



JUCIANE APARECIDA MARTINS

**INVESTIGANDO AS POTENCIALIDADES DE UM
LABORATÓRIO EXPERIMENTAL ITINERANTE NA
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: O PROBLEMA DA
QUEDA DOS CORPOS E A INTERAÇÃO COM FLUIDOS**

**LAVRAS – MG
2022**

JUCIANE APARECIDA MARTINS

**INVESTIGANDO AS POTENCIALIDADES DE UM LABORATÓRIO
EXPERIMENTAL ITINERANTE NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: O
PROBLEMA DA QUEDA DOS CORPOS E A INTERAÇÃO COM FLUIDOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional Nacional no Ensino de Física, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão
Orientador

Prof. Dra. Rita de Cássia Suart
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Martins, Juciane Aparecida.

Investigando as Potencialidades de um Laboratório
Experimental Itinerante na Construção do Conhecimento: O
Problema da Queda dos Corpos e a Interação com Fluidos. / Juciane
Aparecida Martins. - 2022.

82 p.

Orientador(a): Ulisses Azevedo Leitão.

Coorientador(a): Rita de Cássia Suart.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Laboratório Experimental Itinerante. 2. Força de Arraste. 3.
Modelos. I. Leitão, Ulisses Azevedo. II. Suart, Rita de Cássia. III.
Titulo.

JUCIANE APARECIDA MARTINS

**INVESTIGANDO AS POTENCIALIDADES DE UM LABORATÓRIO
EXPERIMENTAL ITINERANTE NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO: O
PROBLEMA DA QUEDA DOS CORPOS E A INTERAÇÃO COM FLUIDOS**

**INVESTIGATING THE POTENTIALITIES OF AN ITINERANT EXPERIMENTAL
LABORATORY IN THE CONSTRUCTION OF KNOWLEDGE: THE PROBLEM OF
FALLING BODIES AND INTERACTION WITH FLUIDS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional Nacional no Ensino de Física, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2022

Dra. Helena Libardi –DFM–ICET–UFLA.

Dr. Antônio Dos Anjos Pinheiro Da Silva –DFM–ICET–UFLA.

Dr. Federico Augusto Toti –UNIFAL.

Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão
Orientador

Prof. Dra. Rita de Cássia Suart
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

*Dedico este trabalho aos meus pais, que, mesmo não estando presentes neste plano,
acompanharam-me nesta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradecer é um ato de enobrecer aqueles a quem amamos. Por isso agradeço:

A Deus, por me proporcionar saúde para que eu possa sempre lutar.

Aos meus pais por terem me ensinado que o estudo é uma grande herança e eles lutaram para deixá-la pra mim.

Ao meu marido, Vitor César, por ser sempre compreensivo e companheiro nos momentos mais difíceis.

Aos meus filhos, Pedro Henrique e João Vitor, é por vocês que acordo todos os dias. Obrigada por entenderem que eu precisava deixar vocês durante algumas horas dos dias.

Ao meu irmão Efigênio e à minha cunhada, Marina, pelos meus pequenos Joaquim e Geovana que fazem meus dias mais felizes.

À minha irmã Renata e meu cunhado, Osvaldo, pela força e dicas durante todo o mestrado.

À minha amiga, parceira, confidente, assistente, Rosely, por participar deste projeto comigo, principalmente nos momentos dos experimentos mais malucos.

Ao meu orientador, Ulisses, sem você tudo isso não seria possível, você foi a peça fundamental para que meu sonho se realizasse.

Aos meus professores durante todo curso, sem distinção, vocês me tornaram uma pessoa melhor e agora mestre.

À CAPES, pela bolsa de estudo, que foi fundamental para minhas idas e vindas.

À minha cunhada, Giselle, pelas orações, sei que elas me deram força para continuar nos momentos que pensei em desistir.

À minha sogra Zinha, você é minha segunda mãe, sua ajuda com os meninos foram fundamentais para que eu conseguisse estar aqui.

Ao meu sogro, Geraldo, que nos deixou há um ano, mas que foi para mim mais que um pai nos momentos que precisei.

Aos meus colegas de mestrado, venci e vocês contribuíram pra isso.

À minha irmã de coração, Thaís, por ouvir meus desabafos e choros, você é muito importante pra mim.

Não posso deixar de citar minhas amigas. Ah, as amigas ... Sem elas não sou ninguém. Aline, Ana Paula, Andreia, Carmem, Érica, Lucilia, vocês me fizeram mais forte.

À direção da Escola Dr. Ernane e aos meus colegas de trabalho, por me ajudarem em todos os momentos durante estes anos.

Aos meus alunos, vocês contribuíram para que este projeto fosse um sucesso.
Todos vocês fazem parte da minha vida de um modo muito especial.

"Escrever é meu jeito de ficar por aqui. Cada texto é uma semente. Depois que eu for elas ficarão: Quem sabe se transformarão em árvores! Torço para que sejam ipês amarelos.."
(Rubem Alves)

RESUMO

Este trabalho, apresenta uma proposta que avança sobre as possibilidades do ERE “Ensino Remoto Emergencial”, propondo um “Laboratório Experimental Itinerante”, que permite ao estudante desenvolver atividades experimentais investigativas em casa, partindo da pressuposta da importância da experimentação e da vivência concreta do estudante com as situações reais do mundo Físico no processo de ensino e aprendizagem. O “Laboratório Itinerante”, montado a partir de materiais de baixo custo, foi enviado à casa do estudante por intermédio do professor, apresenta um projeto de aprendizagem baseado nas atividades investigativas e nos ciclos de modelagem. O trabalho foi desenvolvido a partir de uma sequência didática investigativa para os estudantes do 3º ano do Ensino Médio e teve como objetivo instigar o estudante à observação e análise da queda dos corpos avaliando a interação entre eles. Durante a sequência didática, os estudantes foram confrontados com os modelos de força de arraste Newtoniano e Viscoso, e colocados, sempre, como cidadãos participativos no processo de ensino aprendizagem. Por meio dos resultados obtidos, constatou-se que o “*Laboratório Experimental Itinerante*” a partir das atividades investigativas, contribuindo para uma aprendizagem crítica e criativa, agregando a construção do conhecimento e habilidades cognitivas por parte dos estudantes, dando destaque a um ensino de física para contemporaneidade em que novas mídias, tecnologias e estratégias fizeram parte da inovação no processo de ensino e aprendizagem em que os estudantes foram capazes de construir significados essenciais, por meio de um ambiente investigativo nas aulas de ciências, ampliando gradativamente sua cultura científica.

Palavras-chave: Laboratório Itinerante. Ensino Remoto. Atividades Investigativas. Força de Arraste. Modelos.

ABSTRACT

This work presents a proposal that advances on the possibilities of the ERE "Emergency Remote Teaching", proposing an "Itinerant Experimental Laboratory", which allows the student to develop experimental investigative activities at home, based on the presupposition of the importance of experimentation and the concrete experience of the student with the real situations of the physical world in the teaching and learning process. The "Itinerant Laboratory", assembled from low-cost materials, was sent to the student's home through the teacher, presenting a learning project based on investigative activities and modeling cycles. The work was developed from an investigative didactic sequence for 3rd year high school students and aimed to bring about the student to observe and analyze the fall of bodies by evaluating the interaction between them. During the didactic sequence, the students were confronted with Newtonian and Viscous drag force models, always placing the student as an active and participatory subject in the teaching and learning process. Through the results obtained, it was found that the "*Itinerant Experimental Laboratory*" from the investigative activities, contributed to a critical and creative learning, contributing to the construction of knowledge and cognitive skills on the part of the students, emphasizing the teaching of physics to students. contemporaneity in which new media, technologies and strategies were part of the innovation in the teaching and learning process in which students were able to build essential meanings by creating an investigative environment in science classes, gradually expanding their scientific culture.

Keywords: Traveling laboratory. Remote teaching. Research activities. Drag force. Models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Organização do Ciclo de Aprendizagem.	26
Figura 4.2 – Etapas de elaboração de um modelo segundo o Ciclo de Modelagem proposto por Hestenes.	27
Figura 6.1 – Esfera em queda no fluido - modelo Newtoniano.	33
Figura 6.2 – Esfera em queda no fluido - modelo viscoso.	34
Figura 8.1 – Instrumento de avaliação dos níveis de compreensão dos estudantes para avaliar as suas habilidades cognitivo-investigativas.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 9.1 – Velocidade terminal de acordo com os modelos e o resultado experimental do grupo B	60
Tabela 9.2 – Detalhamento do número de eventos analisados para a classificação dos níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas realizada neste trabalho.	61
Tabela 1 – Discussões: Aulas 1 e 2 Grupo A – Participantes: Ek, FE, RE, ME.	70
Tabela 2 – Discussões: Aulas 1 e 2 - Grupo B – Participantes: EL,LA,JO.	74
Tabela 3 – Discussões: Aulas 1 e 2 - Grupo C – Participantes: DA,LA,MA,TH	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 7.1 – Descrição de aulas da sequência didática (Continua).	38
Quadro 8.1 – Elaboração das etapas investigativas a partir de características centrais de Pedaste et al. (2015) e graus dos liberdade (CARVALHO, 2006).	48
Quadro 9.1 – Classificação do níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas observados nos 7 domínios de investigação – Grupo A	62
Quadro 9.2 – Classificação do níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas observados nos sete domínios de investigação – Grupo B	62
Quadro 9.3 – Classificação do níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas observados nos sete domínios de investigação – Grupo C	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS E CONTEXTO	18
2.1	Objeto de Pesquisa	18
2.2	Objetivo de Pesquisa	19
3	Ensino Por Investigação	20
4	Ciclos de Modelagem	25
5	REVISÃO DA LITERATURA	29
6	A FÍSICA DO MOVIMENTO DE ESFERAS EM QUEDA NOS FLUIDOS	32
6.1	Número de Reynolds	32
6.2	Força de Arraste Newtoniano	33
6.3	Força de Arraste Viscoso	34
6.4	Velocidade Terminal	35
7	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	37
7.1	Objetivos de aprendizagem	37
7.2	Organização da Sequência Didática SD	38
7.3	Desenvolvimento da SD	41
8	METODOLOGIA DE PESQUISA	43
8.1	Natureza da Pesquisa	43
8.2	Cenário de desenvolvimento da pesquisa	43
8.3	Sujeitos da pesquisa	44
8.4	Instrumentos da coleta de dados	45
8.5	Metodologia de análise de dados	45
9	RESULTADOS	49
9.1	Organização e validação da Análise	49
9.2	Diálogos iniciais	50
9.3	Análise das Aulas 1 e 2 - Primeiros conceitos	51
9.4	Análise da Aula 5 - percepções das evidências	53
9.5	Análise das Aulas 6 e 7 - conexões	57
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	66
	APENDICE A – Exemplos de registro de dados	69

1 INTRODUÇÃO

No final do ensino médio, momento em que os estudantes precisam decidir o seu futuro, me deparei, aos 17 anos, fazendo uma escolha que me satisfaria profissional e pessoalmente. Como desde a infância a docência era minha brincadeira favorita, junto a paixão pelas ciências exatas, me vi diante da licenciatura em Matemática pela FEPESMIG da cidade de Varginha - MG.

Logo após o término da graduação, surgiu o casamento, os filhos, e, com isso, uma pausa na docência, mas mesmo assim, nunca me afastei da educação. Depois de alguns anos trabalhando na Secretaria Municipal de Educação, exercendo a função de secretária, a afirmativa sempre presente era a insatisfação por não estar onde sempre sonhei, na sala de aula. Foi aí que decidi pedir exoneração de meu cargo de secretária e voltar para a sala de aula, e hoje estou em dois cargos efetivos, em uma Escola Estadual e uma escola particular do município de Nepomuceno-MG.

Desde o início da minha prática profissional, estive preocupada em exercê-la de forma responsável. Pensando na qualidade de ensino e buscando me qualificar profissionalmente, decidi participar, em 2018, do processo seletivo para o mestrado em Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras -UFLA. Após inscrição, foram várias batalhas, com a perda de meus pais, mas em cada lembrança, uma motivação, pois sempre batalharam para que eu pudesse conseguir os meus objetivos e em março de 2019, estava eu conciliando minhas 38 aulas com o mestrado.

Com minha experiência profissional e observação da inserção do ensino de física no ensino médio, levando em consideração as experiências individuais que os estudantes trazem, pude constatar que eles deparam com um ensino um tanto quanto formal, o qual não os leva a relacionar os conteúdos com suas vivências. Esse distanciamento entre a vida prática e os conhecimentos científicos é, então, um dos grandes obstáculos do ensino de física.

Nesse sentido, ao observar a necessidade de inovação metodológica, senti necessidade de uma maior integração entre teoria e prática no ensino de Física em sala de aula, deixando o ensino de ser um obstáculo e relacionando-o com o mundo, passando a ser coerente o ensino de Física à vivência do estudante, acarretando, através das metodologias ativas, a construção do conhecimento pelo estudante durante o processo ensino-aprendizagem.

Certo dia, discutindo com os estudantes sobre a queda dos corpos, fui surpreendida pela observação de uma estudante que, ao observar a experimentação que havia realizado em sala

e depois uma experimentação no laboratório virtual PhET, notou que elas não condiziam. Ela observou que o pêndulo montado por ela com uma caneta parava de oscilar depois de um certo tempo. Entretanto, no PhET, sem a força de atrito, o pêndulo tinha movimento contínuo. Foi aí que ela associou às atividades do livro que realizava, que desprezam a resistência do ar, e que ela tinha acabado de ver que esta resistência influenciava no movimento dos corpos, observando que a simulação sem a resistência do ar não condiz com sua realidade. No ensino de física os estudantes encontram diversos desafios, e esse era mais um encontrado.

Percebi-me desafiada a tratar a queda dos corpos sob o olhar do estudante, considerando sua vivência e contribuindo no ensino significativo e crítico de física.

Desta forma, propusemo-nos a tratar o problema da queda de corpos em fluídos a partir da perspectiva do ensino experimental, desafiando o estudante a uma postura investigativa. Nos estudos preliminares, testamos a queda de bolas de isopor. Entretanto observamos que os efeitos da resistência do ar só se tornam significativos em quedas de grandes alturas. Percebemos que a queda de bolas de isopor no ar não seria suficiente para uma discussão significativa, pois queríamos abordar os modelos experimentais da Força de Arraste Newtoniano e a Força de Arraste Viscoso. Assim, passamos a considerar experimentos de queda de esferas de diferentes materiais e diâmetros nos líquidos: óleo, glicerina. O interessante é que pudemos explorar os limites da transição em que o atrito viscoso se torna mais relevante do que o atrito newtoniano, para esferas muito pequenas. Decidimos, então, que, para discutirmos a Força de Arraste Newtoniano e Viscoso, desenvolveríamos uma sequência didática (SD) sobre a queda de uma esfera de latão no óleo e na glicerina, levando em consideração que estes trariam para os estudantes situações que fazem sentido ao experimentar, discutir, modelar e entender o mundo a sua volta.

Neste contexto, o início da pandemia somou aos desafios anteriores o grande desafio de desenvolver as atividades experimentais propostas no contexto do Ensino Emergencial. Assim, optamos pelo "*Laboratório Experimental Itinerante*" (LI) como estratégia de conseguirmos fazer com que o estudante fizesse parte do seu processo de ensino e aprendizagem a partir de sua casa.

Vários obstáculos surgiram ao longo da montagem do Laboratório Experimental Itinerante. Dentre as dificuldades constatadas estava a entrega dos LI nas casas dos estudantes. No contexto da pandemia, o deslocamento deveria ser realizado de forma segura para todos os envolvidos. A sequência didática foi reformulada e meios virtuais agora seriam os meios principais para realização das atividades.

Considerando que o estudante assumirá o papel de investigador, e o professor o mediador em todas as atividades, e a importância dos modelos e da criticidade no ensino de física, esperamos que o Laboratório Experimental Itinerante fizesse sentido e que o estudante entendesse como a força de arraste dos fluidos influenciam na velocidade de queda dos corpos.

Este trabalho foi desenvolvido em uma cidade no Sul de Minas Gerais, no 3º ano do Ensino Médio do 1º turno, durante a revisão do conteúdo de queda livre, que já tinha sido desenvolvido no 1º ano.

Dessa forma, neste trabalho, investigo as potencialidades de um “Laboratório Experimental Itinerante” na construção do conhecimento do estudante ao analisar a queda dos corpos sob a ação da resistência dos fluidos. Aplicaremos a metodologia do ensino por investigação e os ciclos de modelagem proposto Hestenes, levando em consideração a participação do estudante no processo de ensino, possibilitando o desenvolvimento e a construção de seus conhecimentos e habilidades, partindo do pressuposto de que o processo de ensino por investigação é efetivo em consolidar os conceitos básicos pelos estudantes, por promover a motivação e o engajamento no processo ensino aprendizagem.

