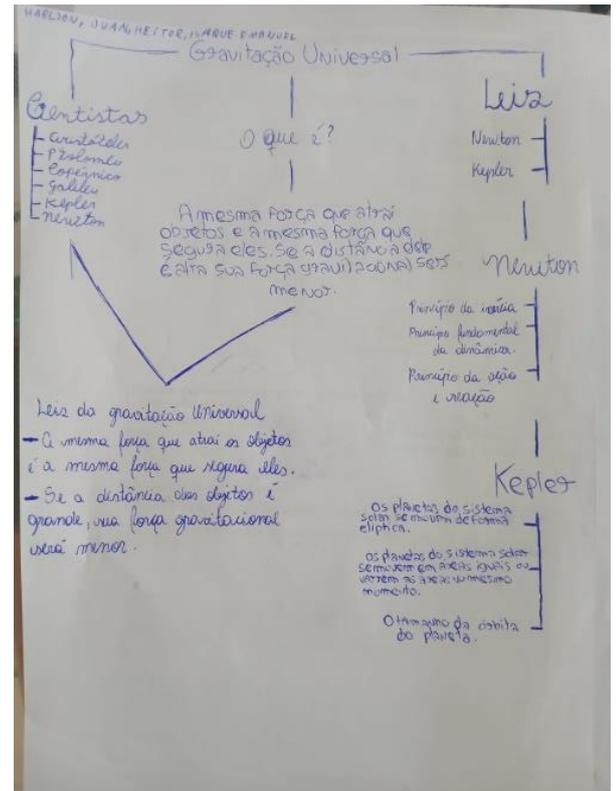
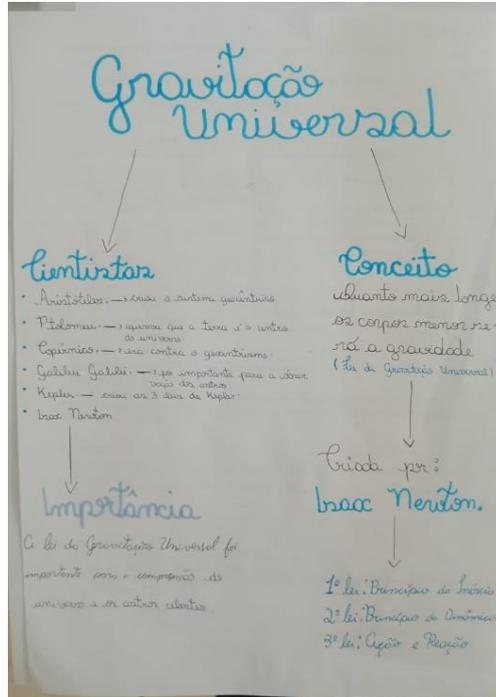
8. Conceitue com suas palavras sobre o conceito de gravitação universal conforme Isaac Newton.

—

9. Quais dos experimentos apresentados pelos colegas você conseguiria relacionar com o conceito de GRAVIDADE? Explique.

10. Qual sua opinião sobre o trabalho em grupo proposto pela professora? Sua equipe conseguiu interagir? As divisões dos papéis da equipe ocorreram de forma correta?

ANEXO H – MAPAS CONCEITUAIS PRODUZIDO PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA



ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS (TCLE)

O(A) seu(sua) filho(a) está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **A FORMAÇÃO DO CONCEITO GRAVITAÇÃO UNIVERSAL COM EXPERIMENTOS DE MODELAGEM ANTIGRAVITACIONAL** cujo pesquisador responsável é **Malena Albuquerque Oliveira**. Os objetivos do projeto é estabelecer os elementos teóricos e metodológicos que permitam estruturar a aprendizagem e formação de conceitos científicos a partir da experimentação com estudantes do 9º ano do ensino fundamental. O(A) seu(sua) filho(a) está sendo convidado porque está dentro do critério de inclusão, no caso sendo estudante do 9º ano do ensino fundamental. O(A) Sr(a). tem de plena liberdade de recusar a participação do seu(sua) filho(a) ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o tratamento que ele(a) recebe neste serviço. Ademais, o local da pesquisa será no **Centro Educacional Colombo Ladislau**.