Segundo Sasseron e Carvalho (2011):

Investir em atividades nas quais os alunos irão pensar e avaliar condições, elaborando hipóteses e soluções para um problema pro-posto, pode contribuir para sua formação cidadã crítica, e o ensino por investigação é uma das estratégias pela qual se pode valorizar o desenvolvimento de habilidades relativas ao processo da alfabetização científica. (SASSERON; CARVALHO, 2011)

Utilizando o ensino por investigação no ensino remoto como metodologia no estudo da queda dos corpos sob a ação da resistência dos fluidos, nos deparamos com diferentes questões relevantes. Como as atividades experimentais são realizadas sem a presença do professor, como se dá a orientação e o questionamento às hipóteses levantadas pelo estudante? É possível verificar e acompanhar o seu desenvolvimento de forma a desafiá-lo no aprimoramento de suas habilidades de reflexão e de análise? Como registrar quais seriam as hipóteses levantadas pelos estudantes ao analisar uma esfera de latão em queda imerso em fluidos diferentes? Como evidenciar observações e reflexões? Conseguiriam propor possíveis conclusões para os problemas levantados por eles? Todo o contexto abordado em sala de aula condiz com sua realidade? Quais as habilidades cognitivas eles conseguem desenvolver como investigadores nesta abordagem didática? Quais as potencialidades o Laboratório Experimental Itinerante utilizado trará como resposta para essas indagações?

A investigação dessas questões no contexto de Laboratório Itinerante proposto requer uma maior diretividade por parte da proposta metodológica. Não conseguimos vislumbrar uma forma de, por um lado, dar liberdade de investigação ao estudante e ao mesmo tempo, condicionar as questões de investigação aos materiais contidos no Laboratório Itinerante. De acordo com (SUART; MARCONDES, 2008), os maiores níveis de abertura podem ser alcançados com a experimentação investigativa, uma vez que tal atividade permite que os alunos participem dos processos de investigação mais ativamente, pensando e argumentando sobre o problema proposto.

Tendo em vista o fato do LI não ter a flexibilidade para dar liberdade ao estudante para propôr e planejar o experimento, a presente proposta dá menor liberdade de investigação ao estudante. Entretanto, este desafio foi contornado pela intensa interação entre professora-mediadora e estudantes, para criar um clima de reflexão e investigação.

O carácter investigativo da presente proposta se alicerça em dois pontos. Por um lado, não há resultado correto a ser alcançado pelo estudante. Ele é desafiado a procurar modelo e discuti-los na tentativa de desenvolver hipóteses explicativas que iluminem a compreensão do problema. Ele é induzido apenas a considerar a questão proposta pelo modelo de Dalton, de que as substâncias são compostas de moléculas que possuem massa e que obedecem às Leis de Newton, como ponto de partida. Por outro lado, os questionamentos do professor se desenvolvem nos encontros síncronos em que o estudante é chamado a descrever seus achados e formular suas observações. Assim, apesar do momento de observação (em casa) e em isolamento do ambiente de interação social ser dissociado do momento de reflexão do professor, entendemos que a essência do Ensino por Investigação está preservada e forma o arcabouço teórico que discutiremos mais detalhadamente durante a apresentação do referencial teórico.

Para que o estudante não tenha conflitos entre as concepções que traz e os novos conhecimentos na elaboração de seus modelos mentais, o professor deverá ser mediador no decorrer das aulas. Azevedo (AZEVEDO, 2003) reforça que o objetivo da atividade investigativa é levar os estudantes a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos teóricos e matemáticos.

A atividade experimental inserida na SD consiste na observação da interação dos fluidos com os corpos em queda. A partir da velocidade terminal encontrada no experimento, o estudante realiza a comparação com os modelos existentes, problematizando-os com os modelos explicativos para as suas observações.

Nesta análise, da apropriação dos conceitos da resistência dos fluidos pelos estudantes, avaliando suas habilidades cognitivas ao desenvolver as atividades investigativas, fazem-se necessários instrumentos que contemplem a proposta, proporcionando condições e avaliação do desempenho dos estudantes ao desenvolverem tais atividades. Serão utilizadas entrevistas com os estudantes, filmagens e discussões via aplicativo de comunicação, considerando que são instrumentos que nos darão os instrumentos necessários para obter clareza na avaliação do desempenho dos estudantes na pesquisa.

As dificuldades que surgirem durante a elaboração e execução dos experimentos devem ser mediadas pelo professor, fazendo com que os estudantes, agentes ativos desta abordagem didática, manifestem habilidades cognitivas necessárias para a elaboração de suas hipóteses para as devidas análises de dados e variáveis da pesquisa, para sua confirmação ou refutação, podendo contribuir para construção do conhecimento na análise dos efeitos da resistência dos fluidos na queda dos corpos.

Em março de 2020, a educação sofreu o impacto da pandemia da COVID 19. As aulas foram suspensas, novas estratégias traçadas para que fosse possível dar continuidade e promover uma aprendizagem significativa. Iniciou-se, então, um desafio para os profissionais da educação e dos estudantes: o “*Ensino Remoto Emergencial*”, (ERE).

Para Perrenoud (2002), a imersão em uma sala de aula não é suficiente, pois há a necessidade de uma grande diversidade de configurações, sem que a redundância seja o bastante para intensificar ou adensar a experiência e, dessa forma, acelerar as aprendizagens. Diante disso, essas experiências da sala de aula estão agora imersas em um lugar que pode ser a sala da casa do estudante ou até mesmo o banco da praça, em que o professor deverá utilizar diferentes estratégias para conseguir a atenção efetiva do estudante e contribuir para sua aprendizagem.

Todavia, é preciso refletir, o que difere o Ensino Remoto Emergencial (ERE) e o Ensino a Distância (EAD), muitas vezes confundido pelos envolvidos? O EAD é uma modalidade de ensino por meio de acesso à internet, totalmente virtual, em que o estudante tem o apoio de um tutor, tendo discussões por fóruns e outras ferramentas do Moodle, geralmente aplicado a cursos de graduação, pós graduação e especialização. Já o ERE foi uma estratégia utilizada para enfrentamento de uma pandemia, em que os estudantes têm aulas todos dias, podendo ser síncronas ou assíncronas, com presença contabilizada, cumprindo a carga horária imposta do ensino presencial, com a mediação dos professores regentes de sua turma, utilizando ou não ferramentas virtuais.

Nesse âmbito, os obstáculos surgem ao longo da inserção do “ERE”, estudantes sem acesso à internet, sem equipamento apropriado para acessarem conteúdos digitais, dentre outros. A partir da observação desses obstáculos, outras estratégias são utilizadas para atingir o estudante, assim como materiais impressos ou programas de televisão, resultando a importância da mediação do professor em qualquer processo que seja utilizado no ensino.

Segundo SILVA (2015), alguns estudos demonstram que os “não usuários” de internet são mais frequentes em algumas faixas que abrangem os estudantes, que são as classes econômicas mais baixas (classes C, D e E); moradores de áreas rurais (proporção de usuários que nunca utilizaram a internet chega a 70%) (CGI.Br, 2014), o que se soma à falta de condições de pagar o acesso ou adquirir os aparelhos.

Diante disso, como trabalhar no ensino remoto diante de vários obstáculos? Ajudar o estudante elaborar seu próprio conhecimento a partir da interação estudante-professor-recursos digitais, se tornou um desafio.

Os autores Leitao U e Pinto (2013) defendem que em qualquer situação de ensino e aprendizagem o estudante deve ser municiado de estratégias e habilidades que fomentem a aprendizagem colaborativa e permita que ele compartilhe suas descobertas, além de acessar as descobertas dos outros.

Cabe, então, ao professor mediar a comunicação, a discussão e a colaboração entre os envolvidos no processo do ensino remoto a partir das ferramentas oferecidas, buscando estratégias efetivas no processo de ensino e aprendizagem na formação de um cidadão crítico e participativo diante desse cenário.

2 OBJETIVOS E CONTEXTO

2.1 Objeto de Pesquisa

Para nossa pesquisa, elaboramos e desenvolvemos uma Sequência Didática, baseada em atividades experimentais por Laboratório Itinerante, no 3º ano do Ensino Médio da Educação Básica na cidade de Nepomuceno/MG, no contexto do Ensino Remoto Emergencial devido à COVID-19, com 12 estudantes, extraturno, abordando o conteúdo previsto na BNCC de acordo com as habilidades e competências:

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 02

Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

HABILIDADES

(EM13CNT204X) Elaborar explicações, previsões e realizar cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais. (EM13CNT205X) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências. (EM13CNT210MG) Reconhecer as leis da natureza, identificar suas ocorrências, avaliar suas aplicações em processos tecnológicos e elaborar hipóteses de procedimentos para a exploração do Cosmos e do planeta Terra.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 03

Analisar situações problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

HABILIDADES: (EM13CNT301X) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (EM13CNT303X) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis

em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações

A Escola em que desenvolvemos a pesquisa adotava, devido ao ERE, o PET (Programa de Estudos Tutorados), desenvolvido pela Secretaria do Estado de Educação de Minas Gerais buscando atender os estudantes neste momento em que uma epidemia assola o mundo e foi desenvolvida simultaneamente com esta proposta.

Inicialmente buscamos observar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação a queda dos corpos. A seguir, problematizamos a questão da resistência oferecida por fluídos aos objetos em movimento, procurando abrir caminhos para que os estudantes construíssem modelos explicativos. Com a inserção de atividades em um Laboratório Experimental Itinerante, procuramos observar quais habilidades de pensamento relacionadas ao processo de investigação científica. Por outro lado, buscamos subsídios para avaliar a aceitação e a efetividade da estratégia de Laboratório Itinerante no contexto de ensino determinado pela pandemia.

A Sequência Didática foi ministrada utilizando-se da ferramenta Wiki do Moodle, e através de aplicativos de mensagens, web conferência, bem como pela inserção de um Laboratório Experimental Itinerante que foi levado até a casa do estudante.

Neste contexto, a SD é composta por 7 aulas e foi realizada em 4 semanas de discussões e mediações pelo professor.

2.2 Objetivo de Pesquisa

Este trabalho consiste em uma pesquisa qualitativa, que visa verificar as potencialidades que um Laboratório Experimental Itinerante traz diante de um ensino remoto, considerando a necessidade de buscar estratégias para o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo do estudante no ensino de física.

Além disto, buscamos também observar quais habilidades de pensamento relacionados à investigação científica surgem durante e depois da experimentação, a partir da verificação das concepções prévias, do material elaborado, da orientação à distância mediante ferramentas virtuais e qual a contribuição destas estratégias para um ensino significativo.

Para tanto, utilizaremos dos dados coletados nas gravações de encontros síncronos, no registro de atividades dos estudantes e em entrevistas individuais, juntamente com as discussões pelo aplicativo de mensagens.

3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

As reformas curriculares no ensino de Ciências no Brasil nas décadas de 1950 e 60 se situam em um momento histórico que “a sociedade brasileira se ressentia da falta de matéria-prima e produtos industrializados durante a 2ª Guerra Mundial e no período pós-guerra, pois buscava superar a dependência e se tornar autossuficiente” (KRASILCHIK, 2000). O progresso da Ciência e da Tecnologia no Brasil estimularia os jovens para suprir a demanda de pesquisadores que impulsionariam o desenvolvimento científico e o consequente progresso do país.

Duschl (2011) aponta que, para além de interesses sociais e econômicos, essas reformas curriculares enfocavam os imperativos culturais que apontam a apropriação de dimensões sociais e epistêmicas da Ciência, necessárias ao desenvolvimento, avaliação e comunicação do conhecimento científico.

O surgimento das metodologias ativas já era mencionado e defendido por Dewey (1950), Freire (2009), dentre outros, eram citadas como aquelas onde a aprendizagem que ocorre pela ação, em que o estudante está no centro dos processos de ensino e de aprendizagem, não se tratando então de algo novo. Ademais, Diesel, Baldez e Martins (2017) identificam que os princípios que constituem a abordagem das metodologias ativas se baseiam em:

- a) Estudante como centro do ensino-aprendizagem.
- b) Professor como mediador, facilitador, ativador.
- c) Inovação.
- d) Trabalho em equipe.
- e) Problematização da realidade.
- f) Reflexão.
- g) Autonomia.

No livro em que discutem Atividades Investigativas dentro do arcabouço de metodologias ativas, Castelar, Geraldi e Scarpa (2016) assumem que o ensino investigativo é dividido em 5 fases e essas fases são conectadas em ciclos de investigação, que são observados na literatura e enfocam os ciclos investigativos em diversas etapas no processo de investigação.

As autoras descrevem o Ensino Investigativo caracterizado pelo modelo de fases proposto por Bybee (2015), o famoso modelo instrucional 5E, que é constituído de cinco fases:

Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration e Evaluation - Engajamento, Exploração, Explicação, Elaboração e Avaliação.

Outro modelo descrito por elas é o modelo que foi revisado por Pedaste et al. (2015) que, após uma revisão sistemática, buscaram identificar as características centrais do ciclo investigativo, sintetizando seus principais aspectos: orientação, conceitualização, investigação, conclusão e discussão. Além disso, as subfases são: questionamento, geração de hipóteses, exploração, experimentação, interpretação dos dados, comunicação e reflexão. Eles ainda ressaltam que, a partir dos resultados de uma investigação, podem surgir novas questões e novos ciclos.

As autoras concluem que,

O ciclo investigativo apresentado é dinâmico: não há uma ordem correta a ser seguida, sendo possível “ir e vir” por suas fases ao longo do processo. As fases de orientação, conceitualização, investigação e conclusão, em conjunto, produzem processos de transformação, de criação de conhecimentos. Já a fase de discussão contribui para a regulação do processo de ensino-aprendizagem por meio da reflexão sobre as ações e os acontecimentos que possibilitaram a construção de conhecimentos durante a investigação, motivo pelo qual ela permeia todo o ciclo investigativo. (CASTELAR; GERALDI; SCARPA, 2016, p.69).

Andrade (2011) destaca que as propostas mais recentes do ensino de Ciências por atividades investigativas no Brasil também possuem relações próximas com as reformas curriculares dos EUA e Inglaterra a partir da década de 1980. E ainda acredita que analisar como os discursos oficiais estrangeiros sobre o ensino investigativo são apropriados e ressignificados para o contexto brasileiro atualmente possibilitaria uma maior compreensão dos sentidos e das concepções de Ciência veiculadas nas propostas de ensino de Ciências por atividades investigativas desenvolvidas no Brasil.

Com o percurso do ensino por investigação, levar para as salas de aulas atividades investigativas com intuito de um aprendizado significativo tem se tornado, desde o final do século XX, uma busca de domínios científicos e epistemológicos.

Conforme Azevedo (2003), para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do estudante não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve, também, conter características de um trabalho científico: o estudante deve refletir discutir, explicar, relatar.

Para Sasseron,

Tomando-o como associado ao trabalho do professor e não apenas a uma estratégia específica, o ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor. (SASSERON, 2015, p.58).

Nessa perspectiva, a atividade investigativa deve ter importância no desenvolvimento para o estudante, ele tem que saber o que e o porquê estará realizando a investigação, devendo esta ser fundamentada, proporcionando sua participação desde o levantamento de hipóteses até a possível solução do problema, desenvolvendo habilidades cognitivas neste processo.

Azevedo destaca que:

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar do processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação casual para o resultado de suas ações e/ou interações. (AZEVEDO, 2003, p.22).

É importante deixar claro que não há expectativa de que os estudantes vão pensar ou se comportar como cientistas. O que se propõe é muito mais simples, criar um ambiente investigativo em salas de aula de ciências, para que possam, gradativamente, ir ampliando sua cultura científica (CARVALHO, 2003, p.9).

E qual o papel do professor e do estudante no processo de ensino e aprendizagem através das atividades investigativas?

O desafio do professor na atividade por investigação é conseguir deixar de assumir o papel ativo, passando a ser mediador durante todo o processo e construindo o conhecimento junto com o estudante.

Nessa perspectiva, o uso das atividades investigativas requer uma atenção tanto pelo professor quanto pelo estudante, pois passam a assumir posturas diferentes. Um novo papel passa a ser assumido por ambos, o professor se dedica a ser o orientador que conduz a aprendizagem e o estudante assume a postura ativa do conhecimento, aprendendo em um ambiente colaborativo havendo sempre uma interação entre estudante x estudante x professor x material didático.

Suart e Marcondes (2008), alertam que tanto no Ensino Médio como em muitas universidades, o professor ainda é o detentor do conhecimento e a ciência é tratada de forma empírica e algorítmica. O estudante é o agente passivo da aula e a ele cabe seguir um protocolo proposto pelo professor para a atividade experimental, elaborar um relatório e tentar ao máximo se aproximar dos resultados já esperados.

É necessário inserir, na formação dos professores, estratégias que lhes orientem em relação às atividades investigativas, para que possam durante a prática pedagógica fazer parte do ensino e da aprendizagem, não se comportando como ditadores do conhecimento, mas participantes do processo, sem considerar que os estudantes sejam depósitos conhecimento.

Como crítica a essa prática passiva, Freire (2019) conceitua a educação bancária

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante. Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação. (FREIRE, 2019)

O professor deve saber conduzir desafios, tornar-se um questionador, propor atividades investigativas que permitem a ampliação do conhecimento, construindo juntamente com o estudante o saber científico.

Um aspecto que fica evidente na análise sobre o papel da investigação é a mudança de atitude que essa metodologia deve proporcionar tanto no estudante como na prática do professor, o estudante deixar de ser observador das aulas passando a ter influência sobre elas (AZEVEDO, 2003, p.24).

Para realizar tal prática, faz-se necessário que o professor tenha domínio de conteúdo, mas também de habilidades investigativas, para que possa fazer a mediação correta durante o processo de ensino, valorizando as repostas certas e fazendo das repostas erradas, oportunidades de novas hipóteses.

Dessa maneira, as aulas devem ter uma estrutura de ação mediada pelo professor, fazendo com que toda a classe participe dessa ação, na qual o professor deverá atentar-se aos estudantes que se afastam neste tipo de atividade, e trazer todos para interação no processo.

O estudante faz parte do processo, não sendo mais um agente passivo, ele passa a ter a oportunidade de agir na construção do seu conhecimento. Isso não significa que ele vai passar por todo o processo de maneira autônoma, mas que vai agir com a orientação e mediação do docente

O desenvolvimento das atividades em grupo é eficaz nesse processo, pois os estudantes, em seus questionamentos, tornam-se mais fortalecidos com os colegas que julgam ter o mesmo nível de conhecimento, não se sentindo constrangidos durante as atividades, podendo

ter a iniciativa de agir com base nos conhecimentos que já tem do seu cotidiano, mas sempre mediados pelo professor para que, ao trazer concepções prévias com contradições conceituais, sejam juntamente com o mediador, analisadas e conduzida a reformulação destas concepções.

Isto nos remete, finalmente, à importância da autonomia do estudante para a emergência das práticas epistêmicas no ensino aprendizagem (SASSERON, 2018; KELLY, 2008; KELLY; LICONA, 2018), devendo o estudante agir focado no objetivo do estudo. Nesse contexto, cabe ao professor o papel de mediação, o qual passa a fazer parte da construção do conhecimento juntamente com o estudante. Na prática, o professor passa a ser o agente mediador no processo ensino e aprendizagem do estudante.

4 CICLOS DE MODELAGEM

Começamos nossa discussão definindo a palavra modelo. No google, encontramos que modelo é a representação, em escala reduzida, de objeto, obra de arquitetura, a ser reproduzida em dimensões normais. Outras definições e palavras associadas surgem como: Semelhantes, espécie, espelho, exemplo, ideal, norma, padrão...E a definição científica de modelo como seria?

Heidemann, Araujo e Veit (2012) entendem que a essência do significado usado pela maioria dos pesquisadores é que modelos são representações simplificadas da realidade, confeccionadas com o intuito de descrever, analisar ou explorar objetos ou fenômenos.

Gentner e Stevens (1983) destacam que, na Física, modelos conceituais e teóricos são construídos como instrumentos para a compreensão de fenômenos físicos, enquanto que modelos mentais são os que as pessoas realmente têm em suas cabeças e o que guia suas ações.

Na visão epistemológica de Bunge (1974), toda a teoria física encerra um aspecto idealizado de um pedaço da realidade, e essa idealização é chamada de modelo.

No ensino por investigação, o objetivo central é discutir modelos, mas queremos além de discutir modelos, construir um modelo matemático, e, para isso, iremos nos basear nos Ciclos de Modelagem proposto por David Hestenes (HESTENES, 1987; HESTENES, 2006).

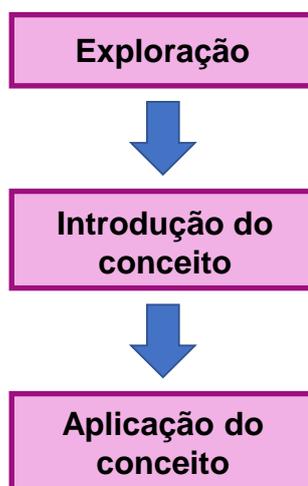
Para Hestenes (2006), um modelo é uma representação conceitual de uma coisa real, o que quer dizer que as propriedades físicas são representadas por variáveis quantitativas nos modelos.

Antes da definição de Ciclos de Modelagem, definida por David Hestenes, em 1962, Atkin e Karplus (1962) definiam o conceito de ciclo de aprendizagem (CA) como forma de aprendizagem estruturada no ensino de conceitos nas escolas de ensino fundamental e foram enraizadas nas teorias de Piaget.

A proposta dos ciclos de aprendizagem (CA) observada na 4.1 demonstra a importância de o estudante pensar e explorar, o professor mediar e acompanhar o processo, sendo apenas o introdutor das questões e o facilitador no processo de aprendizagem. Quando o estudante tem a oportunidade de construir o modelo, ele passa a ter uma maior probabilidade de se lembrar, posteriormente, do que aprendeu.

Foi a partir dos Ciclos de Aprendizagem que Hestenes (1987) definia os ciclos de modelagem considerando a importância da modelagem matemática e da modelagem conceitual neste processo. É importante levar em conta que, para Hestenes (2006), a principal característica da instrução por modelagem consiste em ser uma abordagem metodológica investigativa, centrada

Figura 4.1 – Organização do Ciclo de Aprendizagem.



Fonte: (ATKIN; KARPLUS, 1962).

no estudante e orientada pelo professor. Ele destaca que um dos maiores desafios do ensino e aprendizagem em ciências e matemática é coordenar modelos conceituais com modelos mentais, e pesquisas têm revelado que os modelos mentais formados na interação com o mundo vivencial normalmente são incompatíveis com os modelos conceituais. O foco é favorecer que os estudantes possam coordenar seus modelos mentais com seus modelos conceituais durante a construção, análise e validação da aplicação dos modelos matemáticos.

Heidemann, Araujo e Veit (2012) destacam que os ciclos de modelagem visam corrigir algumas das mais tradicionais deficiências do ensino tradicional, como a forte ênfase na resolução de problemas que têm levado os estudantes a uma postura passiva, e a apresentação dos conteúdos de forma fragmentada e descontextualizada. Quando o estudante tem a oportunidade de construir o modelo, ele passa a ter uma maior probabilidade de lembrar, posteriormente, o que aprendeu.

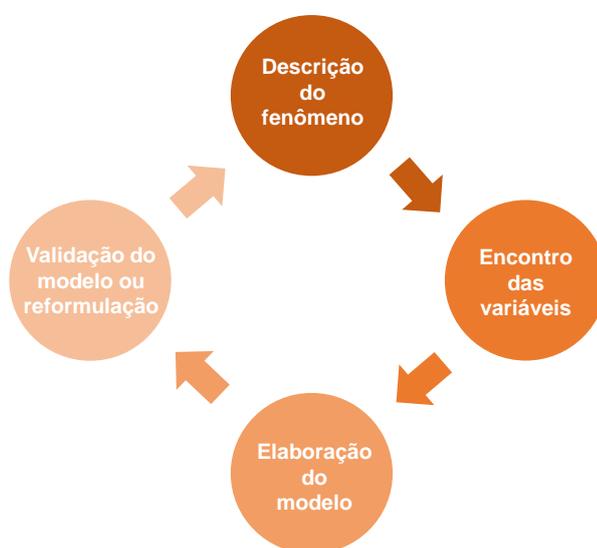
Segundo Heidemann, Araujo e Veit (2012), as etapas para construção de um modelo são:

- a) Situação-problema: Definir qual será o fenômeno estudado, contextualizado em uma problematização, para a formação conceitual do aluno.
- b) Identificar os objetos envolvidos no sistema.
- c) Analisar a interação entre os objetos.

- d) Elaborar um modelo qualitativo que represente a fenômeno descrito, a partir das variáveis do processo.
- e) Escolher um modelo matemático que represente o fenômeno estudado.

Como se trata de um ciclo, devemos lembrar que enquanto o estudante não encontrar o modelo que represente o fenômeno estudado, ele poderá descartar, aprimorar, pois nem sempre ele pode ser validado a partir de suas observações sendo necessário um recomeço. Fig. 4.2.

Figura 4.2 – Etapas de elaboração de um modelo segundo o Ciclo de Modelagem proposto por Hestenes.



Fonte: (HESTENES, 1987) (Tradução da autora).

Bunge (1974) destaca que um único modelo teórico pode ser aplicado a diferentes situações, e um pequeno conjunto de modelos é suficiente para resolver uma enorme quantidade de problemas.

Hestenes (1987) destaca que partir de um fenômeno físico, ao cumprir etapas bem delineadas, elaboramos uma explicação do mesmo, seja esta de forma qualitativa ou ainda de maneira quantitativa, sendo então elaborada uma equação para o modelo. Após elaborada a explicação matemática do fenômeno físico, esta será testada em situações similares, podendo ou não ser validada. Caso não se adeque ao novo fenômeno explicado, é necessária sua reformulação, reiniciando-se então o ciclo. Para validação do modelo elaborado, uma alternativa são as experimentações. A partir de um experimento físico, pode-se observar se o modelo elaborado condiz com a situação real, ou em outros casos, se é necessária sua reformulação.

Moreira (2021) dá destaque ao maior erro no ensino de Física que é não dar importância a modelos e modelagem. As chamadas ciências exatas, como a Física, não são exatas, são aproximadas, pois dependem de modelos científicos e estes dependem das aproximações feitas e também de como são controladas as variáveis, não sendo, assim, utilizado muitas vezes no ensino de Física.

Sendo assim, a participação do estudante na elaboração dos modelos de fenômenos a partir de suas investigações poderá fazer parte da construção de um cidadão crítico e participativo no processo de ensino e aprendizagem.

5 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão de literatura, iremos listar os trabalhos publicados no meio acadêmico envolvendo a temática do Ensino da queda dos corpos a partir da experimentação no Ensino de Física e da investigação científica, considerando a importância de um cidadão crítico e participativo no processo de ensino e aprendizagem.

A experimentação é uma estratégia utilizada na busca da realidade do estudante e da sua participação como cidadão ativo no seu processo de ensino. Como alternativa no momento de ensino remoto emergencial, sugere-se um Laboratório Experimental Itinerante, que permite aos estudantes realizarem sua experimentação em casa. A seguir, serão apresentados trabalhos que citam: Laboratório Experimental Itinerante e a investigação científica.

A revisão bibliográfica foi realizada na plataforma dos Periódicos Capes e algumas principais revistas do Ensino de Física, e baseia-se em um critério de busca que compreende os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. Inicialmente, na Plataforma Capes, foi realizada uma busca com as palavras-chave: “Laboratório Experimental Itinerante” vinculado ao “Ensino de Física”, e não foi encontrado nenhum trabalho que abordasse o tema, o que demonstra a necessidade de uma pesquisa sobre um Laboratório Experimental Itinerante.

Sabendo da importância da experimentação, uma nova pesquisa foi realizada agora com as palavras-chave: “Laboratório Experimental” com os refinamentos dos últimos 10 anos de publicações, vinculados ao “Ensino de Física”. Foram encontrados 38 trabalhos, destes, 6 artigos se relacionavam ao tema da pesquisa, experimentações em Física e 2 associados à experimentação com materiais de baixo custo.

Silva e Leal (2017) apresentam em seu trabalho uma proposta de um laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de Ensino Médio, com o objetivo de proporcionar aos estudantes e professores a experimentação. Eles apresentam no trabalho uma proposta de construção de laboratórios didáticos de Física voltados para atender as necessidades dos conteúdos das três séries do nível médio da rede pública de ensino, a elaboração de um conjunto de equipamentos de simples confecção e a realização de experimentos para a verificação de diversos fenômenos físicos, utilizando materiais recicláveis e de baixo custo e observam resultados muito interessantes em termos de ensino de Física. A partir da tomada de preços, montaram os laboratórios para os três anos do Ensino Médio, sendo um para cada ano e propuseram a experimentação e montagem de relatórios. Essa iniciativa possibilitou uma forte integração entre docentes e estudantes universitários da UERJ com os professores e alunos da referida es-

cola. Além disso, cerca de 1.000 (mil) alunos das três séries escolares tiveram a oportunidade de desenvolver habilidades na confecção de equipamentos científicos e de verificar a ocorrência de fenômenos físicos durante a realização das atividades experimentais, o que contribuiu significativamente para a melhoria do nível de conhecimentos.

Souza, Silva e Balthazar (2019) pesquisaram, a partir de um experimento de baixo custo, o estudo do arrasto magnético, com a montagem de um laboratório que pode abordar do Ensino Médio ao superior. O aparato montado permite uma discussão conceitual sobre a lei de Faraday e as correntes parasitas, além de suas aplicações tecnológicas, como por exemplo, a frenagem e levitação magnética. No nível universitário, a atividade pode ser bem mais sofisticada, tanto no que diz respeito à parte teórica, quanto na parte de tratamento de dados, uma vez que os alunos podem modelar matematicamente o fenômeno. Eles concluíram que o experimento reproduz muito bem a teoria e pode colaborar significativamente no ensino dos conteúdos abordados.

Nos dois trabalhos, os autores reconheceram a necessidade da experimentação no ensino de física e a dificuldade em abordar alguns temas experimentalmente, visto que muitas escolas não possuem um laboratório adequado, e sugeriram a experimentação com materiais de baixo custo como uma alternativa para um aprendizado significativo no ensino de física.

Ao partirmos dos objetivos de aprendizagem do produto educacional ao qual será aplicado, é importante apresentar trabalhos da literatura relacionados a concepções da força de arraste. A Sequência Didática visa discutir, a partir de uma atividade investigativa, a força de arraste com os corpos em queda.

Desse modo, dois trabalhos foram selecionados ao longo dos estudos para o desenvolvimento da Sequência. Considerando filtros a trabalhos recentes, ensino de física e força de arraste, utilizamos o trabalho de Rossini, Alves e Amorin (ROSSINI; ALVES; AMORIN, 2020) que apresenta uma pesquisa com estudantes da graduação ressaltando a importância da demonstração da força de arraste aos estudantes; e um do Cross (CROSS, 2020) que apresenta uma pesquisa da queda de diferentes esferas em um aquário com água a qual apresenta a força de arraste e a velocidade terminal de ambas.

Os autores Rossini, Alves e Amorin (2020) realizaram uma atividade com os estudantes do curso de física para tratamento em nível introdutório do estudo do movimento em meio viscoso, envolvendo o estudo teórico experimental sobre a influência do ar no movimento da queda dos corpos. Analisaram a dinâmica da queda livre das esferas no ar, considerando a força de arraste. Utilizaram aparelhos celulares para filmagem e o software Tracker para tratamento.

Posteriormente, foram realizados testes com dois corpos esféricos distintos, efetuando-se duas dezenas de lançamentos para cada, considerando-se inicialmente que a velocidade inicial dos corpos era nula. Os autores concluíram que é possível apresentar aos estudantes as principais forças que regem a queda vertical de uma esfera de isopor considerando-se a presença do ar, e, a partir destas deduzir as equações cinemáticas que descrevem o movimento. A modelagem teórica considerou uma situação bem realista, avançando no que comumente apresenta-se nos livros didáticos, nos quais a resistência do ar é desprezada.

O autor Cross (2020) apresentou um trabalho em que realizou uma filmagem de queda de esferas em um aquário cheio de água com o objetivo de demonstrar a velocidade terminal e sua dependência em relação a densidade da esfera e seus raios. Ele descreve, em seu artigo, a relação da força de arraste a baixas e altas velocidades, associando ao número de Reynolds. Em ambos casos, um objeto liberado do repouso cai em velocidade crescente até a força de arraste aumentar para um valor igual e oposto à força gravitacional, chegando ao que chamamos de velocidade terminal. O autor deixou cair três esferas uma de aço, uma de bola de bilhar e uma de aço, com velocidade próxima a velocidade terminal em um aquário de peixe com água, em que possuía no fundo um tapete de borracha para evitar danos. A queda foi filmada e analisada com um software. Este experimento aconteceu com a queda de esferas de diferentes diâmetros e densidades. Diferentes resultados são mostrados para ambas as esferas, demonstrando que ambas atingem uma velocidade terminal devido à força de arraste e sendo influenciada também pela forma de queda.

6 A FÍSICA DO MOVIMENTO DE ESFERAS EM QUEDA NOS FLUIDOS

O movimento das esferas é fortemente afetado por forças de arraste ao se mover através de meios fluidos. Em uma situação corriqueira, podemos observar a ação dos fluidos quando entramos no mar. Ao entrarmos devagar, sentimos uma pequena força de resistência, mas se tentarmos correr, as forças resistivas em nosso corpo podem ser bastante fortes, não sendo diferente quando soltamos uma esfera em um fluido.

O contexto educacional deste capítulo é sobre a queda das esferas nos meios fluidos, as forças de arraste envolvidas durante esta queda. Vamos observar que temos dois tipos diferentes de forças: a força de arraste newtoniano¹, proporcional a v^2 , força de arraste viscoso, proporcional v . Essas forças nos permitem compreender a velocidade terminal atingida pelas esferas. Estaremos seguindo a abordagem de Leitaó et al. (2017).

6.1 Número de Reynolds

O arrasto das forças depende do número de Reynolds (Equação 6.1), sendo este um número adimensional, encontrado a partir da razão entre a força de arraste newtoniano e o arraste viscoso.

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta} \quad (6.1)$$

Em que:

ρ é a densidade do fluido, kg/m^3 .

v é a velocidade relativa entre o fluido e a superfície, m/s .

η é a viscosidade dinâmica do fluido, N/m^2s .