Caso aceite participar sua participação consiste em:

Entrevistas: O estudante será convidado(a) a participar de entrevistas individuais, onde serão feitas perguntas sobre sua experiência e compreensão dos conceitos científicos relacionados à gravitação universal. Essas entrevistas serão realizadas em horários previamente agendados, com duração aproximada de 5 minutos.

Participação em Experimentos: O estudante participará de atividades experimentais em sala de aula, nas quais serão realizados experimentos antigravitacionais. Durante essas atividades, o estudante será orientado(a) a seguir um roteiro específico e responder a perguntas relacionadas aos conceitos estudados.

Aplicação de Questionários: Antes e após a realização dos experimentos, serão aplicados questionários (pré-testes e pós-testes) para avaliar seu entendimento dos conceitos científicos abordados. Esses questionários terão perguntas objetivas e discursivas e levarão cerca de 20 minutos para serem completados.

Observações em Sala de Aula: Durante as aulas e atividades experimentais, o pesquisador estará presente para observar e registrar seu engajamento, participação e interação com os conteúdos e colegas.

Se você concordar, autorizamos a gravação de imagens e sons durante as entrevistas e atividades experimentais. Estas gravações serão realizadas com equipamentos adequados e respeitarão procedimentos rigorosos para assegurar sua confidencialidade e privacidade. As imagens e os sons capturados serão utilizados exclusivamente para fins de análise da pesquisa e não serão divulgados de maneira que comprometam sua identidade ou privacidade. O(A) Sr(a). também pode obter informações sobre esta pesquisa posteriormente na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (<https://tede.ufam.edu.br/>).

Toda pesquisa com seres humanos envolve **riscos** aos participantes. Nesta pesquisa os riscos para o(a) Sr.(a) são: Possibilidade de danos aos equipamentos de laboratório e materiais utilizados nos experimentos. Contudo, minimizaremos isso com orientação adequada sobre o manuseio dos equipamentos e supervisão constante por parte dos docentes e pesquisadores. Além disso, serão utilizados materiais de baixo custo e facilmente substituíveis.

Também são esperados os seguintes **benefícios** com esta pesquisa: A pesquisa contribui para o corpo de conhecimento acadêmico sobre metodologias ativas e o ensino de ciências, oferecendo dados e insights que podem ser utilizados em estudos futuros.

Se julgar necessário, o(a) Sr(a) dispõe de tempo para que possa refletir sobre a participação do seu filho(a), consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida.

Garantimos ao seu(sua) filho(a), e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente.

Também estão assegurados ao(à) Sr(a) o direito a pedir indenizações e cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, seu filho(a).

Asseguramos ao seu(sua) filho(a) o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo, pelo tempo que for necessário.

Garantimos ao(à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade da participação do seu filho(a) e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

O(A) Sr(a). pode entrar em contato com o pesquisador responsável Malena Albuquerque Oliveira a qualquer tempo para informação adicional no endereço rua Av. Gen. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3.000 – Coroadó, telefone 92 98832-8660 e no e-mail malena.oliveira@ufam.edu.br.

O(A) Sr(a). também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (CEP/UFAM) e com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando pertinente. O CEP/UFAM fica na Escola de Enfermagem de Manaus (EEM/UFAM) - Sala 07, Rua Teresina, 495 – Adrianópolis – Manaus – AM, Fone: (92) 3305-1181 Ramal 2004, E-mail: cep@ufam.edu.br. O CEP/UFAM é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Este documento (TCLE) será elaborado em duas VIAS, que serão rubricadas em todas as suas páginas, exceto a com as assinaturas, e assinadas ao seu término pelo(a) Sr(a)., e pelo pesquisador responsável, ficando uma via com cada um.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Declaro que concordo que meu(minha) filho(a)

(nome completo do menor de 18 anos) participe desta pesquisa.

_____, ____/____/____