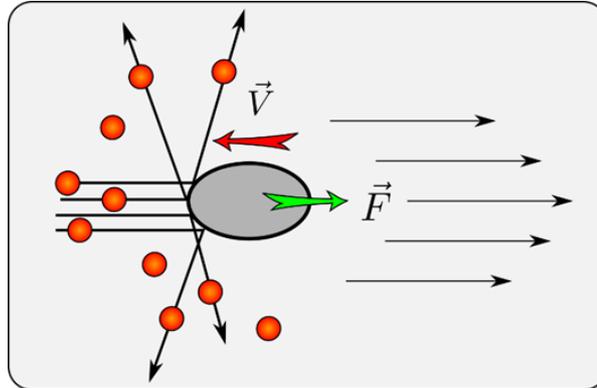
l é a dimensão do objeto paralelo ao fluxo, m .

Quando observamos um número de Reynolds, podemos estabelecer qual o regime que predominará, uma vez que ele se trata da relação das forças de arraste. Logo, um número de Reynolds baixo significa que a força de arraste predominante é o viscoso e o número de Reynolds alto significa que a força de arraste predominante é o Newtoniano.

¹ Força de arraste newtoniano é, em alguns livros, denominado força de arraste de Rayleigh, que propôs originalmente a relação a v^2

6.2 Força de Arraste Newtoniano

Figura 6.1 – Esfera em queda no fluido - modelo Newtoniano.



Fonte: Autor(2022).

Imagine uma esfera metálica se deslocando no líquido (Fig. 6.1). Ela vai se chocar contra as moléculas do líquido. Os átomos e moléculas possuem uma massa muito pequena, mas são muitos. Assim, pense, qual o efeito total do choque das moléculas contra as paredes da esfera?

Claro, no choque, as moléculas do líquido empurram a esfera, causando uma força contrária ao movimento.

Rayleigh propôs que a força é proporcional ao quadrado da velocidade V^2 da esfera no líquido. A equação que descreve esta força para uma esfera é conhecida (Equação 6.2):

$$F_{newt} = -\frac{1}{2}C_0\rho A_0V^2 \quad (6.2)$$

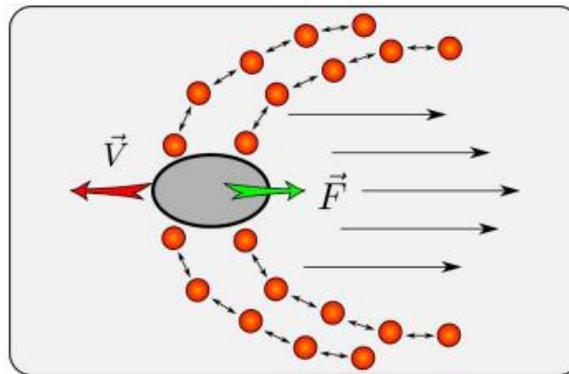
Nesta relação, temos a densidade do líquido (ρ), a área da secção transversal da esfera (A_0) e uma constante $C_0 \approx 0,5$.

Seguindo a demonstração proposta por Leitaó et al. (2017), esta relação pode ser demonstrada a partir do computo do impulso. Num intervalo de tempo Δt , a esfera com velocidade v , desloca-se por uma distância $v\Delta t$, varrendo um volume de $A v\Delta t$. Assim, a esfera se chocará contra uma massa de fluido dada por $\rho A v\Delta t$. Supondo que as moléculas do fluido, em média, terão uma variação de velocidade da ordem de v , podemos computar o impulso e, portanto, a força média de resistência sobre a esfera como proporcional a v^2 .

6.3 Força de Arraste Viscoso

Os fluidos possuem “viscosidade”, que está relacionada à atração entre as moléculas do líquido. Por isso, nos líquidos mais viscosos, como o mel, uma camada de moléculas do líquido “rolam” sobre as outras quando você entorna o líquido. Isso acontece devido à primeira camada de moléculas grudar na superfície do recipiente, e as outras rolam por cima.

Figura 6.2 – Esfera em queda no fluido - modelo viscoso.



Fonte: Autor(2022).

Quando uma esfera está se movendo dentro de um líquido, a camada de fluido próxima à superfície da esfera adere, por forças atômicas, à superfície da esfera em toda a sua área de contato, havendo uma atração entre as moléculas do líquido viscoso e esta camada, gera uma força contra o seu movimento de queda, sendo esta força proporcional à projeção da área de contato na direção do movimento, que envolve o comprimento longitudinal L .

Nesse modelo, a força é linearmente proporcional à velocidade V da esfera no líquido. Isso se deve (LEITAO et al., 2017) à força de cisalhamento devido à interação atômica das moléculas do fluido próximo à superfície do corpo em uma camada de espessura d . Esta força é proporcional ao produto do gradiente $v\Delta t/d$ pela viscosidade do líquido.

Logo,

$$F_v = \frac{\eta AV}{d} \quad (6.3)$$

Onde η é a viscosidade do fluido, A a área de contato da superfície do corpo, V velocidade relativa entre o fluido e o corpo e d é a espessura da camada limite, que diminui conforme o número de Reynolds aumenta.

Pela forma que foi conduzida a demonstração acima, fica claro que cada forma específica do objeto que se move no líquido terá uma “área efetiva”. Assim, teremos de calcular o “fator de forma” para determinar as constantes envolvidas na força de atrito viscoso. Para uma esfera movendo-se lentamente em um fluido, o cálculo da força de atrito viscoso F_v foi feito por Stoke (LANDAU; LIFSHITZ, 1959):

$$F_v = 6\pi\eta r_0 V \quad (6.4)$$

Sendo r_0 é o raio da esfera.

Leitao et al. (2017) cita que, no modelo newtoniano a força de arraste se origina no choque entre as moléculas do fluido e o objeto que se move. A força de arraste se relaciona à Segunda Lei de Newton devido à troca do momento entre o corpo e o choque das moléculas do fluido.

Temos então dois modelos. A força de arraste newtoniano, proporcional à densidade do fluido, ρ , e à área da secção transversal do objeto, aumentando com o quadrado da velocidade, v^2 . O coeficiente de arraste C é da ordem da unidade e depende da forma e das linhas hidrodinâmicas do objeto.

No modelo viscoso, a força de arraste é proporcional à viscosidade η ao comprimento linear efetivo r_0 e é linearmente proporcional à velocidade do objeto.

6.4 Velocidade Terminal

No contexto da queda das esferas imersas nos fluidos, discutimos os dois modelos que podem ser observados. Após um tempo em queda, as esferas atingem uma velocidade constante que denominamos “*velocidade terminal*”.

Para encontrar a velocidade terminal para o Arraste Newtoniano, vamos utilizar a Segunda Lei de Newton. O corpo em queda possui a força peso para baixo e uma força de arraste para cima (F_a). Logo após um tempo em queda, este corpo atinge uma velocidade constante. A força peso é dada por:

$$P = m \times g \quad (6.5)$$

A condição de equilíbrio é dada pela equação:

$$\sum F_i = F_r = 0 \quad (6.6)$$

Logo,

$$P - F_{Newt} = 0 \quad (6.7)$$

$$m \times g - \frac{1}{2} C \rho A v^2 = 0 \quad (6.8)$$

$$v_{terminal} = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho A}} \quad (6.9)$$

Para a descrição da velocidade terminal no regime viscoso, consideramos a 2ª Lei de Newton, levamos em consideração a força gravitacional e a força de arraste viscoso.

Logo teremos:

$$P - F_v = 0 \quad (6.10)$$

$$m \times g - 6\pi\eta r v = 0 \quad (6.11)$$

$$v_{terminal} = \frac{mg}{6\pi\eta r} \quad (6.12)$$

O presente capítulo ressalta a importância da força de arraste no movimento de queda dos corpos imersos em fluidos, demonstrando os dois modelos observados e descrevendo a velocidade terminal atingida por estes corpos após um certo tempo em queda.

Entende-se que a força de arraste envolvida é uma força considerável, sendo vivenciada e influenciando no movimento de queda dos corpos.

7 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Será apresentado neste capítulo o produto educacional desenvolvido a partir de uma sequência didática investigativa.

Considerando a importância da participação do estudante no processo de ensino e aprendizagem e observando que no ERE ele estava deixando de assumir seu papel de um cidadão crítico e ativo, retrocedendo ao ensino tradicional, em que o estudante é passivo e o professor o detentor do conhecimento, propomos uma sequência didática investigativa que deve levar até o estudante um laboratório experimental com materiais de baixo custo, em que o estudante deverá, após as discussões, elaborar hipóteses, encontrar a situação problema, realizar a experimentação e encontrar a solução para situação problema a partir da modelagem matemática, sempre mediado pelo professor.

A ordem das aulas podem ser alteradas, de acordo com a realidade de cada professor, podendo haver uma certa flexibilização na condução do itinerário didático. A proposta é para o desenvolvimento com os estudantes que se encontram no processo de ERE, mas nada impede que possa ser adaptada para utilização no ensino presencial.

7.1 Objetivos de aprendizagem

A partir do desenvolvimento da SD, espera-se que os estudantes sejam capazes de argumentar sobre o movimento de queda dos corpos, imersos nos fluidos, bem como suas interações com estes fluidos e as possíveis forças que agem nestes corpos em queda.

Durante as discussões que acontecem de maneira investigativa e interativa ao longo da SD, surgem o levantamento das variáveis que influenciam na queda dos corpos, a composição do ar que é explorada criticamente, sendo esperado que os estudantes associem estas características à interação do fluido com os corpos em queda.

Como tratamos de diferentes fluidos, espera-se que os estudantes sejam capazes de relacionar a velocidade terminal do corpo entre eles, entendendo que a interação do fluido com o corpo em queda é significativa, podendo alterar a sua velocidade e que esta interação depende das características dos fluidos, sendo estas a densidade e viscosidade.

A partir dos modelos físicos apresentados que tentam explicar o movimento da queda dos corpos nos meios fluidos, espera-se que os estudantes modelem as equações matemáticas, utilizando as variáveis que foram levantadas durante a SD, reconhecendo que as Leis de Newton,

já conhecidas por eles, ajudam a explicar o movimento de queda, associando qual o modelo físico será mais adequado ao seu processo de experimentação.

7.2 Organização da Sequência Didática SD

Esta sequência didática está dividida em 7 aulas, apresentadas aqui no Quadro 7.1, destacando o objetivo, metodologia e recursos didáticos utilizados em cada uma. Ela foi elaborada para ser desenvolvida no Ensino Remoto e o tempo para discussões deve ser mediado pelo professor.

Ressaltamos que, na estrutura das aulas, buscamos uma correlação com as etapas de Conceitualização (Aulas 1 a 4), Experimentação (Aula 5) e Conclusão (Aulas 6 e 7). Como veremos, estas etapas serão analisadas de acordo com os 7 domínios propostos por Pedaste et al. (2015), que servem de base para o instrumento de avaliação proposto por Zompero, Laboru e Vilaça (2019).

Quadro 7.1 – Descrição de aulas da sequência didática (Continua)

AULA	OBJETIVOS	RECURSOS	METODOLOGIA
I. Atividade Experimental Levantamento das concepções prévias do estudante em relação a queda dos objetos.	Observar que a queda dos corpos pode ser diferente dependendo das suas características, podendo interferir na sua velocidade e tempo de queda. Interpretar que as moléculas de ar podem interferir na queda dos corpos.	Folhas de papel Aplicativo WhatsApp Google Meet	Atividade experimental Soltar duas folhas de papel (sugestão: retirar do mesmo caderno, mesma massa e volume). Discussões através das questões orientadoras contida no caderno do estudante.

Quadro 7.1 – Descrição de aulas da sequência didática (Continua)

AULA	OBJETIVOS	RECURSOS	METODOLOGIA
II. Discussão de textos Levantamento de hipóteses, variáveis e situação problema.	Reconhecer que a aerodinâmica dos corpos influenciará na sua queda. Identificar as forças que agem no corpo em queda. Entender a velocidade terminal e identificar a existência de uma força de arraste e suas dependências.	Textos Aplicativo WhatsApp Google Meet	Fazer a leitura de dois textos “Paraquedismo” e “Oh Chuva”, logo após, fazer as discussões das questões orientadoras.
III. Confronto de ideias utilizando texto sobre a teoria de Dalton, Laboratório Virtual e Cálculo de moléculas sob objetos. Inserindo o Modelo Newtoniano.	Demonstra o choque das moléculas dos gases ideais e discutir sobre a interação com os objetos. Identificar a quantidade de moléculas abaixo de uma folha em queda e observar que elas influenciam nesta queda.	Texto Laboratório Virtual PhET Aplicativo WhatsApp Google Meet	Leitura do texto da teoria de Dalton, realizar simulação no PhET e cálculo da quantidade de moléculas abaixo de uma folha em queda, logo após fazer discussão das questões orientadoras.
IV. Discutindo os Modelos Newtoniano e Viscoso.	Apresentar ao estudante os modelos da força de arraste.	Aplicativo WhatsApp Google Meet	Aula mediada pelo professor, apresentação dos Modelos Newtoniano e Viscoso por meio de uma live.

Quadro 7.1 – Descrição de aulas da sequência didática (Continua)

AULA	OBJETIVOS	RECURSOS	METODOLOGIA
V. Atividade experimental.	<p>Observar a força de arraste na queda dos objetos.</p> <p>Observar que a interação do fluido como objeto poderá influenciar na velocidade do objeto.</p>	<p>Laboratório Experimental Itinerante.</p>	<p>Envio do Laboratório Experimental Itinerante para casa do estudante.</p> <p>Desenvolvimento do Experimento, observando as orientações.</p> <p>Registro da experimentação com o auxílio do celular, com envio do vídeo para o professor.</p>
VI. Análise dos gráficos.	<p>Determinar a velocidade terminal.</p> <p>Discutir sobre a velocidade ao longo da queda através da observação do gráfico.</p> <p>Comparar as velocidades nos diferentes líquidos.</p> <p>Inferir a velocidade à viscosidade do líquido.</p> <p>Relacionar à força de arraste as variáveis já discutidas.</p>	<p>Gráfico obtido a partir do vídeo da experimentação.</p>	<p>Discussão das questões orientadoras, juntamente com o professor a partir dos gráficos obtidos de sua experimentação.</p>

Quadro 7.1 – Descrição de aulas da sequência didática (Conclusão).

AULA	OBJETIVOS	RECURSOS	METODOLOGIA
VII. Modelagem da Equação Matemática.	<p>Identificar a resistência dos fluidos nos corpos em queda.</p> <p>Encontrar a velocidade terminal a partir da equação que será modelada juntamente com o estudante.</p> <p>Confrontar a velocidade terminal encontrada na aula anterior com a velocidade calculada a partir da equação.</p> <p>Analisar a força de arraste obtida a partir da equação e verificar qual o modelo aproxima a sua experimentação.</p>	<p>Aplicativo</p> <p>WhatsApp</p> <p>Google</p> <p>Meet</p> <p>Mesa digitalizadora</p> <p>Aplicativo para gravar podcast.</p>	<p>Nesta aula, o professor deverá fazer a modelagem matemática da velocidade terminal juntamente com o estudante, levantando todas as variáveis encontradas ao longo da sequência. Após a modelagem matemática realizar o cálculo da velocidade, confrontar com os dados já obtidos, encontrar a força de arraste e comparar com o modelo mais adequado a sua experimentação. Ao final solicitar ao estudante que realize um podcast detalhando as discussões nas aulas e a sua conclusão sobre a resistência que os fluidos oferecem nos objetos em queda.</p>

Fonte: Autor (2022).

7.3 Desenvolvimento da SD

Dividimos a SD em 3 etapas contemplando os momentos investigativos propostos por Pedaste e colaboradores (2015) que consiste em conceitualização, investigação e conclusão.

Em um primeiro momento, fizemos o levantamento das concepções prévias, levantamento das hipóteses, encontro da situação problema e discussões de modelos. Utilizamos textos, laboratório virtual, experimentação, totalizando 4 aulas da sequência didática. Todas as discussões aconteceram por meio de aplicativo de mensagens, web conferência e registro pelo Wiki do Moodle; os estudantes foram reconhecidos como participantes ativos e o professor como mediador das discussões.

No segundo momento, levamos o Laboratório Experimental Itinerante até a casa dos estudantes para realização da experimentação, observação, verificação das hipóteses e da situação problema já levantadas e encontradas. Os estudantes gravaram um vídeo das experimentações e encaminharam para o professor. Devido à pandemia, a análise do vídeo utilizando o software Tracker pelo estudante em casa ficaria inviável, então quem fez esta análise foi o professor, que encaminhou o gráfico e os dados obtidos das experimentações de volta aos estudantes para passarem para o terceiro e último momento da SD. Aqui, consideramos uma aula da SD, porém, foi necessária uma semana para que os laboratórios passassem na casa de todos os estudantes.

Nesse viés, foram montados 3 laboratórios que foram disponibilizados para 4 estudantes cada um. Estes estudantes estavam separados em grupos de discussões, totalizando 3 grupos. Cada estudante enviou o seu vídeo e obteve o gráfico e os dados do seu vídeo, e, assim, temos para cada um uma análise e uma discussão para ser feita.

O terceiro momento aconteceu nas aulas 6 e 7, para quais os estudantes receberam seu gráfico e os dados em um arquivo “csv”. Discutiram e modelaram as equações matemáticas juntamente com o professor e logo depois da modelagem e cálculo, compararam aos modelos existentes, fazendo suas observações e discussões separadamente com o professor. Após suas análises, discussões e conclusões, gravaram um Podcast levantando suas concepções a partir da SD realizada.

8 METODOLOGIA DE PESQUISA

A proposta desta pesquisa é a observação das potencialidades que um Laboratório Experimental Itinerante traz diante de um ensino remoto, em que se vê a necessidade de buscar estratégias para o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo do estudante no ensino de física e quais habilidades de pensamento relacionados à investigação científica surgem durante e depois da experimentação.

8.1 Natureza da Pesquisa

O referencial metodológico desta pesquisa tem caráter qualitativo, pois tem o objetivo de analisar as habilidades de pensamentos relacionados à investigação científica, que surgem antes, durante e depois das atividades experimentais realizadas a partir de um Laboratório Itinerante, em um momento de estudo remoto emergencial.

Marconi e Lakatos (2010) definem a abordagem qualitativa como uma pesquisa que tem como fundamento analisar, interpretar e descrever aspectos da complexidade do comportamento humano com análises detalhadas das investigações, atitudes e tendências de comportamento.

Martins (2004) define que a pesquisa qualitativa se caracteriza uma análise de microprocessos, através do estudo das ações sociais e grupais, exigindo do pesquisador uma capacidade integrativa e analítica, a partir dos dados obtidos.

Para Bogdan e Biklen (1994), na investigação qualitativa, os dados recolhidos são descritos em forma de palavras e não de números; incluem transcrições de entrevistas, vídeos, notas de campo, fotografias, memorandos, como demais registros, que são considerados oficiais em uma investigação qualitativa. Dessa forma, entende-se que, em uma abordagem qualitativa, em que o investigador é um interpretador das vivências dos sujeitos, cabe a ele observar os fatores e as causas que influenciam nos comportamentos destes sujeitos, sendo assertivos em suas investigações e estabelecendo estratégias para uma coleta de dados satisfatória.

A seguir, a descrição do cenário da pesquisa, dos sujeitos participantes e das análises.

8.2 Cenário de desenvolvimento da pesquisa

Esta pesquisa aconteceu com 12 estudantes de uma Escola Estadual, de uma cidade do Sul de Minas Gerais, sendo a única escola de Ensino Médio estadual do município.

É uma escola que conta atualmente com 618 estudantes, divididos em 3 turnos, oferecendo o Ensino Regular, EJA e Técnico. Possui toda estrutura necessária para o bom desempenho das atividades educacionais, um laboratório de informática equipado com um número suficiente de computadores para uma turma, internet banda larga. Possui, também, um laboratório de experimentos que comporta o máximo 10 estudantes. Faz uso do livro didático escolhido de acordo com o PNLD.

Grande parte dos estudantes da escola mora na zona rural e faz uso do transporte escolar, sendo o primeiro turno destinado a estes estudantes. Há na escola quatro turmas de 3º ano neste turno, destas, em média duas turmas são de estudantes da Zona Rural.

Este trabalho acontece em um momento atípico na educação, em que se enfrenta uma pandemia e as aulas foram suspensas no caráter presencial dando lugar ao Ensino Remoto Emergencial. Uma proposta encontrada pela Secretaria de Estado de Minas Gerais foi o desenvolvimento do programa de estudo tutorado (PET), que aborda os temas do currículo de referência sendo desenvolvido remotamente pelos estudantes. O PET é composto por quatro apostilas distribuídas por semanas, que são abordadas ao longo dos 4 bimestres, e a pesquisa aconteceu no extraturno concomitantemente ao PET.

Ouso falar que o cenário da pesquisa foi em um lugar bem diferente, adentrou a casa dos estudantes e da pesquisadora. Ocupou o sofá da sala ou a mesa de jantar. Obteve a participação da família, quem sabe este momento não possa ter contribuído não só para o conhecimento dos 12 estudantes, mas sim de outros familiares.

8.3 Sujeitos da pesquisa

A sequência foi desenvolvida para trabalhar com estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Devido à pandemia da COVID -19, foi realizada com 12 estudantes, divididos em 3 grupos com 4 integrantes cada.

Como foi a escolha destes estudantes? Nossa proposta contava com um Laboratório Experimental Itinerante, para estudantes do 3º ano do Ensino Médio que estão matriculados no 1º turno. Como já mencionado, o 1º turno tem uma grande parte de estudantes da zona rural, não podíamos trabalhar com estes estudantes, pois tínhamos um tempo para pesquisa, ficaria inviável mandar o laboratório para casa dos estudantes em um tempo hábil. Logo, o segundo critério foi a escolha a partir dos estudantes que moram na zona urbana para o desenvolvimento. No ensino remoto, temos uma defasagem em participação dos estudantes por diversos motivos

já citados, fizemos então um sorteio por turmas entre os estudantes que tem participação efetiva no desenvolvimento das atividades remotas, obtendo assim os 12 estudantes para o desenvolvimento da pesquisa. Dentre estes estudantes, tivemos 7 do sexo feminino e 5 do sexo masculino, que compõem as 4 turmas do 3º ano do Ensino Médio no 1º turno da escola citada.

8.4 Instrumentos da coleta de dados

Ao longo da aplicação da SD, além do Laboratório Experimental Itinerante, diversos meios virtuais foram utilizados e serão os meios para coleta de dados.

WhatsApp foi utilizado em três segmentos: grupo geral, para discussão geral com os doze estudantes, o subgrupo com 4 estudantes cada e que realizavam suas discussões aula a aula; o atendimento individual, quando ocorriam discussões entre o pesquisador e o estudante.

Temos ainda registros das atividades de Wiki no Moodle, em que cada subgrupo, depois das discussões das aulas, registrava sua interpretação, seguindo as questões orientadoras.

Nos encontros síncronos (lives), foram gravados os vídeos com a anuência dos participantes. Este registro é muito rico, pelas discussões que ocorreram no Google Meet, nos encontros com a classe e com os subgrupos. Cada subgrupo tinha uma sala reservada no Moodle e, após as discussões, as gravações chegavam automaticamente no e-mail da pesquisadora.

Fizemos ainda o registro de nossa percepção em um diário de campo, com o registro detalhado do desenvolvimento das aulas, permitindo descrever e analisar cada momento vivido em cada etapa do processo.

Ao final da SD, solicitamos que cada estudante registrasse em Podcast de avaliação, em que eles foram instigados a reverem as discussões realizadas, fazendo uma autoavaliação do processo de ensino e aprendizagem.

Estes registros perfazem um volume imenso de dados, que precisam ser selecionados para nos concentrarmos nos pontos mais evidentes para nosso objetivo neste trabalho.

8.5 Metodologia de análise de dados

A análise de dados será embasada no instrumento de avaliação de atividades investigativas proposto por Zompero, Laburu e Vilaça (2019). Este instrumento está organizado em sete domínios, que ressaltam as três etapas investigativas: Conceitualização, Investigação e Conclusão. Os autores utilizaram os principais aspectos da atividade investigativa conforme

elaborado por Pedaste et al. (2015), levando em consideração os graus de liberdade propostos por Carvalho (2003), bem como o trabalho de Suart e Marcondes (2009). Com este conjunto de trabalhos anteriores, os autores propuseram diferentes níveis de entendimento dos estudantes, denominados níveis cognitivos N1, N2 e N3, possibilitando avaliar as habilidades cognitivas de carácter investigativo manifestadas por eles. Para cada domínio investigativo, o instrumento específica três níveis qualitativos que permitem considerar diferentes níveis de compreensão dos estudantes.

Vale ressaltar que, no presente trabalho, trata-se de categorizar as habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas. Elas guardam certa relação com as habilidades cognitivas de baixa ordem e de alta ordem, como proposto por Zoller (2002) e discutido por Suart e Marcondes (2009). Entretanto, seguindo a proposta de Zompero, Laburu e Vilaça (2019), nos restringimos às três categorias, que representam, em essência, a ausência (N1), a presença parcial (N2) e a presença plena (N3) de determinado domínio na argumentação do estudante ou grupo. Por exemplo, no domínio da Hipótese, verifica-se se o estudante (ou grupo) elabora hipóteses e que estas sejam coerentes com o problema em estudo. Nesse caso, o evento é indicativo de habilidade N3. Caso não se constate a elaboração de hipóteses, o evento é indicativo de habilidade em nível N1. Caso a hipótese seja formulada, mas não apresente conexão com o problema em estudo, o evento indica uma habilidade de nível N2, habilidade parcial.

Assim, para cada um dos domínios foi avaliada a participação dos estudantes, classificando sua habilidade cognitiva durante todo o desenvolvimento da atividade investigativa. Eventualmente, caso nenhum evento permita inferir a habilidade em determinado domínio, o domínio não tem avaliação. Este é o caso, por exemplo, do domínio de Planejamento do experimento, tendo em vista o fato de que o professor de certa forma dirigiu o planejamento ao elaborar um LI pré-definido.

No Quadro 8.1, apresentamos o detalhamento das etapas da atividade investigativa como resumida pelos autores Zompero, Laburu e Vilaça (2019).

A tabela da Figura 8.1 apresenta o instrumento proposto por Zompero, Laburu e Vilaça (2019)

Este instrumento será utilizado para analisar, aula a aula, a habilidade cognitiva dos grupos que desenvolveram as atividades ao longo da SD.

Quadro 8.1 – Elaboração das etapas investigativas a partir de características centrais de Pedaste et al. (2015) e graus dos liberdade (CARVALHO, 2006).

ETAPAS INVESTIGATIVAS		
	ETAPAS/DOMINIO	DESCRIÇÃO
Conceitualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema
Investigação	Planejamento para investigação/-confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida
	Percepção de evidências	Identificam evidências e as relacionam para confirmar ou não as hipóteses
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências
Conclusão	Conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico
	Comunicação dos resultados	Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)

Fonte: Zompero, Laburu e Vilaça (2019, p.205)

Inicialmente, foi conduzida uma análise prévia das respostas dos estudantes ao longo da SD, visando realizar uma triagem que permita focar uma análise mais detalhada em alguns episódios de maior relevância.

Nessa tarefa de avaliação prévia dos dados coletados, ficou evidente que as aulas 3 e 4, por terem um carácter de consolidação de conceitos teóricos e sua articulação com o experimento, não seriam prioridade na análise dos aspectos mais importantes da atividade investigativa. Ao mesmo tempo, ficou clara a correspondência entre as Aulas 1 e 2 com o momento investigativo de Conceitualização, a Aula 5 com o momento de Investigação e as Aulas 6 e 7 com o momento de Conclusão, respectivamente. Voltaremos a apresentação destes momentos a seguir.

No desenvolvimento da análise, seguiremos os critérios dos níveis cognitivos, observando o surgimento de habilidades cognitivas na investigação científica, considerando as etapas de contextualização, investigação e conclusão da atividade de carácter investigativo.

Figura 8.1 – Instrumento de avaliação dos níveis de compreensão dos estudantes para avaliar as suas habilidades cognitivo-investigativas.

	ETAPA INVESTIGATIVA		NÍVEIS		RESULTADO Avaliação do aluno	
	CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO	NÍVEL	DESCRIÇÃO	Atividade 1	Atividade 2
Conceitualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1	<i>Não identifica</i>		
			N2	<i>Identificação parcial</i>		
			N3	<i>Identificação Completa</i>		
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1	<i>Não emitiu hipótese</i>		
			N2	<i>Hipótese não direcionada ao problema</i>		
			N3	<i>Hipótese coerente com o problema</i>		
Investigação	Planejamento para investigação/ Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida.	N1	<i>Não propõe o planejamento/ou Planejamento incoerente com a hipótese</i>		
			N2	<i>Planejamento parcialmente coerente com a hipótese</i>		
			N3	<i>Planejamento coerente com a hipótese</i>		
	Percepção de evidências	Identificam evidências e as relacionam para confirmar ou não as hipóteses.	N1	<i>Não identifica evidências</i>		
			N2	<i>Identificação parcial de evidências relacionada com a hipótese</i>		
			N3	<i>Identificação das evidências e relações com as hipóteses</i>		
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1	<i>Não registra e não analisa</i>		
			N2	<i>Registra e analisa parcialmente</i>		
			N3	<i>Registra e analisa coerentemente</i>		
Conclusão	Estabelecem conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1	<i>Não explicam e não estabelecem conexão</i>		
			N2	<i>Explicam e estabelecem conexão parcial</i>		
			N3	<i>Explicam e estabelecem conexão coerente</i>		
	Comunicação dos resultados	Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1	<i>Não Coordena os elementos da investigação</i>		
			N2	<i>Coordena parcialmente os elementos da investigação</i>		
			N3	<i>Coordena coerentemente os elementos da investigação</i>		

Fonte: (ZOMPERO; LABURU; VILAÇA, 2019), p.206.

9 RESULTADOS

9.1 Organização e validação da Análise

Neste capítulo, iremos expor os diálogos da professora - mediadora com os estudantes e descrevendo a análise realizada no material coletado. Como mencionado anteriormente, a análise da SD foi dividida em 3 momentos, contemplando os momentos investigativos propostos por Pedaste et al. (2015), que consiste nas etapas de conceitualização, investigação e conclusão. Assim, a análise será apresentada em três momentos.

Análise do primeiro momento - Levantamento das concepções prévias, hipóteses, encontro da situação problema e discussões de modelos.

Neste momento avaliamos as discussões das aulas 1 e 2, considerando a importância do encontro do estudante com a questão problematizadora da nossa SD. A partir de nosso referencial teórico, entendemos que a atividade deve estar acompanhada de situações problematizadoras, questionadoras, do diálogo envolvendo a resolução de problemas e levando à construção conceitual inicial, conforme (CARVALHO et al., 1999), de identificação das concepções prévias e do levantamento inicial de hipóteses será objeto deste primeiro momento de análise.

Análise do segundo momento - Laboratório Experimental.

A atividade experimental através do Laboratório itinerante aconteceu na aula 5 em uma atividade de tarefa de casa. Após a realização, os estudantes apresentaram seus vídeos e a mediadora discutiu com os estudantes a partir da experimentação realizada. O segundo momento de análise, portanto, consiste na avaliação deste momento de compartilhamento dos experimentos realizados. As atividades experimentais investigativas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e procedurais, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação do estudante Suart e Marcondes (2008, p. 4) . Assim este segundo momento de análise pretende identificar as habilidades conceituais e de análise experimental dos estudantes.

Análise do terceiro Momento - Discussão, modelagem matemática, comparação com modelos discutidos.

Para a análise do 3º momento avaliou-se as aulas 6 e 7, em que aconteceu a formalização da SD, finalizando com a modelagem matemática do fenômeno estudado. A modelagem matemática é o processo que envolve a construção de um modelo matemático, que é um conjunto de símbolos e realizações matemáticas que procura traduzir um problema da situação real. É muito

mais importante desenvolver competências científicas do que decorar fórmulas e aplica-las em situações conhecidas, (MOREIRA, 2021, p. 8).

Ao considerar para a análise os momentos de conceitualização, investigação e conclusão, optamos por não utilizar as aulas 3 e 4, uma vez que, nestas aulas, não menos importante, os estudantes observavam os aspectos físicos da interação para o aprofundamento conceitual da interação do corpo em queda com o fluido, a partir das hipóteses e questões problematizadoras já levantadas nas aulas 1 e 2, não sendo portanto relacionadas às etapas investigativas. Esse "aprofundamento conceitual" foi considerado como menos relevante aos objetivos do estudo do carácter investigativo da proposta.

Após realização das atividades propostas, os dados coletados foram submetidos a uma análise, pela pesquisadora, pois uma quantidade significativa de material foi obtida. Logo, para analisar o Nível Cognitivo alcançado pelos estudantes a partir da investigação dos elementos pedagógicos apresentados nas aulas, optou-se por utilizar os registros do Wiki e WhatsApp. Observou-se que as respostas no Wiki, em geral, eram respostas curtas, que não permitiam uma análise dos dados mais detalhada de suas concepções, ao passo que as discussões nos grupos de WhatsApp, um ambiente mais relaxado e interativo, foram enriquecedoras para a análise, complementando os registros.

A análise dos dados será apresentada a partir das respostas dos estudantes para as questões propostas quanto ao Nível de Cognição, vale enfatizar que, ao analisar as respostas dos estudantes de acordo com as aulas propostas, será possível identificar a manifestação e evolução das habilidades de pensamento dos estudantes ao longo da SD e excertos das respostas serão demonstrados no decorrer deste trabalho. Os grupos dos estudantes foram enumerados em GA - grupo A, GB – grupo B e GC- grupo C, permanecendo esta identificação para todas as análises.

9.2 Diálogos iniciais

Analisando as falas dos estudantes e da professora, verifica-se que, no início, os estudantes tiveram dificuldade para trabalhar a partir de estratégias investigativas propostas, mas, após a mediação positiva por parte da professora, eles desenvolveram confiança e executaram as atividades propostas. Os trechos a seguir, demonstram a preocupação e insegurança dos estudantes e como se desenvolveu a mediação da professora.

GA: “Mais Ju, você vai nos ajudar dizendo se está certo ou errado? Como vamos saber se está certo? Temos que ler primeiro para depois responder? Não é você que vai explicar para nós? Creio que ela vai ensinar para nós antes.”

Professora: “Estas nossas aulas, chamamos de atividades investigativas. Em que vocês fazem parte do processo de aprendizagem. Nesta primeira, chamamos de conhecimentos prévios, para analisar o conhecimento de vocês. Não vou falar o que está certo ou errado, vamos descobrir juntos... e quem disse que sempre tudo tem que ser certo? Já adianto que vocês brilharam nas discussões...”

Essa insegurança foi percebida em todos os grupos, logo no início das discussões. Pode-se perceber que os estudantes, ao longo do desenvolvimento das atividades, foram gradativamente assumindo um papel de um participante ativo no processo de ensino e aprendizagem. Este fato pode ser evidenciado a partir da evolução dos níveis cognitivos que foram analisados.

Observa-se a importância da mediação proporcionando o envolvimento do estudante assumindo o papel de um cidadão ativo no seu processo de aprendizagem, não sendo necessário apenas as questões serem investigativas, mas também a autonomia do estudante como investigador. Por meio da análise dos materiais dos grupos, pode-se perceber que foi necessário o envolvimento da professora para a organização de horários para o início das discussões dos grupos, mas após a primeira aula, eles já conseguiram realizar esta organização. Neste sentido, salienta-se que a mediação do professor no início das discussões se faz necessária e que um acompanhamento do desenvolvimento das atividades deve acontecer, a fim de evitar atraso no cronograma das atividades. Observando este episódio, conclui-se que com a intervenção do professor, o tempo para realização das atividades aconteceu dentro do tempo previsto.

Passemos agora à análise dos diferentes momentos do desenvolvimento das atividades investigativas.

9.3 Análise das Aulas 1 e 2 - Primeiros conceitos

Construção inicial dos conceitos

Analisando os diálogos dos estudantes ao longo das aulas, verifica-se que ambos os grupos conseguem identificar, a partir da experimentação, que na queda das folhas haverá uma resistência oferecida à queda pelo ar. As hipóteses de como esta resistência acontece são levantadas durante a discussão. Alguns estudantes chegam a propor a hipótese de que as folhas possuem massas diferentes, tentando justificar assim o tempo de queda diferente entre as folhas

amassadas e abertas. Um fato relevante é que esta hipótese é discutida, analisada e descartada pelos estudantes.

Enfatizamos que, no grupo C, discutiu-se muito sobre a massa dos corpos influenciarem na queda, conforme excerto no Apêndice A, tabela 1. Entretanto, durante as discussões, os estudantes chegaram à conclusão que esta não era uma hipótese válida, descartando-a. Nesse sentido, entendemos que eles apresentam nível de compreensão elevado, o que justifica seu enquadramento como habilidade cognitiva N3. Ressaltamos ainda a importância da interação entre os estudantes para que haja a compreensão efetiva do conteúdo proposto.

Vale ressaltar que, conforme discutido no capítulo anterior, os níveis N1, N2 e N3 são níveis crescentes de complexidade da habilidade cognitiva. Por exemplo, no domínio da formulação de hipóteses, (ZOMPERO; LABURU; VILAÇA, 2019), procura-se avaliar em que medida o estudante demonstra ser capaz de formular uma hipótese coerente com o problema proposto. Neste sentido, o grupo C foi avaliado inicialmente, nesse evento, como apresentando uma habilidade de nível baixa, avaliada em N2 ou mesmo N1, por levantar uma hipótese não coerente com o problema em estudo. Vale ressaltar ainda que a concepção alternativa de relacionar velocidade de queda com a massa é uma concepção amplamente estudada desde os famosos experimentos de Galileu. Assim, é uma concepção alternativa esperada e relevante à discussão. Assim, como ressaltado no parágrafo anterior, entendemos que o evento evidencia uma habilidade cognitiva de nível N3, por terem iniciado a discussão com uma hipótese não direcionada diretamente ao problema, mas que faz parte do contexto conceitual estudado e, posteriormente, a descartaram.

Na etapa investigativa relativo a estabelecer conexão entre evidências e conhecimento científico, ambos os grupos foram classificados no nível N2. De acordo com episódios evidenciados nas discussões, a etapa investigativa registro e análise de dados tem classificação N3 no GA e GB, tendo a classificação N2 para o GC considerando que houve durante a discussão indícios de pesquisas na internet com cópia de respostas, entendendo que os estudantes permaneceram com as habilidades cognitivas de baixa ordem para esta etapa.

Os estudantes do GC, tiveram ao longo das atividades destas aulas, mais dificuldades para realizar os registros, análises, conduzir as investigações estabelecendo relações entre evidências e conhecimentos científicos. Logo, nestas etapas, alcançaram habilidades cognitivas de baixa ordem, sendo classificada no N2. Excertos destas discussões estão nos apêndices para consultas.

9.4 Análise da Aula 5 - percepções das evidências

Nesse momento analisaremos o retorno do experimento itinerante.

A análise dos grupos investigados no momento da entrega do Laboratório Itinerante e da execução da atividade experimental evidencia poucas dificuldades para a realização do experimento, uma vez que a professora avaliou os procedimentos previamente, orientou os estudantes para a execução, anexou imagens na apostila. Algumas limitações no momento das filmagens são encontradas, uma vez que o vídeo precisa ter uma boa qualidade para avaliação no software Tracker. Os episódios abaixo demonstram algumas discussões.

EL: Oi, boa noite. As bolhas de ar do óleo não querem sair do fundo.

Professora: No fundo?

EL: Espalhado pelo óleo.

Professora: Aguarde um tempo, para que elas sejam eliminadas antes da gravação, elas podem interferir no seu experimento

EL: ok

EL: Tenho que aproximar mais o celular? Vou te mandar o vídeo.

Professora: Aproxima mais câmera. E tenta colocar a régua encostada no copo, como na imagem que está no seu material. No mesmo plano do copo. Solta a bolinha por trás. Olha na apostila a imagem que coloquei de quando eu fiz.

EL: aah, ok. Achei que era para colar ao lado, mas não no pote.

Outra discussão:

FE: Professora, dê uma olhada no vídeo se está ok. Assim ficou bom? Vídeo enviado...

Professora: Tem que ser mais de perto. A régua deve aparecer toda.

FE: Vou ver se consigo arrumar.

Professora: A localização da câmera deve ser o mais próximo possível, focalizada no centro do copo, a parecendo as marcações que estão na régua, veja a imagem da sua apostila e deixe o celular apoiado no tripé.

FE: Vou ver se consigo gravar outro, você vai pegar o Laboratório hoje?

Professora: Seria... Você consegue?

FE: Não, tenho que resolver atividades do PET para amanhã.

Professora: Ok, sem problemas, coloquei estes imprevistos no cronograma, alteramos o dia do próximo, vou avisá-lo.

Estes episódios evidenciam o momento da dificuldade da experimentação. Os estudantes interagem com a professora no momento da realização das atividades. Um fato importante no momento da realização do experimento e do Laboratório na casa do estudante é o envolvimento

da família na atividade. A escola rompendo barreiras, sendo levada para dentro da casa do estudante e tornando a família participativa no processo de aprendizagem do estudante.

Houve o envolvimento da família desde o recebimento do laboratório até a preparação e execução do experimento. O relato abaixo da mãe de uma estudante do GA e de uma psicopedagoga que acompanha a estudante ME também do GA, descreve a importância de a escola ser levada para dentro da casa, não só no momento do “ERE”, mas também como uma alternativa ao Novo Ensino Médio, em que novas estratégias e metodologias devem ser traçadas para um aprendizado efetivo. Os relatos foram dados de maneira espontânea, sem a procura por eles, considerando como um episódio importante para análise, foram posteriormente gravados e autorizados por elas para transcrição.

Mãe - EK,GA: Professora, participei do seu projeto de experimento com a EK. Aliás, não foi só eu, todos lá em casa participamos. Um colocava o tecido, o outro ajudava ela ajeitar o celular, o outro enchia o copo... amamos o seu projeto e acabamos aprendendo um pouquinho. Foi muito bom...

Psicopedagoga – ME – GA: Oi Professora, que legal do seu projeto que a ME está participando. Achei muito interessante este laboratório ir até a casa deles e ela está gostando muito. Está sendo muito importante pra ela.

Outra etapa analisada neste momento, foi a observação e análise do estudante da realização do experimento, cujo objetivo era analisar uma dimensão da física que consiste na queda dos corpos nos fluidos, conteúdo este do ensino da física muito importante e que na maioria dos livros didáticos é dado como inexistente. Logo, observamos a partir da experimentação e dos relatos dos estudantes, como é fundamental sua consideração, uma vez que a ciência se ensina a partir da vivência concreta do estudante.

Um evento observado que caracteriza um diálogo importante durante a experimentação, foi um diálogo sobre os efeitos da variação da temperatura. É importante ressaltar que a viscosidade da Glicerina é fortemente influenciada pela temperatura, tornando-se menos viscosa com o aumento da temperatura. O diálogo entre estudante e professora no grupo geral de whatsApp, apresentado a seguir, deixa evidente esta observação.

Professora: Boa noite turminha, está frio ai? Vocês receberam os gráficos e vamos agora falar sobre eles. Cada um tem um gráfico com valores diferentes. Quero comentar com vocês um episódio que aconteceu com alguns de vocês, em especial com a LA e o FE. Vários fatores podem influenciar no experimento de vocês e a temperatura foi uma delas. O FE, teve que repetir o experimento da glicerina por fatores relacionado ao vídeo e ele repetiu naquela quinta mais fria às 8 da manhã em que a temperatura registrada foi 8°C e o óleo ele gravou à tarde, com temperatura registrada 18°C. Logo seus vídeos tiveram uma variação e consequentemente a

velocidade terminal também. Fala para nós FE o que você pode observar no seu resultado.

FE: Nossa, o tempo de queda na Glicerina foi muito diferente . De 0,2 segundos para 1,0 segundos é muito.

Professora: Sim, por que você acha que aconteceu isso?

FE: Então, como discutimos no dia, a temperatura estava muito diferente e com isso no dia muito frio estava mais viscoso e no óleo que foi a tarde estava menos viscoso, visivelmente no vídeo.

Observamos no evento uma importante característica na observação do tempo de queda em ambos os líquidos devido à temperatura, observada pelo estudante ao analisar visualmente o vídeo e confirmado posteriormente pelo cálculo. Este evento foi significativo, pois demonstrou alto grau de habilidade cognitiva no domínio da percepção de evidências. Entendemos que "*Identificação das evidências e relações com as hipóteses*", nível N3, é a classificação adequada a ser inferida neste evento.

Apresenta-se abaixo trechos de outro diálogo de um estudante com a mediadora, demonstrando a habilidade de identificação de evidências durante a etapa de experimentação.

Mediadora: LA

LA: Oi

Professora: O que você observou na queda das esferas nos líquidos?

LA: Na Glicerina caia com uma velocidade menor e no óleo uma maior velocidade.

Professora: Entendi ... E como foi esta velocidade no decorrer do tempo?

LA: Quando eu solto a esfera ela passa a ganhar velocidade até chegar no fundo, mas uma força que surge por meio do atrito entre o corpo e o fluido faz uma resistência ao movimento da esfera. Na glicerina foi maior, creio que por causa da viscosidade...

Professora: Ótimo ... Entendi... O que aconteceu com a gota de chuva que vimos na discussão?

LA: A velocidade não era a mesma do começo ao fim, tende a aumentar um pouco, mas tem a força de arraste que faz a resistência.

Professora: Sim... Qual era a velocidade da chuva se não tivesse o ar mesmo, no cálculo que fizemos?

LA: 200 m/s.

Professora: Vimos que a força de arraste impede chegar a esta velocidade, não é?

LA: Isso... por isso a velocidade chega a uma velocidade constante depois de um tempo de queda, por causa desta força. Fazendo esta analogia, compreendo perfeitamente o que observei no experimento...

Professora: Ótimo, vamos agora aguardar os gráficos para fazermos os cálculos e vermos se a matemática vai coincidir com o que você observou.

Assim, esse evento também foi interpretado como evidência de uma habilidade de nível N3.

Abaixo visualiza-se outro diálogo que demonstra que os estudantes a partir da experimentação explicam as evidências com base no conhecimento científico estabelecendo conexão coerente.

Professora: DA, o que você observou da esfera caindo no óleo e na glicerina?

DA: A glicerina é um pouco mais densa... a esfera cai mais devagar... no óleo, sem a câmera lenta, quase nem dá para notar.

Professora: Então você acha que é por causa da densidade?

DA: Eu acredito que sim ... densidade... viscosidade...

Note que ambos os conceitos, densidade e viscosidade aparecem de forma espontânea como hipóteses explicativas. Esses dois conceitos estão relacionados aos modelos Newtoniano e Viscoso, respectivamente. Portanto, inferimos que há coerência entre as hipóteses articuladas pelos estudantes e a solução do problema, embora não a nível de sua formulação matemática.

Vale ressaltar que na etapa de investigação, não houve classificação para o planejamento da investigação, uma vez que os estudantes receberam este planejamento pronto para que fosse realizada a experimentação. Entretanto, na análise dos diálogos, procurou-se concentrar a análise na questão de se e como os estudantes percebiam e incorporavam os procedimentos experimentais propostos.

Após a execução dos experimentos com o laboratório itinerante, houve a discussão dos resultados observados e a resposta dos estudantes de todos os grupos, em geral, foi classificada como N3 em todas as etapas, entendendo que foi demonstrado uma habilidade cognitiva de ordem superior. Abaixo apresentam-se trechos do diálogo de um estudante.

Professora: Ma, o que vc observou nos vídeos?

Professora: Observei que no óleo a bolinha descia mais rápido e que na glicerina demorava um pouco para descer.

Professora: Pq vc acha que isso acontece?

MA: Por causa da densidade e da viscosidade

Professora: Muito bom. Que dá origem a uma força, como chama mesmo esta força?

MA: Tem a força de arraste e a peso, eu acho que é a de arraste.

Professora: Sim. E esta força de arraste provoca o que mesmo? Na queda do corpo? Lembra nossa discussão das gotas de chuva, paraquedas...

MA: Que as moléculas do fluido vão estar por baixo da esfera e agirão como a resistência do ar para a esfera não cair muito rápido.

Professora: Muito bem, mudando então a velocidade né... E o que você observou na velocidade?

Professora: Que no óleo a velocidade é bem rápida e na glicerina é bem lenta...

Professora: Sim. E foi a mesma velocidade do começo ao fim em cada líquido ou variou?

MA: Variou, na glicerina foi difícil de observar.

Professora: A variação da velocidade?

MA: sim, porque foi muito lenta a velocidade... Mas depois de um tempo da para perceber na que a velocidade parecia constante...

Professora: ótimo! Vamos agora aguardar os dados numéricos para ver o que aconteceu. Te envio assim que tiver com eles.

MA: Sim, obrigado.

Nos quadros 9.1, 9.2 e 9.3 apresentamos o resultado final de classificação do Nível de Investigação nas três etapas discriminado por grupo de estudante.

9.5 Análise das Aulas 6 e 7 - conexões

Discutiremos agora como os estudantes estabeleceram conexões entre as evidências e os conceitos científicos.

Neste momento analisamos as habilidades cognitivas dos estudantes a partir da construção de suas explicações do fenômeno físico estudado, a partir da modelagem matemática e comparação do resultado encontrado com os modelos propostos.

Os estudantes dos 3 grupos nesta etapa demonstraram uma dificuldade ferramental matemática, tendo que ser mediada pelo professor durante todo processo. O evento abaixo apresenta o diálogo entre professora e estudante FE e demonstra tal dificuldade.

FE: Prof., desculpa amolar mas n to conseguindo fazer os cálculos da aula 6 da velocidade terminal. Qual é a força de arraste? A fórmula é esta né? (Imagem enviada.)

Professora: Então, vamos lá ... neste cálculo você ainda não precisa desta equação. Você deve pegar seu gráfico e analisar onde teve velocidade constante, pegar uma régua e fazer um triângulo... Encontrando o valor do dt e dy , fazer a divisão. v é a velocidade terminal, o dy é a variação da posição e dt a variação de tempo. Lembra quando estudamos a velocidade?

FE: Ahh sim... eu tava fazendo esse, só que achei que estava errado ai eu achei essa fórmula, mas agora entendi... obrigado.

Observando o diálogo acima, notamos uma dificuldade na análise para a cálculo da velocidade terminal. Esta dificuldade foi observada em todos os grupos. Os estudantes, apegados

a descobrir qual "*fórmula*" aplicar, tiveram dificuldade em entender que a velocidade deveria ser inferida da inclinação do gráfico da distância pelo tempo. Conseqüentemente, os domínios de Registro e Análise de Dados, bem como o de Conexão entre Evidências e Conhecimento Científico, foram classificados no nível N2. Talvez o motivo para essa dificuldade seja a distância devido ao ERE. Fica evidente, assim, a necessidade de suporte do professor no auxílio ao processo de análise dos resultados experimentais e de formalização matemática.

Após a mediação da professora e a avaliação dos valores encontrados, os estudantes demonstraram interesse pela comparação entre os resultados numéricos finais obtidos, com aqueles observados durante a execução do experimento. Este processo permite a identificação de como os estudantes organizam as evidências experimentais. Verificou-se nos grupos, de forma geral, o estabelecimento da conexão entre a interpretação dos dados e a base de conhecimento científico. Ou seja, as previsões dos modelos discutidos. Os estudantes demonstram habilidade de comunicação dos resultados, sendo a classificação do nível cognitivo nestas etapas N3 para os grupos, uma vez que conseguiram comparar e associar a experimentação realizada.

Compilamos, finalmente alguns trechos do diálogo entre a professora mediadora e os estudantes como evidencia do exposto acima.

Evento em que a professora dialoga com os estudantes sobre a velocidade terminal:

Professora: Qual a velocidade terminal vocês encontraram?

RE: 0,66 no óleo e 0,12 na glicerina.

Professora: Então, qual teve velocidade maior?

FE: 0,66, no óleo

Professora: Então esta é a velocidade maior?

FE: ss, é mais rápido que a glicerina.

EK: Simmm

Professora: O que vocês observaram no vídeo que gravaram? Qual era mais rápido?

EK: Visivelmente, dá pra ver isso no vídeo.

Professora: Isso ...Então agora vocês conseguiram provar matematicamente o que viram no vídeo.

A seguir temos a demonstração de um evento em que os estudantes relacionam os modelos Newtoniano e Viscoso aos resultados encontrados pelo grupo.

Professora: Meninas, vamos fazer uma discussão?

EL: Sim

Professora: Pelo cálculo da velocidade terminal que vocês realizaram, em qual modelo se encaixou o resultado de vocês?

- EL: Da glicerina deu o viscoso 0,148
- Professora: Isso ... Foi maravilhoso o resultado de você, deu um erro muito pequeno.
- EL: O óleo acho que não se encaixou em nenhum
- Professora: Bom, pelo resultado acho que se aproxima mais de ambos, o que acham?
- JO: Sim, eu acho que se aproximou de ambos...

Neste diálogo os estudantes relacionam o resultado obtido pelo grupo para a velocidade terminal, com a velocidade esperada para aquele experimento. Observa-se a percepção de que a velocidade terminal observada experimentalmente para a esfera na glicerina evidencia o modelo viscoso como o mais adequado a explicar o resultado. Já na comparação com a velocidade de queda da esfera no óleo, os estudantes observaram que a queda da esfera no óleo não se encaixava nem no modelo viscoso nem no newtoniano. A professora apresentou o modelo mais complexo, em que se observa a ocorrência de ambas as forças de arraste ao mesmo tempo, de forma concorrente. Nesse caso observa-se um *crossover*, em que para certas condições o modelo Newtoniano se sobressai, em outras o modelo viscoso.

Tabela 9.1 – Velocidade terminal de acordo com os modelos e o resultado experimental do grupo B

Modelos	Glicerina	Óleo de Soja
Newtoniano	1,05 m/s	1,32 m/s
Viscoso	1,48 m/s	4,5 m/s
Concorrentes	0,146 m/s	1,14 m/s
Experimento	0,15 m/s	0,65 m/s

Fonte: Autor(2022).

Nesse diálogo, os estudantes observaram que, comparando os resultados, a afirmação "*se aproxima mais de ambos os modelos*" retratava melhor a interpretação deles. Isto está de acordo com o fato de as condições experimentais refletirem a situação de "*crossover*" entre os dois modelos, conforme discutimos anteriormente. Para registro, o Valor da velocidade terminal fornecido para comparação dos dados do Grupo B estão mostrados na Tabela 9.1. Os valores foram computados utilizando as Equações 6.9 e 6.12 demonstradas anteriormente.

Percebemos neste evento que a estudante EL junto a seu grupo identificam as evidências e relações com as hipóteses levantadas, ao mesmo tempo que estabelecem conexão coerente com os modelos, sendo portanto classificado o nível de cognição do grupo GB nestas etapas investigativas em N3.

Eventos como esses, descritos acima, foram analisados detalhadamente nos registros de dados. Ao todo, 148 (cento e quarenta e oito) eventos foram analisados, o que permitiu à

pesquisadora classificar o nível de habilidade cognitiva em cada um dos domínios da atividade investigativa.

A análise destes 148 eventos se deu a partir dos diálogos ocorridos nas aulas: um, dois, cinco, seis e sete. Estes diálogos ocorreram de forma individual entre estudante e professora, e coletiva nos grupos. Destacamos que no grupo B, houve uma estudante em que sua família foi acometida pela COVID -19, deixando portanto de fazer a gravação do vídeo. Logo, não houve a participação da estudante nas discussões individuais, a partir da aula 5, ocorrendo portanto, somente a discussão com o seu grupo. Fica evidente no Quadro abaixo uma queda de diálogos analisados neste grupo. É bom salientar que este episódio não afetou em momento algum as informações para análise da pesquisa.

Apresentamos na Tabela 9.2 a distribuição de eventos de acordo com os grupos e o momento da SD.

Tabela 9.2 – Detalhamento do número de eventos analisados para a classificação dos níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas realizada neste trabalho.

Momento	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Total
Aulas 1/2	19	29	20	68
Aula 5	21	5	26	52
Aulas 6/7	13	5	10	28
Total	53	39	56	148

Fonte: Autor(2022).

Finalmente, resumindo os nossos achados, apresentamos nas tabelas abaixo a classificação dos níveis cognitivos observados para cada grupo nas três etapas do processo investigativo.

Evidentemente, tal análise carrega um determinado grau de subjetividade. Por outro lado, ela espelha, de forma estruturada pelo referencial teórico de análise, — em especial, a separação dos domínios em análise e a observação dos níveis cognitivos demonstrados pelos estudantes em cada domínio, — a visão e a percepção que a pesquisadora/mediadora construiu no desenvolvimento da pesquisa.

Os Quadros 9.1, 9.2 e 9.3 apresentam os resultados mais importantes da presente investigação. Estes resultados parecem indicar o êxito da proposta de SD em engajar os estudantes nas atividades investigativas propostas de forma criativa e participativa, evidenciando elevado nível de habilidades cognitivas em atividades investigativas, nos termos propostos por Zompero, Laburu e Vilaça (2019) e Suart e Marcondes (2008).

Quadro 9.1 – Classificação do níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas observados nos 7 domínios de investigação – Grupo A

Domínio investigativo	Nível Aulas 1 e 2	Nível Aula 5	Nível Aulas 6 e 7
Problema	N3	N3	N3
Hipóteses	N3	N3	N3
Planejamento para investigação	–	–	–
Percepção de evidências	N3	N3	N3
Registro e análise de dados	N3	N3	N2
Conexão entre evidências e conhecimento científico	N2	N3	N2
Comunicação dos resultados	N2	N3	N3

Fonte: Autor(2022).

Quadro 9.2 – Classificação do níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas observados nos sete domínios de investigação – Grupo B

Domínio investigativo	Nível Aulas 1 e 2	Nível Aula 5	Nível Aulas 6 e 7
Problema	N3	N3	N3
Hipóteses	N3	N3	N3
Planejamento para investigação	–	–	–
Percepção de evidências	N3	N3	N3
Registro e análise de dados	N3	N3	N2
Conexão entre evidências e conhecimento científico	N2	N3	N2
Comunicação dos resultados	N2	N3	N3

Fonte: Autor(2022).

Quadro 9.3 – Classificação do níveis de habilidades cognitivas em atividades investigativas observados nos sete domínios de investigação – Grupo C

Domínio investigativo	Nível Aulas 1 e 2	Nível Aula 5	Nível Aulas 6 e 7
Problema	N3	N3	N3
Hipóteses	N3	N3	N3
Planejamento para investigação	–	–	–
Percepção de evidências	N2	N3	N3
Registro e análise de dados	N2	N3	N2
Conexão entre evidências e conhecimento científico	N2	N3	N2
Comunicação dos resultados	N2	N3	N3

Fonte: Autor(2022).

Note que em cada etapa foi possível constatar eventos que permitiram classificar os níveis cognitivos para todos os domínios presentes no instrumento de avaliação proposto por Zompero, Laburu e Vilaça (2019). A única exceção foi constatada no domínio de planejamento do experimento, devido à opção de restringir o planejamento do experimento, apresentando um roteiro dirigido. Tal opção se justifica pela condição imposta pelo contexto do desenvolvimento

do laboratório itinerante. Não seria possível deixar o planejamento aberto pois isto inviabilizaria a preparação do laboratório itinerante.

Em geral a grande maioria das respostas dos estudantes foi classificada nos níveis de altas ordens cognitivas N3, o que pode se justificar pelo fato dos estudantes assumirem o papel de investigadores, conseguindo elaborar as hipóteses, encontrar o problema, desenvolvendo as outras etapas.

Verifica-se que os níveis cognitivos das respostas elaborados pelos estudantes estão relacionados ao nível de exigência às questões de caráter investigativo da SD, mediação positiva da professora e à inovação do Laboratório Itinerante, mostrando grandes potencialidades para o desafio do ensino de física. Segundo Suart e Marcondes (2009), aulas investigativas podem contribuir para o desenvolvimento de questões de alta ordem cognitiva, promovendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes.

Uma consideração a ser feita é que houve um engajamento dos estudantes e uma participação positiva durante toda realização da SD. Entretanto, pelo fato de estarem em casa longe das vistas da professora, dois estudantes de grupos distintos buscavam respostas na internet e como queríamos construir o conhecimento a partir das concepções prévias e desenvolvimento das atividades propostas, esta consulta da internet neste momento não seria válida. Deixamos claro que o uso da Internet pode sim ser uma aliada ao Ensino por Investigação. Este fato foi discutido com os estudantes e, depois da mediação por parte da professora, orientando para que tentassem trabalhar sem buscar respostas prontas, houve uma maior participação nos grupos e não mais manifestaram conteúdos retirados direto da internet. Esse episódio demonstra que no contexto do ERE é difícil medir até que ponto vai a autonomia do estudante.

Em uma equipe, sempre tem o líder e não foi diferente durante as discussões nos grupos. Em todos os grupos, houve um estudante que conseguiu fazer com que as discussões ocorressem de forma dinâmica, sabendo conduzi-las nos momentos em que hipóteses errôneas eram levantadas. No diálogo abaixo, nota-se a a condução da estudante JO, ao fazer uma discussão sobre a queda das folhas aberta e fechada durante uma experimentação na aula 2.

LA: Soltei a folha amassada, cai diretamente. A outra vai voando... tipo, demora para cair.

JO: Quando a folha está aberta tem ainda uma superfície de contato maior. Quando está fechada, tem um contato menor e demora menos chegar ao chão.

EL: Entendi.

LA: Isso.

JO: O que muda é volume, a massa continua a mesma. A massa é o peso , entre aspas... é o valor em gramas da folha, agora o volume é a área da folha.

LA: Esse negócio de massa e volume confunde tudo, é mais rápido que a glicerina.

EL: Sim, porque a área da folha, uma estando amassada e a outra inteira, muda. Eu acho, kkkk.

Esta interação entre as estudantes, mudou todo o caminho da discussão, fazendo com que elas entendessem o movimento de queda das folhas e a relação com a área. Talvez este fato possa ter acontecido pelas concepções prévias positivas por parte destes estudantes, contribuindo para uma atividade em que os estudantes experimentaram, reelaboraram, analisaram e concluíram de uma forma significativa as atividades propostas. Para (PINTRICH; MARX; BOYLE, 1993), entre os fatores capazes de proporcionar o desenvolvimento de habilidades cognitivas estão a seleção e ativação de conhecimento prévio, o desenvolvimento de habilidades de processamento a elaboração e organização, a resolução de problemas e a utilização de habilidades cognitivas de controle e regulação.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou investigar as contribuições de um Laboratório Experimental Itinerante, bem como de aulas ministradas na perspectiva do Ensino por Investigação e Modelagem, trazem para a manifestação de Habilidades Cognitivas Investigativas pelos estudantes do terceiro ano do Ensino Médio.

Para atingir os objetivos propostos, elaborou-se uma SD utilizando um Laboratório Experimental Itinerante, com materiais de baixo custo. A SD foi desenvolvida baseada na perspectiva das abordagens do Ensino por Investigação e de modelagem para desenvolver os conceitos da Força de Arraste na queda dos corpos em fluidos. Fomos motivados pela constatação de uma estudante de que, na maioria dos livros didáticos, essa força é desconsiderada, interferindo no conhecimento do estudante, uma vez que a vivência no Ensino da Ciência é fundamental para um aprendizado efetivo.

A partir da análise pelo instrumento proposto por Zompero, Laburu e Vilaça (2019), pode-se inferir que o Laboratório Experimental Itinerante e as aulas ministradas na perspectiva da abordagem de ensino por investigação e da modelagem, proporcionaram aos estudantes, um ambiente desafiador em que manifestaram habilidades cognitivas de investigação elevadas. Os estudantes, em geral, envolveram-se com as atividades propostas e nos diálogos que foram propostas virtualmente.

Através das aulas e dos diálogos encetados, houve o envolvimento positivo dos estudantes, através da formulação de hipóteses, inferências, comparação de dados, realização dos experimentos, apresentando evolução nos níveis cognitivos a cada etapa.

Ao analisar as aulas que relataram o as atividades do Laboratório Experimental Itinerante, pode-se perceber que os estudantes se empenharam na realização dos experimentos, tendo a participação positiva da família na realização dessas atividades, trazendo resultados satisfatórios. Verificamos que a abordagem investigativa, junto com a proposta de discussão de modelos e das equações matemáticas para a compreensão dos fenômenos analisados, contribuiu para a evolução nos níveis cognitivos referente às aulas, fazendo com que estudantes tivessem a participação ativa na construção do conhecimento, rompendo os limites do processo de ensino e aprendizagem.

É necessário enfatizar, que a modelagem matemática foi realizada em uma live com o professor, considerando que os estudantes não tinham as habilidades necessárias para fazer as

discussões e a modelagem sem uma intervenção efetiva do mediador, uma vez que estavam fazendo toda discussão virtual e uma dificuldade ferramental matemática poderia surgir.

Os estudantes fizeram todas as discussões virtuais, logo o tempo foi de acordo com cada grupo, respeitando as datas limites determinada pela professora. Neste sentido, infere-se que o tempo estipulado por cada aula, possa ocorrer no tempo estipulado de 50 minutos.

A professora acompanhou as discussões que ocorreram virtualmente por cada grupo e pode-se observar que no início, os estudantes tiveram dificuldades, considerando que eles fariam parte do processo de ensino e aprendizagem, pois não são acostumados assumir o papel ativo no seu processo de ensino, logo, intervenções positivas por parte da professora fizeram com que eles conseguissem assumir este papel. Considera-se então que, mais atividades investigativas sejam inseridas no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que, por meio do Ensino por Investigação é possível que Habilidades cognitivas sejam manifestadas e uma maior autonomia por parte dos estudantes, assumindo o papel de participativos, críticos e ativos não só no processo de ensino e aprendizagem, mas também na sociedade diante o mundo do trabalho e sua vivência como cidadão.

É importante destacar que como revisão na literatura não encontramos nenhum estudo que destaque a utilização de um Laboratório Experimental Itinerante e nesse sentido, acreditamos que essa pesquisa a qual se mostrou válida para construção do conhecimento, muito contribuirá para os pesquisadores, e também, para professores, a fim de que possam repensar suas práticas pedagógicas, considerando que a escola vai muito além da delimitação de muros, estende-se para dentro da casa do estudante, conta-se com a participação da família, faz parte do mundo de trabalho do estudante fazendo com que os conhecimentos rompam as paredes da escola.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Rev. Ensaio**, v. 13, n. 01, p. 121–138, 2011.
- ATKIN, J.; KARPLUS, R. Discovery of invention? **Journal of Research in Science Teacher**, v. 29, n. 05, p. 45–51, 1962.
- AZEVEDO, M. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. 1. ed. [S.l.]: Cengage Learning, 2003. 164 p.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. 1. ed. São Paulo: Perspectiva, 1974.
- BYBEE, R. **The BSCS 5E Instrucional Model: Creating Teachable Moments**. [S.l.]: NSTA, 2015.
- CARVALHO, A. et al. **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: FEUSP, 1999. 123 p. ISBN 8532242464.
- CARVALHO, A. M. **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1. ed. [S.l.]: Cengage Learning, 2003.
- CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (Ed.). **Ensenar ciencias en el nuevo milenio: retos e propuestas**. [S.l.]: Universidad Catolica de Chile, 2006. p. 73 – 90.
- CASTELAR, S. M. V.; GERALDI, A. M.; SCARPA, D. L. **Metodologias ativas: Ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- CROSS, R. Terminal velocity of spheres in water. **Physics Education**, v. 55, n. 06, 2020.
- DEWEY, J. **Lógica: teoria de la investigacion**. 1. ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1950.
- DIESEL, A.; BALDEZ, A.; MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino, uma abordagem teórica. **Rev. Thema**, v. 14, n. 01, p. 268–288, 2017.
- DUSCHL, R. The high school laboraty experience: reconsidering the role of evidence, expanation and language of science. **Perspectiva**, v. 13, n. 01, p. 121–138, 2011.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: um reencontro com a Pedagogia do oprimido**. 16. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2009.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 69. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.
- GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **Mental Models**. 1. ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- HEIDEMANN, L.; ARAUJO, I.; VEIT, E. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, v. 29, n. 02, p. 965–1007, 2012.

- HESTENES, D. Toward a modeling theory of physic instruction. **Am. J. Phys.**, v. 55, n. 05, 1987.
- HESTENES, D. Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction.in: Proceedings girep conference. **Amsterdam: University of Amsterdam**, p. 34–65, 2006.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**, v. 41, n. January, p. 99–117, 2008.
- KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: MATTHEWS, M. (Ed.). **History, Philosophy and Science Teaching, Science: Philosophy, History and Education**. Chan: Springer International Publishing, 2018. cap. Chapter 5, p. 139–164. ISBN 978-3-319-62614-7.
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. **Perspectiva**, v. 14, n. 01, p. 85–93, 2000.
- LANDAU, L.; LIFSHITZ, E. Fluid mechanics a course of theoretical physics, volume 6. **Oxford: Pergamon**, v. 6, 1959.
- LEITAO, U. et al. A bullet fired in dry water: an investigative activity to learn hydrodynamics concepts. **Physics Education**, v. 52, n. 01, jan 2017.
- LEITAO U, A.; PINTO, A. Interatividade e transposição didática com recursos do moodle: uma proposta de critérios de análise. **Teoria e prática da Educação**, v. 16, n. 01, p. 57–70, jan-abr 2013.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTINS, E. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 02, p. 289–300, 2004.
- MOREIRA, M. Desafios no ensino de física. **Rev. Bras. Ensino Física**, v. 43, n. suppl 1, Mar 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>>.
- PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Reserch Review**, v. 14, p. 47–61, Fev 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>>.
- PERRENOUD, P. **A Prática Reflexiva no Ofício de Professor: Profissionalização e Razão Pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- PINTRICH, G.; MARX, R.; BOYLE, R. Beyond cold conceptual change. the role of motivacional beliefs and clasroom contextual factors in the process of conceptual change. **Review of Educational Research**, v. 63, n. 2, p. 167–199, 1993.
- ROSSINI, M.; ALVES, M.; AMORIN, L. Estudo da influência no movimento de queda dos corpos: uma comparação entre a previsão teórica e os dados experimentais usando o tracker. **Rev. Bras. Ensino Física**, v. 42, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0290>>.
- SASSERON, L. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. **Rev. Ensaio**, v. 17, n. n. especial, p. 49–67, nov. 2015.

SASSERON, L.; CARVALHO, A. Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. **Ciência e Educação**, v. 17, p. 97–114, 2011.

SASSERON, L. H. **Práticas em aula de ciências: o estabelecimento de interações discursivas no ensino por investigação**. 187 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018.

SILVA, J.; LEAL, C. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Pesquisa em Ensino de Física. Rev. Bras. Ensino Física**, v. 39, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>>.

SILVA, S. Políticas de acesso à internet no brasil: indicadores, características e obstáculos. **Cadernos Adenauer**, XVI, n. 3, p. 151–171, 2015.

SOUZA, P.; SILVA, C.; BALTHAZAR, W. O arrasto magnético e as correntes de foucault: um experimento de baixo custo com vídeo-análise. **Produtos e Materiais Didáticos. Rev. Bras. Ensino Física**, v. 41, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0257>>.

SUART, R.; MARCONDES, M. **Atividades Experimentais Investigativas: Habilidades Cognitivas Manifestadas por Alunos do Ensino Médio**. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0342-1.pd.2008>>.

SUART, R. d. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, scieloapsic, v. 14, p. 50 – 74, 03 2009. ISSN 1806-5821. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212009000100005&nrm=iso>.

ZOLLER, U. Algorithmic, locs and hocs (chemistry) exam questions: Performance and attitudes of college students. **International Journal of Science Education**, Routledge, v. 24, n. 2, p. 185–203, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09500690110049060>>.

ZOMPERO, A.; LABURU, C.; VILAÇA, T. Instrumento analítico para avaliar habilidades cognitivas dos estudantes da educação básica nas atividades de investigação. **IENCI - Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 200–211, ago. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p200>>.

APÊNDICE A – Exemplos de registro de dados

Tabela 1 – Discussões: Aulas 1 e 2 **Grupo A** – Participantes: Ek, FE, RE, ME.

QUESTÃO ORIENTADORA	DISCUSSÕES
<p>O que você observou na queda da folha quando foi amassada?</p>	<p>Registro Wiki</p> <p>A amassada cai mais rápido, pois houve uma variação do volume.</p> <p>Discussão meet</p> <p>ME: A amassada cai mais rápido, pois a massa é maior.</p> <p>FE: Está Errado, pois a massa não muda, o que houve foi uma variação na resistência do ar. Se você amassa a folha, você não vai mudar a massa.</p> <p>EK: A única coisa que vai mudar é o volume.</p> <p>ME: Então o que altera é o Volume, não é a massa?</p> <p>RE: Isso. Como vocês falaram vamos discutir e chegar a uma resposta em comum.</p>
<p>O que você consegue imaginar sobre o comportamento das moléculas de ar abaixo da folha aberta e da folha amassada?</p>	<p>Registro Wiki</p> <p>A folha amassada tem menos contato com o ar, enquanto a folha aberta tem mais contato.</p> <p>Discussão Meet</p> <p>ME: Quando a amassada cai, as moléculas se afastam rapidamente, na amassada alternando. Foi Um chute.</p> <p>FE: eu coloquei a folha amassada tem menos contato com o ar do que a aberta.</p> <p>Ek: Eu tinha colocado o negócio de massa de novo.</p> <p>Re: A folha amassada tem menos contato com as moléculas de ar do que a outra.</p>

Tabela 1 continuada da página anterior

<p>Encontram o mesmo número de moléculas? Estas moléculas podem influenciar na queda destas folhas?</p>	<p>Registro Wiki: Sim. Sim. pois dependendo da quantidade de moléculas pode influenciar na queda.</p> <p>Discussão no Meet: FE: Sim, não. ME: Sim, sim. Acho que não está pedindo para explicar. RE: Sim, pois possui influência em relação ao número de contato. EK: Acho que tem que explicar. FE: Sim. Sim. dependendo da quantidade de molécula pode comprometer na queda. RE: pode influenciar no contato. EK: Sim, pois a quantidade de molécula pode influenciar na queda. A bolinha de papel amassada tem menor resistência das moléculas de ar.</p>
<p>Pela Terceira Lei de Newton, se a folha empurra o ar, ela sentirá uma força igual e contrária. Como poderíamos estimar a força que o ar exerce sobre a folha de papel?</p>	<p>Registro Wiki: Se a folha empurra o ar, o ar vai empurrar a folha de volta "segurando" ela para que caia mais devagar (ação e reação)</p> <p>Discussão Meet ME: Eu coloquei que a reação do ar sobre a folha aberta deixa as moléculas mais dispersas, por isso demora mais para cair no chão. EK: Se a folha empurra o ar, o ar empurra a folha né, porque é a 3ª Lei de Newton, ação e reação, então talvez ela caia mais devagar por isso. ME: A força que o ar vai fazer sobre a folha a folha também vai fazer sobre a folha, ação e reação.</p>

Tabela 1 continuada da página anterior

<p>A partir do momento que o paraquedista salta do avião e se encontra livre no ar, o que, o que causaria a mudança em seu movimento?</p>	<p>Registro Wiki</p> <p>Atrito do ar em contato com o paraquedas quando aberto.</p> <p>Discussão meet</p> <p>FE: abertura do paraquedas</p> <p>ME: eu coloquei atrito do ar com a abertura do paraquedas quando aberto</p>
<p>E após abrir o paraquedas, como a sua velocidade evolui no tempo?</p>	<p>Registro no wiki:</p> <p>Ela vai diminuindo, pois a força do corpo está puxando para baixo contra a resistência por causa da resistência do ar</p> <p>Discussão Meet</p> <p>ME: Diminuiu,</p> <p>FE: Diminui, porque ela muda rapidamente quando se abre o paraquedas.</p> <p>Alguém mais</p> <p>EK: Vai diminuindo, pois, a força do corpo está puxando para baixo contra a resistência do ar.</p>

Tabela 1 continuada da página anterior

<p>Refletindo sobre as respostas obtidas por vocês nas questões acima, quais variáveis vocês puderam observar que fazem parte da interação do paraquedista em queda?</p>	<p>Registro no wiki:</p> <p>Delta t, atrito, aceleração</p> <p>Discussão Meet</p> <p>FE: aceleração e t atrito</p> <p>ME: Ah, é isso?</p> <p>RE: Também o tempo né, porque dependendo da velocidade o tempo de queda vai variar.</p>
<p>Para atingir a velocidade terminal, vimos acima que algumas grandezas interagem com o corpo durante a queda. Relacione estas grandezas e como é esta interação para que o corpo chegue a uma velocidade constante.</p>	<p>Registro Wiki:</p> <p>Com o aumento da velocidade a força da resistência do ar aumenta até atingir a força de ação gravitacional. Quando as duas forças tiverem valores iguais a velocidade se instabiliza (velocidade terminal)</p> <p>Discussão Meet</p> <p>ME: eu pesquisei, mas não sabia o que escrever.</p> <p>FE: O paraquedas tem que ter a massa maior que do paraquedista, para chegar a velocidade terminal. Tive que pesquisar.</p> <p>EK: Com o aumento da velocidade a força da resistência do ar aumenta até atingir a força da ação gravitacional. Quando as duas forças tiverem valores iguais, chega a uma velocidade terminal.</p>

Tabela 2 – Discussões: Aulas 1 e 2 - **Grupo B** – Participantes: EL,LA,JO.

QUESTÃO ORIENTADORA	DISCUSSÕES
O que você observou na queda da folha quando foi amassada?	<p>Registro no wiki:</p> <p>Há uma mudança na velocidade da bolinha amassada. A folha amassada cai mais rápido por conta da resistência do ar. Ela caindo mais rápido (tempo menor) e a aceleração sendo constante, a velocidade aumenta.</p>
O que você consegue imaginar sobre o comportamento das moléculas de ar abaixo da folha aberta e da folha amassada?	<p>Registro no wiki:</p> <p>A folha inteira empurra as moléculas de ar e a folha amassada, por ter menor volume, expande o ar para suas laterais.</p>
Encontram o mesmo número de moléculas? Estas moléculas podem influenciar na queda destas folhas?	<p>Wiki:</p> <p>Não, a folha amassada encontra um número de moléculas muito menor do que a folha aberta. E sim, como há contato com menos moléculas de ar, a resistência oferecida pelo ar na folha amassada é menor, o que faz com que ela chegue mais rápido ao chão.</p>

Tabela 2 continuada da página anterior

<p>Pela Terceira Lei de Newton, se a folha empurra o ar, ela sentirá uma força igual e contrária. Como poderíamos estimar a força que o ar exerce sobre a folha de papel?</p>	<p>Wiki:</p> <p>A força que o ar exerce sobre o papel é a resistência do ar, e ela é igual a força que o papel exerce sobre o ar em módulo e direção, porém, com sentido contrário, de acordo com a 3º Lei de Newton</p> <p>Discussão Meet</p>
<p>A partir do momento que o paraquedista salta do avião e se encontra livre no ar, o que, o que causaria a mudança em seu movimento?</p>	<p>Wiki</p> <p>A área de ataque contra o ar aumenta muito, ganhando da força da gravidade. O sistema desacelera e vai perdendo velocidade. A força de resistência do ar se torna maior que o peso. O paraquedista chega a receber um tranco, e sua velocidade vai reduzindo, até que a força de resistência do ar se iguale ao peso do conjunto paraquedas + paraquedista.</p>
<p>E após abrir o paraquedas, como a sua velocidade evolui no tempo?</p>	<p>Wiki</p> <p>Com aumento da velocidade, a força de resistência do ar aumenta até atingir o valor da força de atração gravitacional. Quando as duas forças tiverem valores iguais, elas se equilibram e a velocidade de queda estabiliza.</p> <p>Discussão Meet</p>

Tabela 2 continuada da página anterior

<p>Refletindo sobre as respostas obtidas por vocês nas questões acima, quais variáveis vocês puderam observar que fazem parte da interação do paraquedista em queda?</p>	<p>Wiki Não registraram no Wiki</p>
<p>Para atingir a velocidade terminal, vimos acima que algumas grandezas interagem com o corpo durante a queda. Relacione estas grandezas e como é esta interação para que o corpo chegue a uma velocidade constante.</p>	<p>Wiki: Quanto maior a força de resistência do ar, menor a velocidade. Assim que abre o paraquedas, o sistema começa a ter a aceleração reduzida devido ao maior choque de moléculas de ar com área superficial do paraquedas. Dessa forma, a aceleração será reduzida até ser anulada e ter-se uma velocidade constante.</p>

Tabela 3 – Discussões: Aulas 1 e 2 - **Grupo C** – Participantes: DA,LA,MA,TH

QUESTÃO ORIENTADORA	DISCUSSÕES
<p>O que você observou na queda da folha quando foi amassada?</p>	<p>Registro no wiki:</p> <p>A variação de tempo muda por causa do volume. A folha amassada chega ao chão antes da folha aberta devido ao seu volume.</p> <p>Discussão meet</p> <p>MA: As folhas não caem juntas.A variação do tempo muda por causa da massa, em que a massa da folha amassada .</p> <p>La: a massa é a mesma, o que muda é o volume.</p> <p>LA:Houve uma variação no tempo de queda, pois o volume dela diminui e tem menos contato com o ar.</p> <p>DA:</p>
<p>O que você consegue imaginar sobre o comportamento das moléculas de ar abaixo da folha aberta e da folha amassada?</p>	<p>Registro no wiki:</p> <p>Na folha aberta a superfície de contato com o ar é bem maior, fazendo com que perca um pouco de velocidade e faça alguns percursos antes de chegar ao chão. Na folha amassada o volume diminuiu, dessa forma o contato com o ar também diminui.</p> <p>Discussão no Meet:</p> <p>MA: Não faz sentido isso... Nem tem fórmula.</p> <p>LA: Física é muito complexo véio. Não é nem sobre fórmula não cara.</p> <p>No caso o que eu entendo por isso é que a resistência na folha aberta é maior que na folha fechada, por isso uma chega ao chão mais rápido. Então, pelo que entendi tem menos contato com as moléculas do que a outra., por isso chega no chão mais baixo.</p> <p>DA: Então essa diferença e na folha aberta e na folha fechada.</p>

Tabela 3 continuada da página anterior

<p>Encontram o mesmo número de moléculas? Estas moléculas podem influenciar na queda destas folhas?</p>	<p>Wiki: Sim. Não, pois apesar de conter o mesmo número de moléculas, a queda dessas folhas é diferente.</p> <p>Discussão no Meet:</p> <p>La: Nossa , colocaram até lei de Newton.Não entendi, é praticamente sobre a resistência do ar. Encontram o mesmo número de moléculas...</p> <p>DA: vai dar a mesma resposta. Como não tem o mesmo número de moléculas, ele influencia na queda das folhas...</p> <p>LA: Vamos perguntar a professora depois la no grupo, não consigo responder esta.</p>
<p>Pela Terceira Lei de Newton, se a folha empurra o ar, ela sentirá uma força igual e contrária. Como poderíamos estimar a força que o ar exerce sobre a folha de papel?</p>	<p>Wiki: Contrário, pois a massa da folha é maior que a resistência do ar. A diferença no tempo de queda está no fato de que devemos considerar, além da força da gravidade, a força da resistência provocada pelo ar atmosférico. A folha aberta sofre uma resistência muito maior que a folha amassada devido ao tamanho de sua superfície em contato com o ar.</p> <p>Discussão Meet</p> <p>La: é A lei da ação e reação, não é? Vai muito sobre a massa, mas a massa é a mesma né, o que muda é o volume. Pensando assim... é a lei da ação e reação... na parede vai sentir a dor...</p> <p>A resistência do ar na folha aberta ocupa mesmo espaço... Acho que é sobre isso, entendeu... Na folha aberta tem uma força maior, na folha amassada tem uma força menor...</p> <p>MA: É isso...</p> <p>DA: Ela já explicou na frente ali né, a ação e reação</p>

Tabela 3 continuada da página anterior

<p>A partir do momento que o paraquedista salta do avião e se encontra livre no ar, o que, o que causaria a mudança em seu movimento?</p>	<p>Wiki Gravidade e resistência do ar. Discussão whatsapp Ma: Gravidade La:Gravidade? Me corrijam se eu estiver errada</p>
<p>E após abrir o paraquedas, como a sua velocidade evolui no tempo?</p>	<p>Wiki A resistência do ar faz com que a velocidade permaneça constante e o tempo de queda será mais longo.</p>
<p>Refletindo sobre as respostas obtidas por vocês nas questões acima, quais variáveis vocês puderam observar que fazem parte da interação do paraquedista em queda?</p>	<p>Wiki Velocidade, resistência do ar, força gravitacional e massa. Aceleração e gravidade. Quanto maior a velocidade, maior a resistência do ar.</p>

Tabela 3 continuada da página anterior

<p>Para atingir a velocidade terminal, vimos acima que algumas grandezas interagem com o corpo durante a queda. Relacione estas grandezas e como é esta interação para que o corpo chegue a uma velocidade constante.</p>	<p>Wiki:</p> <p>Quanto maior a força de resistência do ar, menor a velocidade. Assim que abre o paraquedas, o sistema começa a ter a aceleração reduzida devido ao maior choque de moléculas de ar com a área superficial do paraquedas. Dessa forma, a aceleração será reduzida até ser anulada e ter-se uma velocidade constante.</p> <p>Discussão Meet</p> <p>TH: O paraquedista chega a receber um tranco, e sua velocidade vai reduzindo, até que a força de resistência do ar se iguala ao peso do conjunto paraquedas mais paraquedista.</p>
---	---